

# Effet de la densité brute du sol sur le développement racinaire et global de plants de six variétés de bananier

G. Blomme, R. Swennen  
et A. Tenkouano

Le développement et la distribution des racines ne dépendent pas seulement du génotype (Kasperbauer 1990, McMichael 1990, Klepper 1992, Zobel 1992). Ils sont également affectés par l'environnement (Jung 1978, Kasperbauer 1990). La structure du sol, la disponibilité en nutriments et en eau, la température et le drainage peuvent interagir avec la constitution génétique des plantes (Hamblin 1985, Box 1996, Aguilar *et al.* 2000). Par exemple, il a été montré que l'impédance mécanique réduisait le taux d'élongation racinaire, qui était en relation avec une augmentation de la densité brute du sol ou de la pression du pénétromètre (Voorhees *et al.* 1975, Babalola et Lal 1977, Maurya et Lal 1979, Panayiotopoulos *et al.* 1994).

Le labourage réduit l'impédance mécanique et la densité brute du sol (Russell 1977). Pour les bananiers dessert, Robinson (1996) a trouvé que des sols qui avaient été labourés à plus de 50 cm produisaient plus de racines en meilleur état. L'effet d'une réduction de la densité brute du sol n'a pas été étudié sur une large gamme de génotypes de *Musa* spp. L'objectif de cette étude était d'évaluer l'effet du labourage sur les caractéristiques des racines et des rejets de quelques génotypes de *Musa* spp.

## Matériel et méthodes

Cette étude a été menée à la station de l'IITA possédant une pluviométrie élevée à Onne (4°42' N, 7°10' E, 5 m d'altitude), dans le sud-est du Nigeria, où le sol est dérivé de sédiments côtiers et est un paléodulte typique/acrisol haplique profond et bien drainé (FAO/ISRIC/ISSS 1998). Il appartient à la famille des sols loameux grossiers, siliceux isohyperthermiques. Les propriétés chimiques et physiques de la couche arable dans les champs expérimentaux ont été évaluées (tableau 1). La pluviométrie annuelle est de 2400 mm, distribuée de manière monomodale de février à novembre (Ortiz *et al.* 1997). Six génotypes appartenant à quatre groupes de *Musa* spp. ont été évalués : le bananier dessert 'Valery' (AAA), les bananiers plantain 'Agbagba' et 'Obino l'ewai' (AAB), le bananier à cuire 'Fougamou' (ABB) et les plantains hybrides tétraploïdes TMP x 548-9 et TMP x 1658-4. Ces hybrides ont été obtenus en croisant 'Obino l'ewai' avec respectivement 'Calcutta 4' (*M. acuminata* ssp.

*burmannicoides*) et 'Pisang lilin' (*M. acuminata* ssp. *malaccensis*). Le matériel de plantation était constitué de rejets baïonnette (rejets latéraux avec des feuilles lancéolées) qui ont été parés et plantés selon Swennen (1990).

Deux essais ont été réalisés. Dans le premier essai, la préparation du terrain a été faite manuellement en utilisant des houes, afin de ne pas modifier le sol. Dans le second essai, le sol a été hersé et labouré à une profondeur de 30 cm avec un tracteur, une semaine avant la plantation. Les deux champs expérimentaux avaient été laissés en jachère pendant plus de cinq ans avant la plantation. Le premier essai a été planté en juin 1996 et le second en août 1998. Malgré cet intervalle de deux ans entre les dates de plantation, les caractéristiques physiques et chimiques des sols étaient similaires au moment de la plantation (tableau 1), les deux champs étant distants de seulement trois mètres. De plus, les précipitations ont été abondantes pendant les deux essais : 805 mm de juin à août 1996 et 960 mm d'août à octobre 1998.

Pour chaque essai, on a utilisé un dispositif en blocs de Fisher avec deux réplifications de deux plantes par génotype. L'espacement entre les plants était de 2 m x 2 m. Les plants ont été cultivés selon un système monocultural et aucun paillis n'a été appliqué. La zone d'essais a été traitée avec le nématicide Nemaacur (agent actif : fenamiphos) à raison de 15 g/plant (trois traitements par an) afin de réduire l'infestation par les nématodes. De l'engrais a été appliqué sous la forme de chlorure de potassium (60 % K) à raison de 600 g/plante/an et d'urée à raison de 300 g/plant/an, épandu en six applications égales pendant la saison des pluies. Le fongicide Bayfidan (agent actif : triadiménol) a été appliqué trois fois par an à raison de 3,6 ml/plant afin de contrôler la maladie des raies noires causée par *Mycosphaerella fijiensis* Morelet.

