

Dynamique de l'azote minéral dans le sol de Kimwenza (Kinshasa en R.D. Congo) amendé avec la drêche, la parche de café, les feuilles de *Tithonia diversifolia*, d'*Acacia auriculiformis* et de *Haumania liebrechtsiana*

Mafuka M.P.^{1*}, Nsombo M.B.¹ et Muliele M.T.²

Paper History

Received:
November 16, 2016

Revised:
February 24, 2017

Accepted:
March 03, 2017

Published online :
March 27, 2017

Keywords:

organic amendment,
dynamic, mineral
nitrogen, incubation,
market gardening.

Abstract

Dynamic of mineral nitrogen in soil of Kimwenza (at Kinshasa in D.R. Congo) amended with draff, coffee pulp, leaves of *Tithonia diversifolia*, *Acacia auriculiformis*, and *Haumania liebrechtsiana*

Market gardeners of Kimwenza commonly used: draff, coffee pulp, leaves of *Acacia auriculiformis*, *Haumania liebrechtsiana* and *Tithonia diversifolia*, to amend the soil. These organic matter were characterized, their mineralization was evaluated, mainly the mineral nitrogen dynamic.

These organic matters were applied as amendments on the soil in the rate of 5% of the soil weight. The incubation of each amendment was carried out in a glass flask at 25°C; humidity was maintained constant at 20% during 24 days. Mineral nitrogen was measured during incubation in 4 days interval. It was found that the nitrogen content varied between 0,2 and 668 mg N kg⁻¹ of soil.

The amendments with low C/N (<20), cellulose/N, lignin/N and (lignin + poly-phenol)/N ratios as draff, the leaves of *Tithonia diversifolia* and *Haumania liebrechtsiana*, gave high amount of mineral nitrogen. In the other hand, coffee pulp and leaves of *Acacia auriculiformis* with high ratios gave low amounts of mineral nitrogen, lower than 100 mg N kg⁻¹ of soil.

We found that some organic amendments (draff, leaves of *Tithonia diversifolia* and leaves of *Haumania liebrechtsiana*) are suitable for the market gardening of short cycle whereas coffee pulp and *Acacia auriculiformis* leaves can be used for long cycle.

¹Département de Gestion des Ressources Naturelles, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa, B.P. 170 KINSHASA XI, Kinshasa, R.D. Congo

²Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques (INERA), B.P. 2037 KINSHASA I, Kinshasa, R.D. Congo

* To whom correspondence should be addressed: mpmafuka2@gmail.com; Tel: (+243) 812 112 252

INTRODUCTION

Depuis plus d'une décennie l'agriculture urbaine et péri-urbaine connaît un grand essor dans la ville de Kinshasa en République Démocratique du Congo (RD Congo). Le nombre de maraîchers professionnels dépasse trente-cinq mille. Ces derniers

assuraient déjà près de soixante et cinq pour cent du potentiel de consommation de la ville en 1999 [SENAHUP, 1999].

Comme tous les sols sableux à travers le monde, ceux de la ville de Kinshasa sont acides et pauvres en matière organique ; ils sont de ce fait très peu fertiles.

Ainsi, pour améliorer leur fertilité, les maraîchers utilisent toute sorte de la matière organique qu'ils trouvent dans le parage. Cette dernière constitue la principale source d'éléments nutritifs pour les cultures maraîchères. Suivant le lieu et la disponibilité, les maraîchers utilisent toute sorte de feuilles, débris végétaux, fumier de ferme, fiente des poules, déchets de brasserie et parfois le guano.

Les différentes expérimentations menées avec la matière organique dans les sols de Kinshasa ont démontré que son apport améliore et conserve la fertilité du sol; et que l'application des engrais minéraux non associés à la matière organique au sol de Kinshasa n'assure pas un bon rendement pour la culture d'Amarante [MBENDE *et al.*, 2000]. Des rendements économiquement intéressants sont souvent obtenus en utilisant les feuilles de *Tithonia diversifolia* sur ces sols.

Par ailleurs, il est connu que la vitesse de minéralisation de la matière organique est de loin plus rapide sous climat chaud que tempéré. Ceci entraîne une perte rapide de la fertilité du sol [CIRAD – GRET, 2002]. Par ailleurs, la minéralisation de la matière organique dépend également des facteurs intrinsèques de chaque végétal. Un certain nombre d'auteurs se sont penchés sur ces facteurs: la teneur en azote [CONSTANTINIDES *et FOWNES*, 1994], la teneur en carbone et le rapport carbone-azote [VITOUSEK *et al.*, 1994 ; XULUC-TOSALA *et al.*, 2003 ; CHAMAYOU *et LEGROS*, 1989], la teneur en lignine et le rapport lignine-azote [TIAN *et al.*, 1992, cité par N'GORAN, 2005], les polyphénols solubles et le rapport polyphénols-azote [PALM *et SANCHEZ*, 1991 ; OGLESBY *et FOWNES*, 1992], le rapport lignine + polyphénols-azote [HANDAYANTO *et al.*, 1994, cité par N'GORAN, 2005].

