



Impact du travail du sol et de la fertilisation minérale sur la productivité de *Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal & Baudet au centre du Bénin.

Kouelo Alladassi Félix¹, Badou Antoine², Houngnandan Pascal¹, Francisco Merinosy Michée Fustelle³, Gnimassoun Cocou Jean-Brice⁴, Sochime Dieudonné Jacob².

¹Laboratoire d'Ecologie Microbienne, Département de Production Végétale, Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC) – Bénin ; ²Centre de Recherches Agricoles du Centre Bénin (CRA-Centre), Institut National de Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) ; ³Université Catholique de l'Afrique de l'Ouest (UCAO-Bénin) ; ⁴Centre de Recherches Agricoles du Sud Bénin (CRA-Sud), Institut National de Recherches Agricoles du Bénin (INRAB).

Auteur correspondant: e-mail : kofeli7@gmail.com ; Cel : +229 96 095 402

Originally Submitted on 2nd January 2012. Published online at www.m.elewa.org on March 29, 2012.

RESUME

Objectif : La lentille de terre (*Macrotyloma geocarpum* [Harms] Maréchal & Baudet) est une légumineuse envers laquelle nos populations ont un attrait considérable. Cependant, elle est en cours de disparition et son prix sur le marché est très élevé par rapport aux autres légumineuses à graines. Car, son rendement est très faible (500 kg/ha en moyenne), son aptitude au stockage est médiocre et sa culture nécessite une quantité importante de travail du sol. Pour améliorer sa productivité, un essai a été installé pour étudier l'effet du mode de travail du sol et de la fertilisation minérale sur ses performances agronomiques.

Méthodologies et résultats : L'essai a été installé en split-plot avec 2 facteurs. Le facteur principal (fertilisation minérale) comporte 3 variantes (Sans engrais= Témoin, Urée (46%) à 16 kg N/ha et NPK (16-16-16) à 100 kg/ha). Le facteur secondaire (mode de travail du sol) comporte 2 variantes (Billonnage et labour à plat). Les résultats montrent que le mode de travail du sol et la fertilisation minérale améliorent significativement les performances agronomiques de la lentille de terre. L'apport de 100 kg/ha de NPK a généré le rendement en grains le plus élevé (967 kg/ha) à Adanhondjigon lorsqu'il est combiné avec le labour à plat et (918 kg/ha) à Miniffi lorsqu'il est combiné avec le billonnage.

Conclusion et application des résultats : Cette étude a contribué à une meilleure compréhension des techniques culturales à mettre en œuvre dans chaque zone pour accroître la productivité de la lentille de terre. Le mode du travail du sol combiné ou non au type d'engrais améliorent les performances agronomiques de la lentille de terre. Il peut être conseillé aux producteurs de la commune d'Agbangnizoun d'apporter 100 kg/ha de NPK (16-16-16) à la culture de lentille de terre sur labour à plat et à ceux de la commune de Dassa-zoumè, 100 kg/ha de NPK (16-16-16) à la culture de lentille de terre sur le billonnage.

Mots clés : Travail de sol, Fertilisation minérale, *Macrotyloma geocarpum*, Bénin

Effect of tillage and mineral fertilization on productivity of *Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal & Baudet in centre of Benin

Abstract

Objective: *Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal & Baudet (*Kerstingiella geocarpa*) is a grain legume of great importance to the people of Benin. However, it is being phased out and the market price is very high compared to

other grain legumes. This is because its yield is very low (500 kg.ha⁻¹), its stocking ability is poor and its cultivation requires a significant amount of tillage. To improve productivity, a trial was set to study the effect of the type of tillage and mineral fertilization on agronomic performance.

Methods and results: The test was set up in split-plot design with two factors. The main factor (mineral fertilization) has 3 variants (control = no fertilizer, urea (46%) to 16 kg N.ha⁻¹ and NPK (16-16-16) to 100 kg.ha⁻¹). The secondary factor (type of tillage) has 2 variants (Ridging and flat) tillage. The results showed that the type of tillage and mineral fertilization significantly improved the agronomic performance of the *M. geocarpum*. The addition of 100 kg.ha⁻¹ of NPK generated the highest grain yield (967 kg.ha⁻¹) in Adanhondjigon when combined with flat tillage and (918 kg.ha⁻¹) in Miniffi when combined with ridging.

