

Effet du sel des cendres brutes de la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*, Solms) sur la réaction du sol et la dynamique des nutriments d'un sol ferrallitique très altéré sous culture du maïs (*Zea mays* L.)

BOLAKONGA Ilye*, **MAMBANI Banda**** et **TUKA Bola*****

*Assistant à l'IFA-Yangambi, **Professeur Ordinaire à l'Université de Kisangani et *** Chef de Travaux à l'IFA-Yangambi

Résumé

Les sols ferrallitiques à l'état d'altération très avancée posent des problèmes de chutes sensibles des rendements des cultures à cause de leur forte acidité et leur faible teneur en nutriments. La présente recherche a voulu lever ces contraintes à la production agricole en utilisant l'extrait aqueux des cendres de la jacinthe d'eau comme fumure minérale. Des doses croissantes ont été ainsi appliquées au sol et comparées quant à leur effet sur le rendement du maïs, la teneur en potassium et le pH du sol.

Les résultats obtenus révèlent que le rendement du maïs augmente avec la dose d'extrait aqueux appliquée. Par ailleurs la fumure utilisée a à la fois un effet d'amendement et un effet de fertilisant. En effet, nos résultats indiquent qu'il élève régulièrement le pH de 4,5 sous T0 à 4,9 sous T3 et augmente la teneur en potassium assimilable du sol de 2,5, 4,5 et 6,5 fois respectivement sous T1, T2 et T3 tandis qu'elle subit une régression de 0,28% sous T0 suite à l'exportation par la culture et sans doute aussi d'autres nutriments dont nous n'avons pas fait le dosage dans le sol. La fertilité de ces sols peut donc être améliorée par l'application de l'extrait de la jacinthe d'eau avec en même temps qu'une réduction de l'acidité du sol. L'emploi de cette espèce comme fumure offrirait en même temps une alternative de lutte contre sa nuisance, notamment à la navigation dans divers cours d'eau et ce, sans dommage écologique majeur et à moindre frais.

Mots clé : jacinthe d'eau, extrait aqueux des cendres, sol ferrallitique, engrais, amendement, K assimilable.

Abstract

Ferralsols in advanced deterioration cause significant cultures yield's falls because of their high acidity and their low-grade nutrients. This research want to raise these constraints to agriculture production by using the aqueous extract of water hyacinth like mineral manure. Thus increasing amounts were applied on soil and were compared about their effects to corn yield, potassium content and soil pH.

Results obtained show that corn yield increases with amount of aqueous extract applied. By another way, the manure used has at the same an effect of amendment and an effect of fertilizer. Indeed, our results indicates that it raises soil pH (from 4.5 under T0 to 4.8 under T3) and increases the available potassium soil's content (2.5; 4.5 and 6.5 times respectively under T1, T2 and T3) and undoubtedly of other nutrients which we did not titrate in soil. The fertility of these soils can be improved by application of the water hyacinth's extract and at the same time as a reduction of soil acidity would be obtained. The use of this vegetal species as manure would offer an alternative of fight against its nuisance in rivers without major ecological damage and with less expenses

Key words: water hyacinth, ashes aqueous extract, ferralsols, fertilizer, amendment; available K.

I. INTRODUCTION

La majeure partie des sols de la République Démocratique du Congo, et particulièrement ceux de la région de Kisangani, se range parmi les oxisols. Ces sols se caractérisent singulièrement par leur forte acidité, leur toxicité aluminique et d'autres toxicités associées, leur faible teneur en éléments fertilisants majeurs (Von Uexkull, 1989) liée à une capacité d'échange cationique souvent inférieure à 16 méq/100 g de sol (Roose, 1980). Dans un tel contexte, il s'avère impérieux de lever ces contraintes à l'intensification de la production agricole pour faire face à l'augmentation des besoins alimentaires due à la poussée démographique. L'une des solutions est naturellement le recours aux engrais classiques. Toutefois, dans les conditions paysannes, l'accès aux engrais classiques importés n'est pas

toujours aisé en raison du coût. En outre, leur usage et leur dosage ne sont pas toujours bien maîtrisés, les corollaires étant, entre autres, l'exaspération de l'acidité résiduelle des sols et, dans des cas extrêmes, la mise des sols hors d'usage pour l'agriculture. Il est de ce fait indispensable d'utiliser les ressources locales telles que les espèces végétales riches en certains minéraux ; ce qui, du reste, servirait à mieux conserver notre patrimoine foncier pour les générations futures dans la perspective du développement durable.

