

Mise en place d'un processus de compostage rapide des déchets ligno-cellulosiques d'origine agricole

Diansambu M.I.¹, Cibinda M.C.²

(1) École Régionale post-universitaire d'Aménagement et de Gestion Intégrée des Forêts et Territoires Tropicaux (ERAIFT)
e-mail : isaacdiansambu@yahoo.fr

(2) Université de Kinshasa / République Démocratique du Congo.

Résumé

Un essai d'induction de processus de compostage rapide des déchets d'origine agricole a été tenté. Quatre types de déchets ont été compostés : gousses et feuilles mortes d'*Acacia auriculiformis*, paille des graminées sauvages (*Digitaria polybotrya*) et sciure de bois de *Terminalia superba*. Cinq expériences ont été menées et 20 modèles ont été proposés. Dans le but d'accélérer la maturation du compost des déchets valorisés, le taux d'humidité a été fixé à 65 % avec un retournement tous les 5 jours et

le pH variable. Différents paramètres ont été suivis : la température, le pH, les matières minérales et organiques, le taux en carbone, en azote, en calcium, en magnésium, en phosphore, en potassium et le rapport en carbone/azote. Les résultats obtenus montrent que tout en laissant le pH évoluer librement, les modèles proposés ont un effet sur la réduction de la durée du compostage et ont induit les effets positifs tant du point de vue physico-chimique que microbiologique.

Mots clés : lessivage, trempage, égouttage, inoculum

Abstract

An induction process of rapid composting of agricultural wastes test was attempted. Four types of waste were composted: pods and dead *Acacia auriculiformis*, straw wild grass (*Digitaria polybotrya*) and sawdust *Terminalia superba* leaves. Five experiences were conducted and 20 models have been proposed. In order to accelerate the maturation of compost waste recovery, the humidity rate was fixed at 65 % with a turn every 5 days and variable

pH. Various parameters were monitored: the temperature, pH, mineral and organic materials, the rate of carbon, nitrogen, calcium, magnesium, phosphorus, potassium and the ratio of carbon / nitrogen. The results obtained show that while keeping the pH has changed freely, the proposed models have an effect on the reduction of the duration of the composting and the positive effects induced both physicochemical and microbiological points.

Keywords: washing, sodding, draining, inoculum

1. Introduction

En milieu tropical, la destruction des forêts induit une rupture de l'équilibre biologique et nutritionnelle, à travers la destruction de la matière organique du sol. La réduction de fertilisants est principalement un problème de restitution, surtout pour le N, P, K, Ca et Mg (De Leenheer et Waegemans, 1970). La valorisation des déchets organiques solides peut être obtenue par voie chimique ou biologique en vue de décomposer les macromolécules organiques en molécules simples.

Le compostage est un processus biologique naturel par lequel la matière organique est décomposée par les micros et macro-organismes la constituant et ceux du sol. Le processus naturel de compostage (compostage

non contrôlé) est lent. Le produit final obtenu, le compost, présente souvent un déficit en matière minérale à cause du lessivage par le ruissellement des eaux de pluie. L'inoculation de certains traitements peut être associée à cette méthode d'élimination des déchets organiques solides soit pour lutter contre les mauvaises odeurs, soit pour réduire la période d'acclimatation de micro-organismes responsables (Gotaas, 1959).

La vitesse de ce processus peut être accélérée par le contrôle de certains paramètres, notamment la concentration en substrat, la température, la concentration en oxygène, le pH du milieu, l'humidité et les types des micro-organismes. Pour augmenter l'activité des micro-organismes, on peut aussi

introduire dans le milieu des substances riches en populations microbiennes de diverses natures telles que les lisiers de chevaux et de vaches, la fiente de poules, les boues d'égouts, etc. (Palmisano et al., 1993; Gonzalez et al., 1993). On parle ainsi du phénomène de l'inoculation et les substances ainsi ajoutées sont appelées inocula (Ndunga, 1996).

Le processus de compostage est plus rapide en présence d'un ensemble de populations microbiennes qu'en présence des souches pures (Waksman et al., 1930). Les micro-organismes participant à la décomposition de la matière organiques lors du compostage aérobie sont : les bactéries, les actinomycètes et les champignons (Gotaas, 1959). En effet, la taille des particules, la granulométrie, conditionnent le déroulement de la fermentation. Si l'air circule à priori mieux entre les particules grossières, la surface de contact air-matière organique-microbe, beaucoup plus développée dans un réseau de particules fines, il favorise les échanges et donc accélère la fermentation (Segura et al, 1984). La valorisation conjointe de produits riches en matières organiques et minérales influence de façon positive la vitesse de fermentation de l'ensemble du matériel à composter et permet ainsi d'améliorer le processus et la qualité du compost obtenu (Segura, 1984 ; Ngnikam et al., 1993 ; Gueye et al, 1986 ; Palmisano et al., 1993 ; Gonzalez et al., 1993 ; Subba Rao, 1982 ; Bilgo et al., 1992).

A Kinshasa, les maraîchers organisent des cultures en pleine ville. Tous les espaces verts ont été transformés en jardins potagers. Ils utilisent de ce fait les matières organiques fraîches et les feuilles mortes directement dans le sol pour soit disant enrichir ce dernier. Cette procédure pourrait présenter beaucoup de risques. En effet, la décomposition de ces matières organiques dans le sol pourrait induire une acidification et une production de chaleur qui sont néfastes pour les racines des plantes. L'utilisation des déchets devrait passer préalablement par une stabilisation avant leur mise à terre.

La production et l'utilisation des composts dérivés des déchets organiques peuvent offrir une solution à la carence croissante des matières organiques dans le sol et à la valorisation de l'immense quantité de ces déchets. Etant donné la durée prolongée du processus de compostage classique qui dure au moins trois mois, il est question d'envisager l'accélération du processus de compostage. Ce travail a pour but de tester et de mettre en place des méthodes simples et moins coûteuses capables d'accélérer le processus de compostage tout en améliorant la qualité du compost obtenu.

2. Matériel et Méthodes

Le matériel utilisé comprend les pailles de graminées sauvages (*Digitaria polybotrya*), la sciure de bois, les feuilles et les gousses mortes d'*Acacia auriculiformis*. En vue de réduire les dimensions des matières organiques, les rendre homogènes et faciliter le contact avec les micro-organismes (Crawford, 1983), mais aussi en vue d'accélérer le processus et favoriser le contact air-matière organique-microbe (Segura, 1984). Les pailles de graminées sauvages, les feuilles et les gousses mortes d'*Acacia auriculiformis* sont pilées dans un mortier (morceaux d'environ 1cm). Tous les déchets valorisés sont d'abord trempés dans l'eau pendant 24 heures avant d'être soumis au compostage contrôlé. La bouse de vache, les substrats usés de culture des champignons comestibles et le nitrate d'ammonium constituent nos inocula.

