

LE SOL DANS L'AGRICULTURE URBAINE EN ZONE DES GRANDS-LACS AFRICAIN ETUDE DU CAS DE LA VILLE DE BUTEMBO.

Ir. Gilbert Paluku Mutiviti, Assistant à la Faculté
des Sciences Agronomiques de l'U.C.G.
Ir Eugène Kakule Mboko, Chercheur libre attaché à l'U.C.G.
Ir Valère Kambere Vagheni, Chercheur libre attaché à l'U.C.G.

Résumé.

La présente étude a porté sur la caractérisation physique de quelques sols de la ville de Butembo. Pour y parvenir, les variables suivantes ont été investiguées : granulométrie, acidité et teneur en matière organique.

Il ressort des résultats obtenus que les principaux paramètres étudiés diffèrent peu entre les formations des sols étudiées peu entre les formations des sols étudiées et pour un même profil.

Les résultats obtenus révèlent que tous les sols étudiés sont riches en limon et argile car appartenant tous à la classe texturale du sol « La » (Limon argileux). Ces sols sont potentiellement riches car ayant une réserve d'éléments nutritifs qui devront libérer progressivement par les phénomènes d'altération. Ces sols sont acides et contiennent peu des matières organiques. C'est cela la contrainte principale de ces sols avec l'acidité.

Introduction

Dans la pratique de l'agriculture, la caractérisation préalable du sol demeure la première préoccupation de l'agronome¹. Cette caractérisation permet de diagnostiquer les contraintes et aptitudes de production de sol, identifier et cartographier les unités pédologiques et afin déterminer le degré d'amélioration requis en vue de relever la productivité par l'utilisation rationnelle des terres.

La richesse comme la pauvreté d'un sol sont déterminées par la combinaison de différentes propriétés tant techniques, physiques, chimiques que biologiques, sa production y est donc étroitement liée. Pour les pays développés, ces propriétés sont facilement obtenues par des analyses du sol grâce au progrès de la science et de la technologie. Dans les pays tropicaux par contre, le manque d'une technologie de pointe et le bas niveau d'instruction de beaucoup d'agriculteurs font que la possibilité d'analyser les sols y est réduite, alors qu'il est nécessaire de connaître le degré de fertilité des sols pour accroître la production agricole. Il devient donc important, dans les conditions de ces pays de rechercher à obtenir le maximum d'informations concernant la fertilité des sols².

Le présent article a pour objectif de contribuer à la caractérisation des sols de la ville de Butembo dans le but de mettre à la disposition des utilisateurs un certain nombre de données leur permettant d'améliorer le rendement des cultures car il faut le reconnaître, hormis les travaux réalisés par certains chercheurs dont Van Wambeke et Libens³, Leclercq et Jongen⁴ qui avaient abouti à l'élaboration des cartes de sols utilisées actuellement, peu de chercheurs, faute des moyens, songent à actualiser les données sur les sols de

Butembo ; surtout que les propriétés du sol sont dynamiques.

I. Importance des propriétés physiques et chimiques dans la productivité des sols.

1.0. Qu'est-ce qu'un sol ?

Un sol est un complexe constitué de matières inertes, minérales et organiques dans lequel vivent des myriades d'organismes. Une fraction minime de ces organismes est visible à l'œil nu ; la plupart sont microscopiques. Les facteurs déterminants caractéristiques d'un sol sont très nombreux et interagissent à tout instant. C'est pourquoi les scientifiques utilisent le terme de complexe édaphique⁵.

1.1. Importance de l'analyse du sol.

Pour l'agriculteur, l'analyse du sol est importante :

- d'une part du point de vue physique, elle le renseigne sur la nécessité d'apporter des modifications à la structure du sol par des amendements et compte tenu du climat, sur l'intérêt du drainage ou de l'irrigation ;
- d'autre part, du point de vue chimique, elle renseigne sur la richesse du sol en éléments fertilisants.

C'est ainsi que tout agronome, soucieux de prendre en compte les interactions climat – sol – plante doit procéder régulièrement au champ à l'examen du profil cultural pour s'assurer des effets d'une opération culturale pour étudier les relations entre l'état physique du sol et l'enracinement⁶.

1.2. Notion de la fertilité d'un sol.

¹ Garry, R. et al., *Guide national de l'agriculture*, Nouvelle édition, Roger Garry et Cie, 1977.

