

## Tentative d'une substitution de l'engrais classique KCl par le mulch et les cendres de la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) dans la culture du soja sur un sol ferrallitique à l'état d'altération très avancé.

**BOLAKONGA Ilye \***, **MAMBANI Banda \*\*** et **KAKUNI Mbuyi \*\*\***

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

### Résumé

*Les difficultés d'accès aux engrais minéraux classiques dans nos conditions où les paysans se confrontent à des baisses sensibles des rendements suite à la forte acidité des nos sols nécessitent une créativité hardie. Dans cette étude nous tentons de substituer le KCl par des fumures à base de la jacinthe d'eau sous forme de mulch et de cendres sur la culture du soja. Les résultats obtenus indiquent une nette supériorité de ces dernières sur l'engrais classique KCl et ce, sur tous les paramètres tant végétatifs que ceux relatifs au rendement en graines. Ainsi par exemple les rendements en graines obtenus par rapport au témoin, sont de, 111% sous le mulch de la jacinthe, 81% sous les cendres de la jacinthe et de 44% sous le KCl. Ceci suggère une possible substitution intéressante de l'engrais classique. Le mulch, en plus de son action bénéfique sur le rendement en graine jouerait le rôle de protecteur du sol contre l'insolation et les éventuels impacts sur l'érosion et d'améliorateur de la structure du sol.*

**Mots clé** : mulch, cendres, KCl, jacinthe d'eau, rendement, sol ferrallitique

### Abstract

*Farmers feel many difficulties to have classic fertilizers in spite of spectacular yields falls because of our soils acidity. Our research try to substitute KCl by water hyacinth manure in the form of mulch and cinder to the culture of soya. Results show that local manures are better than KCl as well about growth parameter as soya beans yields. So for example, soya beans yields is 111%, 81% and 44% higher than witness treatment. So that, a possible substitution of classic fertilizer by our manures would be interesting. Mulch besides it beneficial action to soya beans, protects land against sunstroke, erosion risk and improves the soil structure.*

**Key words**: mulch, cinders, KCl, water hyacinth, yields, ferrallitic soil

### I. INTRODUCTION

L'exploitation des sols tropicaux ferrallitiques à des fins agricoles se confronte à des contraintes majeures ; les plus importantes sont la carence des sols en éléments nutritifs, la minéralisation rapide de la matière organique, l'acidité élevée et la dégradation rapide de la structure par l'érosion (Mambani, 2001).

Plusieurs méthodes ont été proposées pour pallier à la carence en nutriments dont, entre autres, le recours aux engrais chimiques classiques. Ce qui implique, outre leur coût élevé et leur disponibilité improbable, la maîtrise de leur emploi ainsi que d'éventuelles conséquences pernicieuses pour l'environnement et quelques fois sur la santé humaine et animale si l'utilisation n'est pas rationnelle et ce, aussi bien à court terme qu'à long terme. Par ailleurs, les conditions pédo-climatiques des tropiques humides font que leurs effets bénéfiques sont soit annihilés soit très éphémères ; il importe dès lors de trouver des techniques de substitution idoines, adaptées aux conditions locales.

C'est dans cette optique que la présente recherche se propose d'évaluer les effets d'*Eichhornia crassipes* sous forme de mulch et de cendres sur la croissance et le rendement du soja en sol ferrallitique bien drainé, comparés à ceux d'un engrais classique qui est le KCl.

La biomasse d'*Eichhornia crassipes* est en effet réputée riche en K (Bolakonga, 1999) et pourrait compenser la minéralisation rapide de la matière organique sous les tropiques (Kakuni, 2001) ; elle est en outre disponible localement et à bon marché.

Le but visé par cette recherche est de déterminer le potentiel de ces amendements à se substituer aux engrais chimiques classiques.

## II. MILIEU, MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Milieu

Cet essai a été mené à Kisangani, au Plateau Médical dont l'altitude moyenne est d'environ 400 m. Les coordonnées géographiques sont de 0°31' latitude nord et 23°29' longitude est; le climat est du type Af de la classification de Köppen avec une pluviométrie moyenne annuelle supérieure à 1800 mm, la température moyenne annuelle comprise entre 23 et 26° C, une insolation annuelle avoisinant 45% soit 1925 heure (Van Wambeke et Libens, 1957) ; l'humidité relative y est très élevée oscillant entre de 80 et 90 % (Epicum, 2005).

