

Caractéristiques physico-chimiques de composts à base de résidus végétaux et de déjections animales et leurs effets sur des paramètres de croissance et de rendement de la tomate sur sols sableux

[Physico-chemical characteristics of composts based on plant residues and animal manure and their effects on growth and yield parameters of tomato on sandy soils]

Joséphine Ama Tamia Épse Abina¹, Yannick Boa Brindou Brou^{1,2}, Firmin Kouassi Yéboua¹, Thierry Lekadou Tacra²,
and Engueran Djaha Konan²

¹Laboratoire de Géosciences et Environnement, Unité de Formation et de Recherche des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université NANGUI ABROGOUA (UNA) Abidjan (Côte d'Ivoire), 02 BP 801 Abidjan, Côte d'Ivoire

²Station de recherche sur le cocotier Marc Delorme, Port-Bouët (Côte d'Ivoire), Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), 07 BP 13 Abidjan 07, Côte d'Ivoire

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In the face of soil degradation and current climatic variability, new adaptation practices such as the use of organic residues as biofertilisers are needed. Thus, two composts based on water hyacinths and pollen hulls, enriched with layer droppings for the first and ox dung for the second, were produced for 6 months. The study aimed to evaluate the effect of the composts on the growth and mass of tomato fruits. Their effects on fruit growth and mass were evaluated in a three-block randomised Fisher design. Composting was monitored by determining temperature, pH and moisture content. During composting, compost 1 had a maximum temperature of 52°C and compost 2 had a maximum temperature of 45°C. At the end of the composting process, the C/N ratios of compost 1 and 2 were 10.73 and 12.18 respectively, with pH values of 6.94 and 7.23. The N, P, K contents of compost 1 were 32.47, 20.1 and 25.2 g/kg/MS respectively, higher than those of compost 2, with 14.6, 3.72 and 13.14 g/kg/MS respectively. Also, the plants in the compost 1 treatments had better growth and produced fruits with a higher unit mass (52.39 g). Thus, the compost based on water hyacinths and pollen shells, enriched with layer droppings, could be used as an alternative to mineral fertilisers.

KEYWORDS: Composts, tomato, plant growth, fruit mass, sandy soils.

RESUME: Face à la dégradation des sols et à la variabilité climatique actuelle, le recours à de nouvelles pratiques d'adaptation comme l'utilisation de résidus organiques en biofertilisants s'impose. Ainsi, deux composts à base de jacinthes d'eau et de coques de pollens, enrichis aux fientes de pondeuses pour le premier et aux bouses de bœufs pour le deuxième, ont été produits durant 6 mois. L'étude visait à évaluer l'effet des composts sur la croissance et la masse des fruits de la tomate. Leurs effets sur la croissance et la masse des fruits ont été évalués sur la base d'un dispositif de Fisher randomisé en trois blocs. Le suivi du compostage a consisté à déterminer la température, le pH et le taux d'humidité. Au cours du compostage, le compost 1 avait une température maximale de 52°C et celle du compost 2 était 45°C. En fin de compostage, les rapports C/N des composts 1 et 2 ont été, respectivement, 10,73 et 12,18 avec des pH respectifs de 6,94 et 7,23. Les teneurs N, P, K, respectives 32,47; 20,1 et 25,2 g/kg/MS du compost 1 ont été plus élevées que celles du compost 2, avec, respectivement 14,6; 3,72 et 13,14 g/kg/MS. Aussi, les plants des traitements à base du compost 1 ont-ils eu une meilleure croissance et produit des fruits de masse unitaire (52,39 g) plus élevée. Ainsi, le compost à base de jacinthes d'eau et des coques de pollens, enrichi à la fiente de pondeuses, pourrait servir d'alternative aux engrais minéraux.

MOTS-CLEFS: Composts, tomate, croissance des plants, masse fruits, sols sableux.

1 INTRODUCTION

L'Afrique de l'Ouest, à l'instar des autres régions du monde, connaît depuis ces dernières décennies des variabilités climatiques qui se manifestent par des changements de régime pluviométrique [1] avec des sécheresses de longue durée et des inondations à des périodes inattendues [2] qui limitent les activités agricoles. Outre l'irrégularité des pluies ou leurs mauvaises répartitions, la disparition ou la mauvaise pratique de la jachère, l'agriculture intensive et l'emploi excessif de fertilisants minéraux [3] sont les causes majeures de dégradation des sols, rendant plus aléatoires la mise en place et les rendements des cultures.

En zone littorale de Côte d'Ivoire, notamment à Abidjan, précisément à Port-Bouët, les sols exploités en cultures maraîchères sont constitués de sables tertiaires à quaternaires. Ces sols caractérisés par de faibles teneurs en matière organique et en azote, sont très pauvres en éléments nutritifs et présentent de faibles capacités d'échange cationique [4]. Par ailleurs, ces sols sont appauvris par leur surexploitation en cultures continues liées à la pression démographique [5]. En effet, le recours à de nouvelles pratiques culturales, telles que l'utilisation de résidus organiques en compost, s'intégrant dans les principes de développement durable [6], devient impératif. Ainsi, l'usage de compost dans ces sols sableux, présente de nombreux avantages tels que la réduction des émissions de gaz à effets de serre par la séquestration du carbone, la diminution de volume des déchets [7], la limitation de l'utilisation d'engrais minéraux et la restauration des sols [8]. Ces effets bénéfiques des composts dépendent de la qualité des matériaux utilisés et du degré de maturité du compost [9].

De plus, les activités anthropiques, telles que le rejet des eaux usées domestiques et autres affluents dans les milieux récepteurs, provoquent une contamination des différentes composantes de l'environnement. Ces rejets favorisent le phénomène d'eutrophisation avec un développement de macrophytes envahissantes comme la jacinthe d'eau [10] et son impact négatif sur les activités tributaires des plans d'eau et sur la biodiversité [11]. Au regard de sa capacité de reproduction et son adaptabilité, sa valorisation demeure un moyen efficace de son éradication [12]. Aussi, des études ont-elles montré que la jacinthe d'eau combinée aux déjections animales, telles que les fientes de volailles, contribue à sa dégradation rapide et améliore son potentiel de fertilisation [13]. Face à ce constat, la valorisation de la jacinthe d'eau par l'entremise de la production de biofertilisants pourrait constituer un moyen écologique de lutte contre son infestation.

L'étude vise à évaluer des caractéristiques de deux types de compost à base de jacinthe d'eau et leurs effets sur la croissance et la masse des fruits de la culture de tomate pour une meilleure vulgarisation et production à grande échelle.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

L'étude a été réalisée à la Station de Recherche Marc Delorme du CNRA, dans la commune de Port-Bouët, à 12 km de l'axe routier Abidjan-Bassam, au Nord-Est de Gonzagueville, en bordure d'une branche de la lagune Ébrié (Figure 1). Cette station s'étend entre les coordonnées géographiques 3°54'-3°55' de longitude Ouest et 5°14'-5°15' de latitude Nord [14].

Sur le plan géologique et du point de vue de la lithologie, le district d'Abidjan est constitué, de haut en bas, de sables argileux, de sables moyens et de sables grossiers [15]. La station Marc Delorme repose sur un sol constitué de sable tertiaire typique des savanes littorales [16]. Ces sols sont pauvres en matières organiques avec un complexe absorbant très faible. Ils sont meubles, profonds et aérés [17] où la fertilisation organique est nécessaire pour l'agriculture.

2.2 MATÉRIEL VÉGÉTAL

L'étude a porté sur la tomate COBRA, variété commerciale à croissance déterminée, tolérante au flétrissement bactérien et cultivée dans la zone d'étude. Elle a un cycle cultural de 120 jours. Cette variété a été choisie pour sa forte consommation, son exigence en éléments minéraux et les contraintes édaphiques liées à sa culture.