² Peter, U.L., *La fertilité des sols au Rwanda*, 1981

³ 1957 Van Wambeke et Libens

⁴ Leclercq H. et Jongen R. et Soberon, M., Carte des sols et de la végétation du Congo, Rwanda et Burundi. Cas du Nord-Kivu et Région du lac Edouard, Bruxelles, 1970

⁵ Dupriez et DeLeener, P., *Arbres et agricultures multiétagées d'Afrique*, éd. Terres et Vie, Belgique, 1993

⁶ De Laguarigue, J., *Les bases scientifiques et leurs conséquences immédiates*, Dunod, Paris 1963.

Pour De Laguarigue⁷, la fertilité d'un sol est une notion intuitive qui ne peut que s'exprimer par l'aptitude de ce sol à produire telle ou telle quantité de récolte. Une terre vierge a une fertilité naturelle, mais la pratique des cultures successives modifie cette fertilité et conduit à la notion de fertilité actuelle.

Selon Demolon⁸, la fertilité d'un sol est sa productivité à un moment donné, c'est-à-dire son aptitude à produire lorsqu'il est sous l'influence de l'ensemble des facteurs intervenant en ce moment. La fertilité est une notion complexe qui n'est pas susceptible d'une définition absolue, certains auteurs apprécient la fertilité en se basant sur certaines caractéristiques du sol.

La fertilité d'un sol est sa capacité de bien nourrir les plantes. Aussi la fertilité d'un sol cultivé peut être définie comme sa capacité de pourvoir de manière satisfaisante aux besoins des cultures qu'il porte : sa texture et sa structure sont favorables à la vie microbienne et au développement des racines des espèces cultivées ; les sels minéraux et les matières organiques y existent en qualité et en proportions satisfaisantes pour l'alimentation des plantes. L'eau est assurément un élément indispensable à l'expression de la fertilité. En d'autres termes, il n'y a pas de fertilité sans eau, quelle que soit la richesse minérale ou organique. Dupriez et De Leeher⁹ poursuivent, en insistant sur le fait que la fertilité est fondée sur un ensemble d'éléments :

- Elle est minérale lorsque les matériaux inertes en présence sont capables de libérer des ions nutritifs en quantités proportionnées aux besoins des végétaux ;
- Elle est organique lorsque les échanges ioniques entre le sol et les plantes se font surtout à partir des produits de décomposition de la biomasse ;
- Elle dépend en bonne partie du niveau d'acidité ou d'alcalinité du sol (son pH), niveau qui détermine l'état des ions, leur solubilisation dans l'eau, leur adhérence aux grains de sable ou d'argile ;
- L'aération joue un grand rôle dans la fertilité. Les fermentations qui se déroulent dans le sol sont différentes selon que l'air y est présent ou qu'il n'y circule pas du tout, la circulation de l'air dépend de la porosité elle-même conditionnée par le type de matériaux constituent le sol ;
- L'activité de nombreux agents, dont l'homme, joue un rôle fondamental.

La fertilité est exprimée en potentielle ; elle est exprimée lorsque les plantes cultivées en profitent réellement tandis qu'elle est potentielle lorsque, malgré sa richesse en éléments nutritifs, un ou plusieurs

facteurs particuliers empêchent les plantes de se développer correctement. Dans une tourbière, par exemple, les éléments nutritifs sont abondants mais l'acidité et l'engorgement régulier des pores du sol par l'eau bloquent les possibilités d'échanges ioniques. Il se peut aussi qu'un sol soit partiellement fertile, mais qu'une couche de battance soit venue colmater sa surface. Les facteurs de fertilité sont bien présents, mais l'eau n'est pas disponible dans le sol pour qu'ils s'expriment. Parfois, un seul élément minéral fait défaut, ou au contraire l'une des substances en présence excessive bloque les échanges plantes-sol. La fertilité peut aussi être fossile. Certaines terres ont, par exemple, été recouvertes par une carapace latéritique de quelques centimètres d'épaisseurs, suite à l'aération de surface et au lessivage. En brisant la carapace, on peut retrouver sans elle une couche de sol dont la fertilité minérale est intacte¹⁰

La fertilité renvoie à la fois aux caractéristiques du sol et à ce qu'en fait l'agriculteur (cultures et techniques). On ne peut quantifier la fertilité d'un sol. Pour les agronomes, la fertilité n'est pas un concept agronomique, c'est un *jugement*, plus ou moins étayé. Ils abandonnent ce terme pour parler d'*aptitudes culturales*. C'est-à-dire de la capacité d'un sol à produire telle culture avec telles techniques.