Dans les conditions climatiques de Kinshasa, Mbende *et al.* [2000] ont démontré que la vitesse de décomposition des débris végétaux est fonction de leurs caractéristiques intrinsèques. Du fait que la fluctuation de la fertilité du sol va dans le même sens que la dynamique de la matière organique qui l'a engendrée, il importe de caractériser les milieux récepteurs et la matière organique en vue d'utilisation judicieuse de cette dernière.

L'azote, le phosphore et le potassium constituent les éléments majeurs dans la nutrition des plantes. Cependant, l'azote du sol est dans sa quasi-totalité

sous forme organique. L'azote directement assimilable par les plantes représente une faible proportion, plus ou moins cinq pour cent. C'est par minéralisation que la matière organique du sol libère l'azote utilisable par les plantes [HOFMAN *et van CLEEMPUT*, 2004].

Il en découle de ce qui précède que la maîtrise de la dynamique de l'azote organique du sol constitue un atout majeur pour assurer une nutrition azotée équilibrée, en particulier dans le système de production agricole où la matière organique est la principale source d'éléments nutritifs pour les plantes.

Les travaux cités ci-haut, réalisés dans le but d'améliorer la fertilité des sols sableux de Kinshasa ont permis de caractériser divers amendements organiques disponibles et de connaître leurs effets sur les rendements des cultures. Il en résulte que l'utilisation de leurs résultats constitue une piste de solution pour améliorer la productivité des systèmes traditionnels du maraîchage basés sur l'apport continu au sol de toute sorte de résidus organiques.

L'objectif de cette étude est de suivre la dynamique de l'azote minéral dans le sol de Kimwenza à Kinshasa, amendé avec feuilles de *Tithonia diversifolia*, d'*Acacia auriculiformis* et d'*Haumania liebrechtsiana*, la parche de café et la drêche.

MATERIEL ET METHODES

Site d'étude

Cette étude a été menée au laboratoire de Chimie Physique Appliquée (R.U.G) de la Faculté des Sciences en Bio-Ingénierie de l'Université de Gand (Belgique). Elle a duré trois mois (24 mars – 24 juin 2005). L'incubation de la matière organique a été conduite à 25 °C et le taux d'humidité du sol a été maintenu constant à 20% tout au long de l'expérimentation afin de travailler dans les conditions semblables à celles des régions tropicales.

Conduite expérimentale

Les échantillons du sol du site maraîcher de Kimwenza et des matières organiques constituées des feuilles de *Tithonia diversifolia*, d'*Acacia auriculiformis* et d'*Haumania liebrechtsiana*, la parche de café et la drêche ont été prélevés dans la région de Kinshasa suivant la méthode décrite par Pauwels *et al.* [1992].

Le choix de ce site a été motivé par l'activité maraîchère qui s'y est développée et la composition granulométrique de ce sol. Les amendements organiques

ont été choisis parmi les plus couramment utilisés par les différents centres maraîchers de la ville de Kinshasa.

Au laboratoire, le sol a été tamisé sur maille de 2 mm pour obtenir la terre fine. Les amendements organiques ont été séchés à l'étuve jusqu'au poids constant puis broyés au broyeur centrifugeur (Retsh) à 14.000 tour/minute.

Caractérisation du sol et des matières organiques

La caractérisation du sol a porté sur le pH KCl, la teneur en éléments minéraux (Ca, K, P et Mg), la teneur en azote et en carbone organique, la texture et la teneur en carbonate de calcium. Le pH (KCl) a été déterminé suivant la méthode décrite par Pauwels *et al.* [1992] et Thomas [1996]. Les éléments minéraux (Ca, Mg, K et P) ont été extraits par la solution d'ammonium acétate-EDTA à pH 4,6. Le phosphore a été dosé par la méthode colorimétrique de Scheel. Le magnésium, le potassium et le calcium ont été dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique. Le carbone organique a été déterminé par la méthode de Walkley-Black.

Pour la détermination de la texture, la matière organique était éliminée par oxydation avec de l'eau oxygénée suivi de l'attaque à l'acide chlorhydrique et d'un lavage à l'eau distillée. Les fractions très fines étaient séparées du sable par tamisage sous eau sur un tamis de 50 µm. Les prélèvements du limon et de l'argile étaient effectués moyennant la pipette de Robinson-Köhn après dispersion de la suspension colloïdale avec le pyrophosphate de sodium comme réactif dispersant. Le dosage du carbonate de calcium était basé sur la réaction acide-base. Une quantité précise de H₂SO₄ en excès était ajoutée à une prise d'essai de sol. La réaction de neutralisation était accélérée par chauffage. L'excès d'acide était titré en retour avec la soude caustique. Ces analyses étaient conduites suivant les méthodes décrites par Pauwels *et al.* [1992] et van Ranst *et al.* [1995].

La teneur en azote était déterminée par un analyseur des éléments (ANCA-SL, PDZ Europa, UK) connecté à un spectromètre de masse des rapports des isotopes (IRMS).

Les amendements organiques ont été minéralisés par attaque avec l'acide nitrique. La teneur en magnésium, en calcium et en potassium a été déterminée par spectrophotométrie d'absorption atomique. Le phosphore a été dosé par colorimétrie. Ces analyses ont été conduites telles que décrites par Pauwels *et al.*

[1992]. Les contenus en lignine, en cellulose et en hémicellulose ont été déterminés par les méthodes décrites par Goering et van Soest [1970] et van Soest *et al.* [1991]. Le dosage des polyphénols a été effectué par la méthode de Folin-Denis adaptée par King et Heath [1967].