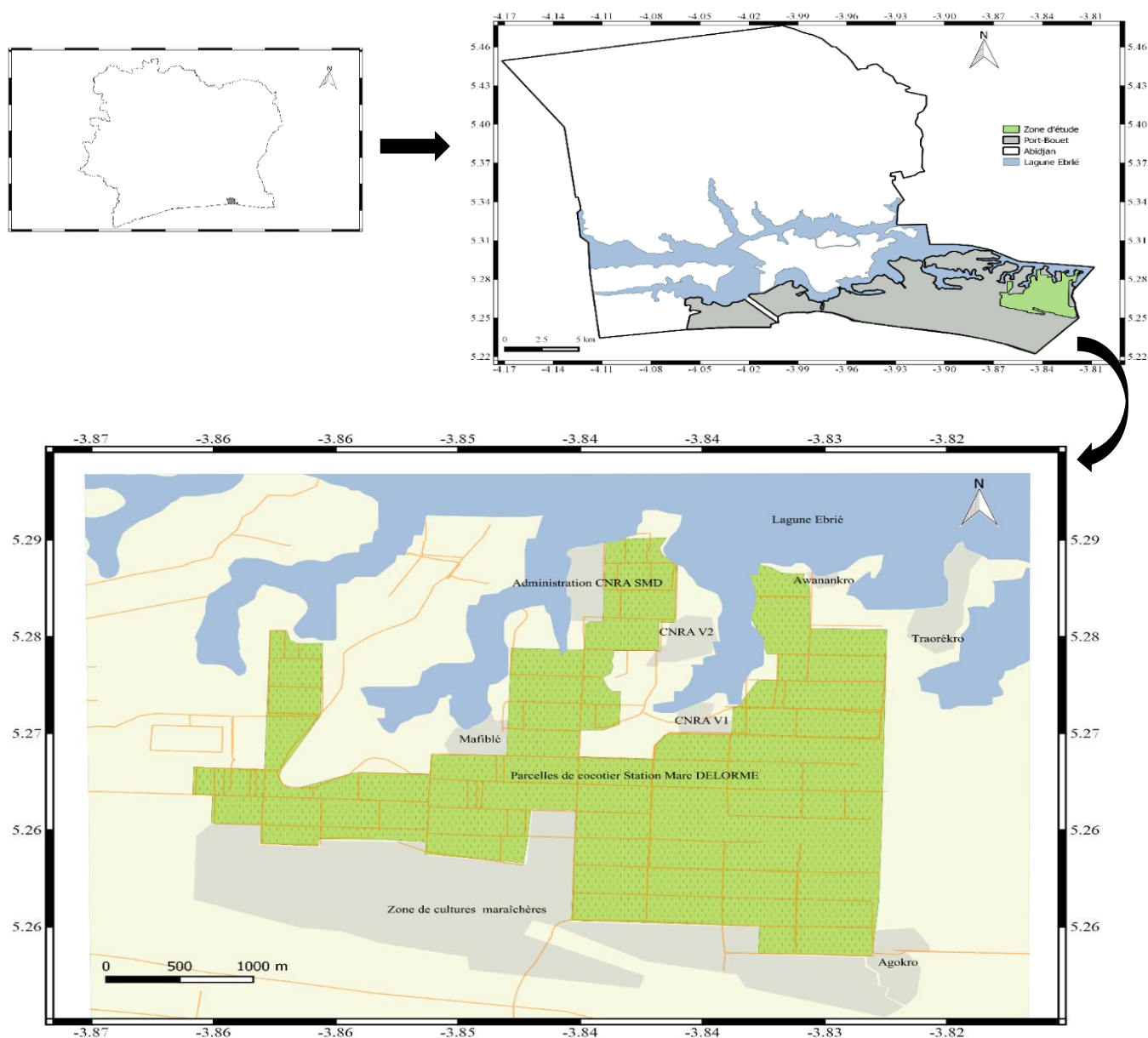


Fig. 1. Situation géographique de la station de recherche Marc Delorme [18]

2.3 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

L'essai a été conduit suivant un dispositif en blocs de Fisher randomisé comportant trois (3) blocs et quatre (4) traitements qui sont:

- T0: sans apport (témoin absolu);
- T1: engrais minéraux (NPK (12-22-22), urée (46-0-0), sulfate de potassium (0-0-50));
- T2: engrais organiques (compost 1 (mélange de jacinthes d'eau + coques de pollens + fientes de poules));
- T3: engrais organiques (compost 2 (mélange de jacinthes d'eau + coques de pollens + bouses de bovins)).

L'essai a été réalisé sur une superficie de 288 m² (18 m x 16 m) (Figure 2). Chaque parcelle élémentaire, faisant 12 m² (3 m x 4 m), comprenait 3 billons de longueur 3,5 m chacun et orienté dans le sens de la largeur (Figure 3). Les plants ont été repiqués sur les billons, à raison de 8 plants chacun, soit 24 plants par parcelle élémentaire. Les écartements étaient de 0,5 m entre les plants et 1 m entre les lignes, avec 1 plant par poquet, soit une densité de 20000 plants à l'hectare.