Conclusion and application of results: This study has contributed to a better understanding of cultivation techniques to be implemented in each area to increase the productivity of *M. geocarpum*. The type of tillage combined or not with the type of fertilizer improves the agronomic performance of *M. geocarpum*. It may be advisable for producers in Adanhondjigon to combine 100 kg.ha⁻¹ of NPK (16-16-16) with flat tillage and those in Miniffi, 100 kg.ha⁻¹ of NPK (16-16-16) with ridging to produce *M. geocarpum*.

Key words: Tillage, Mineral fertilization, *Macrotyloma geocarpum*, Benin.

INTRODUCTION

A l'instar des pays en voie de développement, l'économie béninoise repose sur l'agriculture. Cette agriculture, pour bien se porter nécessite entre autres, une bonne maîtrise des diverses techniques culturales par les producteurs. Des techniques culturales les plus recommandées, le travail du sol et la fertilisation revêtent une importance capitale pour une productivité soutenue. En effet, un bon développement racinaire des cultures est un facteur essentiel de leur bonne productivité et surtout de leur tolérance aux aléas climatiques (Maertens, 1964 ; Chopart et Nicou, 1976). Ainsi, un des rôles essentiels du travail du sol est d'y faciliter la croissance des racines. A travers le labour, il permet de diminuer la résistance du sol à la pénétration des racines à travers une amélioration de ses propriétés physiques. Le labour rend le sol meuble, accroît sa porosité facilitant ainsi l'infiltration et la rétention en eau du sol et la pénétration des racines. Par ailleurs, le labour stimule l'activité des microorganismes utiles du sol (Eliard, 1979). La fertilisation minérale, quant à elle, consiste à utiliser les engrais chimiques afin d'améliorer le rendement des cultures et les propriétés des sols car elle fournit à partir d'une source directe, les

éléments nutritifs nécessaires à la croissance de la plante (Morel, 1989). Comme les agriculteurs ne font de plus en plus qu'adopter les variétés améliorées, non seulement la diversité des cultures diminue, mais les connaissances sur les cultures traditionnelles sont également perdues (Laghetti et al. 1990). C'est le cas de la lentille de terre (*Macrotyloma geocarpum*) qui est une légumineuse annuelle cultivée surtout pour ses graines comestibles (Borus et Bosch, 2007). Elle a été largement remplacée par des espèces plus productives et plus rentables, comme le niébé, l'arachide et de nos jours le soja. Elle est en cours de disparition car son rendement et son aptitude au stockage sont médiocres (Borus et Bosch, 2007). Sa culture était réservée aux personnes âgées alors qu'elle nécessite une quantité de travail de sol importante (Bèhanzin, 1986, Achigan et al., 2003). Très peu d'études ont été faites sur ses performances agronomiques au Bénin. Les quelques rares études faites sur la culture sont des études socio-économiques et nutritionnelles. Cette étude agronomique vise donc à améliorer la productivité de la lentille de terre à partir des techniques culturales appropriées telle que la préparation du sol et la fertilisation.

MATERIELS ET METHODES

Zone d'étude : L'étude a été menée en 2009 à Adanhondjigon dans la commune d'Agbangizoun (7°4'0" N et 1°58'0" E) et à Miniffi dans la commune de

Dassa-zoumè (7°45'00" N et 2°11'00" E). Le climat à Agbangizoun est du type soudano-guinéen ou subéquatorial comportant deux saisons de pluies

alternées par deux saisons sèches. La pluviométrie annuelle généralement enregistrée dans la zone varie entre 800 mm à 1400 mm. On y rencontre des sols limono-argileux très riches (terres de vallées) et des sols ferralitiques appelés terre de barre dégradée. A Dassa-zoumè, le climat est de type subéquatorial soumis à l'influence du domaine sud soudanien caractérisé par une saison sèche et une saison pluvieuse. La pluviométrie moyenne annuelle oscille autour de 1.100mm. On y trouve des sols ferrugineux tropicaux sans concrétions appauvris, avec concrétions à fertilité moyenne, des vertisols et des sols hydromorphes (CAPO-CHICHI, 2006).