Incubation de la matière organique

Les flacons en verre de 200 ml ont servi de pot d'expérimentation. Chaque flacon a reçu 30 g de sol, 6 ml d'eau distillée (20% d'humidité) et 1,5 g de matière organique, soit 5% de masse du sol.

L'incubation a été précédée d'une pré-incubation de dix jours pour ramener l'activité des microorganismes à un taux normal. La matière organique était incubée au dixième jour. Une aération quotidienne de dix minutes était requise et tous les deux jours, le poids du flacon était ramené constant en ajoutant de l'eau distillée si nécessaire.

Le dispositif expérimental avait six traitements dont cinq amendements organiques et le témoin. Chaque traitement avait trois répétitions et six jours d'observation soit 111 flacons y compris les répétitions du témoin du jour zéro. Les observations se sont déroulées pendant 24 jours consécutifs à dater de l'incubation de la matière organique. Cette période correspond au cycle végétatif d'amarante considérée comme plante test.

Extraction de l'azote minéral et dosage

L'azote minéral était extrait avec la solution de KCl (1M). Trois répétitions de chaque traitement étaient prélevées tous les 4 jours. Soixante ml de la solution de KCl (1M) étaient ajoutés à chaque flacon. Les flacons étaient agités sur table agitatrice pendant une heure à 200 tours par minute. Le filtrat a été recueilli dans le flacon en polyéthylène puis conservé au réfrigérateur à 4°C jusqu'au dosage.

L'azote minéral (nitrate et ammonium) a été dosé par colorimétrie (AAS3 BRAN+LUEBBE, Germany). La teneur totale en azote minéral y a été déduite.

Les teneurs en azote minéral obtenues à chaque observation ont fait l'objet de l'analyse de variance à l'aide du logiciel IRRISTAT (version 92-1). Les moyennes des traitements significativement différentes ($p = 0,05$) ont été séparées par le test de la plus petite différence significative (PPDS). L'analyse de corrélation (corrélations de Pearson) a été faite pour évaluer la

relation entre les caractéristiques des amendements organiques et la minéralisation de l'azote.

RESULTATS

Caractérisation des sols

Le **Tableau 1** donne les caractéristiques du sol de surface (0 - 20 cm).

Il ressort du **Tableau 1** que le sol du centre maraîcher de Kimweza est constitué presque entièrement de sable ; sa teneur en limon + argile est inférieure à 10%. La teneur en éléments minéraux est faible. Ce sol est dépourvu de carbonate de calcium, ce qui justifierait en partie le pH acide enregistré.

Composition des amendements organiques

Les résultats de la caractérisation des amendements organiques sont consignés dans le **Tableau 2**.

Tableau 1. Propriétés du sol de surface du centre maraîcher de Kimwenza

Paramètres analysés		Valeurs
Granulométrie	Sable (%)	90,9
	Limon (%)	6,5
	Argile (%)	2,5
pH (KCl)		4,1
Carbone organique (%)		1,99
Azote (%)		0,095
C/N		21
Mg (mg/kg)		10
K (mg/kg)		10
Ca (mg/kg)		110
P assimilable (mg/kg)		20
CaCO ₃ (%)		~0,0

Tableau 2. Composition des amendements organiques utilisés

Éléments analysés	Amendements organiques				
	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Drêche</i>	<i>Haumania liebrechtsiana</i>	<i>Parche de café</i>	<i>Tithonia diversifolia</i>
Ca (%)	0,91	0,39	0,17	0,15	2,45
K (%)	0,15	1,71	0,9	0,03	3,15
Mg (%)	0,08	0,10	0,12	0,13	0,39
P organique (%)	0,31	0,06	0,11	0,42	0,32
C (%)	53,69	48,87	47,01	44,86	41,89
N (%)	1,36	4,88	2,71	1,69	5,45
Lignine (%)	33,87	6,38	9,67	28,61	16,10
Cellulose (%)	20,17	17,25	27,82	30,43	16,85
Hémicellulose (%)	10,96	43,19	32,37	14,85	6,83
Polyphénols (%)	1,93	0,08	0,75	0,41	0,36
C/N	39,47	10,01	17,34	26,54	7,68
C/Po	173,69	814,50	427,30	106,80	130,90
Lignine /N	24,90	1,30	3,56	16,92	2,95
Cellulose/N	14,83	3,53	10,26	18,00	3,09
Hémicellulose/N	8,05	8,85	11,94	8,78	1,25
Polyphénols/N	1,41	0,01	0,27	0,24	0,06
Lignine+ Polyphénols/N	26,32	1,32	3,84	17,17	3,02

Les informations qui ressortent du **Tableau 2** sont les suivantes : les feuilles de *Tithonia diversifolia* possèdent une teneur élevée en calcium, en magnésium, en potassium et en azote comparativement aux autres amendements, tandis que la parche de café est plus riche en phosphore organique.