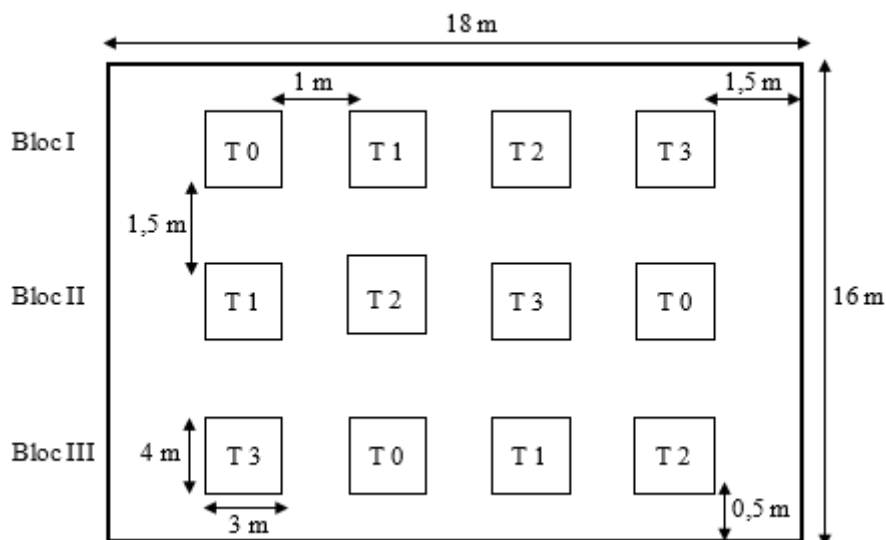


Fig. 2. Dispositif expérimental

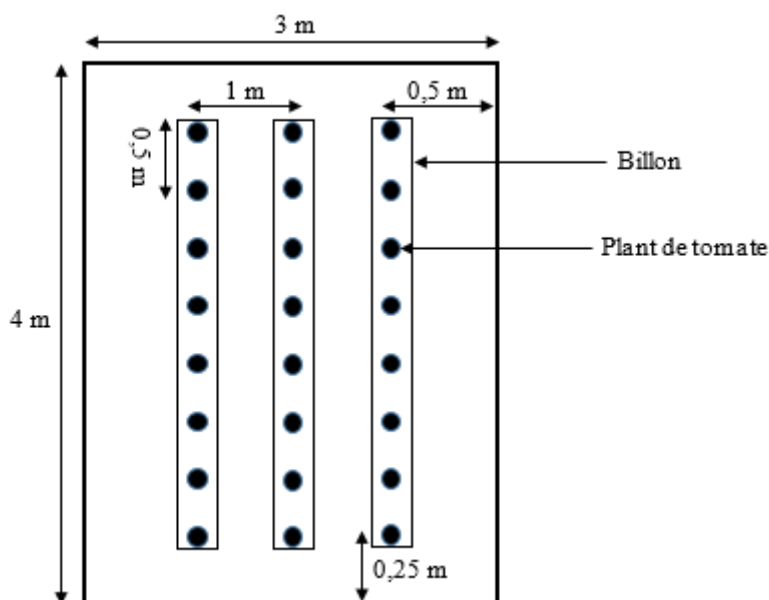


Fig. 3. Plan d'une parcelle élémentaire

2.4 MATÉRIAUX DE COMPOSTAGE

Les matériaux de compostage (Photo 1) étaient composés de coques de pollens (a), jacinthes d'eau (b), bouses de bœufs (c) et de fientes de pondeuses (d). Les jacinthes d'eau, plantes aquatiques envahissantes, ont été collectées sur le plan d'eau de la branche de la lagune Ébrié qui borde la station. Les coques de pollens ont été obtenues après émasculature et traitement des pollens au laboratoire. Les fientes de pondeuses ont été collectées dans des fermes et les bouses de bœufs dans des pâturages non loin de la station. Les différentes quantités de matériaux ont été pesées et mélangées en fonction de la composition de chaque compost.

- Coques de pollens: 90 kg;
- Jacinthes d'eau: 560 kg;
- Bouses de bœufs: 200 kg;
- Fientes de pondeuses: 200 kg.

Les composts 1 et 2 ont nécessité, au total, 850 kg de matériaux chacun.



Photo 1. Matériaux de compostage

2.5 COMPOSTAGE

Le compostage a été inspiré de la méthode Indore [19] et celle de Bereley [20]. Les matériaux ont été compostés durant 6 mois dans des fosses carrées de 2 m de côté et de 1 m de profondeur. Les matériaux ont été constitués en tas, en les superposant en couches successives de bas en haut, selon l'ordre suivant:

- compost 1: une couche de jacinthes d'eau; une couche de coques de pollens et une couche de fientes de pondeuses;
- compost 2: une couche de jacinthes d'eau; une couche de coques de pollens et une couche de bouses de bœufs.

La température, le pH et le taux d'humidité ont été déterminés chaque mois. Le premier retournement des tas a été effectué sept (07) jours après la mise en tas. Les autres retournements ont été espacés de quinze (15) jours, permettant ainsi d'aérer les matériaux pendant leur décomposition.

Après maturation, les composts 1 et 2 pesaient, respectivement, 359,2 kg et 381 kg avec des taux d'humidité respectifs de 64,50 % et 62,85 %. Ils ont fait l'objet d'une immersion dans des fûts d'eau pendant sept jours pour éliminer les éléments fermentescibles comme les sucres et de stériliser les substrats par l'élimination de certains agents pathogènes (bactéries, champignons, insectes etc.) par asphyxie. Enfin, les composts ont été séchés au soleil pendant 7 jours puis conservés dans des sacs.

2.6 ÉCHANTILLONNAGES ET ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DU SOL ET DES MATÉRIAUX DE COMPOSTAGE

Les échantillons de sol et de composts ont été analysés dans le Laboratoire Sol-Eau-Plante de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) de Farako-Bâ (Burkina Faso) selon les modes opératoires décrits par [21] et le Laboratoire d'Analyses des Végétaux et Sols (LAVESO) de l'École Supérieure d'Agronomie (ESA) de l'Institut National Polytechnique Houphouët-Boigny (INP-HB) de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).

2.6.1 Sol

Des échantillonnages de sol ont été effectués dans la couche 0-40 cm du sol de la parcelle expérimentale avant l'essai pour évaluer son niveau de fertilité initial. En effet, Cinq (5) prélèvements de sol, à l'aide d'un tube cylindrique [22], ont été faits selon la méthode d'échantillonnage en diagonale décrite par [23]. Ces échantillons élémentaires ont été mélangés et homogénéisés pour obtenir un échantillon composite, selon la méthode de [24]. Ces échantillons ont été séchés à l'air libre jusqu'à une masse constante. Ensuite, tamisés à 2 mm et réservés dans des sachets plastiques pour des analyses physico-chimiques.

En effet, le pH_{eau} a été déterminé par la méthode électrométrique dans une solution avec un rapport sol/eau de 1/2,5. Les teneurs en carbone et en matières organiques ont été déterminées par la méthode de WALKLEY-BLACK (1934). Celles en azote total et en phosphore assimilable ont été déterminées, respectivement, par les méthodes Kjeldahl et Bray 1. La capacité d'échange cationique (CEC) et la teneur en cations (Ca^{2+} , K^+ , Na^+ et Mg^{2+}) ont été déterminées par la méthode Metson décrite dans la norme NF X31-130 [25].

2.6.2 COMPOSTS

L'échantillonnage du compost, la mesure du pH et du taux d'humidité ont été réalisés sur des échantillons prélevés à plusieurs endroits du tas (aux côtés, au centre, à la surface et à l'intérieur). 100 g d'échantillons ont été prélevés, à chaque endroit, pour obtenir un mélange homogène d'échantillon composite de 500 g.

Les échantillons ont fait l'objet d'analyses des métaux lourds (Cu, Pb, Ni, Cd) par spectrométrie à absorption atomique après reprise en milieu acide à chaud des cendres de minéralisation. Le pH a été déterminé chaque mois par la méthode électrométrique dans une suspension sol/eau (1/2,5). Les teneurs en carbone et en azote ont été obtenues, respectivement, par la méthode de combustion sèche (Dumas), décrite dans la norme NF ISO 10694, et de KJELDAHL [26]. Celle en matière organique a été déterminée en multipliant la teneur en carbone organique par 1,724. La détermination des éléments P, K, Ca, Na et Mg a été faite par spectrophotométrie d'absorption atomique. La teneur en minéraux a été exprimée par rapport à la quantité de matière sèche de l'échantillon en g/kg.

2.7 MESURE DES PARAMÈTRES DE CROISSANCE ET LA MASSE DES FRUITS

Les mesures sur les plants ont débuté sept (07) jours après repiquage (JAR) et se sont poursuivies à intervalle de 07 jours jusqu'au 35 JAR. Ces mesures ont porté d'une part sur les paramètres de croissance: la longueur de tiges des plants et le diamètre au collet et d'autre part, sur quelques composantes de rendement (la masse totale de fruits et la masse moyenne de fruits). Ces paramètres de croissance et composantes de rendement ont été déterminés comme suit:

- Longueur de la tige des plants de tomate: À l'aide d'un mètre ruban, la mesure a été faite du collet au sommet de la plante.
- Diamètre au collet: la mesure a été faite en appuyant le pied de la règle sur la première extrémité au collet de la tomate, en agissant sur la coulisse jusqu'à ce que la jauge touche l'autre extrémité. La lecture de la mesure s'effectue sur le vernier.
- Masse totale de fruits: elle a été déterminée par addition des masses de fruits récoltés depuis la première récolte jusqu'à la fin de la dernière récolte.
- Masse moyenne de fruit: Elle a été calculée de la première à la dernière récolte et correspond au rapport de la masse totale de fruits sur le nombre total de fruits.

2.8 ANALYSE STATISTIQUE

Les données obtenues ont été saisies et organisées à l'aide du tableur Excel de Microsoft Office. Il a servi également à confectionner les matrices d'analyse et la construction des graphiques. Les analyses de variance et la comparaison des moyennes ont été réalisées à l'aide du logiciel STATISTICA version 7.1. Le test de Duncan a été choisi pour comparer les moyennes lorsque l'analyse des variances révèle des différences significatives entre les traitements au seuil de probabilité de 5 %.