Dispositif expérimental : L'essai a été installé en champs paysans sous gestion chercheur dans un dispositif de split-plot avec 2 facteurs. Le facteur principal (fertilisation minérale) comporte 3 variantes (Sans engrais= Témoin, Urée (46%) à 16 kg N/ha et NPK (16-16-16) à 100 kg/ha) installées dans les parcelles secondaires. Le facteur secondaire (mode de travail du sol) comporte 2 variantes (Billonnage et labour à plat) installées dans les parcelles principales. L'essai comporte donc 6 traitements répétés 6 fois soit 36 unités expérimentales de 90 m² (10 m x 9 m) chacune. Le matériel végétal utilisé est la lentille de terre *Macrotyloma geocarpum* var. *geocarpum*. Il est obtenu au niveau du Centre de Recherches Agricoles de Savè, Centre-Bénin. C'est une variété de 120 jours et de couleur blanche dont le rendement moyen en milieu paysan est d'environ 500Kg/ha. Le travail du sol a été effectué à une profondeur de 15 à 20 cm avec la daba. Le semis a été réalisé à raison de 2 graines par

poquet avec un écartement de 70 cm x 10 cm. Sept jours après semis, les engrais ont été apportés selon les traitements.

Collecte des données :

Carpophores : Tous les plants à l'intérieur d'une surface utile d'un mètre carré ont été récoltés et le nombre de carpophore par plant a été compté. Cette opération a été répétée trois fois par traitement. Le nombre moyen de carpophores par plant a été calculé à partir des données obtenues.

Rendement : La lentille de terre a été récoltée environ 5 mois après le semis. Tous les plants intérieurs à la surface utile ont été récoltés. Les plants ont été égoussés et la biomasse aérienne séparée. Les gousses ont été battues. La biomasse aérienne (fanés + gousses vides) et les graines ont été pesées par surface utile (Poids total =P_t). Des échantillons de la biomasse aérienne et de graines ont été pris par surface utile, pesés (P₁), séchés à l'étuve à 75°C pendant 72heures et pesés après étuve (P₀). Les rendements ont été estimés à partir des formules suivantes :

$$\text{Rendement en kg MS/ha} = \frac{(P_0 \times P_t)}{(P_1 \times Au)} \times 10.000$$

Au = Aire de la surface utile

Analyse statistique : Une analyse de variance des données collectées a été réalisée à l'aide du logiciel SAS (Statistical Analysis System). Le classement des moyennes a été effectué au seuil de 5 % selon le test de Newman-Keuls.

RESULTATS

Les caractéristiques physico-chimiques du sol des sites d'essai : Le sol du site d'Adanhondjigon est un sol ferralitique et le sol du site de Miniffi est un sol

ferrugineux. Les caractéristiques physico-chimiques de ces sols sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1: Les caractéristiques physico-chimiques du sol des sites d'essai

Paramètres	Site 1	Site 2	Paramètres	Site 1	Site 2
Sable (%)	81,30	57,23	Rapport Carbone/Azote (C/N)	21,75	18,67
Limon (%)	10,41	22,05	Ca ²⁺ (meq/100g)	5,14	4,65
Argile (%)	8,29	20,72	Mg ²⁺ (meq/100g)	2,61	1,87
Texture	sableuse	SLA	K ⁺ (meq/100g)	1,08	0,92
pH _{eau}	5,82	5,32	Somme des bases (meq/100g)	8,83	7,44
pH _{KCl}	5,25	5,14	Capacité d'Echange Cationique (meq/100g)	17,25	18
Azote total (%)	0,04	0,06	Taux de saturation en bases (%)	51,19	41,33
Carbone organique (%)	0,87	1,12	Phosphore assimilable (ppm)	34,76	28,8

Site 1 = Adanhondjigon ; Site 2 = Miniffi ; SLA = Sablo-limono-argileuse

Effet du mode de travail du sol : L'analyse de variance a montré un effet significatif du mode de travail du sol sur les performances agronomiques de la lentille de terre à Adanhondjigon et à Miniffi (tableau 1). A Adanhondjigon, les meilleures performances agronomiques ont été obtenues au niveau du labour à plat (70 carpophores par plant, 1033,8 kg MS/ha de

biomasse et 642.23 kg MS/ha de grains) alors qu'à Miniffi, elles ont été obtenues au niveau du billonnage (111 carpophores par plant, 1286,4 kg MS/ha de biomasse et 636.52 kg MS/ha de grains). Les figures 1 et 2 montrent l'effet du mode de travail du sol sur les performances agronomiques de la lentille de terre respectivement à Adanhondjigon et à Miniffi.