Le sol du site expérimental est ferrallitique, correspondant à l'ordre des Oxisols (Mambani, 2001) ; il est caractérisé par une pauvreté en humus, une richesse en oxydes de Fer et d'Aluminium (Dabin, 1981), une fraction argileuse dominée par la kaolinite (Duchaufour, 1988). Son pH est généralement compris entre 4 et 5 ; la capacité d'échange est faible (Sanchez, 1981) et reste souvent inférieure à 16 méq/100g (Roose, 1980).

### 2.2. Matériel

Le KCl dosant 60 % de K<sub>2</sub>O et les cendres d'*Eichhornia crassipes* dosant 22,73% de K<sub>2</sub>O ont été utilisés comme fertilisants, le mulch de la même espèce l'a été comme amendement organique tandis que le soja (*Glycine max*) de la variété hybride Hermar (de 110 à 120 jours) a servi de plante test.

### 2.3. Méthodes

Le dispositif expérimental adopté était celui des blocs randomisés complets comprenant trois répétitions ayant chacune les quatre traitements suivants :

- T0 : témoin sans fumure
- T1 : fertilisation avec la cendre de la jacinthe d'eau à raison de 264g/parcelle de 12 m<sup>2</sup>, équivalent à 50 kg de K<sub>2</sub>O/ha
- T2 : amendement organique au mulch de la jacinthe d'eau à raison de 7,2 kg/parcelle de 12 m<sup>2</sup>, équivalent à 6 tonnes de matière sèche par hectare.
- T3 : engrais classique KCl à raison de 100 g/parcelle de 12 m<sup>2</sup>, équivalent à 50 kg de K<sub>2</sub>O/ha.

Le semis était effectué le 7 avril 2003 aux écartements de 30 x 40 cm en raison de deux grains par poquet. Les parcelles étaient de 3 x 4 m séparées de 1 m et de 0,50 m respectivement entre les blocs et dans les blocs.

L'application du mulch s'est effectuée à l'état frais en tenant compte du taux d'humidité ; l'apport de deux autres traitements s'est opéré par épandage deux semaines après la levée en dose unique.

### 2.4. Observations

Les paramètres biologiques suivants ont fait l'objet de nos observations :

1. La hauteur finale des plants à l'aide d'un mètre ruban sur cinq plants par parcelles choisis au hasard ;
2. Le diamètre au collet, considéré comme indice de vigueur, mesuré à l'aide du pied à coulisse à la floraison sur les mêmes plants que pour le paramètre précédent ;
3. La surface foliaire, déterminée sur la troisième feuille à partir du sommet sur les cinq mêmes plants selon la méthode proposée par Mambani (1980) :  $S_f = L \times l \times C$ , où

$S_f$  = surface foliaire en cm<sup>2</sup>

$L$  = longueur

$l$  = largeur (partie la plus large de la feuille)

$C$  = facteur correctif (0,65 pour notre cas). *On obtient ce facteur en posant une feuille de la plante dont on veut déterminer la surface foliaire sur une feuille de papier millimétrée ; on y trace une ébauche en suivant le contour de la base la plus large et de la pointe de la feuille (longueur) ; ce qui donne une figure rectangulaire. On soustrait alors le contour réel de la feuille sur la figure rectangulaire. Cette surface occupée ou le poids obtenu par ladite surface avec cette portion est divisée par l'ensemble du contour rectangulaire pour donner la proportion de la feuille considérée.*

4. Le poids sec des plants ou de la matière sèche, pesé après extirpation de cinq plants sélectionnés ;
5. Le poids de mille graines : les milles graines comptées par parcelles et pesées au moyen d'une balance de précision.

6. Le rendement en graines obtenus après pesée de la production parcellaire puis converti en rendement exprimé en tonnes par hectare.