Cinq expériences en parallèle sont réalisées en laboratoire dans des bacs en plastiques de 30 litres possédant des ouvertures pour permettre l'écoulement du lexiviat. Tous les déchets sont tassés et soumis à un régime mésophile. 20 modèles de composts sont réalisés (n = 6 répétitions).

Première expérience

Modèle A1=10kg de feuilles mortes d'*Acacia auriculiformis* trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées;

Modèle A2=10 kg de gousses d'*Acacia auriculiformis* trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées;

Modèle A3=10 kg de pailles des graminées sauvages trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées;

Modèle A4=10 kg de sciure de bois trempée dans l'eau pendant 24 heures.

Deuxième expérience

Modèle B1=10kg de feuilles mortes d'*Acacia auriculiformis* trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées + 10 grammes de nitrate d'ammonium par matière fraîche de déchet ;

Modèle B2 = 10 kg de gousses d'*Acacia auriculiformis* trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées + 10 grammes de nitrate d'ammonium par matière fraîche de déchets;

Modèle B3=10 kg de pailles des graminées sauvages trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées + 10 grammes de nitrate d'ammonium par matière fraîche de déchets puis placés dans un bac ;

Modèle B4=10 kg de sciure de bois trempée dans

l'eau pendant 24 heures + 10 grammes de nitrate d'ammonium par matière fraîche de déchets.

Troisième expérience

Modèle C1=10kg de feuilles mortes d'*Acacia auriculiformis* trempées dans l'eau pendant 24 heures et ayant subi un lessivage;

Modèle C2=10 kg de gousses d'*Acacia auriculiformis* trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées et ayant subi un lessivage;

Modèle C3=10 kg de pailles des graminées sauvages trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées et ayant subi un lessivage;

Modèle C4=10 kg de sciure de bois trempée dans l'eau pendant 24 heures et ayant subi un lessivage.

Quatrième expérience

Modèle D1=10kg de feuilles mortes d'*Acacia auriculiformis* trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées + 5 % de bouse de vache;

Modèle D2 = 10 kg de gousses d'*Acacia auriculiformis* trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées + 5 % de bouse de vache;

Modèle D3 = 10 kg de pailles des graminées sauvages trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées + 5 % de bouse de vache;

Modèle D4 = 10 kg de sciure de bois trempée dans l'eau pendant 24 heures + 5 % de bouse de vache.

Cinquième expérience

Modèle E1=10kg de feuilles mortes d'*Acacia auriculiformis* trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées + 5 % de substrat usé de culture des champignons;

Modèle E2=10 kg de gousses d'*Acacia auriculiformis* trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées + 5% de substrat usé de culture des champignons;

Modèle E3=10 kg de pailles des graminées sauvages trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées + 5% de substrat usé de culture des champignons;

Modèle E4=10kg de sciure de bois trempée dans l'eau pendant 24 heures + 5 % de substrat usé de culture des champignons.

Pour le contrôle du compostage et de la maturité, un certain nombre de paramètres ont été suivis (pH, température, aération, matières organiques et minérales et rapport carbone/azote).

- La détermination du pH a été effectuée à l'aide d'un testeur de marque EXTECH-OYSTER.

- Le prélèvement de la température à l'aide d'une sonde de température de marque EXTECH-OYSTER à affichage digital dont la précision est de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

- L'aération a été assurée grâce à un retournement suivant un rythme régulier (à raison d'une fois tous les 5 jours) puisque le taux d'humidité a été maintenu à 65 % (Gotaas, 1959).

- La détermination du taux d'humidité a été effectuée selon la technique ASTM (De Groote). Les matières minérales et organiques ont été déterminées par la technique AFNOR (Yengula et al., 1990).

- Le TAN, le TON et le Kj-N ont été déterminés par la méthode KJELDAHL (Yengula et al., 1990) à l'aide d'une rampe à six postes de marque GERHARDT.

- Le phosphore a été déterminé par spectrophotométrie à l'aide du réactif *nitrovanadomolybdate d'ammonium* suivant la méthode Hollebosch et al., 1986.

- Le magnésium et le calcium ont été déterminés par complexométrie à l'EDTA (Mbemba et al., 1992 ; Tyler, 1993).

- Le potassium a été déterminé à l'aide d'un spectrophotomètre à lecture directe de marque HACH DR/2000, à 650 nm.

- Le carbone a été évalué à partir d'une prise d'essai de l'échantillon en poudre selon la méthode tirée de Gotaas, 1959.

- La cellulose a été déterminée par la méthode de Kursher (De Groote, v.a.(s.d.)).

Pour la matérialisation de ce travail, le pack Microsoft Office 2007 est utilisé. Le logiciel Excel a permis de saisir les données, de résumer les tableaux et les graphiques. Access a permis de traiter et d'analyser les données (tri, fréquence, etc.). La saisie et le traitement de texte est effectué dans Word.

3. Résultats

3.1. Evolution des températures et des pH des traitements

Les variations des températures et des pH dans différents modèles réalisés sont représentées dans les figures suivantes :

3.1.1. Evolution des températures et des pH des traitements de la première expérience

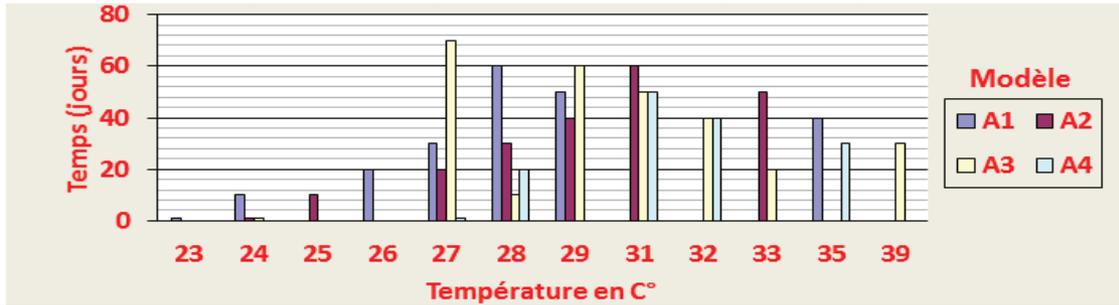


Figure 1 : Evolution des températures des modèles de la première expérience

Avec : A1 = 10 kg de feuilles mortes d'*Acacia auriculiformis* trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées; A2 = 10 kg de gousses d'*Acacia auriculiformis* trempées dans l'eau pendant 24 heures

puis pilées; A3 = 10 kg de pailles des graminées sauvages trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées; A4 = 10 kg de sciure de bois trempée dans l'eau pendant 24 heures.