Envisager une telle alternative équivaldrait également à mobiliser une imagination créative. Ainsi, nous pensons à la jacinthe d'eau qui constitue un fléau pour certains cours d'eau et marécages. En effet, par son dynamisme et sa grande capacité prolifique (Tondeur, 1957 ; Mandango, 1982), cette plante cause d'énormes dommages tant à la navigation, aux installations hydrauliques et aux réserves naturelles (Robyns, 1955) qu'à la pêche et à la vie des organismes aquatiques. Elle réduit l'incidence des rayons solaires et de ce fait, la synthèse de la vitamine D, tout en augmentant le dépôt des matières organiques et la teneur en CO₂ (François, 1978)

Sa valorisation en agriculture constituerait le meilleur moyen tant du point de vue écologique que socio-économique de se débarrasser de cette nuisance aquatique. En effet, de part sa forte teneur en potassium estimée à 7- 10% (Dubois, 1955), nous avons pensé qu'elle pourrait servir dans la nutrition des végétaux comme fumure. Ce qui permettrait de résoudre, à moindre frais, à la fois les problèmes posés par la prolifération de cette espèce et celui du déficit de fertilité des sols ferrallitiques.

Cette étude se propose d'évaluer uniquement le pouvoir fertilisant de la jacinthe d'eau et son effet sur l'acidité des sols ferrallitiques de Kisangani. Le but visé est de déterminer le potentiel de l'extrait aqueux de la jacinthe à se substituer aux engrais minéraux classiques.

II. MILIEU, MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Milieu physique

La présente étude a été menée à Kisangani, sur le Plateau Médical dont l'altitude moyenne est de 400 m ; les coordonnées géographiques sont de 23°29' longitude est et 0°31' nord.

Le climat est du type Af de la classification de Köppen avec une pluviométrie annuelle supérieure à 1.800 mm*, une température moyenne annuelle variant entre 23 et 26°C ; une humidité relative très élevée oscillant entre 81 et 90% et une insolation annuelle avoisinant 1925 heures, soit environ 45% de la radiation totale (Van Wambeke et Libens, 1957).

Le sol du site expérimental est ferrallitique. Il correspond, selon la *Soil Taxonomy*, à l'ordre des Oxisols et à celui des Ferralsols selon la FAO (Sanchez, 1976). Ils sont pauvres en humus mais riches en oxydes d'Aluminium et de fer (Dabin, 1981). Le pH de ces sols est généralement compris entre 4 et 5. Leur capacité d'échange cationique est faible, elle reste inférieure à 16 méq/100g de sol (Roose, 1980) ; et la fraction argileuse est dominée par la Kaolinite (Duchaufour, 1988).

La végétation naturelle de Kisangani est une forêt ombrophile sempervirente. Elle est actuellement remplacée par des formations récentes d'origine anthropique. Le site expérimental était colonisé par une jachère herbeuse dominée par *Imperata cylindrica*, *Cynodon dactylon* et *Panicum maximum*.

2.2. Matériel et méthodes

Nous avons utilisé l'extrait aqueux des cendres de la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*, Solms) comme fumure dont notre procédure de fabrication est reprise en annexe. L'extrait obtenu dosait 45,89% de K₂O. Le matériel ayant servi de plante-test est le maïs (*Zea mays* L.) de la variété locale à grains blancs.

Après défrichage, le labour sur une profondeur de 25 cm a été effectué grâce à la houe. Le dispositif expérimental adopté était celui des blocs randomisés complets comprenant trois répétitions ayant chacune les quatre traitements suivants :

- T0 : témoin (sans fumure)
- T1 : 43,58 g d'extrait (équivalent à 25 Kg de K₂O/ha)
- T1 : 87,16 g d'extrait (équivalent à 50 Kg de K₂O/ha)
- T1 : 130,74 g d'extrait (équivalent à 75 Kg de K₂O/ha)

* Les données climatiques et météorologiques qui ont prévalu à l'époque de notre expérimentation en champ n'ont pas été disponibles à cause du climat d'insécurité et d'incertitude socio-politique ; l'expérience ayant été menée entre novembre 2000 et février 2001 alors que Kisangani était sous emprise de la rébellion.