Tableau 2 : Effet des facteurs simples et de leur interaction sur les paramètres agronomiques de la lentille de terre à Adanhondjigon et à Miniffi exprimé en probabilité au seuil de 5% ($P < 0,05$)

Site	Facteurs	Carpophores	Rendement en biomasse	Rendement en grains
Adanhondjigon	Labour	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Fertilisant	<0,0001	<0,0001	<0,0001
	Labour vs Fertilisant	0,0024	0,6641	0,0226
Miniffi	Labour	<0,0001	0,7240	<0,0001
	Fertilisant	<0,0001	0,0174	<0,0001
	Labour vs Fertilisant	0,1324	0,5266	<0,0001

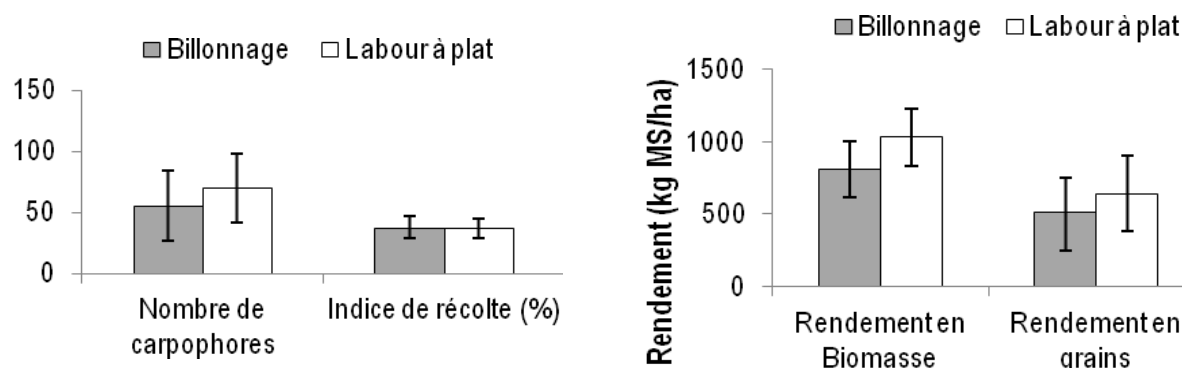


Figure 1 : Effet du mode de travail du sol sur les performances agronomiques de la lentille de terre à Adanhondjigon.

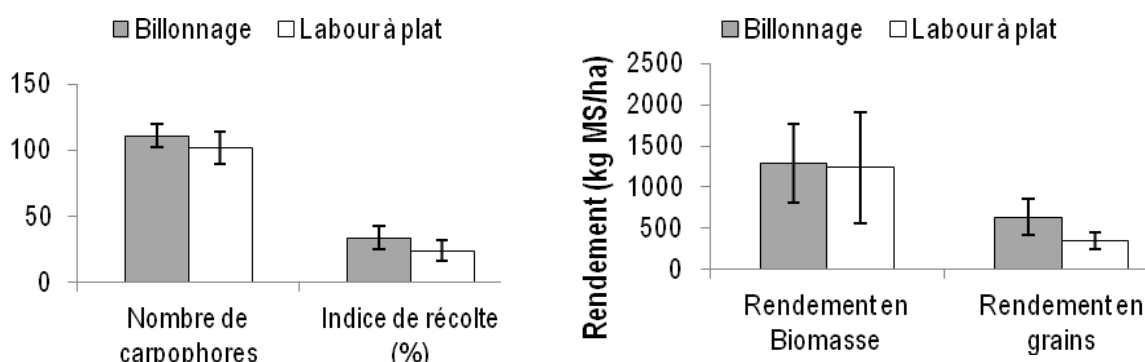


Figure 2 : Effet du mode de travail du sol sur les performances agronomiques de la lentille de terre à Miniffi.

Effet de la fertilisation minérale : La fertilisation minérale a une influence significative sur les performances agronomiques de la lentille de terre à

Adanhondjigon et à Miniffi (tableau 2). L'apport de 100 kg/ha de NPK (16 16 16) a généré les meilleures performances agronomiques de la lentille de terre à

Adanhondjigon (95 carpophores par plant et 897,11 kg MS/ha de grains) et à Miniiffi (118 carpophores par plant et 693 kg MS/ha de grains). Le rendement en biomasse le plus élevé est obtenu au niveau de l'apport de 16 kg N/ha d'urée à Adanhondjigon (1148,59 kg MS/ha) et à Miniiffi (1445,2 kg MS/ha). La fertilisation minérale a

aussi améliorée significativement l'indice de récolte de 31% à 49% à Adanhondjigon et de 25% à 34% à Miniiffi. Les figures 3 et 4 montrent l'effet de la fertilisation minérale sur les performances agronomiques de la lentille de terre respectivement à Adanhondjigon et à Miniiffi.