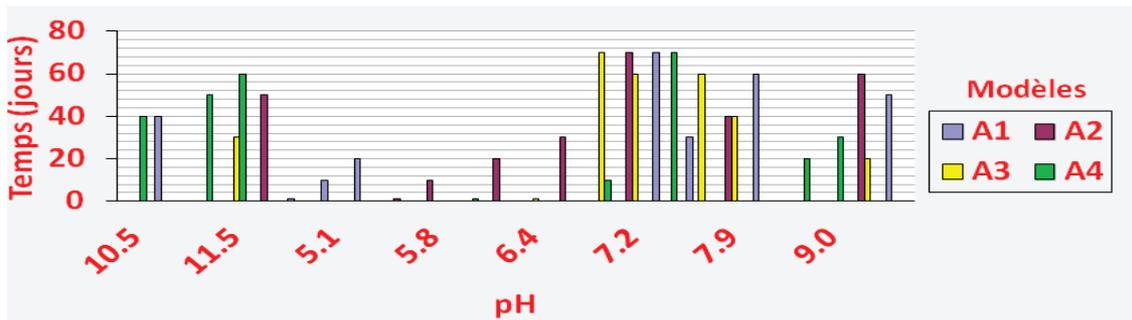


Figure 2: Evolution des pH moyens des modèles de la première expérience

3.1.2. Evolution des températures et des pH des modèles de la deuxième expérience

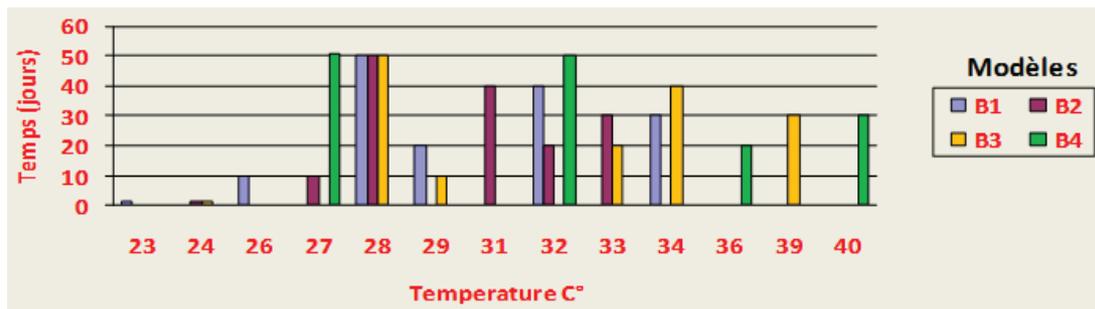


Figure 3 : Evolution des températures des modèles de la deuxième expérience

Avec : B1 = 10 kg de feuilles mortes d'*Acacia auriculiformis* trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées + 10 grammes de nitrate d'ammonium par matière fraîche de déchet ; B2 = 10 kg de gousses d'*Acacia auriculiformis* trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées + 10 grammes de nitrate d'ammonium par matière fraîche de déchets; B3 = 10

kg de pailles des graminées sauvages trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées + 10 grammes de nitrate d'ammonium par matière fraîche de déchets puis placés dans un bac ; B4 = 10 kg de sciure de bois trempée dans l'eau pendant 24 heures + 10 grammes de nitrate d'ammonium par matière fraîche de déchets.

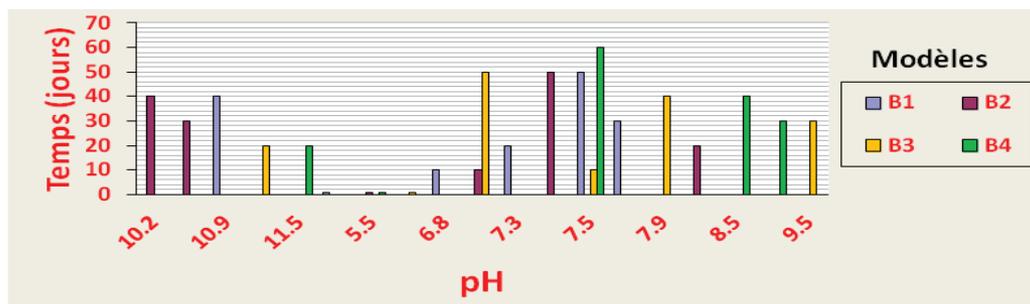


Figure 4: Evolution des pH moyens des modèles de la deuxième expérience

3.1.3. Evolution du pH et de la température des traitements de la troisième expérience

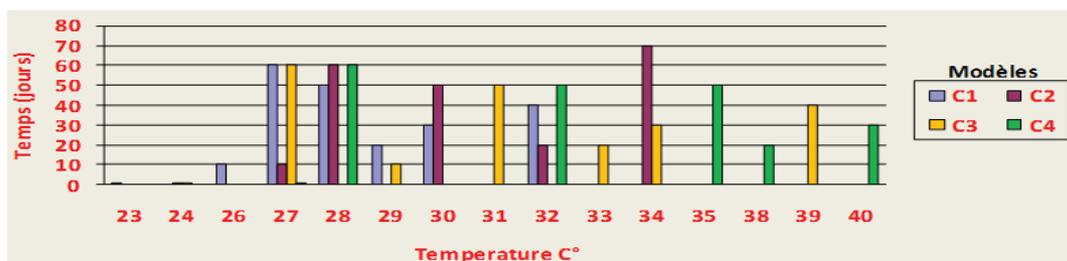


Figure 5 : Evolution des températures des modèles de la troisième expérience

Avec : C1 = 10 kg de feuilles mortes d'*Acacia auriculiformis* trempées dans l'eau pendant 24 heures et ayant subi un lessivage; C2 = 10 kg de gousses d'*Acacia auriculiformis* trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées et ayant subi un lessivage;

C3 = 10 kg de pailles des graminées sauvages trempée dans l'eau pendant 24 heures puis pilées et ayant subi un lessivage; C4 = 10 kg de sciure de bois trempée dans l'eau pendant 24 heures et ayant subi un lessivage.