Le semis était effectué aux écartements de 65 cm x 40 cm à raison de trois grains/poquet. Un seul plant était maintenu par poquet après démariage opéré trois semaines plus tard. Les soins apportés à la culture en cours d'expérimentation étaient limités aux sarclages et au binage superficiel à la houe.

L'apport de l'extrait des cendres a été fractionné en deux sous-doses : la première (2/5^{ème} de la dose allouée à chaque traitement) a été fournie un jour avant le semis, la seconde (3/5^{ème} de la dose totale restant) l'a été au 40^{ème} jour après le semis, à quelques jours de la floraison et ce, en raison de la faible capacité d'échange de sols ferrallitiques et en vue de répondre aux besoins physiologiques de la plante en temps utile. Pour assurer l'uniformité de l'application, l'extrait était mélangé avec du sable fin purifié, puis épandu à la main et incorporé au sol par un léger hersage.

Les observations ont porté sur les paramètres édaphiques et biologiques suivants :

1° *paramètres édaphiques :*

- La teneur en potassium assimilable du sol déterminée par la méthode de pesée de perchlorate potassique (Bray et Willite, 1971) ;
- Le pH du sol à eau, déterminé à l'aide d'une électrode en verre dans une suspension du sol dont le rapport sol/eau était de 1 :1.

2° *paramètres biologiques :*

- Pour la hauteur des plants et la surface foliaire, les mensurations ont été prélevées à l'aide d'un mètre ruban. Les mesures ont été prises sur 5 plants choisis au hasard dans chaque parcelle de 8 m². La surface foliaire (Sf) était déterminée selon la méthode décrite par Mambani (1980) : $Sf = L \times l \times Fc$ où L est la longueur de la feuille, l, la plus grande largeur et Fc, le facteur correctif. Dans notre cas, ce dernier était de 0,79.
- Le diamètre au collet a été déterminé grâce à un pied à coulisse.
- Les poids sec des matières sèches totales puis des parties aériennes, des racines ont été pris séparément après séchage.
- Le potassium dans la plante a été déterminé par pesée de perchlorate de potassium
- Le rendement en grains était évalué après séchage par pesée de la récolte.

III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats obtenus au cours de notre expérimentation sont donnés aux tableaux allant de 1 à 6.

3.1. Effets des traitements sur les paramètres édaphiques

3.1.1. Potassium assimilable du sol

Le tableau 1 renseigne sur la teneur en potassium assimilable sous les doses croissantes de la fumure utilisée.

Tableau 1 : Teneur en potassium assimilable du sol (en % K₂O) sous différents traitements

	T00*	T0	T1	T2	T3
Stade 1(avant culture)	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029
Stade 2 (floraison)	0,029	0,021	0,071	0,130	0,187
Stade 2/Stade 1	1,000	0,724	2,448	4,483	6,448

Légende : T00* sol à l'état initial.

Ces résultats montrent que le sol étudié est pauvre en potassium, sa teneur initiale (0,029%) en cet élément étant inférieure au seuil de Ritchey (1974) fixé entre 0,035 et 0,070% de K₂O. On observe que les doses croissantes de l'extrait ont considérablement influencé la teneur en K assimilable. En effet, par rapport au stade initial, la teneur en K₂O a augmenté de 2,5, 4,5 et 6,5 fois respectivement sous T1, T2 et T3 tandis qu'elle subit une régression de 0,28% sous T0 suite à l'exportation par la culture.

3.1.2. La réaction du sol (pH)

Le tableau 2 donne les valeurs de pH du sol sous les différentes doses.