Cette appréciation porte sur le fonctionnement global d'un système biologique (sol, plante, climat) soumis aux interventions techniques de l'agriculteur. Elle se fonde sur l'étude des caractéristiques du milieu et sur ses aptitudes à remplir ses fonctions (alimentation en eau, en éléments minéraux, ...) pour une culture et des techniques données. Il s'agit donc d'une *notion relative* qui varie selon les techniques disponibles et les objectifs des agriculteurs. Elle explore :

- les potentialités ;
- les coûts d'exécution des potentialités ;
- les risques, qui seront estimés à travers l'analyse, de la souplesse et de la sécurité dans le choix et la mise en œuvre des systèmes des cultures.¹¹

1.3. Texture.

La texture influence beaucoup les capacités du sol. C'est une mesure importante parce que la distribution des particules influence beaucoup d'autres propriétés du sol par exemple la capacité de rétention, CEC CECE, le drainage, etc. On ne peut donc pas souvent se passer de la connaissance de la texture dans l'évaluation agronomique des sols¹¹.

⁷ Idem

⁸ Dermolon, M. ; *Dynamique du sol, Principes d'agronomie*, Tome I, Dunod, Paris 1966

⁹ Dupriez, H. et Deleener, P., *Arbres et agricultures multiétagées d'Afrique*, éd. Terres et Vie, Belgique, 1993

¹⁰ Idem

¹¹ Delville, P., *Gérer la fertilité des terres dans les pays du Sahel*, Gret, Paris, 1996 .

¹¹ Mambani, B., *Physique du sol*, cours inédit, IFA, Yangambi, 1994

Le sol est composé de matières d'origine minérale (sable, limon, argile, graviers, sels minéraux) et de matières organiques d'origine végétale ou animale plus ou moins décomposés. On parle de texture pour caractériser la composition de ce substrat inerte. On la définit par le pourcentage de chaque composante dans la masse totale de l'échantillon de sol analysé. Parmi les substances présentes, quelques-unes seulement sont susceptibles d'être absorbées par les plantes. Ce sont les sels minéraux nutritifs assimilables. C'est la quantité des sols nutritifs assimilables qui détermine la fertilité d'un sol. Encore faut-il que ces sels soient dissous dans l'eau pour que la fertilité puisse s'exprimer pleinement¹².

1.4. Structure.

La structure est la clef des rendements. En effet, la plante a non seulement besoin d'eau, dans laquelle se trouvent en dissolution les substances nutritives, mais elle réclame aussi de l'air, qui est tant aussi nécessaire pour assurer aux organes souterrains une respiration normale.

Une bonne structure du sol consiste précisément en cet état particulier de la terre, qui retient à la fois l'air et l'eau dont la plante a besoin dans un rapport idéal des macropores et des micropores, qui subsistent entre les particules du sol. Le réservoir d'air est constitué par les premiers ; le réservoir d'eau par les seconds¹³. La stabilité de la structure est l'aptitude de la structure à résister aux forces de destruction. Notons en passant que la structure du sol est une caractéristique très dynamique. Aussi, s'avère-t-il utile de déterminer l'indice de stabilité qui renseigne sur le dynamisme structurel. Il est important de noter qu'une bonne structure ne peut ressortir des effets que lorsqu'elle reste stable pendant un temps suffisamment long¹⁴.

II : Etude des caractéristiques des sols de Butembo.

2.1. Situation géographique.

La présente étude a été conduite à Butembo, ville qui se situe à l'Est de la RDC dans la province du Nord-Kivu, ville située à 0°8' de latitude Nord ; 29°30 longitude Est. L'altitude moyenne est de 1750 m. Le relief est donné pour un ensemble des collines et vallées dont le fond est à plus ou moins 1700 m. Cette dépression est entourée d'une succession de collines drainée par la rivière Kimemi traversant le centre de la ville du Sud au Nord. Aujourd'hui, Butembo a un statut d'une ville, statut acquis pendant la rébellion et est subdivisé en quatre communes à savoir Bulengera, Kimemi, Mususa et Vulamba.