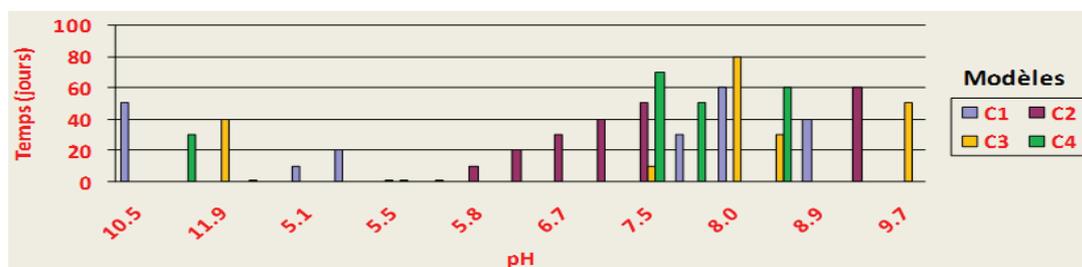


Figure 6 : Evolution des pH des modèles de la troisième expérience

3.1.4. Evolution du pH et de la température des modèles de la quatrième expérience

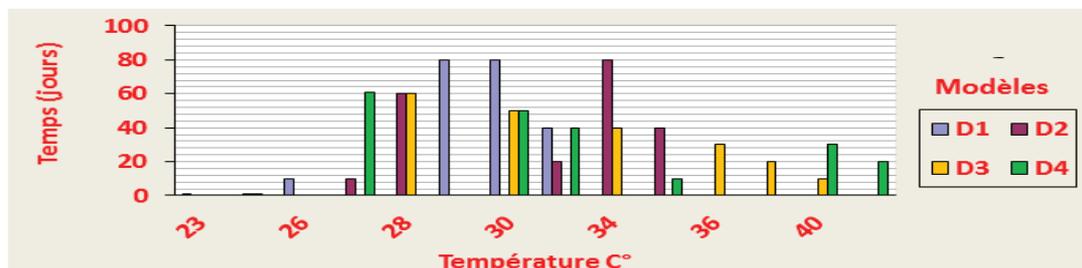


Figure 7 : Evolution des températures des modèles de la quatrième expérience

Avec : D1 = 10 kg de feuilles mortes d'*Acacia auriculiformis* trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées + 5 % de bouse de vache ; D2 = 10 kg de gousses d'*Acacia auriculiformis* trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées + 5 % de bouse de

vache ; D3 = 10 kg de pailles des graminées sauvages trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées + 5% de bouse de vache ; D4 = 10 kg de sciure de bois trempée dans l'eau pendant 24 heures + 5 % de bouse de vache.

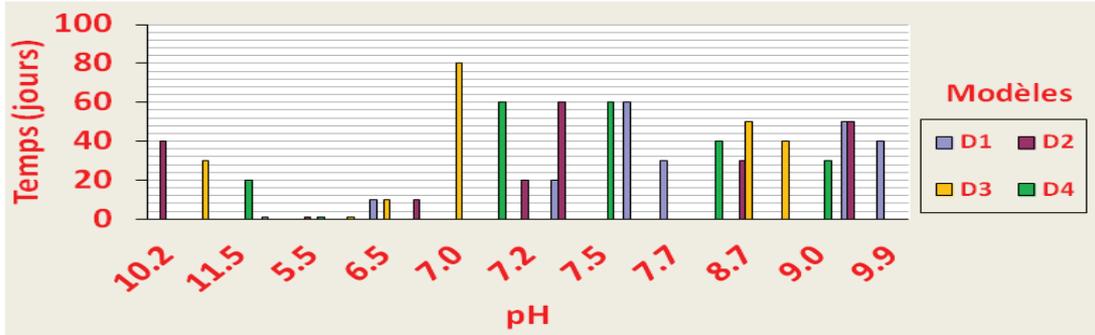


Figure 8 : Evolution des pH des modèles de la quatrième

3.1.5. Evolution du pH et de la température des traitements de la cinquième expérience

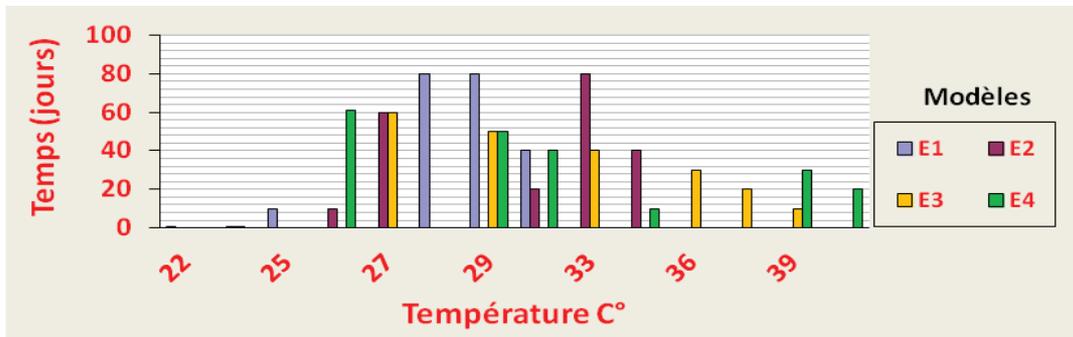


Figure 9 : Evolution des températures des modèles de la cinquième expérience

Avec : E1 = 10 kg de feuilles mortes d'*Acacia auriculiformis* trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées + 5 % de substrat usé de culture des champignons ; E2 = 10 kg de gousses d'*Acacia auriculiformis* trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées + 5% de substrat usé de culture des

champignons ; E3 = 10 kg de pailles des graminées sauvages trempées dans l'eau pendant 24 heures puis pilées + 5 % de substrat usé de culture des champignons ; E4 = 10 kg de sciure de bois trempée dans l'eau pendant 24 heures + 5 % de substrat usé de culture des champignons.

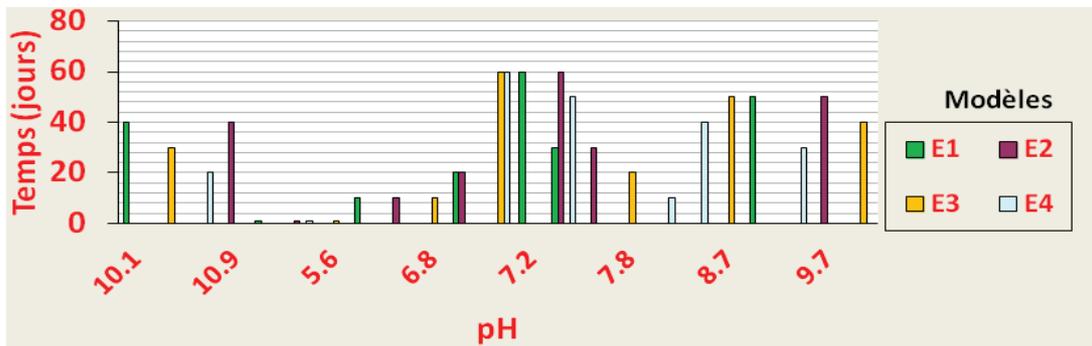


Figure 10 : Evolution des pH des modèles de la cinquième expérience

3.2. Evolution des minéraux, des modèles.

Tableau 1 : Evolution des minéraux des modèles de la première expérience en ppm

Modèles	Temps (jours)	P	K	Mg	Ca
A1	1	0.1±0.01	0.03±0.02	0.01±0.02	0.02±0.02
	70	0.11±0.02	0.12±0.01	0.06±0.01	0.41±0.01
A2	1	0.13±0.01	0.08±0.02	0.03±0.02	0.24±0.02
	70	0.17±0.03	0.23±0.03	0.13±0.02	0.52±0.01
A3	1	0.14±0.02	0.08±0.02	0.07±0.01	0.27±0.02
	70	0.19±0.01	0.22±0.01	0.14±0.01	0.53±0.01
A4	1	0.12±0.02	0.08±0.02	0.06±0.02	0.23±0.02
	70	0.15±0.01	0.22±0.01	0.12±0.02	0.51±0.01