3 RÉSULTATS

3.1 ÉVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE ET DU PH DES COMPOSTS

La température et le pH ont évolué suivant trois phases (Figures 4 et 5). La première présente une augmentation des températures des deux composts jusqu'au 2^e mois, atteignant ainsi 52°C pour le compost 1 et 45°C pour le compost 2 avec, parallèlement, des baisses de pH respectives de 5,45 et 6,62. À la deuxième phase, intervenue du 2^e au 4^e mois, les températures ont baissé jusqu'à 40 et 37 °C respectivement, avec une augmentation respective des pH à 7,06 et 7,55. La troisième montre une baisse progressive des températures respectives des deux composts jusqu'à 32 et 31°C. Quant aux pH, ils se sont stabilisés à 7,23 pour le compost 2 et 6,94 pour le compost 1.

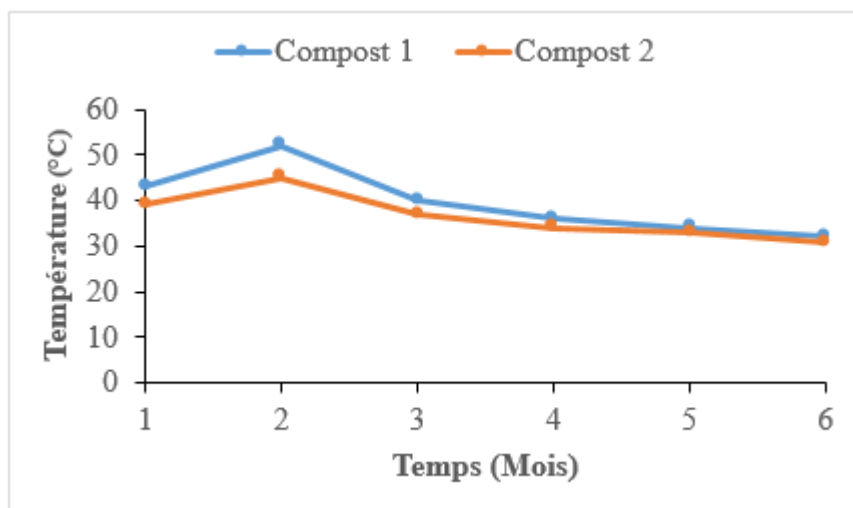


Fig. 4. Évolution de la température au cours du compostage

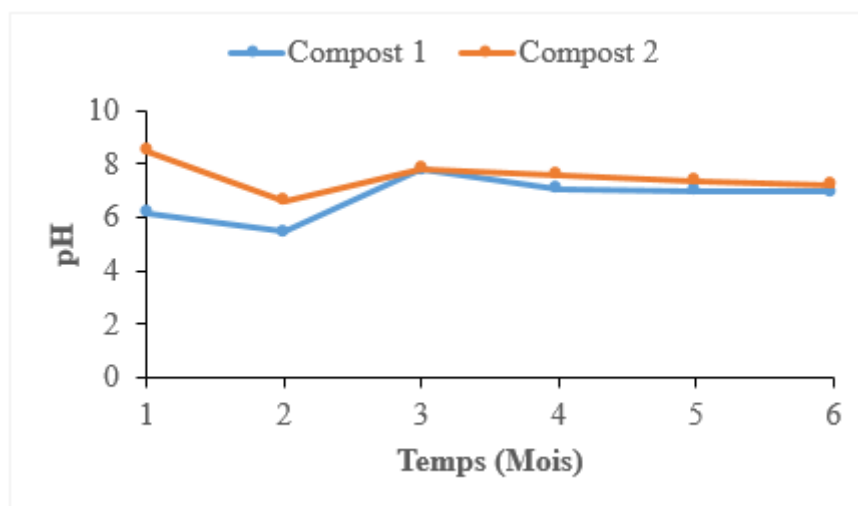


Fig. 5. Évolution du pH au cours du compostage

3.2 COMPOSITION PHYSIQUE ET CHIMIQUE DU SOL ET DES COMPOSTS

Les résultats obtenus (Tableau 1) après analyse montrent que les sols sont de texture sableuse à prédominance sable fin, profonds, bien drainés et bien aérés favorable au développement racinaire des plantes. La teneur en matière organique, en azote total et en potassium sont respectivement de 1,03; 0,06; 0,21 %. Celle du phosphore assimilable s'élève à 2,55 ppm. Le sol présente des teneurs en azote et en matière organique très faibles et un pH (5,77) légèrement acide.

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques du sol avant l'expérimentation

Paramètres physiques	Profondeur 0-40 cm
Sables (%)	94,3
Limons (%)	3,2
Argiles (%)	0,5
Texture	Sableuse
Paramètres physico-chimiques	
pH _{eau}	5,77
C tot (%)	0,63
N tot (%)	0,06
MO (%)	1,03
C/N	10,05
P ass (ppm*)	2,55
CE (µS/cm à 25°C)	81,8
Ca (cmol _c /kg)	1,24
K (cmol _c /kg)	0,21
Mg (cmol _c /kg)	0,58
Na (cmol _c /kg)	0,05
S (cmol _c /kg)	2,08
CEC (cmol _c /kg)	5,15

*1 ppm = 1 mg/kg; S: somme des cations échangeables

Le tableau 3 présente les caractéristiques chimiques des engrais organiques appliqués. Il ressort de l'analyse, une richesse en nutriments majeurs, azote (32,47 g/kg/MS), phosphore (20,10 g/kg/MS) et potassium (25,20 g/kg/MS), du compost 1 (enrichi avec les fientes de poules, les jacinthes d'eau et les coques de pollens) comparativement au compost 2 (enrichi avec les bouses de bœufs; les jacinthes d'eau et les coques de pollens) respectivement 14,60; 3,72 et 13,14 g/kg/MS. Au regard des résultats d'analyse du tableau 2, une perte considérable de nutriments des matières premières tout au long du processus de compostage est notée avec pour conséquence, la baisse de la teneur en nutriments dans les composts produits.

Tableau 2. Caractéristiques chimiques des matériaux de compostage

Paramètres	Bouses de bœufs	Fientes de poules	Jacinthes d'eau	Coques de pollens
pH _{eau}	7,81	7,68	7,02	6,20
C (g/kg/MS)	1,69	2,95	110	26,30
N (g/kg/MS)	21,30	34,70	7,51	7,40
MO (%MS)	16,96	52	27	54,70
C/N	12,56	11,76	14,65	3,50
P (g/kg/MS)	6,10	11	10,60	1,00
K (g/kg/MS)	11,70	18,60	3,8	7,60
Ca (g/kg/MS)	10,80	26,60	2,06	0,60
Mg (g/kg/MS)	5,40	4,40	3,11	0,30

Tableau 3. Teneur en éléments nutritifs des composts

Paramètres	Compost 1	Compost 2
pH _{eau}	6,94	7,23
C (g/kg/MS)	348,4	177,85
N (g/kg/MS)	32,47	14,6
MO (%MS)	34,23	31,67
C/N	10,73	12,18
P (g/kg/MS)	20,1	3,72
K (g/kg/MS)	25,2	13,14
Ca (g/kg/MS)	39,73	10,3
Mg (g/kg/MS)	10,29	4,01

Selon les propositions de [27], revue en 2016 [28], le besoin de la tomate en matière organique a été estimé à 20 t/ha, 200 kg de NPK (12-22-22), 100 kg d'urée ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) et 200 kg de sulfate de potassium (K_2SO_4). À partir de ces doses et des résultats des analyses chimiques, les quantités de chaque compost et fumure à appliquer pour avoir les traitements envisagés ont été définies (Tableau 4). Par exemple, 333,33 g de bouses de bœufs appliquées par plant correspond à environ 7,10 g d'azote (N); 2,03 g de phosphore (P) et 3,90 g de potassium (K) et 333,33 g de fientes de poudeuses correspond à environ 11,57 g d'azote (N); 3,67 g de phosphore (P) et 6,20 g de potassium (K).