2.2. Climat.

Le climat de Butembo connaît un climat équatorial influencé par l'altitude. Selon Kasay¹⁵, les hautes terres, dont Butembo fait partie, sont caractérisées par le climat colombien. Selon De Vries ; Afi Selon Köppen. La température moyenne mensuelle varie entre 17,2 et 18,8°C. La pluviométrie annuelle est autour de 1500 mm.

2.3. Sols.

L'extrême Nord du Kivu montagneux est considéré comme un des principaux greniers de la RDC. Cependant, il est à noter que ses sols sont d'un pouvoir productif fort limité suite à l'érodabilité des terres situées sur des pentes raides. Le sol de Butembo appartient au petit groupe de ferrisols orthotypes développés de l'ordre de Kaolisols¹⁶.

2.4. Végétation.

Sur le plan de la végétation, les montagnes et collines de Butembo portent une végétation essentiellement herbacée, types prairies-steppes (*Bracharia*, *chloris gayana*, ...) et par ci par là les plantations d'essences végétales exotiques et de la bananeraie. Les essences exotiques sont principalement les *Eucalyptus*, *Grevilea*, *Acacia*, *Leucaena*, ...

2.5. Démographie.

La population de Butembo est homogène, dont la majorité est composée de 98 % des Nande et 2 % d'autres tribus, en provenance des onze provinces qui forme la RDC, plus quelques expatriés et réfugiés.

Tableau I : Statistique de la population urbaine (Décembre 2000).

Commune	Femmes	Filles	Hommes	Garçons	Total
Bulengera	29182	24139	27815	22233	103389
Kimemi	30036	29714	26160	22156	108066
Mususa	39323	28671	38034	27958	133986
Vulamba	20370	9712	20134	9626	59842

Source : Anonyme, 2001

2.6. Matériel et méthode de travail.

2.6.1. Matériel.

Quatre communes ont retenu notre attention au cours de nos investigations :

¹² Dupriez et De Leener, op. cit., 1993

¹³ De Leenaer, L. et Waegemans, G., *La science du sol*, éd. Mereum – Bruxelles 1970.

¹⁴ Mambani, op. cit., 1993

¹⁵ Kasay, K.L.L., *Dynamique démographique et mise en valeur de l'espace en milieu équatorial d'altitude. Cas du pays Nande au Kivu septentrional*, Thèse inédite, UNILU-Lubumbashi, 1988, 404 p.

¹⁶ Leclerg, H. et Jongen, R., *Carte des sols et de la végétation du Congo, Rwanda et Burundi. Cas du Nord-Kivu et Région du lac Edouard*, 1970.

B : Commune Bulengera avec 8 profils.

K : Commune Kimemi avec 5 profils.

M. : Commune Mususa avec 5 profils

V : Commune Vulamba avec 5 profils.

Vingt-trois profils ont été ainsi ouverts. Des échantillons de sol y ont été prélevés et amenés au laboratoire pour analyse.

2.6.2. Méthode de travail.

2.6.2.1. Echantillonnage.

Les échantillons non perturbés n'ont pas été prélevés. Faute de cylindres de Kopecky, c'est-à-dire que la détermination de la conductivité hydraulique, densité apparente, porosité n'ont pas été effectués. Il en est de même pour les analyses chimiques prévues, faute de réactifs et matériels appropriés. Seul le Ca^{++} a pu être dosé pour quelques profils et horizons, car à peine commencé, le spectrophotomètre est tombé en panne.

2.6.2.2. Conditionnement des échantillons.

Les échantillons perturbés ont été séchés à l'air libre et à l'ombre, puis broyés certains dans un mortier en porcelaine et tamisés sur un crible de 2 mm de diamètre, d'autres dans un moulin. La terre fine ainsi obtenue a servi à l'analyse granulométrique et chimique.

2.6.2.3. Analyse granulométrique

- Méthode : L'analyse granulométrique a été faite par la méthode dite à la pipette.

- Principe de la méthode : Elle consiste à prélever, dans une suspension en cours de sédimentation, à une profondeur choisie (10 cm) à un intervalle de temps bien déterminé (8 h pour les argiles et 4 minutes et 48 secondes pour le limon), une fraction du mélange mieux de la suspension à l'aide d'une pipette.