Tableau 2 : Evolution des minéraux des modèles de la deuxième expérience en ppm

Modèles	Temps (jours)	P	K	Mg	Ca
B1	1	0.12±0.02	0.08±0.02	0.05±0.01	0.31±0.01
	50	0.17±0.01	0.16±0.03	0.06±0.02	0.53±0.03
B2	1	0.11±0.01	0.08±0.01	0.1±0.01	0.41±0.02
	50	0.14±0.02	0.23±0.02	0.08±0.02	0.52±0.01
B3	1	0.12±0.01	0.08±0.01	0.06±0.01	0.24±0.02
	50	0.16±0.02	0.22±0.02	0.05±0.01	0.56±0.02
B4	1	0.13±0.01	0.08±0.01	0.52±0.02	0.37±0.01
	50	0.12±0.02	0.22±0.01	0.54±0.01	0.53±0.03

Tableau 3 : Evolution des minéraux des modèles de la troisième expérience en ppm

Modèles	Temps (jours)	P	K	Mg	Ca
C1	1	0.1±0.01	0.08±0.01	0.46±0.03	0.52±0.02
	60	0.14±0.02	0.16±0.02	0.57±0.02	0.57±0.02
C2	1	0.13±0.01	0.08±0.01	0.43±0.01	0.51±0.01
	60	0.17±0.02	0.23±0.02	0.53±0.02	0.56±0.03
C3	1	0.14±0.01	0.08±0.01	0.41±0.03	0.52±0.01
	60	0.19±0.02	0.22±0.03	0.51±0.02	0.58±0.02
C4	1	0.12±0.01	0.08±0.02	0.37±0.01	0.52±0.01
	60	0.15±0.03	0.21±0.01	0.48±0.02	0.58±0.02

Tableau 4 : Evolution des minéraux des modèles de la quatrième expérience en ppm

Modèles	Temps (jours)	P	K	Mg	Ca
D1	1	0.05±0.01	0.02±0.03	0.06±0.03	0.51±0.02
	60	0.12±0.02	0.08±0.02	0.09±0.03	0.57±0.03
D2	1	0.11±0.03	0.08±0.02	0,02±0.01	0,42±0.02
	60	0.14±0.02	0.16±0.02	0.08±0.02	0.51±0.02
D3	1	0.13±0.03	0.08±0.03	0.09±0.01	0.54±0.01
	60	0.17±0.02	0.23±0.03	0.13±0.02	0.56±0.03
D4	1	0.14±0.02	0.08±0.02	0.03±0.01	0.53±0.02
	60	0.19±0.03	0.22±0.03	0.11±0.02	0.58±0.02

Tableau 5 : Evolution des minéraux des modèles de la cinquième expérience en ppm

Modèles	Temps (jours)	P	K	Mg	Ca
E1	1	0.06±0.02	0.07±0.02	0.04±0.02	0.21±0.01
	60	0.13±0.02	0.15±0.01	0.09±0.01	0.51±0.01
E2	1	0.04±0.02	0.07±0.02	0,02±0.01	0.23±0.01
	60	0.13±0.01	0.15±0.01	0.08±0.01	0.32±0.01
E3	1	0.07±0.01	0.07±0.02	0.03±0.01	0.34±0.01
	60	0.16±0.03	0.22±0.02	0.13±0.01	0.56±0.01
E4	1	0.05±0.02	0.06±0.02	0.05±0.01	0.37±0.01
	60	0.18±0.02	0.23±0.01	0.14±0.01	0.53±0.01

3.3. Evolution de la matière minérale, de la matière organique, de la cellulose, du carbone et du rapport carbone/azote des modèles.

Tableau 6 : Evolution de la matière minérale, de la matière organique, de la cellulose, du carbone et du rapport carbone/azote des modèles de la première expérience

Modèles	Temps	matière minérale en %	matière organique en %	Cellulose en %	Carbone en %	Rapport Carbone/Azote
A1	1	8.21±0.01	92.54±0.03	26.25±0.03	50.84±0.03	30.01±0.03
	70	22.56±0.03	77.67±0.02	12.11±0.04	43.12±0.03	13.11±0.02
A2	1	10.21±0.01	91.12±0.03	24.23±0.03	49.33±0.03	29.52±0.03
	70	29.14±0.01	75.15±0.02	9.24±0.02	38.41±0.04	12.12±0.02
A3	1	9.58±0.02	92.14±0.02	27.29±0.03	41.66±0.03	31.14±0.02
	70	35.14±0.02	75.17±0.03	9.52±0.03	39.12±0.03	13.15±0.01
A4	1	10.25±0.03	96.45±0.04	31.95±0.04	50.12±0.02	33.01±0.04
	70	40.12±0.01	68.12±0.02	11.85±0.01	37.22±0.02	12.14±0.03

Tableau 7 : Evolution de la matière minérale, de la matière organique, de la cellulose, du carbone et du rapport carbone/azote des modèles de la deuxième expérience

Modèles	Temps	matière minérale en %	matière organique en %	cellulose en %	Carbone en %	Rapport carbone/azote
B1	1	8.25±0.02	88.84±0.03	25.98±0.02	51.05±0.03	29.14±0.02
	50	25.26±0.02	70.59±0.02	11.25±0.01	40.14±0.03	13.22±0.03
B2	1	10.23±0.01	90.02±0.02	23.87±0.02	47.14±0.02	29.47±0.02
	50	27.07±0.02	69.88±0.03	9.57±0.01	37.24±0.02	12.11±0.02
B3	1	9.69±0.02	90.02±0.04	26.98±0.02	41.66±0.03	29.55±0.02
	50	38.14±0.03	68.58±0.03	8.98±0.01	39.21±0.02	12.02±0.03
B4	1	10.27±0.02	91.08±0.02	30.12±0.03	52.21±0.01	29.87±0.02
	50	45.12±0.03	67.25±0.01	10.87±0.02	39.22±0.02	12.14±0.01

Tableau 8 : Evolution de la matière minérale, de la matière organique, de la cellulose, du carbone et du rapport carbone/azote des modèles de la troisième expérience