Concernant la teneur en carbone, elle est élevée dans les feuilles d'*Acacia auriculiformis* (plus de 50%) tandis que celle de *Tithonia diversifolia* se situe à 41%. Quant à la teneur en azote, elle est élevée pour le *T. diversifolia* (5,45%) comparée à 1,36% pour l'*A. auriculiformis* qui est une légumineuse

Les feuilles d'*A. auriculiformis* sont également plus riches en lignine et en polyphénols. La teneur en

hémicellulose varie entre 7 et 43%, et décroît suivant cet ordre : drêche > *H. liebrechtsiana* > parche de café > *A. auriculiformis* > *Tithonia diversifolia*. La teneur en cellulose, par contre, décroît depuis la parche de café jusqu'à *T. diversifolia*. Classés par ordre croissant de rapport C/N, les traitements se présentent de la manière suivante : *T. diversifolia* < drêche < *H. liebrechtsiana* < parche de café < *A. auriculiformis*. Le rapport Lignine/N est très élevé dans les feuilles d'*A. auriculiformis* et la parche de café. La drêche, les feuilles d'*H. liebrechtsiana* et de *T. diversifolia* ont des rapports Lignine/N inférieurs à 4, soit quatre fois moins que les feuilles d'*A. auriculiformis* et la parche de café. Le rapport polyphénols/N se présente de la manière suivante : *A. auriculiformis* > *H. liebrechtsiana* > parche > *T. diversifolia* > drêche. Le rapport (Lignine + Polyphénols)/N est nettement plus élevé pour l'*A. auriculiformis* (26,3) et la parche de café (17,1), comparé aux 3 autres amendements organiques (1,3 à 3,84).

Les valeurs de la teneur en calcium et en potassium des feuilles de *Tithonia diversifolia* de cette étude se rapprochent de celles trouvées par Angledette [1974]. La teneur en phosphore y est largement différente. Les teneurs en calcium et en potassium de la parche de café avoisinent celles trouvées par Yengula *et al.* [1990]. La teneur en magnésium est inférieure et celle de phosphore deux fois supérieure.

Les différences des teneurs en éléments analysés par les différents auteurs seraient dues non seulement à des méthodes d'analyse différentes mais aussi à l'âge et au traitement que subissent les amendements organiques avant analyse.

Dynamique de l'azote minéral dans le sol

La **Figure 1** qui illustre l'évolution de la teneur en azote ammoniacal dans le sol de Kimwenza montre les valeurs de plus en plus élevées dans le temps pour les traitements avec la drêche et les feuilles de *T. diversifolia*. Les traitements avec les feuilles d'*A. auriculiformis* et la parche de café ont des teneurs généralement inférieures à 100 mg NH_4^+ /kg de sol, et parfois inférieures au témoin.

En dépit des tendances illustrées par la **Figure 1**, seuls les traitements avec la drêche et les feuilles de *T. diversifolia* étaient significativement différents du témoin ($p < 0,05$). La teneur en azote ammoniacal du sol amendé avec les feuilles de *H. liebrechtsiana* s'est révélée également significativement supérieure à celle

du témoin au 8^{ème} jour ($p < 0,05$), au 12^{ème} et au 20^{ème} jour ($p < 0,01$).

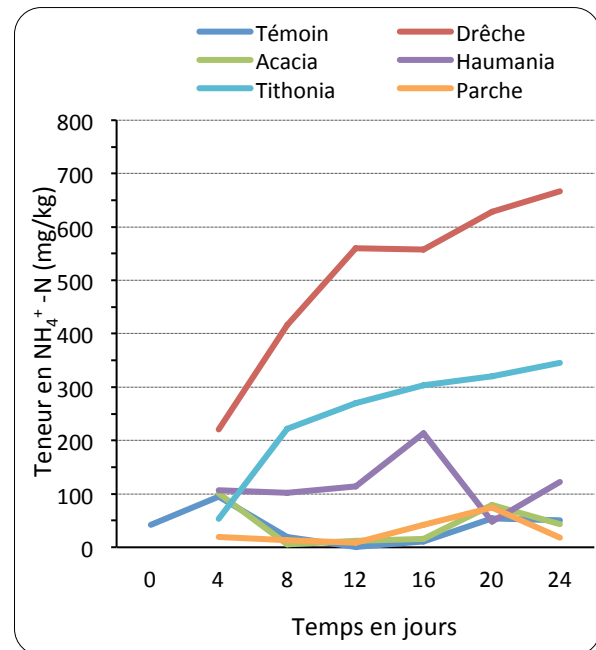


Figure 1. Evolution de la teneur en NH_4^+ (mg/kg de sol) dans le sol de Kimwenza.