Tableau 2 : pH du sol sous des doses croissantes de l'extrait de jacinthe

	T0	T1	T2	T3
Bloc I	4,29	4,54	4,69	4,76
Bloc II	4,62	4,62	4,72	4,74
Bloc III	4,68	4,69	4,74	5,18
Moyenne	4,53	4,62	4,72	4,89

Ces valeurs montrent que le pH du sol tout en restant acide, augmente néanmoins régulièrement avec les doses croissantes de l'extrait. Cette augmentation serait attribuable aux cations basiques, notamment le Ca^{2+} contenu dans l'extrait. Les différences observées entre les traitements paraissent négligeables au seuil de probabilité de 5% mais sont toutefois importantes du point de vue pédo-agronomique étant donné que le pH du sol est un paramètre qui varie fort peu à cause du pouvoir tampon du sol. L'analyse de régression appliquée aux résultats a montré que la variabilité des teneurs en K assimilable serait justifiée à environ 70% par celle du pH (figure 1). Il est intéressant de noter, ici, l'action favorable de l'extrait sur l'état du complexe adsorbant. En effet, on observe que l'élévation du pH a eu une influence positive sur l'échange ionique en disponibilisant davantage le potassium. Ceci confirme le fait que la disponibilité des macro-éléments augmente avec le pH. La fumure utilisée agirait aussi bien comme amendement calcique que comme engrais.

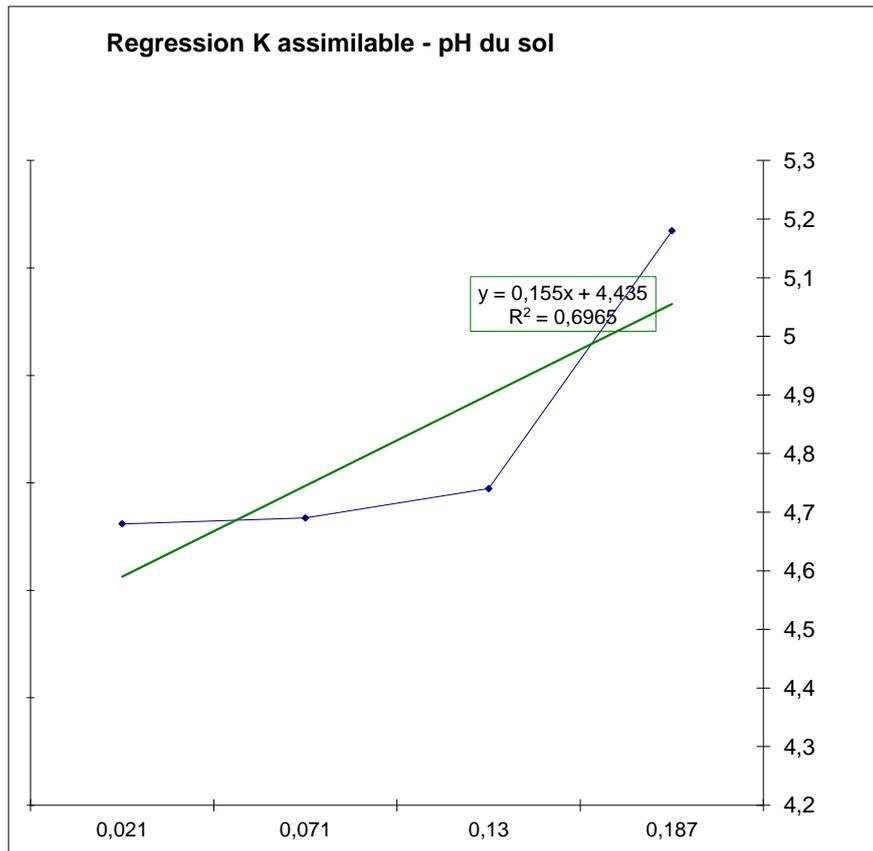


Fig.1 Regression potassium assimilable – pH du sol

3.2. Réponse de la plante-test aux traitements appliqués

3.2.1. Hauteur finale des plants sous différents traitements.

Les hauteurs finales obtenues sous les doses croissantes d'extrait aqueux de la jacinthe d'eau sont données dans le tableau 3.