Modèles	Temps	matière minérale en %	matière organique en %	cellulose en %	Carbone en %	Rapport carbone/azote
C1	1	8.26±0.01	90.8±0.03	26.12±0.02	50.84±0.03	29.14±0.02
	60	25.12±0.03	65.14±0.04	10.47±0.03	43.12±0.03	11.14±0.01
C2	1	10.24±0.01	92.19±0.02	24.11±0.04	49.33±0.03	29.54±0.02
	60	26.14±0.02	71.25±0.02	11.02±0.02	38.41±0.02	12.22±0.03
C3	1	9.71±0.01	91.94±0.03	27.15±0.03	41.66±0.02	28.99±0.01
	60	28.01±0.02	72.14±0.02	9.02±0.03	39.12±0.02	11.25±0.01
C4	1	10.26±0.02	92.01±0.02	30.45±0.02	50.12±0.02	28.44±0.02
	60	32.11±0.03	72.14±0.02	10.11±0.02	37.22±0.03	12.44±0.01

Tableau 9 : Evolution de la matière minérale, de la matière organique, de la cellulose, du carbone et du rapport carbone/azote des modèles de la quatrième expérience

Modèles	Temps	matière minérale en %	matière organique en %	cellulose en %	Carbone en %	Rapport carbone/azote
D1	1	8.26±0.02	91.27±0.02	25.99±0.02	51.05±0.03	28.89±0.03
	60	25.12±0.03	66.18±0.02	10.22±0.02	40.14±0.02	11.22±0.03
D2	1	10.24±0.02	91.58±0.03	25.01±0.03	47.14±0.02	28.99±0.02
	60	26.14±0.01	68.25±0.03	11.13±0.01	37.24±0.03	11.01±0.02
D3	1	9.71±0.03	90.12±0.05	26.55±0.02	41.66±0.02	28.22±0.01
	60	27.05±0.02	92.12±0.04	11.08±0.01	39.21±0.02	11.04±0.02
D4	1	12.24±0.02	91.87±0.02	31.04±0.03	52.21±0.04	29.11±0.02
	60	32.17±0.03	66.10±0.04	9.14±0.02	39.22±0.03	12.12±0.01

Tableau 10 : Evolution de la matière minérale, de la matière organique, de la cellulose, du carbone et du rapport carbone/azote des modèles de la cinquième expérience

Modèles	Temps	matière minérale en %	matière organique en %	cellulose en %	Carbone en %	Rapport carbone/azote
E1	1	8.36±0.02	90.23±0.04	26.04±0.03	50.05±0.03	29.09±0.02
	60	24.16±0.03	68.11±0.03	10.11±0.02	40.24±0.02	11.21±0.03
E2	1	11.22±0.02	90.55±0.03	25.89±0.02	46.18±0.04	28.22±0.02
	60	24.17±0.03	67.24±0.02	10.54±0.02	36.29±0.02	12.01±0.02
E3	1	9.55±0.02	90.33±0.02	26.88±0.03	40.16±0.03	28.26±0.03
	60	27.03±0.03	67.22±0.02	9.22±0.03	38.21±0.02	11.54±0.02
E4	1	11.26±0.04	91.28±0.03	31.58±0.02	51.01±0.03	28.28±0.03
	60	30.11±0.03	68.66±0.02	9.01±0.02	38.22±0.02	11.12±0.02

3.4 Evolution de TAN, TON et Kj-N des modèles

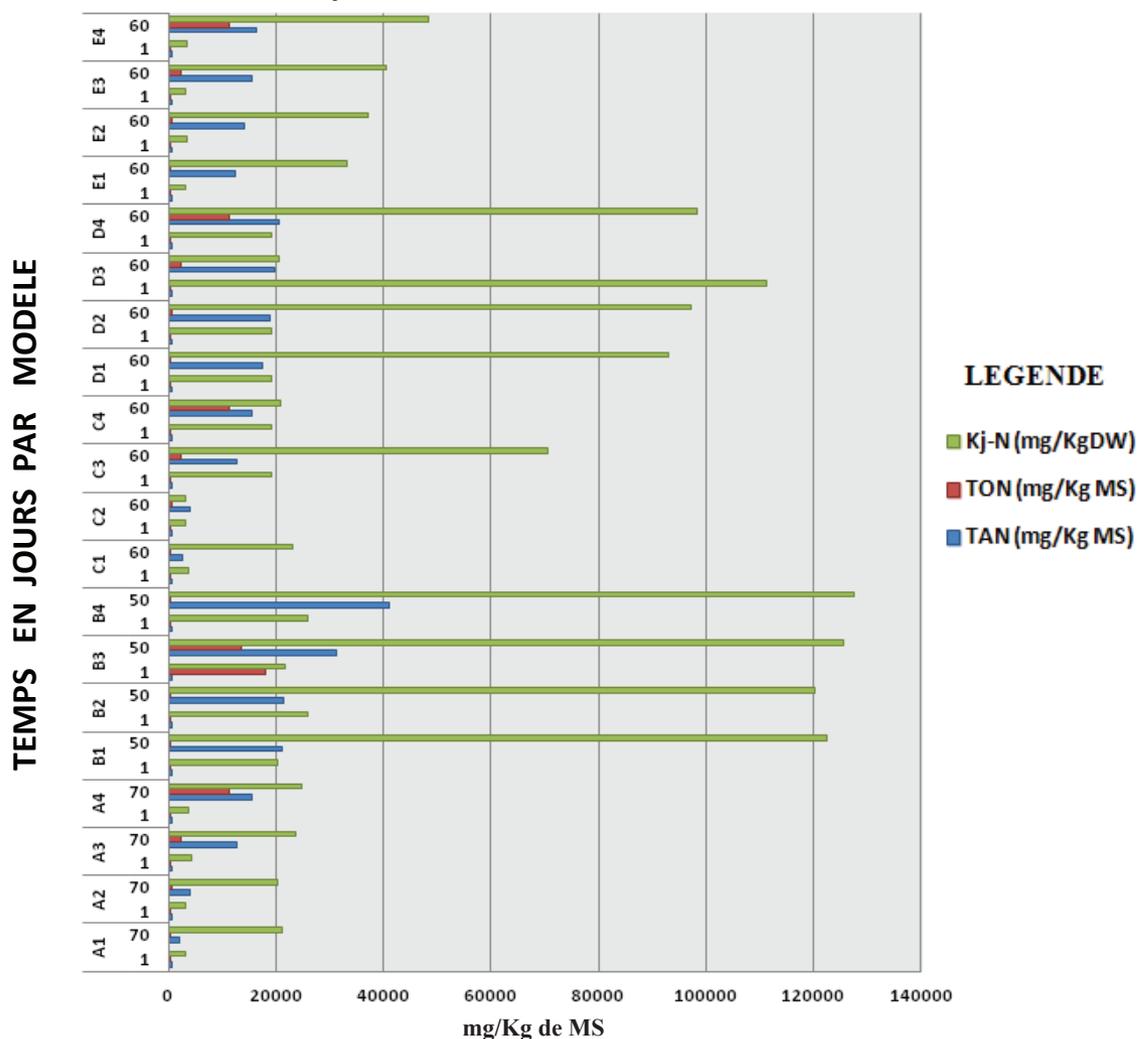


Figure 11 : Evolution des TAN, TON et Kj-N des modèles

4. Discussion

4.1 Evolution des températures et des pH des traitements

- L'effet du trempage sur la température pour les traitements de la première expérience (figure 1) est apparu au 30^{ième} jour pour A3 et au 40^{ième} jour pour A1 puisqu'on atteint la valeur 39°C, suivi de A4 au 30^{ième} et A2 au 50^{ième} jour puisqu'on atteint respectivement les valeurs 33°C et 35°C. Par contre, l'effet du traitement sur le pH (figure 2) est apparu au 10^{ième} jour pour A3 et A4 puisqu'on atteint la valeur 7, suivi de A1 au 30^{ième} jour et A2 au 40^{ième} jour.