Tableau 4. Doses d'intrants apportés par unité expérimentale

Traitements	Désignation	Apport	
		Dose (g/m ²)	Dose/plant (g)
T0	Témoin absolu	-	-
T1*	Engrais minéraux	NPK	20
		Urée	10
		Sulfate de potassium	20
T2	Compost 1	2000	333,33
T3	Compost 2	2000	333,33

*T1 (engrais minéraux) = NPK; Urée et Sulfate de potassium

3.3 COMPOSITION DES COMPOSTS EN MÉTAUX LOURDS

Les résultats du tableau 5 ont révélé, d'une part, que les taux de métaux lourds du compost 1 sont nettement supérieurs à ceux du compost 2 et d'autre part, que les taux de métaux lourds des deux composts restent inférieurs aux normes internationales [29]. En d'autres termes, les composts peuvent être appliqués au sol sans risques majeurs.

Tableau 5. Teneur en métaux lourds des composts par rapport aux normes internationales

Métaux lourds (mg/kg MS)	Cu	Pb	Ni	Cd
Compost 1	43	54,1	13	0,84
Compost 2	32,15	46	10,12	1,1
Norme: Norme NF U 44-051	300	180	60	3
Norme: CAN/BNQ 0413-200	400	150	62	3

3.4 EFFETS DES COMPOSTS SUR LA LONGUEUR DES TIGES DES PLANTS

L'analyse de la Figure 6 a montré qu'il y a une évolution progressive de la longueur des tiges en fonction des traitements. Les traitements à base de composts ont obtenu des longueurs moyennes de tiges supérieures au traitement à base d'engrais minéraux qui l'a été davantage par rapport au témoin. La plus grande longueur de tiges (71,04 cm) atteinte au 35 JAR a été observée sur le traitement T2 et la plus faible (47,96 cm) par le traitement T0. D'une manière générale, les traitements à base de composts T2 et T3 ont eu des longueurs moyennes de tiges proches, du 07 au 35 JAR.

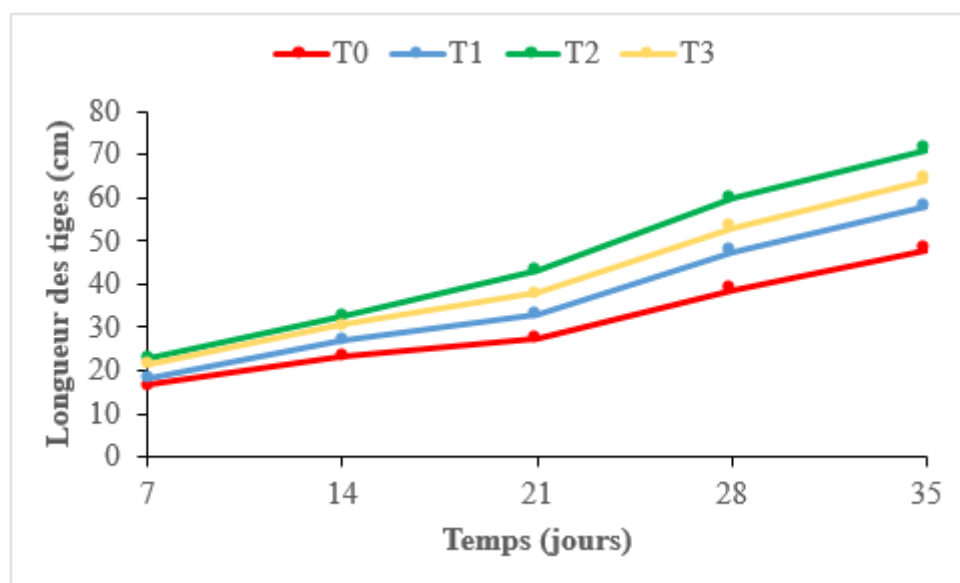


Fig. 6. Évolution de la longueur des tiges des plants de tomate au cours du temps selon le traitement

3.5 EFFETS DES COMPOSTS SUR LE DIAMÈTRE AU COLLET

Les résultats présentés à la figure 7, montrent une croissance progressive du diamètre au collet des plants de tomate selon le nombre de jours d'observation et le traitement. Les meilleurs diamètres au collet ont été observés au niveau des traitements composts (T2 et T3), avec une légère supériorité des traitements engrais minéraux (T1) suivies des traitements sans apport (T0). Le traitement T2 a obtenu le diamètre au collet le plus élevé qui a varié de 0,52 à 1,06 cm contre 0,39 à 0,86 cm (le plus faible) pour le témoin T0 sans apport, entre 07 et 35 JAR.

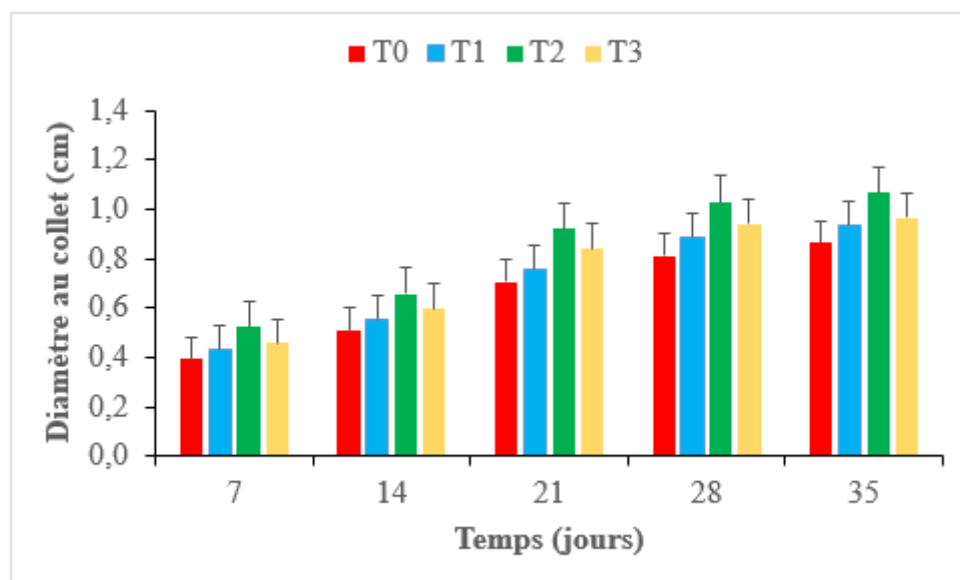


Fig. 7. Diamètre au collet des plants de tomate selon le traitement

3.6 EFFETS DES COMPOSTS SUR LA MASSE DES FRUITS

Le tableau 6 présente l'effet des traitements sur la production totale des fruits. Il ressort des analyses que les traitements ont eu un effet significatif sur la masse totale et moyenne des fruits. La masse totale moyenne de fruits produit a été $2,13 \pm 0,38$ kg alors que la moyenne de la masse moyenne d'un fruit par plante est $39,20 \pm 3,54$ g. Le compost 1 (T2) a produit la masse totale de fruits et la masse moyenne de fruit unitaire par plante la plus élevée respectivement $3,44 \pm 0,52$ kg et $52,39 \pm 1,69$ g. Par contre, les plus faibles masse totale

de fruits ($0,42 \pm 0,16$ kg) et masse moyenne de fruit unitaire par plante ($22,00 \pm 1,68$ g) ont été enregistré par le témoin (T0). En général, les traitements composts (T2 et T3) ont enregistré plus de gros fruits que les traitements engrais minéraux (T1) qui eux ont obtenus des fruits moyens.

