

Analyse des phyto-indicateurs de la fertilité des sols en communes Mabanda et Vugizo

Salvator Kaboneka*¹, Joël Ndayishimiye², Sylvestre Hakizimana³, Emmanuel Ndagijimana³, Innocent Harumukiza¹, Dionésie Kabura¹, Prosper Manirambona¹ & Tite Ndamuhawenayo¹

¹ Université du Burundi, Faculté d'Agronomie et de Bio-Ingénierie (FABI), B.P. 2940. Bujumbura.

² Centre de Recherche en Sciences Naturelles et de l'Environnement (CRSNE), Laboratoire de Biodiversité, Ecologie et Environnement (LBEE), Département de Biologie. Faculté des Sciences. B.P. 2700. Bujumbura, Burundi.

³ ZOA. Burundi. B. P. 5133. Bujumbura.

* Auteur de correspondance. E-mail: salvator.kaboneka@ub.edu.bi

Reçu: le 02 Septembre 2020

Accepté pour publication: le 03 Novembre 2020

Publié en ligne pour la première fois: le 18 Novembre 2020

Résumé

Une étude a été menée du 21 janvier au 3 février 2015 sur des parcelles cultivées en communes Mabanda et Vugizo de la province Makamba. L'étude visait l'évaluation des liens potentiels entre les connaissances traditionnelles des agriculteurs des niveaux de fertilité des sols et les plantes indicatrices de fertilité. Sur 219 parcelles agricoles échantillonnées, 14 espèces végétales ont été citées comme plantes indicatrices de fertilité des sols en communes Mabanda et Vugizo. Parmi ces espèces végétales, *Ageratum conyzoides* L. (akarura) et *Crassocephalum multicorymbosum* (Klatt) S. More (igifurifuri) sont considérées comme plantes indicatrices de sols fertiles, *Imperata cylindrica* (L.) P. Beauv (umusovu) domine sur des sols de moyenne fertilité, au moment où *Eragrostis olivacea* K. Schum (ishinge) et *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn (igishurushuru) caractériseraient les sols dégradés. Une étude parallèle menée auprès des étudiants confirme que la présence de *Crassocephalum multicorymbosum* (Klatt) S. More (igifurifuri) est indicatrice de sols fertiles, alors que *Eragrostis olivacea* K. Schum et *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn dominant sur des sols pauvres. Nous en concluons que la végétation spontanée constitue un miroir de richesse ou alors de dégradation des sols, qui peut être mis à profit dans la valorisation et la gestion intégrée de la fertilité des sols.

Mots clés: Fertilité des sols, plantes indicatrices, connaissances traditionnelles, Mabanda, Vugizo

Abstract

A survey was conducted on cultivated plots in Mabanda and Vugizo communes, Makamba Province from January 21st to February 3rd 2015 to evaluate potential linkages between farmers' traditional knowledge of soil fertility levels and plant indicators of soil fertility. Over 219 sampled plots, 14 plant species have been recorded as soil fertility plant indicators over the two study sites. Among them, *Ageratum conyzoides* L. (akarura) and *Crassocephalum multicorymbosum* (Klatt) S. More (igifurifuri) are considered plant indicators of fertile soils, *Imperata cylindrica* (L.) P. Beauv (umusovu) predominates on soils of average soil fertility levels, while *Eragrostis olivacea* K. Schum (ishinge) and *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn (igishurushuru) are plant characteristics of degraded soils. A parallel survey conducted with students confirms that the presence of *Crassocephalum multicorymbosum* (Klatt) S. More is indicative of fertile soils, while *Eragrostis olivacea* K. Schum and *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn dominate on poor soils. From our study, we conclude that spontaneous vegetation constitutes a mirror of richness or else soil degradation, which can be exploited and valorized in the global soil fertility management approach.

Key words: Soil_fertility, phyto-indicators, traditional knowledge, Mabanda commune, Vugizo commune

1. Introduction

L'utilisation des plantes comme indicatrices de la qualité des sols est un outil très ancien (M. Blanchard, 2010). Les exigences écologiques des plantes font en sorte que certaines espèces s'adaptent à certains milieux plutôt qu'à d'autres (Source: <http://www.agrireseau.net>). Pour tout agriculteur avisé, du Burundi ou d'ailleurs, la fertilité du sol est une réalité traduite par la présence d'une espèce végétale ou d'un groupe d'espèces végétales spécifiques (A. Some & al., 1998). Ces plantes indicatrices sont des espèces facilement reconnaissables dont la présence spontanée en un lieu donne des indications sur une ou plusieurs caractéristiques physico-chimiques ou biologiques du sol, naturelles ou anthropiques (P. Morlon, 2011). L'apparition de certaines espèces, leur distribution et leur évolution permettra à l'agriculteur d'apprécier l'évolution du sol et partant, l'amélioration ou la dégradation de ses qualités trophiques (A. Some & D.Y. Alexandre, 1997 ; J. Ritz, 1991).

Les indicateurs de la fertilité du sol sont des variables à base desquelles celle-ci est appréciée. M. Blanchard (2010) distingue les indicateurs biologiques (bio-indicateurs) des indicateurs morphologiques ou physiques. Selon J. Gauthier (1991), les plantes indicatrices ou phyto-indicateurs font référence à la présence, l'état végétatif, l'abondance ou la rareté des adventices pour déterminer le niveau de fertilité des parcelles agricoles. Ce même auteur ajoute que, sans être d'une exactitude absolue, l'examen de la végétation spontanée peut donner quelques renseignements sur la réaction du sol (pH) et d'autres paramètres physico-chimiques.

Le concept de savoir-faire local ou traditionnel est l'ensemble des expériences et des connaissances utilisées par un groupe social dans un processus de décision pour trouver des solutions aux problèmes et aux défis qui lui sont posés (P. Morlon, 2011). Le même auteur relève que ce concept a été développé durant des siècles et constitue aujourd'hui des éléments fondamentaux de la culture et de la technologie de chaque communauté. La connaissance traditionnelle des indicateurs biologiques de la fertilité des sols a été acquise sur de longues périodes d'observations floristiques et édaphiques et a été transmise de générations en générations (M. Blanchard, 2010). C'est donc un capital culturel et scientifique de valeur qui s'est construit progressivement en parallèle avec les évolutions agro-écologiques.

L'objectif global de notre étude était d'évaluer les connaissances traditionnelles des niveaux de fertilité des sols en lien avec un certain nombre de paramètres chimiques mesurables du sol d'une part, et la présence de plantes indicatrices, d'autre part. Il s'agissait spécifiquement : (i) d'identifier parmi les propriétés chimiques mesurées du sol celles qui correspondent aux niveaux d'appréciation empirique de la fertilité des sols par les agriculteurs de

Mabanda et de Vugizo, et aussi (ii) inventorier et hiérarchiser les espèces végétales qui, selon les agriculteurs des deux communes, indiquent un niveau de fertilité des sols élevé, moyen ou faible.

2. Matériels et méthodes

2.1. Description de la zone d'étude

L'étude a été réalisée dans les communes de Mabanda et Vugizo de la Province de Makamba qui sont matérialisées sur la Figure 1 ci-dessous.