## 2.5. Traitement des données

L'analyse de la variance (Anova) a été utilisée pour tester les différences observées entre les traitements de façon globale ; puis nous avons appliqué le test de *Student-Newman-Keuls* en vue de détecter les différences significatives entre les traitements pris deux à deux.

### III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les moyennes des résultats obtenus au cours de nos investigations sont données aux tableaux 1 et 2.

#### 3.1. Effets des traitements sur la croissance et le développement végétatifs des plants

Les résultats sur la hauteur, le diamètre au collet, la surface foliaire et la matière sèche sont condensés dans le tableau 1.

Tableau 1 Paramètres végétatifs des plants sous différents traitements

Traitements \ Paramètres	T0	T1	T2	T3	Prob.
Hauteur finale (cm)	48,30	59,06	73,09	54,13	0,0196
Hauteur relative	1,00	1,22	1,53	1,12	
Diam. au collet (cm)	0,68	0,90	1,30	0,79	0,0878
Diam. au collet relatif	1,00	1,32	1,91	1,16	
Surf. foliaire (cm <sup>2</sup> )	35,5	45,3	99,9	39,77	0,271
Surf. foliaire relative	1,00	1,28	2,81	1,12	
Mat. sèche (t/ha)	0,83	1,72	2,05	1,29	0,000
Mat. sèche relative	1,00	2,07	2,47	1,55	

Pour tous les paramètres retenus, il se dégage de ce tableau que le traitement au mulch (T2) de la jacinthe d'eau se révèle supérieur aux autres traitements. Ainsi, pour la hauteur finale des plants, le mulch de la jacinthe l'a améliorée par rapport au témoin de 53% ; les cendres de la jacinthe (T1) de 22% soit moins de la moitié du gain obtenu sous T2 et l'engrais classique KCl (T3) de 12% soit moins du quart du gain sous T2. De même, l'amélioration de la vigueur des plants, visualisée ici par le diamètre au collet est mieux assurée par l'application du mulch de la jacinthe où l'on obtient un gain de 91%, suivi des cendres de la jacinthe (T1) avec 32% puis le KCl avec 16%. La séquence des accroissements relatifs par rapport au témoin pour la matière sèche est la suivante : 147% sous T2, 107% sous T1 et de 55% sous T3.

Quant à la surface foliaire, la fumure organique du mulch exhibe une augmentation spectaculaire de près de 3 fois celui du témoin (181%\*) alors que les deux autres traitements de fumure minérale ont induit des gains inférieurs à 50% avec 28% et 12% respectivement pour les cendres (T1) et le KCl.

Ces résultats suggèrent que les contraintes édaphiques prioritaires pour la croissance et le développement végétatif du soja dans nos conditions, sur un substrat ferrallitique, ne sont pas levées par l'apport des fertilisants minéraux qui sont ici la cendres de la jacinthe et le KCl mais plutôt par l'amendement organique qui est, dans le présent article, le mulch de la jacinthe. Subséquemment, il ressort que l'effet le plus important du mulch résulterait moins de sa composition chimique qu'à son action favorable sur la structure du sol grâce à la restauration de la matière organique colloïdale du sol qui jugule en même temps l'érosion et, par sa couverture du sol, il joue le rôle d'écran en limitant l'insolation directe dont les effets de fortes températures handicapent un bon développement racinaire. Ainsi, l'effet le plus important de la jacinthe d'eau sur notre sol est lié non pas à sa composition chimique mais plutôt à son rôle d'écran.

\* L'accroissement en pourcentage est évalué en soustrayant la valeur du témoin qui est toujours l'unité, parce que pris comme référence.

Par ailleurs, la comparaison statistique des moyennes par le test de *Student-Newman-Keuls*\*\* indique que, pour la hauteur finale des plants, seul l'effet du mulch (T2) se démarque significativement à  $P < 0,05$ . La surface foliaire épouse la même tendance avec le même traitement qui se montre supérieur aux autres alors que ceux-ci n'affichent aucune différence significative. La matière sèche a considérablement varié en fonction des traitements appliqués, les uns étant très significativement différents des autres au seuil de probabilité de 1% suivant la séquence  $T2 > T1 > T3 > T0$ .