2.6.2.4. Dosage de la matière organique.

La matière organique a été déterminée par différence de poids. En effet, faute des réactifs appropriés pour le dosage de la matière organique par voie humide, la voie sèche a été utilisée. Il s'agit de soumettre l'échantillon de sol à une température au delà de 250°C : la matière organique brûle. En faisant la différence de poids, on obtient la teneur en matière organique brute.

2.6.2.5. Réaction du sol.

Le pH a été mesuré en suspension aqueuse et au KCl 1N.

2.6.2.6. Dosage du calcium.

Le calcium a été fait par spectrophotomètre à absorption atomique à une longueur d'onde de 422 nm.

III . Résultats et Discussion.

Les résultats de l'analyse granulométrique, la réaction du sol, la teneur en matière organique ainsi que la teneur en calcium sont consignés dans les tableaux II, III, IV ou V.

3.1. Composition granulométrique des sols.

Les résultats moyens de l'analyse granulométrique sont consignés dans le tableau II et ont été obtenus grâce, du moins la dernière colonne, au triangle texturale de l'*US taxonomy*. Il apparaît que, hormis les sols de la commune Kimemi qui appartiennent à la classe texturale de Limon argile sableux (Las), toutes les autres formations appartiennent à la classe texturale Linon argile (La).

Le même tableau montre que la teneur en limon varie dans une faible gamme dans les formations étudiées de 22,9 % à 31,36 %. Les sols de la Commune Vulamba sont les mieux fournis en Limon, tandis que ceux de Kimemi sont les plus pauvres. Les sols de Bulengera et Mususa ont une teneur intermédiaire.

Quant à la fraction argileuse, ce sont les sols de Mususa et Bulengera qui tirent l'épingle du jeu, ils sont immédiatement suivies des sols de Vulamba et Kimemi, Kimemi étant la commune la moins fournie (22 %).

En ce qui concerne le sable, fraction comptant moins dans les potentialités des sols, il ressort du tableau II que la commune Kimemi est la plus dotée en sable, suivie de la commune Bulengera. La commune Vulamba boucle la liste.

Du point de vue potentialités, toute chose étant égale par ailleurs, tous les sols de la ville ont un avenir meilleur car tous sont dotés en limon, ce dernier étant un minéral secondaire capable de subir l'altération et libérer ainsi les éléments nutritifs aux plantes, mais c'est la commune Vulamba qui prend la tête.

Le tableau 2 montre une concentration relative de l'argile dans les horizons superficiels dans les formations de Kimemi et de Mususa, ce qui dénote une tendance au marécage vite étouffée par à certains endroits par une teneur appréciable en sable. Pour ceux qui connaissent Butembo, la vallée de Kirimavolo dans la commune Mususa et celle allant de l'abattoir à Katsya dans la commune Kimemi illustre bien cette concentration de l'argile.

Mais il y a tendance à l'accumulation des argiles en profondeur dans les formations de Vulamba. Les sols de la commune Mususa semblent plus homogènes au vu des résultats du tableau II par

rapport au sol des communes Vulamba et Bulengera qui semblent plus hétérogènes.

3.2. Réaction des sols.

Il ressort du tableau III que tous les sols de la ville sont acides avec un record pour la commune Mususa (4,95) suivie de Bulengera (5,75). Les communes Kimemi et Vulamba sont moins acides. Le même tableau montre que les valeurs de pH à l'eau de toutes les formations sont à peu près les mêmes et partout on voit apparaître une acidité d'échange (ΔpH). Ce qui confirme encore une fois la fertilité potentielle des sols de Butembo. L'acidité actuelle (pH eau) nous donne des renseignements sur la concentration des ions H^+ dans la solution du sol tandis que l'acidité potentielle (pH KCl) détermine la présence des ions Al^{3+} et H^+ absorbés sur le complexe.

3.3. Teneur en matière organique.

Les résultats moyens présentés dans le tableau IV montrent une teneur élevée de la matière organique brute dans les sols de la commune Mususa immédiatement suivie par les communes Vulamba et Bulengera. La commune Kimemi est la moins servie en matière organique du sol.

Quant aux profils, le tableau IV montre que le profil V2 de Vulamba en tête avec 24,83 % de matière organique suivie des profils B7 et B8 de Bulengera M4 et M5 de Mususa et enfin K₅ de Kimemi.