Tableau 3 : Effets des doses croissantes de l'extrait de la jacinthe sur la hauteur finale des plants (cm)

	T0	T1	T2	T3
Bloc I	76,53	118,13	207,23	257,23
Bloc II	86,19	133,30	230,06	249,16
Bloc III	84,36	153,56	240,56	269,33
Moyenne	82,36	135,00	225,95	258,57
Moyenne relative	1,00	1,64	2,74	3,14

L'analyse de la variance a révélé des différences hautement significatives entre les traitements. Les valeurs de moyennes relatives indiquent que, par rapport au témoin, T3 (75 Kg de K₂O/ha) a augmenté la hauteur finale des plants de 214%, T2 (50 Kg de K₂O/ha) de 174% et T1 (25 Kg de K₂O/ha) de 64%. Ces résultats mettent en exergue l'effet favorable de l'extrait de la jacinthe sur la croissance du maïs.

3.2.2. Diamètre au collet des plants sous les différents traitements

Le tableau 4 : reprend les valeurs de diamètres au collet obtenus sous les doses croissantes.

Tableau 4 : Effets des doses croissantes de l'extrait de la jacinthe sur le diamètre au collet (cm)

	T0	T1	T2	T3
Bloc I	0,96	1,06	1,83	2,00
Bloc II	0,83	1,62	2,07	2,35
Bloc III	0,78	1,46	1,97	2,45
Moyenne	0,86	1,37	1,96	2,27
Moyenne relative	1,00	1,59	2,28	2,64

Ces résultats montrent des différences importantes entre les traitements. Le diamètre au collet augmente avec la dose de l'extrait appliquée dans le même ordre que le paramètre précédent. Toutefois, le test de *Student* révèle que la dose de 50 Kg de K₂O/ha et celle de 75 Kg de K₂O ne sont pas statistiquement différentes l'une de l'autre. En revanche, ces deux doses les plus fortes se montrent supérieures au T1 et au témoin ; le T1 est, quant à lui, statistiquement différent du témoin sans fumure.

3.2.3. Surface foliaire des plants, poids sec des parties aériennes, des parties souterraines et teneur en K₂O.

Le tableau 5 reprend les moyennes de surface foliaire, de poids sec des parties aériennes et souterraines et la teneur en K₂O obtenus durant notre expérimentation sous les différentes doses.

Tableau 5 : Effets des doses croissantes de l'extrait sur la surface foliaire (cm²), le poids sec des parties aériennes (g/plant), le poids sec des racines (en g/plant) et la teneur de K₂O dans la plante (%)

	T0	T1	T2	T3
Surf. Foliaire	245,31	462,61	626,69	759,36
Moyenne relative	1,00	1,89	2,55	3,10
Poids parties aér.	24,02	126,52	216,20	513,87
Moyenne relative	1,00	5,27	9,00	21,39
Poids mat. Sèche	25,48	135,84	231,20	561,87
Moyenne relative	1,00	5,33	9,07	22,06
Poids sec racines	1,46	9,32	15,01	48,10
Moyenne relative	1,00	6,38	10,28	32,95
% K₂O plante	0,65	1,37	2,05	2,20
Moyenne relative	1,00	2,11	3,15	3,38

Ces résultats confirment le considérable effet positif de l'extrait de la jacinthe d'eau sur la croissance et le développement végétatif de la plante test. Ainsi, les valeurs de surface foliaire exhibent des accroissements de 89%, 155% et 210%, respectivement sous T1 (25 Kg de K₂O/ha), T2 (50 Kg de K₂O/ha) et T3 (75 Kg de K₂O/ha). Les résultats du poids sec des parties aériennes épousent la même tendance ; subséquemment, la production de la matière sèche totale montre que T1 est 5 fois plus productif que le témoin, T2 l'est 9 fois, tandis que T3 l'est plus de 22 fois. La comparaison des moyennes pour les poids sec des racines conduit au classement suivant : T0<T1<T2<T3. Il en ressort que par rapport au témoin, le poids sec des racines est 6,38 fois plus élevé sous T1, 10,38 fois sous T2 et 32,95 fois sous T3. Ces résultats montrent que l'application de l'extrait de la jacinthe d'eau a fortement influencé la croissance du système racinaire de la plante-test. Par ailleurs, les valeurs de la teneur en K dans la plante indiquent que l'application de l'extrait de la jacinthe d'eau a favorisé l'accumulation du potassium dans la plante, les accroissements moyens obtenus par rapport au témoin étant de 238, de 215 et de 111 respectivement sous T3, T2 et T1. Cette accumulation serait la cause première des bonnes performances affichées par les paramètres biologiques car le potassium participe grandement à la croissance et pendant la période végétative (Démolon, 1967).