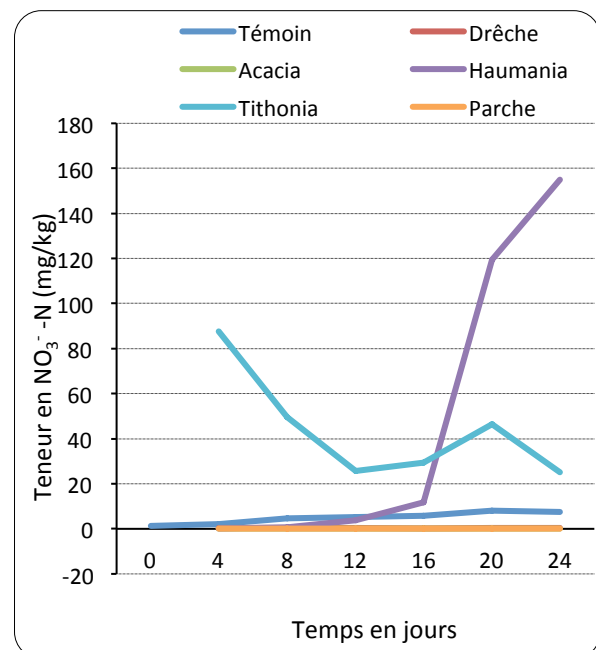


Figure 2. Evolution de la teneur en NO_3^- (mg/kg de sol) dans le sol de Kimwenza.

La teneur en nitrate (**Figure 2**) dans le sol de Kimwenza est nettement supérieure pour le traitement avec les feuilles de *Tithonia* au 4^{ème} jour, décroît jusqu'à 16^{ème} jour puis augmente légèrement au 20^{ème} jour. A partir du 16^{ème} jour, la teneur en nitrate de traitement avec les feuilles d'*H. liebrechtsiana* croît brutalement

pour atteindre la valeur maximale (154,9 mg/kg de sol) au 24^{ème} jour. Les autres traitements ont des teneurs très faibles (< 20 mg/kg de sol) et non significatives par rapport au témoin. Ce dernier traitement avait une teneur en nitrate significativement inférieure à *T. diversifolia* aux 4^{ème} et 8^{ème} (p < 0,01) et 16^{ème} jours (p < 0,05). Au 24^{ème} jour, seul *H. liebrechtsiana* a montré une différence significative (p < 0,05) par rapport au témoin.

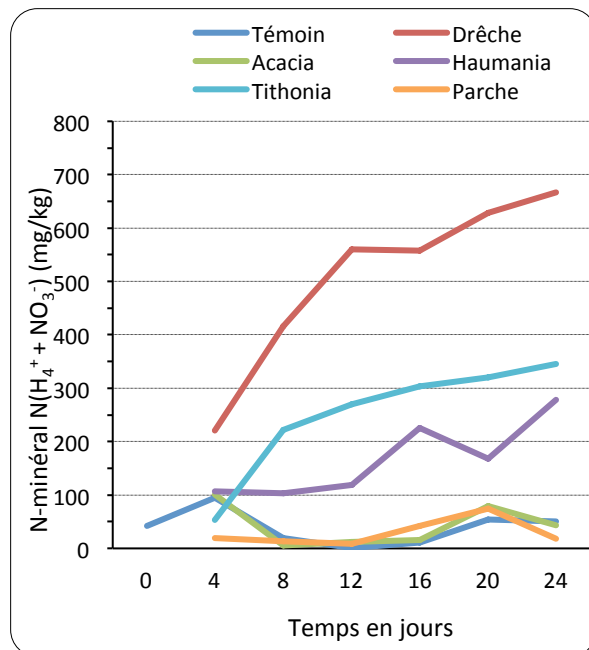


Figure 3. Evolution de la teneur totale en N-minéral ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$) en mg/kg de sol dans le sol de Kimwenza.

La **Figure 3** présente l'évolution de la teneur totale en azote minéral ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$) (mg/kg de sol) dans le sol de Kimwenza. Il y ressort que la teneur totale en azote minéral dans ce sol reflète l'évolution de la teneur en azote ammoniacal ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$) dont les valeurs sont nettement supérieures à celles des nitrates (NO_3^-).

Pour toutes les dates d'observations, les valeurs les plus élevées sont observées dans les traitements avec drêche suivis des traitements avec *T. diversifolia* et *H. liebrechtsiana*. Le témoin, *A. auriculiformis* et la parche de café ont eu des teneurs généralement inférieures à 100 mg/kg de sol, et significativement différentes (p < 0,05) des traitements drêche (à toutes les observations), *T. diversifolia* (du 8^{ème} au 24^{ème} jour) et *H. liebrechtsiana* (aux 12^{ème}, 16^{ème} et 24^{ème} jours).

DISCUSSION

Les caractéristiques des milieux récepteurs influençant le processus de minéralisation de la matière organique, cela sous-entend que les teneurs en azote

minéral observées dans le sol du centre maraîcher de Kimwenza seraient sûrement différentes de celles que l'on trouverait dans un autre centre maraîcher de la ville de Kinshasa.

Les faibles teneurs en azote minéral dans ce sol peuvent être dues à son acidité, son pH étant de 4.1, et à la teneur très faible de différents éléments minéraux. En effet, les microorganismes ont besoin des éléments minéraux pour leur survie et le pH optimal pour le processus de minéralisation de la matière organique se situe autour de la neutralité [CLOAREC *et al.*, 1987; HALSTEAD *et al.*, 1963]. Ce résultat est en accord avec celui de Scheffer [1976] qui indique que la nitrification est très faible à un pH (CaCl_2) inférieur à 4,5.