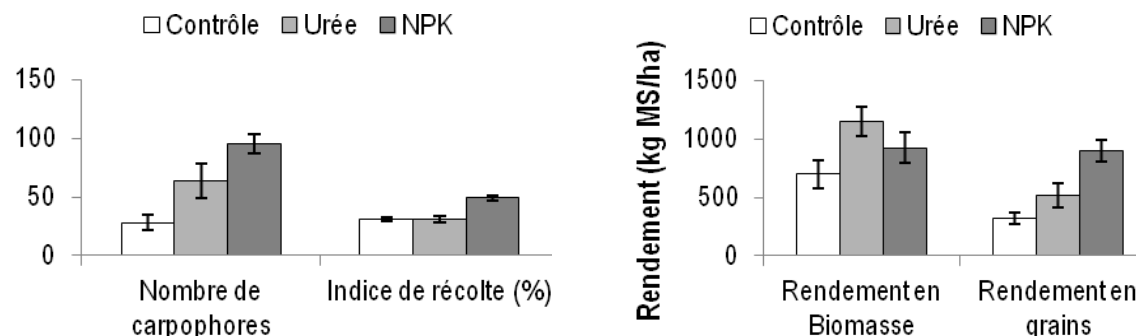


Figure 3 : Effet de la fertilisation minérale sur les performances agronomiques de la lentille de terre à Adanhondjigon.

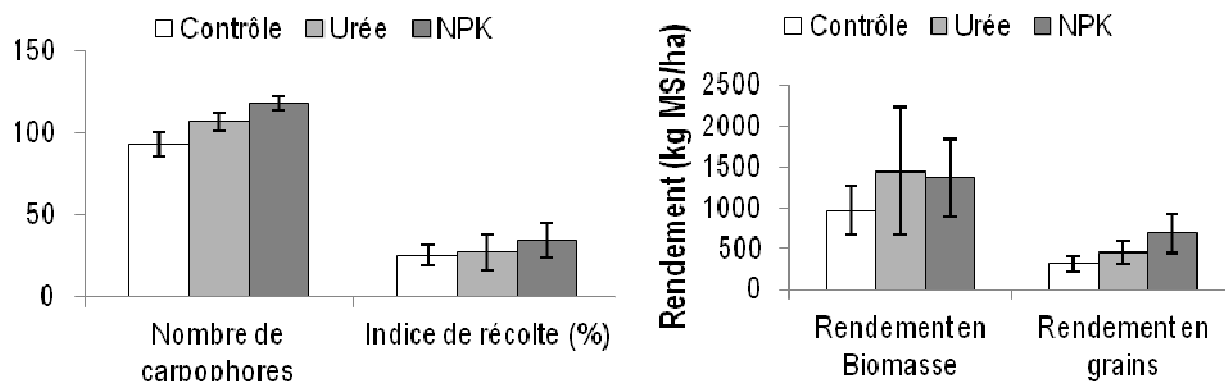


Figure 4 : Effet de la fertilisation minérale sur les performances agronomiques de la lentille de terre à Miniiffi.

Effet combiné du mode de travail du sol et de la fertilisation minérale : Le tableau d'analyse de variance (tableau 3) indique qu'il y a une différence significative entre les traitements combinant le travail du sol et la fertilisation minérale sur le nombre de carpophores et le rendement en grains à Adanhondjigon et seulement sur le rendement en grains à Miniiffi. La différence est plutôt arithmétique au niveau des autres paramètres. Le nombre de carpophores par plant et le rendement en grains sont les meilleures dans un système de culture combinant

l'apport de NPK au labour à plat (tableau 3) à Adanhondjigon. A Miniiffi au contraire (tableau 4), les meilleurs rendements en grains et nombre de carpophores par plant ont été obtenus au niveau du billonnage combiné avec l'apport de NPK. Sans apport d'engrais, l'indice de récolte est faible. Le travail du sol et la fertilisation minérale ont amélioré cet indice jusqu'à 50%. Avec des techniques culturales appropriées, la lentille de terre peut donc exprimer son potentiel génétique.

Tableau 3. Effet combiné du mode de travail du sol et de la fertilisation minérale sur les performances agronomiques de la lentille de terre à Adanhondjigon.