Tableau 6. Effets des traitements sur la masse des fruits

	Masse totale fruits (kg)	Masse moyenne fruit (g)
T0	$0,42 \pm 0,16$ a	$22,00 \pm 1,68$ a
T1	$2,05 \pm 0,45$ b*	$36,01 \pm 3,44$ b
T2	$3,44 \pm 0,52$ c	$52,39 \pm 1,69$ d
T3	$2,61 \pm 0,51$ b	$46,37 \pm 2,14$ c
Moyenne	$2,13 \pm 0,38$	$39,20 \pm 3,54$
Probabilité	0,0001	0,0001
Significativité	HS	HS
CV (%)	30,37	8,99

4 DISCUSSION

4.1 ÉVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE ET DU PH DES COMPOSTS

Trois grandes phases lors du compostage des résidus organiques ont été observées tout comme [30]. Mais [31] a subdivisé le processus de décomposition de la matière organique par compostage en quatre phases que sont: les phases mésophile, thermophile, de refroidissement et de maturation. La phase mésophile correspond à la phase initiale de décomposition de la matière organique. Elle se traduit par une forte activité biologique qui engendre une élévation de la température. La phase thermophile ou phase de réchauffement qui se caractérise par une élévation de la température des composts atteignant un maximum au 2^{ème} mois pourrait être due aux composés facilement décomposables comme les protéines, glucides et lipides par les organismes thermophiles. Cette phase atteste du bon déroulement du compostage [32]. À partir du 2^{ème} mois jusqu'au 4^{ème} mois s'en est suivi la phase de refroidissement correspondant à une baisse de la température des composts. Cela pourrait s'expliquer par la diminution de la quantité de matière organique facilement dégradable. Autrement dit, le ralentissement de l'activité microbienne. Selon [32], le refroidissement qui précède la maturation du compost est caractérisé par une baisse des températures qui passent de 50 à 30°C. Après le 4^{ème} mois, la baisse progressivement de la température qui s'est stabilisée au 6^{ème} mois autour de 32°C expliquerait la maturité des composts. Les résultats obtenus sont en phase avec ceux de [33] qui ont montré que la phase finale du compostage au cours de laquelle la température atteint celle du sol, soit 20 à 30°C, correspond à la phase de maturation. S'agissant du pH sont suivi renseigne sur le degré de décomposition biologique et biochimique des matériaux de compostage. En effet, pendant la décomposition deux phases distinctes caractérisées par des oscillations de pH se sont succédé: une phase traduisant une baisse du pH (phase acidogène) au cours du processus de dégradation [6], [33] suivie d'une phase d'augmentation de la température (alcalinisation) caractérisée par une hydrolyse bactérienne de l'azote avec production d'ammoniac associée à la dégradation des protéines et à la décomposition d'acides organiques [34]. Le pH est un indicateur de la maturité du compost comme stipule [35]. Pour cet auteur le pH des composts mûrs varie entre 7 et 9 alors que celui des composts immatures serait acide. Les composts ont donc atteint la maturité.

4.2 COMPOSITION PHYSIQUE ET CHIMIQUE DU SOL ET DES COMPOSTS

Les teneurs en azote et en matière organique du sol sont très faibles et un pH légèrement acide. Ce qui signifie que ces propriétés chimiques sont, en général, mauvaises hormis la conductivité électrique (CE) qui atteste sa non salinité et les éléments minéraux sont faiblement disponibles pour une croissance optimale des plantes.

Le rapport C/N des composts a varié de 10,73 à 12,18. À cet effet, [36] rapporte dans ses travaux qu'un compost mûr serait caractérisé par un rapport C/N compris entre 10 et 15. Les composts à rapport C/N inférieur à 10 ont été caractérisés d'instables et à faible dose de composés humifères par [37]. Pour cet auteur, la minéralisation de la matière organique des composts à rapport C/N inférieur à 10 se ferait rapidement. Ces composts auront donc tendance à libérer plus rapidement les éléments minéraux comme le ferait les engrais de synthèse. Les travaux effectués sur les composts à base de fumier de volaille rapporté par [38] ont montré que ceux-ci sont nettement plus riches en éléments minéraux que les composts issus des fumiers de bovins. L'obtention d'un pH neutre en fin de compostage serait un indicateur de la maturité des deux composts. Pour également vérifier la maturité des composts, une expérimentation a été faite à l'aide de trois (03) boîtes, avec du sable dans l'une et dans les deux autres, une poignée des composts. Dix (10) graines saines de tomate ont été semées dans chacune des boîtes. Après une semaine de suivi, le nombre de graines germées a été compté dans chaque boîte. Le nombre germé dans le sable était similaire à celui des composts, donc le compost était jugé mûr et utilisable pour la culture. Ils pourront donc bien amender les sols. Néanmoins, le compost 1 serait de meilleure qualité que le compost 2 vue sa plus grande teneur

en azote, carbone, phosphore et potassium. Cependant, les paramètres agronomiques des plantes pourront mieux confirmer la qualité de chaque compost.

4.3 EFFETS DES COMPOSTS SUR LA CROISSANCE DES PLANTS ET SUR LA MASSE DES FRUITS

Les plants traités avec les composts ont eu une meilleure croissance en hauteur et un meilleur rendement en masse de fruits par rapport à ceux traités aux engrais minéraux et ceux sans apports. Cela pourrait s'expliquer par les caractéristiques spécifiques des composts qui améliorent les propriétés physico-chimiques du sol. Ces résultats corroborent ceux de [39], ainsi que ceux de [40], qui ont montré que les sols amendés en engrais organiques à base de déchets végétaux, de fientes de volailles et de déjections d'ovins, améliorent significativement les paramètres agronomiques des sols. Aussi, la richesse de ces composts en matière organique améliore-t-elle la structure du sol assurant ainsi, une meilleure dissolution et assimilation des éléments nutritifs pour une bonne croissance des plantes [41], [42]. Les analyses ont montré que les propriétés chimiques de ce sol sableux sont, en général, mauvaises et les éléments minéraux faiblement disponibles pour une croissance optimale des plantes. Donc sans apport les plantes ne peuvent ni avoir un bon développement ni une bonne production. La même remarque est faite par [43] lorsqu'il affirme que la faible croissance des plantes peut être attribuée aux caractéristiques du sol. En général, les engrais minéraux sont apportés au sol pour corriger les carences. Cependant, les caractères de ces sols pourraient favoriser la lixiviation des minéraux qui deviennent alors inaccessibles aux racines. La matière organique retient les éléments nutritifs en surface alors que l'engrais minéral seul accélère leur migration verticale [44]. La matière organique est, de ce fait, le meilleur fertilisant de base [45]. L'amendement organique par l'entremise de composts est donc un impératif de la fertilisation, surtout dans les sols sableux. Contrairement aux engrais minéraux, les composts libèrent lentement les minéraux pour une bonne nutrition de la plante. Cette assertion se justifie dans les travaux de [46] lorsqu'ils affirment que les éléments nutritifs rendus suffisamment disponibles au fil du temps dans le sol sont efficacement utilisés par les plantes cultivées. Par ailleurs, les composts ont un pH proche de la neutralité, ce qui est un avantage pour la disponibilité des éléments nutritifs. Ces résultats sont similaires à ceux de [47] et [48] qui ont trouvé qu'un pH voisin de la neutralité constitue un atout pour une meilleure absorption racinaire des éléments nutritifs. Le compost 1 enrichi en fientes de poules a été plus riche en éléments majeurs (N, P et K) par rapport à celui enrichi en bouses de bovins (compost 2). Ce qui a permis un accroissement très considérable du rendement en fruit de tomate. Cette observation corrobore celle de [49] qui justifie la croissance et le rendement des plantes par le fait d'une quantité importante d'éléments azote et phosphore. Cette remarque rejoint l'étude de [50] qui ont montré que, en plus de la stimulation de la croissance des plants de tomate, le rendement commercialisable de la tomate a été augmenté par le compost. Aussi, les fientes de poules sont-ils beaucoup riches en azote. En effet, l'azote est un élément constitutif de la chlorophylle, il est un facteur déterminant dans la croissance et la détermination du rendement des plantes [51], [52]. [53] après utilisation de compost enrichi en fiente de volaille pour la production de choux sur sol sableux sont parvenus aux mêmes résultats. Des résultats similaires ont été obtenus par [54] en utilisant du compost enrichi en fiente de volaille pour la culture de laitue sur un ferralsol.