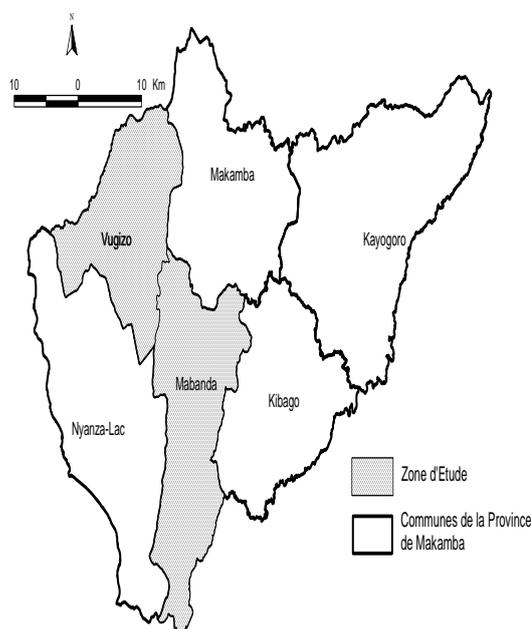


Figure 1. Localisation géographique des communes Mabanda et Vugizo de la province Makamba

2.1.1. Commune Mabanda

La commune Mabanda est limitée au Nord par la commune de Makamba, au Sud par la République Unie de Tanzanie, à l'Est par la commune de Kibago, à l'Ouest par la commune de Nyanza-Lac, et au Nord-Ouest par la commune de Vugizo. Sa superficie est de 294,94 km². Elle compte trois zones subdivisées en 19 collines de recensement (Monographie de la commune Mabanda, 2006). La commune de Mabanda est constituée par de bas plateaux et de plaines qui se prolongent jusqu'au Nord-Ouest de la Tanzanie. Son altitude est comprise entre 1500 et 2500 m.

Le climat de la commune Mabanda est doux et est caractéristique de la région naturelle du Buragane. Celle-ci est caractérisée par une altitude d'environ 780 à 2000 m, un climat de type tropical et une température moyenne annuelle de 18° C. Les températures les plus élevées sont enregistrées

en août, septembre et octobre avec une faible variation des températures moyennes mensuelles et de forts écarts diurnes (17 et 23° C).

Selon une étude menée par C. Bigura (1988), les principaux sols de la commune Mabanda sont à 80 % des ferrisols qui évoluent vers les ferrisols anthropiques par l'action de l'homme (labours et application d'amendements organiques répétés). Par endroit les affleurements de quartzites apparaissent sur les sommets érodés.

La végétation de la commune Mabanda est formée d'une savane arborée dressée et une végétation constituée par une galerie forestière et à certains endroits des forêts claires. Les espèces dominantes de cette formation végétale sont constituées essentiellement de *Parinari curatellifolia*, associé aux espèces des genres *Brachystegia* et *Uapaca*.

À côté de ces forêts claires, des galeries s'étendent sur les pentes inaccessibles de Rukonwe, constituées de diverses essences dont *Newtonia buchananii* (Baker f.) G.C.C Gilbert & Boutique avec des savanes essentiellement herbacées qui tapissent les crêtes et les pentes rocheuses ou rocailleuses (MPDRN, 2006).

2.1.2. Commune Vugizo

D'une superficie est de 230,86 km², la commune Vugizo qui a fait aussi l'objet de notre étude s'étend sur deux régions naturelles à savoir le Mumirwa et le Bututsi (MPDRN, 2006). Ces régions naturelles sont caractérisées par : (i) une altitude moyenne variant entre 1500 et 2500 m ; (ii) une végétation constituée d'une savane arborée et une forêt naturelle en disparition ; (iii) un réseau hydrographique important avec rivières et ruisseaux; (iv) des pentes relativement fortes. Elle est limitée au Nord-Ouest par les communes Bururi et Vyanda ; au Sud-Est par la commune Mabanda ; à l'Est par la commune Makamba ; au Sud-Ouest par la commune Nyanza-Lac.

Le relief de la commune Vugizo est très escarpé et dominé par la chaîne de montagnes Inanzerwe-Kibimbi avec des plateaux au Sud. La végétation est formée d'une savane arborée et une forêt naturelle en disparition dans le Mumirwa (MPDRN, 2006). Les pluies sont généralement abondantes pendant la saison humide qui s'étale entre Octobre et Avril. La saison sèche dure 3 à 4 mois en général. La zone de la crête et des plateaux a une température moyenne variant entre 17 et 23° C. Les températures les plus élevées sont enregistrées en août, septembre et octobre avec une faible variation des températures moyennes mensuelles et de forts écarts diurnes (MPDRN, 2006).

Les sols de la commune Vugizo sont à dominance des ferrisols améliorés par les labours répétés et les apports d'amendements organiques (C. Bigura, 1988).

La végétation naturelle des forêts claires est composée par une formation forestière à *Brachystegia* sp dont la plus

importante se trouve à Rukambasi à 1610 m d'altitude (MPDRN, 2006).

2.2. Méthodologie d'échantillonnage

Les enquêtes se sont basées sur des observations, des interviews et des mesures au sein des parcelles cultivées. Elles ont duré deux semaines et ont concerné 50 agriculteurs répartis sur 18 et 14 collines de recensement, respectivement en communes Mabanda et Vugizo. Le choix des agriculteurs à enquêter a été faite de façon aléatoire sous le guide de l'agronome de l'ONG ZOA, commanditaire de l'étude.

Lors de l'enquête, les agriculteurs ont été demandés de répartir leurs parcelles en différents niveaux de fertilité : niveau très fertile, niveau moyennement fertile, niveau peu fertile. Idéalement, cet exercice individuel devrait être complété par des identifications de niveaux de fertilité parcellaire effectuées de manière communautaire à travers des « focus groupes ». La présente étude n'a pas pu arriver à cette fin.

À la fin, deux démarches complémentaires ont été utilisées et menées en parallèle : des enquêtes sur la perception des agriculteurs sur les phyto-indicateurs de la fertilité des sols couplées aux dénominations vernaculaires des plantes indicatrices identifiées et les prélèvements d'échantillons de sols pour analyses chimiques. Les échantillons de sols étaient au nombre de 83 en commune Mabanda et de 106 en commune Vugizo.

Pour chaque parcelle identifiée, des prélèvements de sols ont été effectués dans les exploitations suivant les niveaux de fertilité attribués. La collecte d'échantillons de sol a été faite à l'aide d'une tarière pour le prélèvement et des sachets en polyéthylène pour le transport vers le laboratoire d'analyses. La méthode de prélèvement suivie était la méthode en zigzag dans le but de couvrir toute la zone à échantillonner. Les analyses chimiques des sols ont concerné les % en C et en N, le pH (eau), le P assimilable, la capacité d'échange cationique (CEC) et le K échangeable.

Le pH a été mesuré dans une suspension sol/eau dans une suspension sol/eau de rapport 1:5. L'azote a été dosé par la méthode de Kjeldahl et le C organique par la méthode de Walkey-Black.