Fertilisation minérale	Travail du sol	Nombre de carpophores	Rendement Grains	Rendement Biomasse	Indice de récolte
Contrôle	Billonnage	23 ± 1	281,1 ± 13,96	596,72 ± 21,04	31,97 ± 0,78
Contrôle	Labour à plat	33 ± 2	356,7 ± 12,4	800,22 ± 30,9	30,85 ± 0,38
Urée	Billonnage	51 ± 2	433,04 ± 24,51	1040,82 ± 13,57	29,28 ± 1,08
Urée	Labour à plat	77 ± 3	602,44 ± 16,88	1256,36 ± 21,29	32,41 ± 0,86
NPK	Billonnage	90 ± 3	826,66 ± 25,76	804,23 ± 22,66	50,68 ± 0,68
NPK	Labour à plat	100 ± 2	967,56 ± 26,48	1044,83 ± 14,46	48,05 ± 0,84
	CV	8,68%	6,72%	5,49%	5,09%
	R ²	0,98	0,99	0,97	0,97
	Moyenne	62	577,93	923,86	37,21

Tableau 4 : Effet combiné du mode de travail du sol et de la fertilisation minérale sur les performances agronomiques de la lentille de terre à Miniffi.

Fertilisation minérale	Travail du sol	Nombre de carpophores	Rendement Grains	Rendement Biomasse	Indice de récolte
Contrôle	Billonnage	99 ± 1	405,01 ± 5,24	1092,9 ± 149,57	28,37 ± 2,71
Contrôle	Labour à plat	88 ± 3	234,74 ± 9,21	852,71 ± 67,97	21,98 ± 1,48
Urée	Billonnage	112 ± 1	586,68 ± 18,83	1380,98 ± 250,79	32,18 ± 4,08
Urée	Labour à plat	103 ± 1	327,45 ± 8,94	1509,35 ± 398,24	22,00 ± 4,08
NPK	Billonnage	121 ± 1	917,86 ± 24,35	1385,38 ± 187,44	40,95 ± 2,72
NPK	Labour à plat	116 ± 2	468,14 ± 7,61	1356,27 ± 218,07	27,76 ± 3,7
	CV	3,43%	6,17%	31,16%	18,25%
	R ²	0,95	0,99	0,73	0,84
	Moyenne	106	489,98	1262,94	28,87

DISCUSSION

Le travail du sol peut induire une meilleure infiltration de l'eau dans le sol. Encore faut-il que cette eau stockée dans le sol soit utilisée par la culture, en particulier l'eau stockée en profondeur. Le travail du sol a, en général, un effet bénéfique dès le début du cycle de la culture, avec des différences qui atteignent leur maximum au moment de la montaison des céréales. L'effet du labour à la charrue sur la vitesse de croissance des parties aériennes du maïs en début de cycle en Côte d'Ivoire (Chopart, 1993) a montré que le labour a augmenté la croissance des plants de 20% par rapport au témoin, 13 jours après semis. A 35 jours après semis, cette croissance a été augmentée de 60% par rapport au témoin. En 1993, Nicou *et al* ont étudié l'effet du labour à la charrue sur la production utile (grains kg ha⁻¹) des principales cultures annuelles dans les zones semi-arides d'Afrique de l'Ouest. Les

résultats ont confirmé la réponse positive du labour sur les cultures. L'effet du labour dépend de l'état physique initial du profil et de la qualité du travail (Chopart, 1994). L'effet du labour en début de cycle est accru en cas d'alimentation hydrique insuffisante. L'infiltration est améliorée, l'enracinement est mieux développé et l'efficacité de l'eau consommée légèrement meilleure. Ces différents facteurs participent à l'effet global de la technique sur la croissance végétale en début et en milieu de cycle. L'augmentation de la production d'arachide par le labour fluctue de +7% à +67% au cours d'une expérimentation d'une durée de 20 ans. Le travail profond du sol se révèle être, dans les zones tropicales, le moyen le plus efficace pour créer le profil cultural. Les conséquences sur le plan agronomique en sont importantes : meilleur développement racinaire favorisant la croissance végétale et entraînant des