En revanche, pour le diamètre au collet, le test de *Student-Newman-Keuls* ne détecte pas de différence significative entre les différents traitements malgré la relative supériorité numérique qu'accuse le mulch (T2).

### 3.2. Effets des traitements sur le poids de mille graines et le rendement en graines

Les moyennes des poids de mille graines et des rendements obtenus sous différents traitements sont indiquées au tableau 2.

Tableau 2 Poids de mille graines et rendements en graines (t/ha) sous différents traitements

Traitements	T0	T1	T2	T3	Probabilité
Poids 1000graines(g)	110,5	124,68	139,57	129,29	0,000
Poids 1000gr. Relatives	1,00	1,13	1,26	1,17	
Rendement graines(t/ha)	0,27	0,49	0,57	0,39	0,014
Rendement relatif gr.	1,00	1,81	2,11	1,44	

Il ressort de ce tableau que le poids de mille graines de soja sous le mulch de la jacinthe (T2) est de 26% supérieur à celui de graines obtenues sous le témoin sans fumure suivi des cendres de la jacinthe (T1) et le KCl (T3) qui ont réalisé des gains respectifs de 17% et 13%. La performance du traitement employant le mulch serait attribuable à l'amélioration de conditions d'absorption, d'assimilation et de métabolisme. Par ailleurs, la supériorité relative de rendement en graines obtenu sous mulch (111%) par rapport à la cendre (80%) et au KCl (44%) apparaît comme la conséquence logique de la façon dont ce traitement aurait agi positivement sur la physiologie du soja matérialisé par ses effets bénéfiques sur les principaux indicateurs de croissance étudiés dans les paragraphes précédents. Toutefois, bien que l'analyse de la variance signale la présence des différences significatives, le test statistique de *Student-Newman-Keuls* qui permet l'identification des différences entre les traitements indique une nette démarcation de T2 et T3. ces deux derniers traitement sont, du reste, relativement homogènes alors que les deux autres traitements sont également similaires entre eux. Au demeurant, même s'ils paraissent faibles, les rendements obtenus sous T1 et T2 restent néanmoins dans la fourchette de ceux généralement obtenus dans le secteur agricole à petite échelle qui vont de 480 à 660 Kg en Afrique centrale et australe (Javaheri et Baudoin, 2001) ; par contre les rendements du soja sous le témoin sans fumure et la fertilisation au KCl s'avèrent nettement inférieurs à ladite fourchette ; ceci s'expliquerait par l'état de dégradation très avancé du sol du terrain expérimental. En revanche, pour le poids de mille graines, les quatre traitements faisant l'objet de notre étude sont statistiquement différents les uns des autres à  $P < 0,01$  avec le mulch qui se montre indubitablement supérieur aux autres mais avec une légère inversion de tendance dans la séquence observée pour les paramètres précédents, le KCl prenant le dessus sur les cendres de la jacinthe et le témoin fermant la marche des performances réalisées.

\*\* Le test statistique *Student-Newman-Keuls* appliqué dans le cadre de cet article effectue systématiquement la discrimination des moyennes et les range selon l'ordre croissant tout en précisant le seuil de probabilité grâce à l'outil informatique.

### 3.3. Relations entre les paramètres

X	Haut. surf finale foliaire e	Mat sèche	P1000gr	Rdt	Diam Collet
hauteur fin	1				
surf foliaire	0,982	1			
Mat sèche	0,697	0,718	1		
P1000gr	0,661	0,625	0,833	1	
Rdt	0,591	0,603	0,878	0,698	1
Diam collet	0,939	0,954	0,674	0,582	0,533

L'analyse des résultats par la technique de corrélation simple montre que le rendement en graines est fortement corrélé à la matière sèche ( $r = 0,88$ ) et au poids de mille graines ( $r = 0,70$ ). Ces deux variables accusent une bonne corrélation entre elles avec un  $r = 0,83$ . On observe, par ailleurs une bonne corrélation entre la matière sèche et la surface foliaire ( $r = 0,71$ ) qui à son tour affiche une excellente corrélation avec le diamètre au collet. L'analyse de la corrélation simple suggère que le rendement en graine aurait profité de l'effet bénéfique de différents traitements sur la matière sèche qui découle de la bonne production de feuilles à la base du processus photosynthétique.