La CEC et le K échangeable ont été dosés par la méthode utilisant l'acétate d'ammonium 1 N tamponnée au pH=7,0. Le K échangeable a été dosé par spectrophotométrie d'absorption atomique. Les détails des protocoles analytiques utilisés sont décrits par C. Kibiriri & al. (1986).

Les valeurs des paramètres chimiques caractéristiques des sols agricoles des communes Mabanda et Vugizo ont été comparées aux normes d'interprétation des sols qui sont d'usage au Burundi (E. Tessens & J. Gourdin, 1993). À titre illustratif, le tableau 1 résume ces normes pour le pH, % C, K échangeable (cmole_c/kg de sol) et le P (ppm).

Tableau 1. Normes d'interprétation des sols au Burundi suivant les niveaux de fertilité

Paramètre	Bonne fertilité	Moyenne fertilité	Faible fertilité
pH	> 5,6	5,2-5,6	< 5,2
% C	> 3,5	1-3,5	< 1
P (ppm)	> 100	50-100	< 50
K (cmolec/kg)	> 0,5	0,2-0,5	< 0,2

Source: E. Tessens & J. Gourdin, 1993

2.3. Analyse des données

Le dépouillement des données a consisté à réviser, classer et arranger les données sous une forme systématique en vue d'en faciliter l'interprétation et l'analyse.

La saisie des données de terrain et de laboratoire a été effectuée à l'aide du logiciel SPSS version 20.0. L'analyse descriptive des paramètres considérés et l'analyse de la variance à un facteur de classification (ANOVA I) au niveau des paramètres chimiques ont été effectuées. Un test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5 % a permis de séparer les groupes de moyennes homogènes (P. Dagnélie, 1986).

Le traitement quantitatif nous a permis de représenter les données sous forme de tableaux reprenant les réponses fournies par les agriculteurs enquêtés aux différentes questions figurant sur le questionnaire d'enquête et les résultats d'analyse des échantillons de sols prélevés.

Les espèces végétales indicatrices du niveau de fertilité des sols trouvées sur l'ensemble des parcelles ont été nommées en se référant à la nomenclature établie par M. Reekmans & L. Niyongere (1983). Les noms vernaculaires ont été également utilisés dans la dénomination des plantes indicatrices

Complémentairement, les listes d'espèces indicatrices des différents niveaux de fertilité des sols inventoriées à travers les enquêtes auprès des agriculteurs de Mabanda et Vugizo ont été confrontées à celles établies par suite d'une enquête effectuée auprès de 150 étudiants du Département des Sciences et Technologies de l'Environnement (STE), du Département des Sciences et Productions Végétales (SPV) de la Faculté d'Agronomie et de Bio-Ingénierie (FABI) de l'Université du Burundi, et du Département Sol et Environnement (SE) de l'Université Polytechnique de Gitega (UPG).

3. Présentation et discussion des résultats

De prime abord, il est utile de préciser que la mise en évidence de plantes indicatrices de la fertilité des sols procède d'une approche empirique ne permettant pas d'arrêter une liste universelle de phyto-indicateurs. Nous avons ainsi tenté d'associer aux différents niveaux de fertilité du sol des plantes ou un groupe de plantes indicatrices perçues comme telles par les agriculteurs des communes Mabanda et Vugizo.

3.1. Relation paramètres chimiques et niveau de fertilité des sols

Les tableaux 2 et 3 montrent, suivant les niveaux de fertilité déterminés par les agriculteurs, les valeurs statistiques moyennes (avec écart-types) correspondantes aux paramètres chimiques mesurés : pH, % C, % N, P assimilable exprimé en mg/kg de sol ou ppm, la CEC et le K échangeable exprimés en cmolec/kg de sol.

Tableau 2. Valeurs des paramètres chimiques par niveaux de fertilité des exploitations agricoles en commune Mabanda.

Paramètre	Niveau de fertilité	Valeur	C.V (%)
pH	Très fertile	5,83±0,47	8,1
	Moyennement fertile	5,40±0,65	12,1
	Peu fertile	5,10±0,49	9,6
CEC	Très fertile	8,61±2,80	32,5
	Moyennement fertile	9,14±3,67	40,2
	Peu fertile	6,95±2,70	38,8
% C	Très fertile	1,35±0,32	23,6
	Moyennement fertile	1,31±0,44	33,6
	Peu fertile	1,15±0,39	34,2
% N	Très fertile	0,19±0,10	55,3
	Moyennement fertile	0,17±0,05	27,7
	Peu fertile	0,15±0,04	27,7
P	Très fertile	19,71±12,39	62,9
	Moyennement fertile	16,67±9,48	56,9
	Peu fertile	21,20±7,44	35,1
K	Très fertile	0,69±0,32	46,5
	Moyennement fertile	0,53±0,34	64,3
	Peu fertile	0,29±0,21	70,4

En commune Vugizo, 32 % des enquêtés avouent disposer de sols fertiles, 41 % de sols moyennement fertiles et 29 % de sols peu fertiles. En revanche, en commune Mabanda, 25 % des agriculteurs enquêtés considèrent leurs parcelles agricoles comme de bonne fertilité, 45 % les considèrent de moyenne fertilité et 30 % de faible fertilité.

En moyenne sur les deux communes enquêtées, 28,5 % des agriculteurs considèrent leurs sols comme ayant une bonne fertilité ; 43 % les considèrent de moyenne fertilité, tandis que les 28,5 % restants avancent que leurs sols sont peu fertiles.

De manière globale, pour le cas de Mabanda, si l'on scrute les variations des paramètres chimiques par rapport aux niveaux d'appréciation des niveaux de fertilité par les agriculteurs, seules les valeurs de pH, % C, % N et K échangeable suivent des tendances décroissantes si l'on passe du niveau des sols fertiles aux sols peu fertiles. A Vugizo, la

même tendance s'observe pour le pH, CEC, % N, P et K échangeable.

Tableau 3. Valeurs des paramètres chimiques par niveaux de fertilité des exploitations agricoles en commune Vugizo.

Paramètre	Niveau de fertilité	Valeur	C.V (%)
pH	Très fertile	5,43±0,66	12,2
	Moyennement fertile	5,18±0,59	11,4
	Peu fertile	5,09±0,66	13,0
CEC	Très fertile	9,17±2,31	13,0
	Moyennement fertile	8,59±2,32	25,2
	Peu fertile	8,15±2,06	25,3
% C	Très fertile	1,62±0,48	29,5
	Moyennement fertile	1,66±0,43	25,8
	Peu fertile	1,48±0,49	33,3
% N	Très fertile	0,20±0,04	21,7
	Moyennement fertile	0,20±0,06	31,3
	Peu fertile	0,18±0,08	42,6
P	Très fertile	30,03±11,32	37,7
	Moyennement fertile	26,53±9,54	36,0
	Peu fertile	26,61±12,54	47,2
K	Très fertile	0,52±0,25	48,1
	Moyennement fertile	0,46±0,29	63,3
	Peu fertile	0,41±0,25	60,2

Cependant, l'analyse de la variance appliquée au critère « niveau de fertilité » sur les paramètres pH, CEC, % C, % N, P assimilable et le contenu en K échangeable n'a pas montré d'effet significatif dans les échantillons de la commune Vugizo ($p < 0,05$).