Au cours d'une incubation de 24 jours, les amendements organiques dont le rapport C/N est élevé avaient des teneurs faibles en azote minéral. Ces faibles teneurs en azote minéral pour les traitements de *A. auriculiformis* (C/N = 39) et parche de café (C/N = 26) découleraient de l'immobilisation de cet élément par les microorganismes. En effet, la teneur totale en azote minéral à la fin de l'incubation variait en sens inverse du rapport C/N des amendements organiques (coefficient de corrélation, r = - 0,72).

Par ailleurs, N'goran [2005] avait également trouvé une relation étroite et négative entre le rapport C/N et l'évolution de la teneur en azote minéral au cours du temps sur sables quartenaires en Côte-d'Ivoire, ses valeurs de C/N des feuilles d'*A. auriculiformis* et *A. mangium* étaient supérieures à 20. Entre 0 et 180 jours, la teneur en azote minéral du sol est passée de 2,03 % à 1,80 % et de 1,97 % à 1,17 % respectivement pour *A. auriculiformis* et *A. mangium*. Ce même résultat avait été trouvé par Xuluc-Tosala *et al.* [2003], Alexander [1977] et Aulakh *et al.* [1991].

Comme pour le rapport C/N, les teneurs les plus élevées en azote minéral correspondent aux traitements dont le rapport lignine/azote est faible (r = - 0,81). En effet, la lignine intervient en formant des complexes avec les protéines, rendant celles-ci résistantes à la minéralisation [DINESH *et al.*, 2001].

La complexité chimique des composés insolubles des membranes (cellulose, hémicellulose et lignine) et la spécificité microbienne responsable de leur décomposition peuvent expliquer le faible taux de décomposition et par conséquent, la faible teneur en azote minéral pour les amendements organiques riches en ces composés au bout d'une incubation de 24 jours.

Les feuilles d'*A. auriculiformis* et la parche de café, avec des rapports (Lignine + polyphénols)/N 4 à 20 plus grands que les autres amendements organiques, ont donné des teneurs faibles en azote minéral. Ce résultat est en accord avec celui de Dinesh *et al.* [2001] qui ont montré que le rapport (Lignine + polyphénols)/N influençait la vitesse de minéralisation de la matière organique avec une corrélation négative se situant entre - 0,80 et - 0,84.

Comparés aux résultats des essais successifs en pots, les traitements au rapport C/N faible et à teneur élevée en azote minéral (Drêche, *T. diversifolia* et *H. liebrechtsiana*) ont donné des rendements supérieurs pour la culture d'*Amaranthus hybridus* au premier, deuxième et troisième essai de trente jours chacun.

Cependant, à partir du quatrième essai de culture en pot soit plus de 90 jours après enfouissement de la matière organique, les traitements à C/N > 20 ont donné des rendements supérieurs par rapport aux traitements à C/N < 20. Cette augmentation des rendements pour les traitements à C/N > 20 peut être imputable à la minéralisation de l'azote initialement immobilisé par les microorganismes et/ou l'épuisement des éléments minéraux libérés par les amendements organiques à décomposition rapide.

La conversion de l'azote organique en ammonium a largement dominé, puisque la teneur maximale en nitrate (155 mg kg⁻¹ de sol) était à peu près le cinquième de la teneur maximale en azote ammoniacal (668 mg kg⁻¹ de sol). Le faible rendement du traitement drêche qui a fourni plus de NH₄⁺-N (Figure 1) et très peu de nitrate (Figure 2), pour des cultures en pots au premier et second essais, par rapport au traitement de *T. diversifolia*, serait lié à une volatilisation rapide de l'azote ammoniacal avant la nitrification ou à une faible activité des microorganismes nitrificateurs. Aussi la forme assimilable préférentielle (NH₄⁺ ou NO₃⁻) pourrait agir sur la nutrition de la plante. En effet, selon Layzell [1990] et Hageman [1984], les plantes absorbent l'azote sous forme de nitrate (NO₃⁻) et d'ammonium (NH₄⁺). L'importance relative de chacune de ces formes dépend de l'espèce végétale et des conditions du milieu.

Pour ce qui est de la vitesse de décomposition de la matière organique, la teneur en azote minéral a évolué dans le même sens que le taux de décomposition de la matière organique. A trois semaines de décomposition, le taux de décomposition est évalué à 90 ; 54 ; 28 ; 12 et 10 pour cent respectivement pour les feuilles de *T. diversifolia*, la drêche, les feuilles d'*H. liebrechtsiana*,

la parche de café et les feuilles d'*A. auriculiformis* [MBENDE *et al.*, 2000]. Ceci justifierait probablement de faibles teneurs en azote minéral des traitements ayant des faibles taux de décomposition.

L'effet du broyage de la matière organique pour l'essai d'incubation n'a pas influencé les tendances des essais en pots dont les amendements organiques ont été enfouis sans broyage préalable. Mais, au regard des valeurs d'azote minéral obtenues dans cette étude, le broyage de la matière organique aurait vraisemblablement accéléré le taux de décomposition des amendements organiques.