3.2.4. Rendement en grains de maïs sous différents traitements.

Les rendements obtenus sous les différentes doses de l'extrait aqueux des cendres de la jacinthe sont consignés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Effets des doses croissantes de l'extrait aqueux des cendres de la jacinthe d'eau sur le rendement en grains (t/ha)

	T0	T1	T2	T3
Bloc I	0,038	0,123	1,657	2,708
Bloc II	0,118	0,111	1,553	3,158
Bloc III	0,089	0,433	1,425	3,660
Moyenne	0,082	0,222	1,545	3,175
Moyenne relative	1,00	2,71	18,84	38,71

Les parcelles fertilisées à l'extrait à la dose de 75 Kg de K₂O/ha (T3) ont multiplié 38 fois le rendement obtenu dans les parcelles non fumées suivies de celles ayant reçu 50 Kg de K₂O/ha (T2) avec une augmentation de près de 19 fois puis celles à la dose de 25 Kg de K₂O/ha (T1), l'ayant accru d'environ 3 fois. Cette amélioration spectaculaire de rendement nous semble une conséquence logique de l'action positive de différents paramètres végétatifs et édaphiques sur la plante test. En effet, en jouant un rôle important dans la régulation des fonctions métaboliques auxquelles il participe activement (Bear, 1953 ; Garner, 1957) et se référant aux résultats obtenus, il semble que le potassium aurait favorisé la photosynthèse (visualisée ici par une bonne production foliaire et une bonne croissance en hauteurs des plants) ainsi que la formation et la migration des glucides et des protides et leur accumulation dans les graines de maïs (matérialisée par la production en grains) (Lozet et Mathieu, 1986).

3.3. Relations entre les paramètres

L'analyse des résultats par la technique des corrélations simples a montré que le rendement en grain est le plus fortement corrélé au poids sec des racines ($r = 0,93974$), suivi de la matière sèche totale ($r = 0,93472$) et à la hauteur finale des plants ($r = 0,91162$). Toutes ces variables sont elles mêmes corrélées à la teneur en K dans la plante. Une forte corrélation a été également observée entre cette dernière et la teneur en K assimilable dans le sol. Il convient de rappeler, à ce niveau, la forte relation observée entre le pH du sol et la teneur en K assimilable. La discrimination des variables par l'analyse de la régression multiple a toutefois révélé que le rendement en grains est plus significativement dépendant du poids sec des racines ($100r^2 = 80,37$) que de tout autre paramètre végétatif.

CONCLUSION

L'objectif de cette recherche était d'évaluer l'extrait aqueux des cendres brutes de la jacinthe d'eau comme fumure minérale pour la culture du maïs sur un sol ferrallitique très dégradé.

Les résultats obtenus ont montré que le maïs a positivement répondu à l'application de l'extrait de la jacinthe. Ces résultats ont révélé en outre que l'accroissement de rendement par rapport au témoin augmente avec la dose appliquée jusqu'à 75 Kg de K₂O/ha et ce, malgré l'usage général principalement à l'est et au sud de l'Afrique où la dose d'utilisation du K tourne autour de 30 Kg/ha (Ristanovic, 2001). Il s'est avéré que l'extrait des cendres de la jacinthe d'eau agit aussi bien comme amendement que comme engrais. Dans le premier cas, il élève le pH du sol, dans le second, il accroît la teneur en potassium assimilable du sol. Son action bénéfique passerait par son influence favorable sur le développement et l'activité du système racinaire de la plante.