3.4. Teneur en calcium des sols.

Les résultats expérimentaux présentés au tableau V montrent que tous les sols de la ville sont pourvus en Ca^{++} avec un record dans la commune Kimemi suivie des communes Mususa et Vulamba. La commune Bulengera est au bas de l'échelle. Du point de vue profil, la commune Kimemi vient en tête avec le K₄₋₂ suivie de M₄₋₂ et B₃₋₃ clôt la liste.

En comparant les moyennes de pH à ceux du Ca^{++} , on constate quelques anomalies. En effet, la commune Mususa est la plus acide mais aussi la plus riche en Ca^{++} après Kimemi. Or l'on sait que l'ion Ca^{++} a le mérite de remonter le pH, mieux de baisser la concentration des ions acides (H^+ et Al^{+++}).

L'acidité de 5 sols de la commune Mususa, face à une teneur appréciable en ion Ca^{++} s'expliquerait par le fait que le ΔpH de Mususa est le plus élevé de toutes les communes, ce qui fait penser probablement à une forte concentration et ions acides qui noierait les ions Ca^{++} . Ceci pourra être confirmé par un dosage des ions Al^{+++} . En outre, la non-expression de la toxicité aluminique par les plantes confirmerait cette thèse.

Tableau II : Granulométrie des sols étudiés.

Commune	Site	Sable %	Limon %	Argile %	Classe texturale
Bulengera	B1	32,5	38,2	22,7	La
	B2	30,3	21,3	37,2	A
	B4	33,6	20,4	39,7	A
	B6	33,7	35,8	28,6	La
	B7	43,8	22,6	16,8	Las
	Moyenne	34,78	27,66	29,0	La
Kimemi	K1	41,3	18,5	30,5	As
	K2	30,5	30,8	25,7	La
	K3	52,8	29,1	14,6	Ls
	K4	44,3	28,1	23,8	Las
	K5	68,4	7,9	15,4	Ls
	Moyenne	47,46	22,9	22,0	Las
Mususa	M1	29,4	28,9	32,6	La
	M2	29,3	30,4	34,7	La
	M3	31,1	29,2	24,4	La
	M4	16,2	31,8	30,7	La
	M5	44,3	13,8	26,6	As
	Moyenne	29,98	26,54	29,68	La
Vulamba	V1	42,19	31,8	9,11	L
	V2	14,5	39,2	41	Al
	V3	34,1	25,7	24	La
	V4	25,8	30,1	31,8	La
	V5	21,7	30	34,7	A
	Moyenne	27,66	31,36	28,12	La

Tableau III : Résultats détaillés de la mesure du pH à l'eau et au KCl 1 N

Commune	Site	PH eau	pH Kcl	ΔpH .
Bulengera	1	5,78	4,88	0,9
	2	5,43	4,63	0,8
	3	5,71	4,93	0,79
	4	6,65	6,45	0,20
	5	5,8	4,97	0,83
	6	6,1	5,98	0,12
	7	9,23	4,43	0,8
	8	5,28	4,67	0,61
	Moyenne	5,75	5,12	0,63
Kimemi	1	6,72	6,5	0,22
	2	5,81	5,63	0,18
	3	6,78	6,55	0,23
	4	6,15	5,67	0,48
	5	6,36	6,15	0,21
	Moyenne	6,36	6,1	0,26

Mususa	1	5,28	4,38	0,90
	2	4,33	3,37	0,76
	3	6,27	5,08	1,19
	4	4,46	3,83	0,63
	5	4,4	3,65	0,75
	Moyenne	4,95	4,10	0,85
Vulamba	1	6,5	5,63	0,87
	2	6,28	5,58	0,7
	3	6,4	5,42	0,98
	4	5,98	5,55	0,43
	5	5,84	5,15	0,69
	Moyenne	6,2	5,47	0,73

Tableau 4: Teneur en matière organique des sols de la ville.

Commune	Site	Teneur en matière organique %
Bulengera	1	8,45
	2	10,5
	3	11,85
	4	12,58
	5	13,63
	6	10,58
	7	18,3
	8	17,3
	Moyenne	13,03
Kimemi	1	12
	2	9,1
	3	7,2
	4	9,37
	5	15,05
	moyenne	10,54
Mususa	1	10,58
	2	15
	3	13,67
	4	16,07
	5	16,7
	moyenne	14,40
Vulamba	1	7,87
	2	24,83
	3	13,27
	4	11,27
	5	9,7
	Moyenne	13,36

Tableau V : Teneur en Ca^{++} des sols étudiés (ppm).