Par contre en commune Mabanda, le facteur « niveau de fertilité », tel qu'exprimé par les agriculteurs indique un effet très hautement significatif ($p < 0,001$) pour le pH et le K échangeable mais des effets non significatifs ($p > 0,05$) pour la CEC, % C, % N et P assimilable. L'application du test de Student-Newman-Keuls aux paramètres pH et K échangeable a permis de matérialiser les groupes de moyennes homogènes illustrés dans le tableau 4.

Les moyennes (avec écart-types) suivies des lettres différentes dans une même colonne sont significativement différentes au seuil de 5 %.

Tableau 4. Comparaison des moyennes pour le facteur « niveau de fertilité » pour les paramètres pH et K échangeable (cmole/kg de sol).

Paramètre	Niveau de fertilité	Valeur (Mabanda)	Valeur (Vugizo)
pH	Très fertile	5,83±0,47a	5,43±0,66a
	Moyennement fertile	5,40±0,65b	5,18±0,59a
	Peu fertile	5,10±0,49b	5,09±0,66a
K	Très fertile	0,69±0,32a	0,52±0,25a
	Moyennement fertile	0,53±0,34a	0,46±0,29a
	Peu fertile	0,29±0,21b	0,41±0,25a

Du tableau 4, nous remarquons que, quand bien même les analyses de sols montrent une gradation dans les variations de pH et du K échangeable en fonction des niveaux de fertilité des sols, il n'apparaît pas de différence statistiquement tranchée entre les trois niveaux de fertilité des sols.

C'est ainsi que pour la commune de Vugizo, les valeurs de pH et de K échangeable associées aux trois niveaux de fertilité des exploitations agricoles telle qu'exprimée par les agriculteurs enquêtés ne sont pas statistiquement différents. Elles appartiennent à un seul et unique groupe homogène A. Cependant, en valeurs absolues, il apparaît une gradation de pH et de K échangeable suivant l'ordre décroissant : très fertile > moyennement fertile > peu fertile.

Pour le cas de la commune Mabanda, les trois niveaux de fertilité se réduisent statistiquement à deux, aussi bien pour le pH que pour le K échangeable. Les niveaux de fertilité moyenne et faible sont statistiquement identiques pour le pH (groupe B), alors que les niveaux de fertilité élevée et moyenne le sont pour le K échangeable (groupe A).

A la lumière des normes d'interprétation des sols en vigueur au Burundi (E. Tessens & J. Gourdin, 1993) appliquées aux sols de Mabanda et Vugizo, les pH du sol sont bons avec une légère désaturation en bases, le % C et K échangeable sont moyens à bons, mais les valeurs de P assimilable indiquent une disponibilité médiocre allant même jusqu'à une carence en cet élément, comme dans la plupart des sols d'altitude du Burundi (O. Nduwimana & al., 2013).

Dans l'ensemble, les sols (étudiés) de Mabanda et de Vugizo sont chimiquement considérés comme de moyenne à faible fertilité selon les normes établies par E. Tessens & J. Gourdin (1993).

Une analyse plus approfondie des informations consignées dans les tableaux 2 et 3 permet de relever que les valeurs observées sont généralement plus élevées pour les sols considérés comme les plus fertiles et plus faibles pour les sols jugés de faible fertilité. Ce qui indiquerait une certaine correspondance entre les appréciations qualitatives des niveaux de fertilité par les agriculteurs et les indicateurs chimiques mesurables, particulièrement pour le pH et le K échangeable.

Il apparaît toutefois des situations où des valeurs plus élevées sont obtenues dans les sols jugés peu fertiles (N, P) ou moyennement fertiles (% C, CEC). C'est dire donc que, de manière globale, aux exceptions du pH et du K échangeable en commune Mabanda, l'étude n'a pas permis d'établir une relation nette entre les indicateurs chimiques de la fertilité des sols obtenus à travers les analyses de laboratoire et les niveaux de fertilité des sols, tels que perçus par les agriculteurs.

D'autre part, les paramètres mesurés sont caractérisés par des coefficients de variation très élevés (allant jusqu'à 70 %), une indication de fortes hétérogénéités des exploitations agricoles échantillonnées.

3.2 Relation plantes indicatrices et niveau de fertilité des sols selon les agriculteurs enquêtés

Quatorze espèces végétales que les agriculteurs des communes Mabanda et Vugizo associent aux trois niveaux d'appréciation de fertilité ont été inventoriées (Tableaux 5 et 6).

Tableau 5. Plantes indicatrices du niveau de fertilité des parcelles cultivées en commune Mabanda.

Niveau de fertilité	Espèce	Famille	%
Elevée	<i>Bidens pilosa</i>	Asteraceae	40
	<i>Commelina africana</i> (igiteza)	Commelinaceae	8
	<i>Garlinsoga parviflora</i> (kurisuka)	Asteraceae	6
	<i>Ageratum conyzoides</i> (akarura)	Asteraceae	6
	<i>Digitaria abyssinica</i> (urwiri)	Poaceae	6
	<i>Erlanga spissa</i> (umubebe)	Asteraceae	4
Moyenne	<i>Bidens pilosa</i> (icanda)	Asteraceae	46
	<i>Digitaria abyssinica</i> (urwiri)	Poaceae	24
	<i>Imperata abyssinica</i> (umusovu)	Poaceae	8
	<i>Commelina africana</i> (inteza)	Commelinaceae	4
	<i>Pennisetum trachyphyllum</i> (ibikaranka)	Poaceae	4
Faible	<i>Bidens pilosa</i> (icanda)	Asteraceae	8
	<i>Sorghum versicolor</i> (igisakenkanya)	Poaceae	8
	<i>Eragrostis olivacea</i> (ishinge)	Poaceae	8
	<i>Mariscus sumatrensis</i> (inyongayonga)	Cyperaceae	4
	Autres		12

En gros, elles appartiennent majoritairement à la famille des **Asteraceae** (*Bidens pilosa* L.; *Crassocephalum multicorymbosum* (Klatt) S. More; *Crassocephalum vitellinum* (Benth.) S. More; *Galinsoga parviflora* Cav.; *Ageratum conyzoides* L.; *Erlangea spissa* S. More ou *Bothriocline longipes* (Oliv. & Hiern) N. E. Br).

La famille des **Poaceae** est représentée par 5 espèces (*Digitaria abyssinica* (Hochst ex A. Rich) Stapf ; *Eragrostis olivacea* K. Schum. ; *Imperata cylindrica* (L.) P. Beauv.; *Pennisetum trachyphyllum* Pilg.; *Sorghum versicolor* (L.) Moench). Celles des **Commelinaceae** (*Commelina africana* L.), des **Cyperaceae** (*Mariscus sumatrensis* (Reitz.) J. Raynal ou *Cyperus cyperoides* (L.) Kuntze) et des **Dennstaedtiaceae** (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn) sont représentées par une espèce chacune.