De ce qui précède, on peut conclure que la fertilité des sols ferrallitiques très dégradés peut être améliorée par l'application de l'extrait aqueux des cendres de la jacinthe d'eau. L'emploi de la jacinthe comme fertilisant offrirait aussi une alternative de lutte contre sa nuisance sans dommage écologique majeur.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BEAR, F.E., 1953 : Soils and Fertilizers. John Wiley E. Sons, INC. New York.
- [2] Bray et Willite, 1971 : Dosage des bases échangeables. *In recueil des modes opératoires d'analyses pédologiques*, Département de Science du Sol, Institut Facultaire des sciences Agronomiques de Yangambi.
- [3] DABIN, B. 1981 : Caractéristiques physico-chimiques des sols ferrallitiques de l'Afrique occidentale, Cahier ORSTOM, série Pédologie XVIII (3-4), Paris
- [4] DÉMOLON, A. 1967 : Principe d'agronomie. Tome II : Croissance des végétaux cultivés, Ed. Dunod, Paris.
- [5] DUBOIS, L. 1955 : La jacinthe d'eau au Congo-Belge. Bulletin agricole du Congo-Belge vol. XLVI n°4, Gembloux.
- [6] DUCHAUFOR, Ph. 1988 : Pédologie. 2^{ème} édition revue et complétée, édition Masson, Paris
- [7] FRANÇOIS, J. 1978 : La jacinthe d'eau ou *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laub. Hydrophyte d'avenir ? Annales de Gembloux 85 :73/81
- [8] GARNER, H.V. :1957 : Manures and Fertilizers, Bulletin n° 36, Her Majesty's Stationary Office, London
- [9] LOZET, J. et Mathieu, C. 1986 : Dictionnaire de science du sol, technique et documentation.
- [10] MAMBANI, B. 1980 : Plant-Water-Relations as Criterion for Drought Resistance in Rice. Thèse de doctorat, UNAZA.
- [11] MANDANGO, M. 1982 : Flore et Végétation des îles du Fleuve Zaïre dans la sous-région de la Tshopo (Haut-Zaïre) – Tome II, Thèse de doctorat, Faculté des sciences. Université de Kisangani.
- [12] RISTANOVIC, D. 2001 : Maïs *in Agriculture en Afrique Tropicale*, DGCI, Bruxelles
- [13] RITCHEY, D.1974 : Potassium Fertility in Oxisols and Ultisols of Humid Tropics. Cornell International Agriculture, New York.
- [14] ROBYNS, W. 1955 : Le genre *Eichhornia*, spécialement *E. crassipes* (Jacinthe d'eau) au Congo-Belge. Bulletin de l'Académie royale des sciences coloniales, vol XLVI, Bruxelles.
- [15] ROOSE, E.1980 : Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale. Thèse de doctorat d'Etat, Université d'Orléans. Presses Universitaires de France, Paris.
- [16] SANCHEZ, P.A. 1976 : Properties and Management of Soils in the Tropics.

Wiley, New York.

- [17] TONDEUR, R. 1957 : La jacinthe d'eau. Bulletin agricole du Congo-Belge, vol XVIII n°1, Gembloux
- [18] Van WAMBEKE et LIBENS, 1957 : Cartes des sols et Végétation du Congo-Belge et du Rwanda-Urundi, Ineac, Bruxelles
- [19] Von Uexkull, H.R. 1989 : Emploi rationnel des engrais sur des sols acides en zones tropicales humides. Bulletin FAO/Engrais et nutrition végétale n°10., FA.O. Rome.

ANNEXE

Procédure de l'obtention de l'extrait aqueux des cendres de la jacinthe d'eau.

1. Récolte : recueillir une quantité de la jacinthe dans un cours d'eau ou un marécage ;
2. Egouttage : juste après la récolte, étendre les plants sur une grille perforée à l'ombre (à l'abri du soleil) pendant 48 heures de façon à laisser s'écouler l'eau venue du cours d'eau ;
3. Séchage de la masse végétale au soleil jusqu'à l'obtention de la matière sèche totale (5 à 8 jours en temps ensoleillé) ;
4. Calcination : on incinère la matière sèche pour obtenir de la cendre brute.
5. Dissolution : la cendre est dissoute dans l'eau chaude. La solution eau + cendres est filtrée à travers un entonnoir contenant du sable purifié. On obtient une solution assez limpide.
6. Evaporation : Recueillir la solution passée par le filtre dans un récipient ; puis le placer sur une plaque chauffante pour l'évaporation complète.
7. **Le résidu cristallin obtenu constitue l'extrait aqueux des cendres de la jacinthe d'eau qu'on utilisera dans la fertilisation.**