- L'ajout du nitrate d'ammonium a influencé le changement de la température des traitements (figure 3) pendant le processus comparé aux traitements de la première expérience. B4 a atteint la valeur 40°C au 40^{ième} jour après 50 jours d'expérience tandis que B3 a atteint la valeur 39°C au 40^{ième} jour. L'augmentation de la température est une conséquence de l'activité microbienne. Cela montre que les micro-organismes naturellement présents sur le matériau mis en tas se sont multipliés en consommant tout ce qui est à leur portée (Culot, 1996). L'effet du traitement (figure 4) sur le pH est apparu au 10^{ième} jour pour A3 et A4 puisqu'on atteint la valeur 7 du pH, suivi de A1 au 30^{ième} et A2 au 40^{ième} jour. La valorisation conjointe du nitrate d'ammonium et des matières organiques a exercé une influence positive sur la vitesse de fermentation et a donc permis d'améliorer le processus (Segura, 1984 ; Ngnikam et al., 1993 ; Gueye et al., 1986 ; Palmisano et al., 1993 ; Gonzalez et al., 1993 ; Subba Rao, 1982 ; Bilgo et al., 1992). Le traitement a influencé le changement de pH pendant le processus à cause de la nitrification (Atlas et Bartha, 1992).

- Nous observons comme leurs équivalents lors de la deuxième expérience que le lessivage (figure 5) a influencé le changement de la température des traitements pendant le processus comparé aux traitements de la première expérience. C3 et C4 ont atteint la valeur de 40°C au 40^{ième} jour et C1 et C2 ont atteint la valeur de 35°C au 35^{ième} jour. L'effet du traitement sur le pH (figure 6) est apparu au 10^{ième} jour pour C3 et C4 puisqu'on atteint la valeur 7 du pH, suivi de C1 au 30^{ième} et C2 au 40^{ième} jour. Le lessivage a influencé le pH puisque les traitements C3 et C4 ont atteint la valeur 7, 10 jours après le début de l'expérience.

- Nous observons (figure 7), une brusque élévation de la température dans D3 et D4 au début du

processus avec un maximum se situant à 40°C pour D3 au 10^{ième} jour contre 41°C au 20^{ième} jour pour D4. Ceci est similaire aux observations faites par Thiam lors d'un compostage de balle de riz (Thiam, 1981). Il a remarqué une période d'échauffement au début du compostage avec un maximum de 41,5°C au 3^{ième} jour. Cette élévation est plus prononcée dans les traitements D3 et D4 que dans D1 et D2. Nous remarquons que jusqu'au 40^{ième} jour, la température dans les traitements est toujours supérieure à celle du milieu ambiant, ce qui montre qu'il y a effectivement une activité microbienne; car toute consommation du produit carboné par oxydation (respiration) libère les calories (Culot, 1996) ou plutôt l'oxydation des composés organiques est très exothermique (Segura, 1984). L'effet du traitement sur le pH (figure 8) est apparu au 10^{ième} jour pour D1 puisqu'il a atteint la valeur 7, 10 jours après le début de l'expérience. Les modèles D1, D2 et D3 ont atteint cette valeur au 20^{ième} jour.

- De l'analyse de la figure 9, nous observons aussi comme leurs équivalents lors de la quatrième expérience, une brusque élévation de la température dans E3 et E4 au début du processus avec un maximum se situant à 39°C pour E2 au 10^{ième} jour contre 38°C au 20^{ième} jour pour E1. Il est évident que quand le tas est plus grand (1-2m), l'effet serait probablement plus grand. L'effet du traitement sur le pH est apparu respectivement au 10^{ième} jour pour E4, au 20^{ième} jour pour E3 et au 30^{ième} jour pour E2 et pour E1 puisqu'on atteint la valeur 7. Le lessivage a aussi influencé le changement de pH (figure 10) pendant le processus à cause de la nitrification (Atlas et Bartha, 1992).

4.2. Evolution des minéraux, de la matière minérale, de la matière organique, de la cellulose et du carbone/azote des modèles

L'augmentation du taux de potassium dans les traitements est due à sa rétention par l'humus obtenu. Les taux en calcium et en magnésium demeurent plus ou moins constants tout au long du processus. La constance de leurs taux peut être attribuée à un léger lessivage entraîné par l'écoulement de lixiviat (tableau 1, 2, 3, 4 et 5). D'une manière générale, l'évolution de la matière minérale est croissante ; ceci résulte de la décomposition de la matière organique par les micro-organismes se trouvant dans le milieu. Ces micro-organismes utilisent le carbone de la matière organique pour l'élaboration du protoplasme cellulaire et comme source d'énergie. Ce qui entraîne

donc la forte minéralisation observée. Cette évolution est beaucoup plus accélérée dans les traitements ayant subi l'inoculation (tableau 6, 7, 8, 9 et 10).

4.3. Evolution de TAN, TON et Kj-N des modèles

La concentration en TAN (figure 11) a évolué en fonction de la concentration au départ de l'expérience. En plus, il est évident qu'une partie de nitrate dosée s'est transformée en nitrite. Ceci résulte du fait que les déchets étaient compactés et donc l'activité microbienne a occasionné l'utilisation de l'oxygène contenu dans le nitrate d'ammonium. Ce qui a fait baisser les valeurs de TON dans les différents traitements. Il convient de remarquer à partir des résultats obtenus que la concentration en Kj-N dans les différents traitements a évolué en fonction de la quantité d'inoculum mis au départ. D'une manière générale, il y a eu une augmentation suivie d'une stabilisation de la teneur en azote, en phosphore et en potassium durant le compostage. Ceci peut s'expliquer par le fait que les micro-organismes ont besoin d'azote pour la synthèse des protéines et également besoin du phosphore pour la synthèse des acides nucléiques, de l'ATP et de certaines protéines. L'excès de carbone est transformé en CO₂. Ainsi, la quantité de carbone diminue et celle d'azote est remise dans le circuit (Gotaas, 1959).