5 CONCLUSION

Cette étude a été initiée en vue d'évaluer à la fois les caractéristiques des composts et l'influence de ces composts sur la croissance des plants et la masse des fruits produits pour une meilleure vulgarisation et une production à grande échelle. Les résultats ont montré que les composts ont été enrichis en éléments majeurs (N, P et K) et qu'ils pouvaient être appliqués au sol sans risques majeurs, au regard de leur teneur en métaux lourds inférieurs aux normes internationales. Les plants traités avec les composts ont eu une meilleure croissance en hauteur et un bon rendement en masse de fruits que ceux traités avec les engrais minéraux. En référence aux résultats obtenus, le compost 1 (mélange de jacinthes d'eau + coques de pollens + fientes de poules) pourrait être recommandé comme biofertilisant de la tomate sur les sols sableux. Soit en apport unique soit en complémentaire aux engrais minéraux. Toutefois, une étude approfondie de l'effet de ces composts sur la composition organoleptique des fruits et de la rentabilité économique de l'utilisation de ces fertilisants pour la production de la tomate sont nécessaires pour une meilleure exploitation des résultats.

REMERCIEMENTS

Toute notre reconnaissance à l'endroit des autorités du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), notamment celles de la Station de recherche sur les cocotiers (Marc Delorme) de Port-Bouët pour avoir mis à notre disposition des parcelles, le matériel et la main d'œuvre pour effectuer cette étude.

REFERENCES

- [1] Diallo M. D., Diaité B., Diédhiou P. M., Diédhiou S., Goalbaye G., Doelsch E., Diop A. et Guissé A., 2019. Effets de l'application de différents fertilisants sur la fertilité des sols, la croissance et le rendement du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. dans la Commune de Gandon au Sénégal. *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 2 (2), pp. 7-15.
- [2] Outéndé T., 2016. Évaluation 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. Thèse de Doctorat, Université de Lomé (Togo) en cotutelle avec l'Université de Limoges, 182 p.
- [3] Saidou A. K., Boube M. et Aune J. B., 2020. Effets de la Fertilisation à Base de la Biomasse du *Sida cordifolia* L. sur les Performances Agronomiques et la Rentabilité Économique de la Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Culture Irriguée. *European Scientific Journal*, 16 (3), pp. 127-150.
- [4] Doh F., 2018. Moyens de lutte contre la punaise *Pseudotheraptus devastans* Distant (Heteroptera: Coreidae), ravageur du cocotier en Côte d'Ivoire: cas de la tolérance variétale et utilisation d'extraits aqueux de cinq plantes locales. Thèse de Doctorat, Université NANGUI ABROGOUA (Côte d'Ivoire), 113 p.
- [5] Koutouan F. P., N'guessan B. C., Wandan E. N. et Ta Bi D. B., 2017. Effet de La Fertilisation Phospho-potassique sur le rendement grainier et la qualité des semences de *Cajanus cajan* L. Millsp. sur un ferrasol à Yamoussoukro, Région centre de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 13 (21), pp. 7-20.
- [6] Attrasi B., Mrabet L., Douira A., Ounine K. et El Haloui N., 2005. Étude de la valorisation agronomique des composts des déchets ménagers. *Biotechnol. et Envir., Atelier "Biotechnologies" au Maroc, Setat du 6 Mai 2005*.
- [7] Houot S., Francou C., Vergé-Leviel C., Michelin J., Bourgeois S., Linères M., Morel P., Parnaudeau V., Le Bissonnais Y., Dignac M.-F., Dumat C., Cheiab A. et Poitrenaud M., 2003. Valeur agronomique et impacts environnementaux de composts d'origine urbaine: variation avec la nature du compost. *Les Dossiers de l'environnement de l'INRA*, 25, pp. 107-125.
- [8] Movahedi S. A. R. et Cook H. F., 2010. Influence of municipal compost on temperature, water, nutrient status and the yield of maize in temperate soil. *Soil Use manage*, 16 (3), pp. 215-221.
- [9] Pigozzo A. T. G., Lenzi E., Junior J. L., Scapin C. et Da Costa A. C. S., 2006. Transition metal rates in latosol twice treated with sewage sludge. *Brazil. Arch. Biol. Technol.*, 49 (3), pp. 515-526.
- [10] Mama D., 2010. Méthodologie et résultats du diagnostic de l'eutrophisation du lac Nokoué (Bénin). Thèse de doctorat. Université de Limoges. 157 p.
- [11] Jianqinq D., Wang R. et Zhongnam F., 1995. Distribution and infestation of water hyacinth and control strategy in China. *Journal of Weed Science*, 9 (2), pp. 12-17.
- [12] Gutiérrez L. E., Arreguín F., Huerto R. et Saldaña P., 1994. Aquatic weed control. *International Journal of Water Resource Development*, 10, pp. 291-312.
- [13] Darya P. A. A., 2017. Optimisation du potentiel méthanogène de la jacinthe d'eau en combinaison avec les fientes de volailles. Université d'Abomey-Calavi (Benin). 56 p.
- [14] CCT, 2006. Centre de Cartographie et de Télédétection du Bureau National d'Études Techniques et du Développement. Abidjan, Côte-d'Ivoire.
- [15] Yao-Kouamé A. et Alou K. R., 2008. Propriétés du sol et domestication de *Lippia multiflora* (verbénaceae) en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 20 (1), pp. 97-107.
- [16] Brou T., 2005. Climat, mutations socio-économique et paysages en Côte d'Ivoire. Rapport d'activités scientifique, pédagogique, administrative et publications en appui au mémoire de synthèse. Université des Sciences et Technologies de Lille, Université de Cocody-Abidjan, l'Institut de Géographie Tropicale, 106 p.
- [17] Zakra N., 1997. Contribution à l'étude de la restauration et au maintien de la fertilité des sables quaternaires du littoral Ivoirien: cas de l'utilisation d'arbres fixateurs biologiques d'Azote comme plante associative avec les cocotiers. Thèse, Docteur-ingénieur, Université de Cocody (Côte d'Ivoire), 155 p.
- [18] Coffi P. M. J., Lékadou T. T., Ama T. J., Traoré S., Yao S. M. D., Agoh C. F., Koffi B. E. Z., Djaha K. E. et Hala N. F., 2021. État des lieux des bananeraies (*Musa* sp) en zone de culture du cocotier, sur le littoral en Côte d'Ivoire: cas de la station Marc DELORME et des villages aux alentours. *Int. J. Chem. Sci*, 15 (6), pp. 2438-2455.
- [19] Mustin, M., 1987. Le compost: gestion de la matière organique. Éditeur: Paris: François Dubusc, 954 p.
- [20] Misra R. V., Roy R. N. et Hiraoka H., 2005. Méthode de compostage au niveau de l'exploitation agricole. FAO. Edition Rome, 35 p.
- [21] BUNASOLS, 1987. Méthodes d'analyse physique et chimique des sols, des eaux et des plantes. Documentation techniques n°3, BUNASOLS, Ouagadougou, 159 p.
- [22] Yoro G. R., Kassin K. E. et Tahouo O., 2007. Le tube cylindrique, une innovation pour la prospection pédologique. Le CNRA en 2007. Centre National de Recherche Agronomique, ISBN 978-2-917074-01-5, Abidjan, Côte d'Ivoire, pp. 10-13.
- [23] Traoré M., 1996. Utilisation des éléments nutritifs par une graminée pérenne: *Andropogon gayanus*. Thèse pour obtenir le titre de Docteur de Spécialité, Option: Production Fourragère à l'institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée de Bamako (Mali). Rapports PSS No.19.IER, Bamako, AB-DLO, Wageningen/Haren, DAN-AUW, Wageningen, 149 p.