A la lumière des tableaux 5 et 6, nous remarquons que certaines plantes indicatrices des sols fertiles apparaissent aussi bien comme indicateurs des sols moyennement fertiles ou même peu fertiles. C'est le cas de *Bidens pilosa* L. qui apparaît dans trois niveaux de fertilité du sol avec des

proportions 40%, 46% et 8% respectivement pour les niveaux de bonne, moyenne et faible fertilité à Vugizo.

Tableau 6. Plantes indicatrices du niveau de fertilité des parcelles cultivées en commune Vugizo.

Niveau de fertilité	Espèce	Famille	%
Elevée	<i>Bidens pilosa</i>	Asteraceae	46
	<i>Crassocephalum multicorymbosum</i> (igifurifuri)	Asteraceae	14
	<i>Commelina africana</i> (inteza)	Commelinaceae	14
	<i>Garlinsoga parviflora</i> (kurisuka)	Asteraceae	10
	<i>Ageratum conyzoides</i> (akarura)	Asteraceae	12
	<i>Crassocephalum vitellinum</i> (umuyungubira)	Asteraceae	4
	Moyenne	<i>Bidens pilosa</i> (icanda)	Asteraceae
<i>Garlinsoga parviflora</i> (kurisuka)		Asteraceae	16
<i>Commelina africana</i> (inteza)		Commelinaceae	10
<i>Digitaria abyssinica</i> (urwiri)		Poaceae	12
<i>Erlanga spissa</i> (umubebe)		Asteraceae	8
Autres			14
Faible	<i>Digitaria abyssinica</i> (urwiri)	Poaceae	26
	<i>Eragrostis olivacea</i> (ishinge)	Poaceae	14
	<i>Pteridium quilinum</i> (igishurushuru)	Dennstaedtiaceae	12
	<i>Erlanga spissa</i> (umubebe)	Asteraceae	12
	Autres		36

A Mabanda, la même espèce serait plus indicatrice de fertilité moyenne (46 %) que de bonne fertilité des sols (40 %), au moment où *Digitaria abyssinica* (Hochst ex A. Rich) Stapf est considéré comme une espèce de bonne (6 %) et moyenne fertilité (24 %) à Mabanda, mais de moyenne (12 %) et faible fertilité des sols à Vugizo (26 %). Les mêmes situations s'observent pour *Commelina africana* L., *Garlinsoga parviflora* Cav. *Erlanga spissa* S. More qui apparaissent dans au moins deux niveaux de fertilité des sols.

En croisant les tableaux 5 et 6, il transparaît que les espèces *Ageratum conyzoides* L. et *Crassocephalum multicorymbosum* (Klatt) S. More sont des plantes indicatrices des sols fertiles, au moment où *Imperata cylindrica* (L.) Beauv. est indicateur des sols moyennement fertiles, *Eragrostis olivacea* K. Schum et *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn caractérisant des sols de faible fertilité.

Nous partageons ci-dessous quelques photos illustrant certaines des espèces indicatrices du niveau de fertilité du sol dans les communes Mabanda et Vugizo.

A. Exemples d'espèces indicatrices de bonne fertilité du sol



Ageratum conyzoides L. (Akarura)



Bidens pilosa L. (icanda)

B. Exemples d'espèces indicatrices de fertilité mixte (bonne/moyenne) de sol



Galinsoga parviflora Cav. (Kurisuka)



Commelina africana L. (igiteza)

C. Exemples d'espèces indicatrices de sols dégradés



***Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn (igishurushuru)**



***Eragrostis olivacea* K. Schum (ishinge)**

3.3. Plantes indicatrices de fertilité des sols selon une enquête menée auprès des étudiants (FABI/UPG)

En complément aux investigations menées auprès d'un échantillon représentatif des agriculteurs dans les communes de Mabanda et Vugizo, nous avons mené un exercice avec les étudiants de la Faculté d'Agronomie et de Bio-Ingénierie (FABI) de l'Université du Burundi et de la Faculté Sciences de l'Environnement l'Université Polytechnique de Gitega (UPG).

L'exercice consistait à inventorier de manière exhaustive les différentes espèces végétales qu'ils considèrent comme indicatrices de bonne, moyenne et fertilité des sols dans les exploitations agricoles de leurs régions d'origine, les étudiants étant dans la très grande majorité d'origine rurale.

Les résultats compilés de cet exercice sont consignés dans les tableaux 7 et 8.

Tableau 7. Plantes indicatrices de bonne fertilité des sols selon une enquête auprès des étudiants (FABI et UPG).

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Famille	%
Inteza	<i>Commelinaafricana</i>	<i>Commelinaceae</i>	89,3
Inyabutongo	<i>Amaranthus viridis</i>	<i>Amaranthaceae</i>	88,1
Igifurifuri	<i>C.multicorymbosum</i>	<i>Asteraceae</i>	83,3
Isogo	<i>Solanumnigrum</i>	<i>Solanaceae</i>	65,5
Icanda	<i>Bidenspilosa</i>	<i>Asteraceae</i>	64,3
Ikibonobono	<i>Ricinuscommunis</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	63,1
Igisuru	<i>Urticamaisaica</i>	<i>Urticaceae</i>	46,4
Ikiramata	<i>Cyathulauncinulata</i>	<i>Acanthaceae</i>	45,2
Intumbaswa	<i>Pysalisangulata</i>	<i>Solanaceae</i>	41,7
Umusarenda	<i>Triumfettatomentosa</i>	<i>Tiliaceae</i>	39,3
Umutongotongo	<i>Leonitispetiola</i>	<i>Lamiaceae</i>	32,1
Umufumbegeti	<i>Rumex usambarensis</i>	<i>Polygonaceae</i>	32,1
Igitongati	<i>Dracaena steudneri</i>	<i>Agavaceae</i>	29,8
Umugombe	<i>Chenopodiumugandae</i>	<i>Chenopodiaceae</i>	29,8
Akarura	<i>Ageratum conyzoides</i>	<i>Asteraceae</i>	29,8
Igitovu	<i>Acanthuspubescens</i>	<i>Acanthaceae</i>	27,4
Ingugwe	<i>Solan.campylacanthum</i>	<i>Solanaceae</i>	25,0

Sur 17 espèces inventoriées comme indicatrices de bonne fertilité des sols par cette enquête « étudiants », 6 espèces ressortent du lot par leurs pourcentages élevés. Il s'agit par ordre décroissant d'importance de : *Commelina africana* L., *Amaranthus viridis* L., *Crassocephalum multicorymbosum* (Klatt)S.More, *Solanum nigrum* L., *Bidens pilosa* L. et *Ricinuscommunis*L.

Les 5 espèces les plus citées par les étudiants comme indicatrices de moyenne fertilité des sols (Tableau 8) comprennent : *Acanthus pubescens* (Oliv.) Engl, *Erlangaspissa* S. More, *Ageratum conyzoides* L., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn et *Digitaria abyssinica* (Hoechst ex. A. Rich) Stapf.

En revanche, *Eragrostis olivacea* K. Schum, *Hyparrhenia filipendula* (Hochst), *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Kotshya africana* Endl.et *Eriosema lebrunii* Staner & De Craene sont considérées comme indicatrices de faible fertilité des sols par les étudiants enquêtés.