augmentations de rendements sensibles sur la plupart des cultures. Les augmentations dépendent du sol, de l'année et de la plante. L'effet du labour sur la productivité des cultures varie donc suivant le type de sol et donc suivant la région. Au niveau du billonnage, l'eau ne sera véritablement disponible pour la plante que si la texture du sol le permet et si l'enracinement des cultures est assez développé (Nicou *et al.*, 1993). Comme on peut le remarquer, le sol d'Adanhondjigon, étant de texture sableuse, ne pourra pas rendre l'eau disponible pour la plante et le système racinaire de *M. geocarpum* n'est pas bien développé. Le labour à plat est donc plus approprié à la culture de *M. geocarpum* à Adanhondjigon. A Miniffi au contraire, la teneur en argile du sol est supérieure à 20%. Le billonnage est alors approprié dans cette zone car elle facilitera le développement racinaire par amélioration des propriétés physiques du sol. Son intérêt économique est donc notable. Maréchal et Baudet en 1977 qui ont montré que le mode du travail du sol (butte, plate-bande ou billon) influence la productivité de *Macrotyloma geocarpum* à cause de son mode de fructification qui rappelle l'arachide.

L'azote est certainement l'élément fertilisant, apporté sous forme d'urée, le plus important et le plus utilisé en agriculture. En Afrique, la consommation annuelle d'engrais azotés représente en volume plus de la moitié de la consommation totale de fertilisants (FAO, 1984). Le rôle de l'azote dans la plante est multiple. Il est nécessaire à la formation des acides aminés et des protéines. Son apport permet d'accroître considérablement la production de pollen (Lau et

Stephenson, 1993). L'azote, judicieusement utilisé, permet d'augmenter les rendements des cultures dans de fortes proportions. A ce titre, il est un facteur déterminant des rendements agricoles (Aho et Kossou, 1997). Comme l'azote est difficilement retenu par le sol, presque tous les sols en manquent. L'application d'engrais azotés, l'urée surtout, améliore donc presque toujours le rendement (Veldkamp, 1992). Différentes études ont montré que la fertilisation azotée accélère la croissance des plantes et augmente la biomasse aérienne (Lawlor *et al* 2001) au détriment des grains. L'apport d'azote, lorsqu'il est combiné au phosphore, améliore la productivité en grains. Car le phosphore migre vers les organes de réserves en fin de végétation. Il régularise le développement des organes reproducteurs de la plante, facilite la floraison, la fécondation et la fructification des fruits et des graines : Il est un facteur de précocité (Eliard, 1979). En conséquence, l'apport d'un élément nutritif n'a pas toujours les effets espérés, raison pour laquelle les engrais chimiques N, P et K sont appliqués en même temps. L'apport de ces engrais composés NPK assure un niveau de rendement appréciable et réduit la variabilité inter-annuelle des récoltes (Louette, 1988). Mais peu d'études ont été réalisées par rapport à l'apport d'engrais minéraux sur la lentille de terre en particulier. Adelusi et Akamo ont étudié en 2006 l'effet de différents niveaux d'azote sur la productivité de *Macrotyloma geocarpum*. Il a constaté que l'apport de 15 kg N/ha sous forme de NPK, dix-huit jours après la levée, est suffisant pour améliorer significativement la productivité de *M. geocarpum*.

CONCLUSION

Le travail du sol influence significativement la productivité de *M. geocarpum*. De même la fumure minérale améliore sensiblement ses performances agronomiques. Le labour à plat et l'apport de 100 kg/ha de NPK génèrent la productivité la plus élevée à Adanhondjigon alors qu'à Miniffi, le rendement le plus élevé est obtenu avec le billonnage combiné avec l'apport de 100 kg/ha de NPK. Un travail de sol

approprié combiné à la fertilisation minérale, pourraient alors en milieu paysan, améliorer significativement le rendement en graines de la lentille de terre. En effet, dans ces conditions, le rendement habituel en graines de 500 kg/ha est passé à plus de 900 kg/ha. Ainsi, sa production devenant plus rentable, frênerait sa disparition.

REMERCIEMENTS

Nous remercions très sincèrement l'Institut National de Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) qui, à travers les Fonds Compétitifs d'Appui au Programme de

Recherches Agricoles (FC/APRA), a financé une partie de cette étude.