En effet, concernant la nutrition azotée de l'Amarante, il convient de signaler qu'en 24 jours d'incubation, période correspondant au cycle cultural de l'Amarante (*A. hybridus*), qui est une production majeure des différents centres maraîchers de Kinshasa situées sur des sols sableux, trois traitements (drêche, feuilles de *T. diversifolia* et d'*H. liebrechtsiana*) avaient libéré plus de 200 mg N/kg de sol. Or, en considérant un rendement moyen de l'Amarante de 25 T/ha pour une seule récolte et un apport moyen de 100 g de NPK 12-12-24/m² [CIRAD - GRET, 2002], l'Amarante prélève 40 mg N/kg de sol (120 kg N/ha) par saison de croissance. La contribution de la minéralisation de ces amendements organiques à la fertilité des sols est donc très importante pour une agriculture qui ne se repose que sur l'utilisation de la matière organique pour fertiliser le sol.

CONCLUSION

Au bout de 24 jours d'incubation, les amendements organiques ayant des rapports C/N (< 20), lignine/N, cellulose/N et (Lignine + polyphénols)/N faibles ont donné des teneurs élevées en azote minéral. Par contre, ceux avec une teneur élevée en lignine et des rapports C/N (> 20), lignine/N, cellulose/N et (Lignine + polyphénols)/N élevés ont donné des teneurs en azote minéral généralement inférieures à 100 mg N/kg de sol.

Une corrélation négative a été observée à la fin de l'incubation entre le rapport C/N, rapport cellulose/N, rapport lignine/N, rapport (Lignine + polyphénols)/N et la teneur en azote minéral.

Au vu de ces résultats, des recommandations pratiques ci-après peuvent être formulées :

- a. Les feuilles de *Tithonia diversifolia* et celles de *Haumania liebrechtsiana*, ainsi que les drêches utilisées comme amendements de sol

conviennent pour les cultures à cycle végétatif court (1 mois) dont l'Amarante. La parche de café et les feuilles d'*Acacia auriculiformis* seraient propices pour les cultures maraîchères à cycle végétatif long.

- b. Le sol de Kimwenza étant acide et possédant une faible teneur en éléments minéraux, il serait souhaitable d'une part, d'apporter une grande quantité de matière organique, et d'autre part d'appliquer des amendements calcaires afin de corriger l'acidité de ce sol.

Des études qui se pencheraient sur l'évaluation concomitante de la minéralisation de la matière organique et de la perte des éléments minéraux par lessivage complèteraient le présent travail.

RESUME

Les maraîchers de Kimwenza utilisent couramment : la drêche, la parche de café, les feuilles d'*Acacia auriculiformis*, d'*Haumania liebrechtsiana* et de *Tithonia diversifolia*, pour amender le sol. Ces matières organiques ont été caractérisées et, leur minéralisation a été évaluée, spécialement concernant la dynamique de l'azote minéral.

Ces matières organiques ont été appliquées au sol comme amendements à la dose de 5% de la masse du sol. L'incubation de chacune d'elles a été menée à une température de 25°C pendant que le taux d'humidité du sol était maintenu constant à 20% ; cela a duré 24 jours.

Le dosage de l'azote minéral s'est effectué à l'intervalle de 4 jours pendant l'incubation et les teneurs en azote minéralisé variaient entre 0,2 et 668 mg N kg⁻¹ de sol. Les amendements avec faibles rapports C/N (<20), cellulose/N, Lignine/N et (Lignine + polyphénols)/N dont la drêche, les feuilles de *Tithonia diversifolia* et d'*Haumania liebrechtsiana*, ont donné des teneurs élevées en azote minéral. Par contre, la parche de café et les feuilles d'*Acacia auriculiformis*, caractérisées par des rapports C/N (>20), cellulose/N, Lignine/N et (Lignine + polyphénols)/N grands, ont donné des faibles teneurs en azote minéral, généralement inférieures à 100 mg N kg⁻¹ de sol. De ces résultats, il ressort que pour une agriculture basée sur les amendements organiques, la drêche, les feuilles de *Tithonia diversifolia* et d'*Haumania liebrechtsiana* conviennent pour les cultures maraîchères à cycle végétatif court, tandis que la parche de café et les feuilles d'*Acacia auriculiformis* sont propices pour les cultures à cycle végétatif long.

Mots clés : amendement organique, dynamique, azote minéral, incubation, cultures maraîchères.

REMERCIEMENTS

Nous témoignons notre reconnaissance au Conseil Universitaire Flamand (VLIR) qui a financé cette étude. Nos remerciements s'adressent à tous les promoteurs de l'Université de Gand et ceux de l'Université de Kinshasa, du projet « Utilisation de la matière organique pour améliorer la fertilité des sols de Kinshasa ». Au personnel du laboratoire de Chimie Physique Appliquée de l'Université de Gand (R.U.G.), pour l'assistance technique, nous présentons nos sincères gratitude.