Les familles les plus représentées au sein des espèces indicatrices de bonne fertilité des sols, sont les **Asteraceae** (*Crassocephalum multicorymbosum* (Klatt) S. More, *Bidens pilosa* L., *Ageratum conyzoides* L), les **Solanaceae** (*Solanum nigrum* L., *Pysalis angulata* L., *Solanum campylacanthum* Hochst et les **Acanthaceae** (*Cyathula uncinulata* (Schrad.) Schinz, *Acanthus pubescens* (Oliv.) Engl).

Les espèces végétales indicatrices de fertilité moyenne des sols (Tableau 8) appartiennent à majorité aux familles des *Asteraceae* (*Erlangaspissa* S. More, *Ageratum conyzoides* L., *Bidens pilosa* L.), des *Poaceae* (*Digitaria abyssinica* (Hochst ex A. Rich) Stapf, *Crassocephalum vitellinum* (Benth.) S. Moore), des *Euphorbiaceae* (*Euphorbia tircucalli* L., *Synadenium grantii* Hook. f.) et des *Fabaceae* (*Senna siamea* (Lam.) Irwin et Barneby, *Sesban ia sesban* (L.) Merr.).

Tableau 8. Plantes indicatrices de moyenne fertilité des Sols selon une enquête auprès des étudiants (FABI et UPG).

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Famille	%
Igitovu	<i>Acanthuspubescens</i>	Acanthaceae	56,0
Umubebe	<i>Erlanga spissa</i>	Asteraceae	51,2
Akarura	<i>Ageratum conyzoides</i>	Asteraceae	47,6
Igishurushuru	<i>Pteridium aquilinum</i>	Hypolepidaceae	45,2
Urwiri	<i>Digitaria abyssinica</i>	Poaceae	40,5
Umuvumvu	<i>Sida acuta</i>	Malvaceae	32,1
Umuravumba	<i>Coleusamboinicus</i>	Lamiaceae	31,0
Umushayishayi	<i>Har.madagascariensis</i>	Clusiaceae	28,6
Umunyare	<i>Euphorbia tirucalli</i>	Euphorbiaceae	27,4
Umutobotobo	<i>Solanum aculeastrum</i>	Solanaceae	27,4
Umyungubira	<i>Crassoc. vitellinum</i>	Poaceae	26,2
Umutarabanyi	<i>Senna siamea</i>	Fabaceae	23,8
Icanda	<i>Biden spilosa</i>	Asteraceae	23,8
Umukoni	<i>Synadenium grantii</i>	Euphorbiaceae	22,6
Umunyegenyeye	<i>Sesban ia sesban</i>	Fabaceae	20,2
Umurandaranda	<i>Ipomea involcrata</i>	Convolvulaceae	20,2

Les sols peu fertiles seraient caractérisés par la présence des plantes indicatrices (Tableau 9) appartenant essentiellement à la famille des **Poaceae** (*Eragrostis olivacea* L., *Hyparrhenia filipendula* (Hochst), *Digitaria abyssinica* Hochst ex. A. Rich) Stapf., *Imperata cylindrica* (L.) P. Beauv., *Arundinaria abyssinica* K. Schum.), et accessoirement aux familles de **Fabaceae** (*Kotshya africana* Endl., *Eriosema lebrunii* Staner & De Craene) et des **Cyperaceae** (*Cyperus papyrus* L., *Cyperus latifolius* Poir.).

L'analyse comparée des espèces végétales avancées comme indicatrices de bonne, moyenne ou faible fertilité des sols par les étudiants confirment l'appartenance de l'espèce *Crassocephalum multicorymbosum* (Klatt) S. More aux sols fertiles et *Eragrostis olivacea* L. aux sols pauvres. Par contre, *Ageratum conyzoides* L., considéré comme une espèce indicatrice de sols fertiles par les agriculteurs de Mabanda et Vugizo est rétrogradée aux sols moyennement fertiles par l'enquête effectuée auprès des étudiants. De même, *Imperata cylindrica* (L.) P. Beauv. n'est pas considéré comme une plante indicatrice de moyenne fertilité par les étudiants enquêtés, mais plutôt comme appartenant aux sols de faible fertilité. Sur base de l'appréciation des agriculteurs des niveaux de fertilité des sols, mais aussi sur base de l'enquête auprès des étudiants FABI et UPH, il ressort qu'il y a des plantes indicatrices qui apparaissent sur deux ou trois niveaux de fertilité. La différence résiderait dans leur pourcentage de couverture et leur niveau de croissance.

De ce fait, la présence de telle ou telle espèce ne signifie pas automatiquement prépondérance de l'espèce végétale en question, en termes de couverture du sol et de la production de biomasse. Ainsi, par exemple, *Biden spilosa* L. « Icanda » de la famille des Asteraceae est considérée par certains agriculteurs comme un indicateur de sols fertiles, d'autres le considèrent comme un indicateur de sols moyennement fertiles ou même de sols dégradés.

Tableau 9. Plantes indicatrices de sols peu fertiles (enquête auprès des étudiants FABI et UPG).

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Famille	%
Ishinge	<i>Eragrostis olivacea</i>	Poaceae	90,5
Umukenke	<i>Hyparrhenia filipendula</i>	Poaceae	77,4
Igishurushuru	<i>Pteridium aquilinum</i>	Hypolepidaceae	57,1
Imishiha	<i>Kotshya africana</i>	Fabaceae	50,0
Inanka	<i>Eriosema lebrunii</i>	Fabaceae	48,8
Urwiri	<i>Digitaria abyssinica</i>	Poaceae	36,9
Umuvumvu	<i>Sida acuta</i>	Malvaceae	35,7
Ingwiza	<i>Lycopodium sp.</i>	Lycopodiaceae	33,3
Umuhotora	<i>Cyperus papyrus</i>	Cyperaceae	31,0
Umusovu	<i>Imperata cylindrica</i>	Poaceae	28,6
Igihaha	<i>Euphorbia candelabrum</i>	Euphorbiaceae	27,4
Umunyankuru	<i>Clerodendrum johnstonii</i>	Verbeanaceae	26,2
Urukangaga	<i>Cyperus latifolius</i>	Cyperaceae	26,2
Umukizikizi	<i>Virectaria major</i>	Rubiaceae	25,0
Umugano	<i>Arundinaria alpina</i>	Poaceae	23,8
Tinyabakwe	<i>Biophytum helenae</i>	Oxalidaceae	22,6
Umunyamabuye	<i>Pavetta ternifolia</i>	Rubiaceae	22,6

Aussi, selon les agriculteurs de Vugizo et de Mabanda interviewés, l'abondance, la taille et la couleur des feuilles de ces plantes adventices diffèrent selon les niveaux de fertilité des sols. C'est dire donc que cet aspect différentiel des plantes indicatrices mérite d'être exploré plus en profondeur dans des études ultérieures. Toutefois, les résultats obtenus dans notre étude sont corroborés par d'autres investigations similaires. Par exemple, M. M'Biandoun & al. (2003) et P. Donfack & C. Seignobos (1996) avancent que la richesse floristique d'une zone agro-écologique donnée dépend du climat, du type et de la richesse du sol. Ces auteurs ont relevé qu'au Nord-Cameroun un certain nombre d'espèces apparaissent comme indicatrices de sols dégradés et de sols fertiles, selon l'appréciation des agriculteurs. Ils ont ensuite classé ces espèces en « herbes indicatrices » dont la seule présence sur une parcelle suffit pour catégoriser le sol de fertile ou de pauvre, quand bien même elles sont peu nombreuses. C'est cette même approche qui a été également utilisée dans la présente étude.