Bulengera		Kimemi		Mususa		Vulamba	
Site	Ca^{++}	Site	Ca^{++}	Site	Ca^{++}	Site	Ca^{++}
B ₁₋₃	0,419	K ₁₋₄	0,612	M ₁₋₁	0,554	B ₁₋₂	0,630
B ₂₋₁	0,361	K ₂₋₁	0,772	M ₂₋₂	0,327	B ₂₋₂	0,344
B ₃₋₃	0,213	K ₃₋₁	0,678	M ₃₋₂	0,718	V ₃₋₁	0,766
B ₇₋₁	0,745	K ₄₋₂	0,907	M ₄₋₁	0,777	V ₄₋₂	0,891
B ₃₋₂	0,391	K ₅₋₂	0,754	M ₅₋₂	0,860	V ₅₋₂	0,669
B ₆₋₃	0,370	K ₁₋₂	0,712	M ₅₋₁	0,852	V ₂₋₁	0,781
B ₈₋₁	0,330	K ₃₋₃	0,370	M ₄₋₂	0,677	V ₁₋₂	0,631
Moyenne	0,404		0,681		0,681		

Conclusion et suggestions.

L'objectif poursuivi dans notre travail était de déterminer les paramètres physiques et chimiques suivants : la granulométrie, la réaction du sol, la teneur en matière organique pour mieux traduire les potentialités des sols de la ville en vue d'une agriculture urbaine intensive au bénéfice de la population.

Les résultats obtenus révèlent que tous les sols étudiés sont bien pourvus en matière organique et en limon, paramètres importants, en plus de l'eau, pour une heureuse spéculation agricole. Quant à la réaction des sols de Butembo (5,815 en moyenne), nous préconisons l'usage de la matière organique pour essayer de réduire cette acidité, car l'usage de la chaux agricole est coûteux et ne résout que partiellement le problème. Ne dit-on pas que la chaux enrichit le père et ruine le fils ? Par le fait même de recommander l'usage de la matière organique (à enfouir) sans l'usage du feu de brousse sur les sols, on assurerait la constance de la fertilité des sols.

Sous réserves des pratiques agricoles, on peut, pour une première approximation, conclure que l'agriculture urbaine à Butembo peut donner des bons résultats. Nous n'avons présenté dans ce travail que quelques caractéristiques physiques et chimiques des sols de Butembo. Faudra-t-il encore avoir des données sur d'autres facteurs, tels que la CEC, la teneur en bases échangeables, la qualité du complexe absorbant, la qualité du complexe absorbant, la qualité des argiles ... avant de préconiser une exploitation intensive des sols de Butembo. Et comme la ville est occupée par un relief des pentes, une attention particulière sera portée sur la lutte anti-érosive ou la gestion des eaux et des sols.

Références bibliographiques :

1. Anonyme, *Rapport trimestriel*, inédit, Mairie, Butembo, 2001.
2. De Laguarigue, J., *Les bases scientifiques et leurs conséquences immédiates*, Dunod, Paris 1963, 231 p.
1. De Leenaer, L. et Waegemans, G., *La science du sol*, éd. Mereux – Bruxelles 1970.
2. Delville, P., *Gérer la fertilité des terres dans les pays du Sahel*, Gret, Paris, 1996
3. Dermolon, M. ; *Dynamique du sol, Principes d'agronomie*, Tome I, Dunod, Paris 1966, 519 p.
4. Dupriez, H. et Deleener, P., *Arbres et agricultures multiétagées d'Afrique*, éd. Terres et Vie, Belgique, 1993, 227 p.
5. Garry, R. et al., *Guide national de l'agriculture*, Nouvelle édition, Roger Garry & Cie, 1977
6. Kasay, K.L., *Dynamique démographique et mise en valeur de l'espace en milieu équatorial d'altitude. Cas du pays Nande au Kivu septentrional*, Thèse inédite, UNILU-Lubumbashi, 1988, 404 p.
7. Leclerg, H. et Jongen, R., *Carte des sols et de la végétation du Congo, Rwanda et Burundi. Cas du Nord-Kivu et Région du lac Edouard*, 1970.
8. Mambani, B., *Physique du sol*, cours inédit, IFA, Yangambi, 1994
9. Peter, U.L., *La fertilité des sols du Rwanda*, 1981