- [24] Morvan X., Richer-De-Forges A., Arrouays D., Le Bas C. et Saby N., 2007. Une analyse des stratégies d'échantillonnage des réseaux de surveillance de la qualité des sols en Europe. *Étude et Gestion des Sols*, Association Française pour l'Étude des sols, 14 (4), pp. 317-326.
- [25] AFNOR., 1994. *Qualité des sols. Recueil de normes françaises*, AFNOR, Paris, France, 250 p.
- [26] Hillebrand W. F., Lundell G. E. F., Bright H. A. et Hoffman J. I., 1953. *Applied Inorganic Analysis (2nd edn)*. John Wiley, Sons, Inc: New York (USA), 1034 p.
- [27] Assogba Komlan F., 2007. *Valorisation des déchets agro-industriels en agriculture urbaine dans le Sud du Bénin: Diagnostic, évaluation et perspectives*. Thèse de doctorat, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières de l'Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 140 p.
- [28] Goudjo M. A. C., Francoise A. K., Joël A. D. A., Okpéoluwa O. O. R. et Amadji L. G., 2019. Effet du fractionnement d'engrais organique, d'Urée et du Sulfate de Potassium sur la productivité et la conservation des fruits de tomate au Sud du Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 138, pp. 14050-14059.
- [29] Zdanevitch I., 2012. *Comparative study of compost and digestate quality issued from the fermentable portion of domestic wastes, separately collected or mixed*. Final report. Study report. Ineris Paris (France), 124 p.
- [30] Inckel M., Smet P., Tersmette T. et Veldkamp T., 1990. *Fabrication et utilisation du compost*. Série Agrodok, (8), 72 p.
- [31] Leclerc B., 2001. *Guide des matières organiques*; (eds) guide technique de l'ITAB, 238 p.
- [32] Inckel M., Peter D. S., Tersmette T. et Veldkamp T., 2005. *La fabrication et l'utilisation du compost*. Agrodok, 73 p.
- [33] Compaoré E., Nanema L. S., Bonkoungou S. et Sedogo M. P., 2010. Évaluation de la qualité de composts de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso pour une utilisation efficiente en agriculture. *J. Appl. Biosci.*, 33, pp. 2076-2083.
- [34] Huang G. F., Wong J. W. C., Wu Q. T. et Nagar B. B., 2004. Effect of C/N on composting of pig manure with sawdust. *Waste Manage.*, 24, pp. 805-813.
- [35] 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*. Thèse de doctorat, Université Paul Cezanne Aix-Marseille III, 189 p.
- [36] Charnay F., 2005. *Compostage des déchets dans les pays en développement: élaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost*. Thèse de doctorat, université de Limoges (France), 277 p.
- [37] Tahraoui N. D., 2013. *Valorisation par compostage des résidus solides urbains de la commune de Chlef, Algérie*. Thèse de Doctorat, Université de Limoges, 244 p.
- [38] Weill A. et Duval J., 2009. *Les amendements organiques, fumiers et composts*. Dans *Guide de gestion globale de la ferme maraîchère biologique et diversifiée; Module 7: Amendement et fertilisation*. Équiterre, pp. 1-19.
- [39] Kitabala M. A., Tshala U. J., Kalenda M. A., Tshijika I. M. et Mufind K. M., 2016. Effets de différentes doses de compost sur la production et la rentabilité de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) dans la ville de Kolwezi, Province du Lualaba (RD Congo). *Journal of Applied Biosciences*, 102, pp. 9669-9679.
- [40] Batamoussi H. M., Tovihoudji P. G., Tokore S. B. J. O. M., Boulga J. et Essegnon I., 2016. Effet des engrais organiques sur la croissance et le rendement de deux variétés de tomate (*Lycopersicum esculentum*) dans la commune de Parakou (Nord Bénin). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 24 (1), pp. 86-94 p.
- [41] Duplessis J., 2002. *Le compostage facilité: guide sur le compostage domestique NOVA Envirocom*, 107 p.
- [42] Fagnano M., Adamo P., Zampella M. et Fiorentino N., 2011. Environmental and agronomic impact of fertilization with composted organic fraction from municipal solid waste: A case study in the region of Naples, Italy. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 141 (1-2), pp. 100-107.
- [43] Mukalay M. J., Shutcha M. N., Tshomba K. J., Mulowayi K., Kamb C. F. et Ngongo L. M., 2008. Causes d'une forte hétérogénéité des plants dans un champ de maïs dans les conditions pédoclimatique de Lubumbashi. *Presses universitaires de Lubumbashi, Annales Faculté des Sciences Agronomiques*, 1 (2), pp. 4-11.
- [44] Yoboue A. N., N'goran K. E., Ama T. J., Kouassi Y. F. et Yao G. F., 2020. Effets du précédent cultural arachide (*Arachis hypogaea* L.) et de la charge en éléments grossiers du sol sur la production du coton (*Gossypium hirsutum* L.). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 14 (6) pp. 2120-2133.
- [45] Giller K. E., Cadisch G. et Palm C., 2002. The North South divide: Organic wastes or resources of nutrient management. *Agronomy*, 22, pp. 703-709.
- [46] Ojetayo A. E., Olaniyi J. O., Akanbi W. B. et Olabiya T. I., 2011. Effect of fertilizer types on nutritional quality of two cabbage varieties before and after storage. *Journal of Applied Biosciences* 48, pp. 3322-3330.
- [47] Ondo J. A., 2011. *Vulnérabilité des sols maraîchers du Gabon région de Libreville: acidification et mobilité des éléments métalliques*. Thèse Université de Provence, France, pp. 113-128.
- [48] Ognalaga M., Odjogui P. I. O., Lekambou J. M. et Poligui R. N., 2015. Effet des écumes à cannes à sucre, de la poudre et du compost de à base de *Chromolaena odorata* (L.) King R.M. & H.E. Rob sur la croissance de l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9 (5), pp. 2507-2519.
- [49] Brassat T. et Couturier C., 2005. *Gestion et valorisation des cendres de chaufferies bois*, ADEME, 3 p.
- [50] Abbasi P., Al-Dahmani J., Sahin F., Hoitink H. et Miller S., 2002. Effect of compost amendments on disease severity and yield of tomato in conventional and organic production systems. *Plant disease*, 86, pp. 156-161.

- [51] Sikora L. J. et Szmidt A. K., 2001. Nitrogen sources, mineralization rates, and nitrogen nutrition benefits to plants from composts. In *Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems*, Stoffella PJ, Kahn BA (eds). Lewis Publishers: NewYork, USA, pp. 287-305.
- [52] Magnan J., 2006. Epandage post récolte des engrais organiques et risques environnementaux reliés aux pertes d'azote. *Ordre des Agronomes du Québec*, p.75.
- [53] Amadji G. L., Saïdou A. et Chitou L., 2009. Recycling of residues in compost to improve coastal sandy soil properties and cabbage shoot yield in Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3 (2), pp. 192-202.
- [54] Saïdou A., Bachabi S. F. X., Padonou G. E., Biaou O. D. B., Balogoun I. et Kossou D., 2012. Effet de l'apport d'engrais organiques sur les propriétés chimiques d'un sol ferrallitique et la production de laitue au Sud Bénin. *Rev. CAMES-Série A.*, 13 (2), pp. 281-285.