A l'opposé, d'autres espèces peuvent se retrouver sur deux types de parcelles mais leur présence ne permet pas de classer une parcelle dans l'une ou l'autre catégorie. Elles ont été dénommées « herbes guides » par M. M'Biandoun & al. (2003). Selon ces derniers auteurs, un exemple de cette dernière catégorie est *Commelina africana* L. qui se retrouve sur des sols « fertiles » et sur des sols « dégradés ».

Pour le cas de notre étude, les espèces *Biden pilosa* L., *Commelina africana* L., *Digitaria abyssinica* (Hochst ex. A. Rich), *Galinga parviflora* Cav. et *Erlangaspissa* S. More rentrent dans cette catégorie d'« herbes guides », telles que définies par les chercheurs camerounais. De l'autre côté, N. Mushayuma & al. (2015) et D. Karamura & al. (2004) ont

relevé que *Commelina africana* L. et *Galinsoga parviflora* Cav. sont des plantes indicatrices des sols de bonne fertilité, tandis que la présence de *Bidens pilosa* L. serait caractéristique des sols pauvres. En même temps, O. Husson & al. (2010) avancent qu'à Madagascar, *Bidens pilosa* L. est considéré comme une espèce caractéristique des sols relativement riches, au même titre que *Galinsoga parviflora* Cav., *Ageratum conyzoides* L. et *Crassocephalum* sp. Les mêmes auteurs indiquent que *Imperata cylindrica* (L.) P.Beauv., *Eragrostis* sp et *Digitaria* sp, comme d'ailleurs *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn (Ducerf, 2005) sont considérés comme des espèces inféodées aux sols chimiquement dégradés. Idrissa & al. (2018) est du même avis : le genre *Eragrostis* sp est typiquement indicateur de la pauvreté des sols, alors que la famille des Commelinaceae en général (exemple *Commelina africana* L. pour notre cas) caractérise les sols de bonne fertilité. Pour ce dernier cas, la même observation a été rapportée par P. Jovet & J. Vergnet (1928), il y a un peu moins d'un siècle!

En fin de compte, nous considérons que les résultats de nos investigations menées dans les communes Mabanda et Vugizo, complétées par une enquête auprès des étudiants, sont également en harmonie avec ceux rapportés ailleurs, à l'exemple des travaux de M. M'Biandoun & al. (2003) au Cameroun et M.A. Akpo & al. (2016) au Bénin.

Les chercheurs camerounais ont conclu que « les mauvaises herbes peuvent être au service du paysan, tout comme celui du chercheur ou de l'agent de développement pour peu que l'on sache lire toute la richesse de l'information qu'elles apportent». Nous faisons entièrement notre cette assertion : la végétation constitue le miroir de la richesse ou de l'état de dégradation du sol, un utile outil qui peut être au service de l'environnementaliste tout comme de l'agronome dans leurs quêtes de mieux appréhender la dynamique de la végétation vis-à-vis de celle des qualités trophiques du sol.

4. Conclusion

Nous n'avons pas pu établir une quelconque relation ($p > 0,05$) entre les paramètres chimiques mesurés et les perceptions de niveaux de fertilité des sols par les agriculteurs en commune Vugizo. De même qu'une telle relation n'a pas pu être établie pour les paramètres % C, % N, CEC et P assimilable en commune Mabanda ($p > 0.05$). Des paramètres chimiques mesurés, seulement les variations de K échangeable et de pH à Mabanda correspondraient aux classes de fertilité des sols identifiés par les agriculteurs enquêtés ($p < 0.05$).

De l'autre côté, en conclusion de notre étude sur les phyto-indicateurs de niveaux de fertilité des sols, telle que perçue par les agriculteurs des communes Mabanda et Vugizo de la

province Makamba, nous pouvons relever les observations ci-après:

- *Bidens pilosa* L. est considéré comme une plante indicatrice des sols fertiles, moyennement fertiles et même peu fertiles (Mabanda) ;
- *Commelina africana* L. est, selon les agriculteurs enquêtés, à la fois indicateur de sols de bonne et moyenne fertilité ;
- *Digitaria abyssinica* (Hochst ex. A. Rich) Stapfest indicatrice de bonne fertilité à Mabanda, de moyenne fertilité à Mabanda et à Vugizo, mais de faible fertilité à Vugizo ;
- *Erlangaspissa* S. More est indicatrice de bonne fertilité à Mabanda, mais de moyenne et faible fertilité des sols à Vugizo ;
- *Imperata cylindrica* (L.) P. Beauv. et *Pennisetum trachyphyllum* Pilg. constituent, de l'avis des agriculteurs enquêtés à Mabanda, des plantes indicatrices de moyenne fertilité des sols ;
- *Crassocephalum multicorymbosum* (Klatt) S. More à Vugizo et *Ageratum conyzoides* L. dans les deux communes enquêtées sont considérées comme des plantes indicatrices de bonne fertilité des sols ;
- A l'opposé, *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn à Vugizo, *Sorghum versicolor* L. Moench et *Mariscus sumatrensis* (Reitz) J. Raynal à Mabanda sont considérés comme des plantes indicatrices de sols de faible fertilité
- *Ageratum conyzoides* L. est considéré comme une plante indicatrice de bonne fertilité dans les deux communes enquêtées.

L'enquête effectuée auprès des étudiants FABI/UPH confirme l'appartenance de *Crassocephalum multicorymbosum* (Klatt) S. Moreaux sols fertiles. Par contre, *Ageratum conyzoides* L. est rétrogradé aux sols moyennement fertiles, au moment où *Imperata cylindrica* (L.) P.Beauv, tout comme *Eragrostis olivacea* K. Schumappartiendraient aux sols dégradés et de faible fertilité.

Tout compte fait, il ressort des résultats des deux études qu'il y a des plantes indicatrices qui apparaissent sur deux ou plus de niveaux de fertilité. De ce fait, la présence de telle ou telle espèce végétale ne signifie pas automatiquement

prépondérance de l'espèce végétale en question, en termes de couverture du sol et de production de biomasse.

Partant de cette lacune de notre étude, nous recommandons que toute investigation sur les phyto-indicateurs de fertilité des sols devrait aller au-delà du relevé de la présence ou non présence des plantes indicatrices dans une parcelle agricole donnée. Les paramètres phyto-sociologiques tels que les taux de couverture, la taille des plants, la couleur des feuilles et la production de biomasse constitueraient des indicateurs complémentaires et certainement instructifs à prendre en considération. C'est une première voie légitime de recherche envisageable dans l'avenir.