#### CONCLUSION

L'objectif de notre étude était de comparer les effets d'*Eichhornia crassipes* sous forme de mulch et des cendres à un engrais minéral classique sur la croissance et le rendement du soja en sol ferrallitique. Le but visé est, d'aboutir à une agriculture durable en suggérant des techniques écologiques simples employant des engrais locaux à base d'espèces disponibles dans les milieux paysans.

Les résultats obtenus indiquent une nette supériorité de différents traitements à base de fumures de la jacinthe d'eau sur l'engrais classique et le témoin sans fumure ; du point de vue rendement, le mulch l'emporte numériquement (avec une amélioration relative de 111% par rapport au témoin) sur la cendre (amélioration relative de 80% par rapport à T0) de l'espèce employée même si statistiquement ces deux traitements paraissent équivalentes alors que le KCl connaît une amélioration relative de 44%.

Par ailleurs, les résultats des paramètres végétatifs (tableau 1) ont suggéré que les contraintes édaphiques prioritaires pour la croissance et le développement végétatif du soja dans nos conditions, sur substrat ferrallitique, sont levées non pas par l'apport des fertilisants minéraux (cendres de la jacinthe et le KCl) mais bien par l'amendement organique qui est le mulch. Son action bénéfique serait renforcée davantage par son rôle améliorateur de la structure du sol et la protection du sol contre l'insolation et les risques de battance.

Au regard de ce qui précède, en tenant compte des résultats du rendement avec la suprématie des traitements à la jacinthe sur l'engrais classique, on peut conclure que l'utilisation de cette espèce comme fumure sous l'une des formes suggérée dans cette étude peut mieux se substituer au KCl dans la fertilisation du soja en sol ferrallitique bien drainé. Toutefois, le mulch mériterait la préférence car, outre sa bonne performance numérique sur la cendre pour le rendement, il offrirait l'avantage d'améliorer la structure du sol et donc de mieux le protéger.

#### REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] BOLAKONGA, I., 1999 : Réponse du maïs à l'extrait aqueux des cendres de la jacinthe d'eau sur un sol ferrallitique, Mémoire de fin d'études inédit, IFA-Yangambi.
- [2] DABIN, B., 1981 : Caractéristiques physico-chimiques des sols ferrallitiques de l'Afrique occidentale, cahier ORSTOM, Série Pédologie XVIII (3-4). Paris
- [3] DUCHAUFOR, Ph., 1988 : Pédologie. 2<sup>ème</sup> édition, revue et complétée,

édition Masson, Paris

- [4] ERPICUM, M.(2005) : Climatologie tropicale, cours de DES en Gestion des Risques Naturels inédit, Université de Liège.
- [5] JAVAHERI, F. et BAUDOIN, J.P., 2001 : Plantes oléifères : Soja (*Glycine max (L.) Merrill.*, in *Agriculture en Afrique Tropicale*. DGCI, Bruxelles.
- [6] KAKUNI, M., 2001 : Biologie du sol, cours universitaire inédit, IFA-Yangambi
- [7] MAMBANI, B., 1980 : Plant-Water-Relations as a Criterion for Drought Resistance in Rice. Thèse de doctorat inédit, UNAZA.
- [8] MAMBANI, B., 2001 : Pédologie Générale et Tropicale, cours universitaire inédit, IFA-Yangambi
- [9] ROOSE, E., 1980 : Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale. Thèse de doctorat d'Etat, Université d'Orléans. Presses Universitaire de France, Paris.
- [10] SANCHEZ, P.A., 1981 : Productivity of Rain-fed Farming Systems-examples of long-term results. In *Symposium on Potential Productivity of Field Crop under Different Environments*. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.
- [11] Van WAMBEKE, A. et LIBENS, 1957 : Cartes des sols et de la végétation du Congo-Belge et du Rwanda-Urundi. INEAC, Bruxelles.