REFERENCES ET NOTES

- ALEXANDER M. [1977]. Introduction to soil microbiology. Second ed. John Wiley & Sons, New York, Santa Barbara, London, Sydney, Toronto, 467 p.
- ANGLEDETTE P. [1974]. Techniques Agricoles et Production Agricole : les problèmes. 770 p.
- AULACK M.S., DORAN J.W., WALTERS D.T., MOSIER, A.R., and FRANCIS D.D. [1991]. Crop residue type and placement effects on denitrification and mineralization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55: 1020-1025.
- CHAMAYOU H. et LEGROS J.P. [1989]. Les bases physiques, chimiques et minéralogiques de la science du sol. Presses Universitaire de France. Paris. 593 p.
- CIRAD – GRET [2002]. Memento de l'agronome. Ministère de la coopération. France. pp 610-612.
- CLOAREC J.N., FAURIE C., GAUDIN B., LAMARQUE J., LAMARQUE P., LIZEAUX C., TAVERNIER R., and VIDEAUD A. [1987]. Biologie seconde. Sciences et techniques biologiques et géologiques. Ed. Bordas, Paris. 164 p.
- CONSTANTINIDES M. and FLOWES J.H. [1994]. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: Relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. *Soil Biology and Biochemistry* 26:49-55.
- DINESH R., SURYANARAYANA M.A., NAIR A.K., and CHAUDHURI S.G. [2001]. Leguminous cover crop effects on nitrogen mineralization rates and kinetics in soils. *J. Agron. Crop Sci.* 187: 161-166.
- GOERING and van SOEST. [1970]. Forage Fiber Analysis: Agricultural Handbook No. 379.
- HAGEMAN R.H. [1984]. Ammonium versus nitrate nutrition of higher plants. In. Nitrogen in crop production. ASA-CSSA-SSSA, Madison, USA, 67-85.
- HALSTEAD R.L., LAPANSEE J.M., and IRVASON K.C. [1963]. Mineralization of soil organic phosphorus with particular reference to the effect of lime. *Can. J. Soil Sci.* 43: 97-106.
- HOFMAN G. and van CLEEMPUT O. [2004]. Soil and plant Nitrogen. International Fertilizer. Paris, 48 p.
- KING H.G and HEALTH G.W. [1967]. The chemical analysis of small samples of leaf material and the relationship between the disappearance and composition of leaves. *Pedobiologia*, 7:192-197.
- LAYZELL D.B. [1990]. N₂ fixation, NO₃⁻ reduction and NH₄ assimilation. In: Plant physiology, biochemistry and molecular biology. D. T. Denis and D. H. Turpin (Eds), Longman Scientific & Technical, Singapore. pp 389-413.
- MBENDE M., NTEMUANAKU K., MBUMBA B. et MAFUKA M. [2000]. Taux et vitesse de décomposition des feuilles d'*Albizia lebbek* et de *Tithonia diversifolia* sous entisol à Kinshasa (RDC). *Annales de la Faculté des Sciences Agronomiques* 1(1) : 31-33.
- N'GORAN A. [2005]. Amélioration de la fertilité chimique des sables quaternaires en Côte-d'Ivoire dans l'association cocotier/*Acacia* sp. Thèse de doctorat. Faculté des Sciences en Bio-Ingénierie. Université de Gand (UGent), Belgique.

- OGLESBY K.A. and FOWES J.H.** [1992]. Effects of chemical composition nitrogen mineralization from green manures of seven tropical leguminous trees. *Plant and Soil* 143: 127-132.
- PALM C.A. and SANCHEZ P.A.** [1991]. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biol. Biochem.* 23 (1): 83-88.
- PAUWELS J., van RANST E., VERLOO M. et MVONDO A.** [1992]. Manuel d'Analyses de sols et de plantes, Equipements, Gestion de stocks, de verrerie et produits chimiques. Publications agricoles-28, AGCD, Bruxelles. 265 p.
- SENAHUP (Service national d'appui au développement de l'horticulture urbaine et périurbaine)** [1999] : Rapport Annuel. Kinshasa, RD Congo.
- SCHEFFER B.** [1976]. Nitrogen transformation in fen soils, *Landwirtschaftliche Forschung* 33: 20-28. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt-am-main, Germany.
- THOMAS G.** [1996]. Methods of soil analysis. Parts 3: chemical Methods. American society of Agronomy. Inc. Madison Wisconsin, USA.
- van RANST E., VERLOO M., DEMEYER A and PAUWELS J.M.** [1995]. Manual for Soils and Fertility Laboratory. Analytical Methods for soils and Plants. Equipment and Management of consumables. Faculty of Bioscience engineering. UGent, Belgique. 243 p.
- van SOEST P.J., ROBERTSON J.B., and LEWIS B.A.** [1991] : Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch polysaccharides in Relatio to Animal Nutrition. *J Dairy Sci* 74: 3583-3597.
- VITOUSEK P.M, TURNER D.M, PARTON W.J. and SANFORD R.L.** [1994]. Litter decomposition on the Mauna Loa environment matrix, Hawaii: Patterns, mechanisms and models. *Ecology* 75: 418-419
- XULUC-TOSALA F.J., VESTER H.F., RAMIREZ-MARCIAL N., CASTELLANOS-ALBRES J., and LAWRENCE D.** [2003]. Leaf litter decomposition of the three-successional phases of tropical dry secondary forest in Campeche, Mexico. *Forest Ecology and Management* 174: 401-412.
- YENGULA M., KALAMBA K., TABA K., MULENGA M., ONYEMBE P. et MUSASA T.** [1990]. Composition chimique des déchets du café du Zaïre. *Al Biruniya, Rev. Mar. Phar*, tome 6: 1- 23.



This work is in open access, licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in the credit line; if the material is not included under the Creative Commons license, users will need to obtain permission from the license holder to reproduce the material. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>