L'un des mécanismes documentés sur l'adaptation des espèces végétales aux sols dégradés et peu fertiles est l'ajustement de la capacité d'échange cationique des racines (CECR) (George & al., 2012). C'est ainsi que les dicotylédones (par exemple: Commelinaceae, Asteraceae) sont caractérisés par des valeurs de CECR élevées, absorbent préférentiellement le Ca^{2+} et le Mg^{2+} , et sont sensibles aux ions Al^{3+} . En revanche, les monocotylédones auxquels appartient la famille des Poaceae comme *Eragrostis olivacea* K. Schum) avec de faibles CECR absorbent préférentiellement le K^+ et sont adaptés aux sols chimiquement dégradés, acides et à toxicité aluminique (George & al., 2012). C'est une deuxième et aussi intéressante voie d'investigation autant pour les généticiens, les botanistes que pour les agronomes.

En tout état de cause, il transparaît que, dans les systèmes d'agriculture des pays pauvres à multiples contraintes abiotiques et biotiques (George & al., 2012), les connaissances botaniques pourraient jouer un rôle de plus en plus prépondérant. De ce fait, à notre humble avis, le domaine de plantes indicatrices de fertilité des sols constitue un secteur de recherche très innovateur dans le domaine de la gestion intégrée et durable de la fertilité des sols.

Remerciements

L'auteur principal s'associe à la Faculté d'Agronomie et de Bio-Ingénierie (FABI) de l'Université du Burundi pour remercier l'ONG ZOA/Projet BFG (Building on Fertile Ground) pour son appui technique et financier ayant abouti à la réalisation de mémoires de fin d'études d'Ingénieur par les Ingénieurs Innocent Harumukiza, Dionésie Kabura, Prosper Manirambona et Tite Ndamuhawenayo. Le présent article est une partie de leurs investigations.

Références

- [1] Akpo, M.A., Saïdou A., Yabi I., Balogound I. & Bio Bigou L.B., 2016. - Indicateurs paysans d'appréciation de la qualité des sols dans le bassin de l'Okpara au Bénin. Etude et Gestion des Sols.23 : 53-64.
- [2] Bigura C. 1988. Etude pédologique de la région naturelle du Buragane. ISABU, 187 p.
- [3] Blanchard M., 2010. Gestion de la fertilité des sols et rôle du troupeau dans les systèmes coton-céréales-élevage au Mali-Sud : Savoirs techniques locaux et pratiques d'intégration agriculture élevage. Océan atmosphère. Université Paris-Est, Créteil, Ecole doctorale, Thèse de Doctorat en Sciences de l'Univers et l'Environnement. 303 p.
- [4] Donfack P. & Seignobos C., 1996. - Des plantes indicatrices dans un agrosystème incluant la jachère: les exemples des peuls et des Giziga du Nord-Cameroun. Journal d'Agriculture traditionnelle et de Botanique appliquée. Vol 38 : 231-250.
- [5] Ducerf, G. 2005. - Plantes bio-indicatrices. Guides de diagnostic des sols. Editions Promonature.
- [6] Gauthier, J., 1991. - Notions d'agriculture : le sol, les cultures, les élevages, la gestion. 1 Rue Michel-Hardy, 24000 Périgueux. France, 575 p.
- [7] George E., W.J. Horst & E. Neumann. 2012. Adaptation of plants to adverse chemicalsoil conditions. Chapter 17 (409-472). In Marschner's Mineral nutrition of higher plants. Third Edition. Elsevier Ltd. 651 p.
- [8] Husson, O., Charpentier H., Chabaud F-X., Naudin K., Rakotondramanana & L. Seguy L., 2010. - Flore de Madagascar. Annexe II. Les principales plantes des jachères Akpo, M.A.,
- [9] Idrissa, A., Boureima S., Saley K. & Boureima C., 2018. - Les espèces végétales indicatrices de la fertilité des sols dans la commune urbaine d'Agué au Niger. Int. J. Adv. Res. 6 (10): 830-837.
- [10] Jovet P. & Vergnet J., 1928. Notes sur deux adventices: Galinsoga parviflora Cav. et Artemisia annua L. Bulletin de la Société Botanique de France: 75(5) :930-945.
- [11] Karamura, D., Mgenzi B., Karamura E. & Sharrock S., 2004. - Exploiting indigenous knowledge for the management and maintenance of Musa biodiversity on farm. African Crop Science Journal. Vol 12 (1): 67-74.
- [12] Kibiriti C., Ndayiragije S., Gourdin J. & Hollebosch P., 1986. - Analyse des sols. Sols 2 : Analyse des bases échangeables, de la CEC, de l'acidité échangeable, ISABU. 33p.
- [13] Kibiriti C., Ndayiragije S., Gourdin J. & Hollebosch P., 1986. - Analyse des sols. Sols 4: Détermination du pH et de la conductivité électrique. Analyse de la matière organique. Fiche Labo no 12. ISABU, 35 p.
- [14] M'biandoun M., Guibert H. & Olina J.P., 2002. - Caractérisation de la fertilité du sol en fonction des mauvaises herbes présentes. Actes de Colloque 27-31 mai

2002. Garoua, Cameroun. Savanes africaines: des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis.
- [15] Morlon P., 2011. - Plantes indicatrices-Les Mots de l'agronomie, INRA, New York, 210 p.
- [16] MPDRN. 2006. - Monographie de la commune Vugizo. 83 p.
- [17] Mushayuma N., Bunduki K., Mitima K., Wayemba M., Makungu B., B. Kahiriba B. & Ombeni B., 2015. Etude des plantes indicatrices des stations pour choisir une essence adaptée au sol de la région de Lwiro, Sud Kivu (RD Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research. Vol 2 : 134-145.
- [18] Nduwimana, O., Nzohabonayo Z., Hicintuka C. & Nibasumba M., 2013. - Cartographie de la fertilité des sols et des besoins des principales cultures vivrières en éléments nutritifs. PAN PNSEB, 110 p.
- [19] Reekmans, M. & L. Niyongere. 1983. Lexique vernaculaire des plantes vasculaires du Burundi. P.53
- [20] Ritz, J., 1991. - Discours sur la fertilité des sols in Sebillotte. pp. 59-132.
- [21] Saïdou A., I. Yabi, I. Balogound & L.B. Bio Bigou. 2016. - Indicateurs paysans d'appréciation de la qualité des sols dans le bassin de l'Okpava au Bénin. Etude et Gestion des Sols. 23: 53-64.
- [22] Some A. & Alexandre D. Y., 1997. - Savoir paysan et lecture des indices de fertilité des sols en zone soudanienne in Tersiguel et Becker. pp. 159-165, 368 p.
- [23] Some A., Daniel Y. A. & Victor H., 1998. - Bio-indicateurs paysans de la fertilité des sols et gestion du cycle culture-jachère, Niamey, 160 p.
- [24] Tessens E. & Gourdin J., 1993. Critères d'interprétation des analyses pédologiques. Fiche Labo N° 19. ISABU, 36 p.