REFERENCES

- Achigan D. E., Vodouhè, S.R. & Koukè, A. (2003). Collecte des ressources génétiques du voandzou (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) et du dohi (*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréch. et Baud.) au Centre Bénin. In: Agossou, V., Amandji, F., Agbo, B. & Tandjiékpon, A. (Editors). Actes de l'atelier scientifique du Centre des Recherches Agricoles du Centre-Savè. 18–19 décembre 2002, Dassa, Bénin. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, Cotonou, Bénin. pp. 93–107.
- Adelusi, A. A. et Akamo, O. A. (2006). The combined effects of *Euphorbia heterophylla* Linn. and Nitrogen Fertilizer on the reproductive yield and competitive ability of *Macrotyloma geocarpa* (Harms) Marechal and Baudet. International Journal of Botany: Volume 2, Issue 1: 69-73.
- Aho, N. et Kossou, K.D. (1997). Précis d'agriculture tropicale : Bases et éléments d'application. Edition du Flamboyant. 464p.
- Bèhanzin, E. (1986). Importance de la lentille de terre (*Macrotyloma geocarpa* Harms) dans l'alimentation béninoise: Etude du cas de la ville de Cotonou. Thèse d'Ingénieur Agronome, Faculté des Sciences Agronomiques - Université d'Abomey-Calavi, 93p.
- Borus, D. J. et Bosch C. H. (2007). Céréales et légumes secs. Ressources végétales de l'Afrique Tropicale. Agropolis International.
- Capo-chichi, J. Y. (2006). Monographie de la commune de Dassa-zoumè. Programme d'appui au démarrage des communes. Afrique Conseil, 22p.
- Chopart, J.L. (1980). *Etude au champ des systèmes racinaires des principales cultures au Sénégal (Arachide-Mil-Sorgho-Riz pluvial)*. Thèse de doctorat d'Université soutenue à l'Institut National Polytechnique de Toulouse le 19-6-1980. 162 p. + 42 fig. + 45 p.
- Chopart, J.L. (1993). *Optimisation de l'alimentation hydrique du maïs et du cotonnier par les techniques culturales dans les zones à pluviosité irrégulière*. Note Technique, IDESSA, BP 633 Bouaké RCI. 51 p.
- Chopart, J.L. (1994). *Techniques de gestion du sol et alimentation hydrique des cultures annuelles tropicales*. Rapport de fin de contrat CEE DGXII. CIRAD CA, BP 5035 34032 Montpellier France, 77 p.
- Chopart, J.L. et Nicou, R. (1976). Influence du labour sur le développement racinaire de différentes plantes cultivées au Sénégal. Conséquences sur leur alimentation hydrique. *L'Agronomie Tropicale* 31 (1): 7-28.
- Eliard, J. L. (1979) : Manuel d'agriculture générale : Base de la production végétale à l'usage des élèves de l'enseignement agricole et des stagiaires des centres de formation professionnelle agricole. 5^e édition revue et corrigée. Edition, GB. Billière, Paris, 33 p.
- Fahala, A. A. (2006). Monographie de la commune d'Agbangnizoun. Programme d'appui au démarrage des communes. Afrique Conseil, 22p.
- FAO (1984). *Fertilizer and plant nutrition guide*. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin No. 9. Rome.
- Laghetti, G., Padulosi, S., Hammer, K., Cifarelli, S. and Perrino, P. (1990). Cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) germplasm collection in southern Italy and preliminary evaluation. In: Cowpea genetic resources. Ng, N. Q. and Monti, L. M. (eds), Thailand: Amarin Printing Group Co. pp. 46-57, ISBN 9781310537.
- Lau, T. et Stephenson A. G. (1993). Effect of soil nitrogen on pollen production, pollen grain size, and pollen performance in Cucurbita pepo (Cucurbitaceae) American journal of botany 1993, vol. 80, n°7, pp. 763-768 (47 ref.)
- Louette, O., (1998). Dégradation des terres de barre du Sud Bénin et du Togo. Département des science agraires/ CIRAD, 34p.
- Maertens, C. (1964). Influence des propriétés physiques des sols sur le développement racinaire et conséquences sur l'alimentation hydrique et azotée des cultures. *Science de Sol* 2: 31-41.
- Maréchal, R. et Baudet, J. C. (1977). Transfert du genre africain *Kerstingiella* Harms à *Macrotyloma* (Wight and Arn.) Verdc. (Papilionaceae). Bulletin du Jardin Botanique Nationale de Belgique: Volume n°47: 49-52.
- Morel, R. (1989). Les sols cultivés. Lavoisier, France. 373p.
- Nicou, R., Charreau, C. and Chopart, J.L. (1993). Tillage and soil physical properties in semi-arid

West Africa. *Soil and Tillage Research* 27:
125-147.

Veldkamp, T. (1992). La Fertilité du sol. Agromisa,
Wageningen, Pays-Bas, 26P.