5. Conclusion

Les traitements mis en place avaient pour objectif d'envisager l'accélération du processus de compostage par la valorisation conjointe de produits riches en matières organiques et minérales en vue d'influencer de façon positive la vitesse de fermentation de l'ensemble du matériel à composter et de permettre ainsi d'améliorer le processus et la qualité du compost obtenu (Segura, 1984 ; Ngnikam et al., 1993 ; Gueye et al, 1986 ; Palmisano et al., 1993 ; Gonzalez et al., 1993 ; Subba Rao, 1982 ; Bilgo et al., 1992). Tous les traitements et modèles proposés ont contribué à réduire la durée du processus de compostage classique qui est d'au moins 90 jours à 50, 60 et 70 jours. L'utilisation du nitrate d'ammonium, de la bouse de vache et des substrats usés de culture artificielle des champignons comestibles comme inocula et le fait de soumettre les déchets organiques à composter au lessivage continu ont permis de réduire la période de compostage classique.

L'ajout de nitrate d'ammonium, de la bouse de vache et de substrat usés de culture de champignons comestibles au départ ainsi que le lessivage continu

de déchets tous les cinq jours pendant 60 jours ont induit un compostage rapide et un effet d'assainissement. Cet assainissement pourrait être dû à l'ajout de nitrate d'ammonium qui aurait conduit à des variations de la température et de pH. Le pH a changé durant le processus de compostage. Cette valeur de pH a induit le processus de nitrification dans les traitements. Le pH est connu pour être un important paramètre pour la nitrification (Nyborg et Hoyt, 1978 ; Therry et al, 1981 ; Weier et Gillian, 1986 ; Killham, 1987). Les analyses microbiologiques faites ont prouvé que l'ajout de 10g de nitrate d'ammonium par kg de matière fraîche dans B1, B2, B3 et B4 a conduit à l'assainissement de ces modèles. Les autres modèles ont été assainis au 40^{ème} jour. L'observation faite est que tous les traitements mis en œuvre ont influencé d'une façon notable la durée du compostage. L'ajout de nitrate d'ammonium et le lessivage continu ont induit plus rapidement les effets positifs du point de vue physico-chimique. 10kg des déchets organiques ont été utilisés pour le compostage. Après compostage, entre 55 % et 60 % de réduction ont été obtenus. Wilson (1971) a rapporté dans son expérience que la perte de poids et de volume de la matière organique soumise au compostage est située entre 47 % et 80 %. Ce constat coïncide avec nos résultats.

Bibliographie

- Abeliovich, A., 1996.** Transformations of ammonia and the environmental impact of nitrifying bacteria. *Biodegradation* 3, 255-264.
- Atlas, R.M., Bartha, R., 1992.** *Microbial Ecology. Fundamentals and Applications*, 3d edn, Benjamin/Cummings Publishing Cie/inc, 314-323.
- Belser, I.W., Mays, E.L., 1980.** Specific inhibition of nitrite oxidation by chlorate and its use in assessing nitrification in soils and sediments. *Applied and environmental Microbiology* 39, 505-510.
- Bilgo, A., Sedogo, M.P., Hien V., Lompo, F., 1997.** Evaluation des potentialités et des caractéristiques chimiques et biologiques des déchets agroindustriels et des ordures ménagères au Burkina Faso. In *Problématique des déchets solides dans les villes africaines. Cahier technique du Ministère de l'environnement et de l'eau, Ouagadougou*, 62-72.
- Crawford, J.H., 1983.** Composting of Agricultural waste. A review, *process Biochemistry*, 14-18.
- Culot, M., 1996.** Assainissement et valorisation des déchets organiques urbains par le compostage. Gembloux, Belgique, F.U.S.A.GX.

- De Groot, V.A., (sd).** Table de composition alimentaire pour la République Démocratique du Congo ; Imprimerie Concordia-Kinshasa.
- Gonzalez, S.J., Prieto, 1993.** Carbon et nitrogen containing compound in composting urban refuses. *Bioresource technology* 45, 115-121.
- Gotaas, H.B., 1959.** Compostage et assainissement. Monographie de l'O.M.S, N°31, Genève.
- Gueye Fatou, Ganry, F., Troung Binh, 1986.** Elaboration d'un compost enrichi en phosphate par le phosphate naturel. Etude agronomique, séminaire sur « l'alimentation biologique de la fertilité du sol – Dakar ».
- Hollebosch, P., Gourdin, J., Kibiriti, C., 1986.** Analyses des végétaux et des aliments. Modes opératoires. Fiche Labo. 006.
- Ndungu, B.F., 1996.** Compostage contrôlé des parches de café. Influence de l'inoculum. Inedit UNIKIN.
- Kapepula, K.D., 1996.** Composition et caractéristiques des déchets ménagers solides dans neuf villes africaines. Université de Liège. C.W.B.I.
- Mbemba, F., Remacle, J., 1992.** Inventaire et composition chimique des aliments et denrées traditionnels du Kwango-Kwilu au Zaïre. Presse Universitaire de Namur, 80 p.
- Ngnikam, E., Vermande P., Rousseaux P., 1993.** Traitement des déchets urbains. Une unité de compostage des ordures ménagères dans un quartier d'habitat spontané de Yaoundé(Cameroun). Cahier d'études et de recherches francophones. Vol, 2, N°4.
- Palmisano Anna, C., Coll, 1993.** A novel bioreactor simulating composting of municipal solid waste. *Journal of microbiological methods.* 18; 99-112.
- Ramade, F., 1982.** Eléments d'écologie. Ecologie appliquée 3ème édition M.C. GRAW-HILL, Paris, p.452.
- Segura Jean, 1984.** Le compostage des ordures ménagères et ses débouchés agronomiques. Dossier BIOFUTUR, février, 1984.
- Subba Rao, M.S., 1982.** Organic matter and composting. Mohan Primiani, Oxford et IBM. Publishing Co. New Delhi, 186 p.
- Thiam Ibrahima, 1981.** Valorisation des sous-produits agricoles. Compostage de la balle de riz. Procédé CIDR. C.N.R.A. Bombay.
- Toussaint, P., Bataille, P.F., 1985.** The effect of pretreatment on the enzymic hydrolysis of cellulosic industrial waste, *J. chem.. Techn. Biotechnol.*, 35B, 205-215.
- Tyler, H., Helen, Stuart, L., Weimer, Bilderback, E., ted and Perry, B., Katharine, 1993.** ompostedTurkey litter: effect on plante growth. *J. env.hort* 11(3) 137-141.
- Yengula, M.H., Olivier, B., Viaud, P., Tine, E., Onyembe, P.M.L., 1988.** Fermentation méthanique des matières stercoraires des abbatoirs de Dakar en régime mésophile. *Re. Zaïre*
- Sci. Nucl. Vol.9 n° 10 : 118-129.**
- Wilson G.B., 1971.** Composting dairy cow waste in livestock waste management and pollution abatement, 163-165.