Dans les deux essais, les plants ont été excavés 12 semaines après la plantation et les caractéristiques des racines et des tiges ont été évaluées. Les données de croissance aérienne mesurées sur chaque plant incluaient la hauteur du plant et la surface foliaire. La surface foliaire a été calculée selon Obiefuna et Ndubizu (1979). Le poids frais des cormes a également été mesuré. Les caractéristiques des racines comprenaient le nombre de racines adventives ou racines cordiformes ainsi que le poids sec des racines. La longueur des racines cordiformes a été mesurée en utilisant la méthode de l'intersection en ligne (Newman

1966, Tennant 1975). Cette méthode consiste à étaler les racines cordiformes sur une grille avec des mailles de 3 cm x 3 cm et à compter le nombre de points d'interaction. Le nombre de points d'interaction a été multiplié par un facteur de conversion de 2,3571, approprié à la taille des mailles de la grille utilisée.

## Résultats et discussion

Un effet significatif du labourage a été observé sur toutes les caractéristiques des racines et des rejets (tableau 2). Les plants du champ labouré ont mieux poussé que ceux du champ non labouré (figures 1 et 2). Le labourage a réduit la densité brute du sol de 26 % (de  $1,64 \pm 0,06$  g/cm<sup>3</sup> à  $1,21 \pm 0,02$  g/cm<sup>3</sup>) à une profondeur de 5 cm, et de 27 % (de  $1,62 \pm 0,07$  g/cm<sup>3</sup> à  $1,18 \pm 0,12$  g/cm<sup>3</sup>) à une profondeur de 20 cm.

L'effet positif d'une diminution de la densité brute du sol sur la croissance racinaire avait été démontré en conditions de paillis. Avnimelech (1986) a rapporté qu'il y avait un changement évident dans la structure du sol du fait de l'application de matière organique. Les agrégats du sol changeaient de structure, de compactée dense en friable poreuse, permettant la pénétration des racines, la diffusion de l'eau et des solutés vers et depuis les agrégats, améliorant ainsi les propriétés du sol en tant que milieu de croissance.

Pour *Musa* spp., Swennen (1984) a rapporté une augmentation de la ramification des racines en conditions de paillis. De plus, dans un système de culture itinérante, les plantains sont plantés la première année après le défrichement des terres quand la matière organique du sol est maximale et que la densité brute du sol est basse. De façon similaire, la croissance vigoureuse des plantains et des bananiers dans les systèmes de jardins de case (Nweke *et al.* 1988) pourrait être partiellement attribuée au contenu élevé en matière organique et à la faible densité brute du sol associée.

Pour le cultivar de bananier d'altitude d'Afrique de l'Est 'Mbwazirume' (AAA), McIntyre *et al.* (2000) ont rapporté que les traitements avec paillis étaient plus productifs en terme de biomasse en surface et dans le sol que des traitements en sol nu. La densité brute moins élevée et l'absorption d'eau plus rapide en profondeur dans les traitements de paillis indiquaient que le paillis augmente la porosité du sol et améliore l'infiltration.

Salau *et al.* (1992) ont attribué l'amélioration de la croissance végétative et de la production de régimes chez des plantains paillés entre

autres à l'augmentation de la porosité du sol et de la capacité d'infiltration du sol. L'effet positif d'une augmentation de la porosité du sol sur la croissance et le développement des racines a également été démontré chez les bananiers dessert (Champion et Sioussaram 1970, Sioussaram 1968, Delvaux et Guyot 1989, Robinson 1996) et pour le cultivar de bananier d'altitude Mbwarzirume (McIntyre *et al.* 2000).

Notre étude a montré qu'une réduction de la densité brute du sol par un labourage augmentait la croissance des rejets, ce qui était associé à un développement racinaire accru. Cela souligne l'importance, chez le bananier, de l'adoption de pratiques culturales qui réduisent la densité brute du sol.

## Remerciements

*Le Vlaamse Vereniging voor Ontwikkelingssamenwerking en Technische Bijstand* (Bureau flamand pour la coopération internationale et l'assistance technique) et la Direction générale belge pour la coopération internationale sont remerciés pour leur soutien financier. Les auteurs remercient M. Emeka Onwuvuariri de son aide pour la collecte des données. Cet article est le manuscrit N° IITA/02/JA/09 de l'IITA. ■

## Références

Aguilar E. A., D. W. Turner & K. Sivasithamparam. 2000. Proposition d'explication des mécanismes prédisposant les bananiers Cavendish à la fusariose durant l'hypoxie. *INFOMUSA* 9(2):9-13.

Avnimelech Y. 1986. Organic residues in modern agriculture. Pp.1-10 *in* The role of organic matter in modern agriculture. Developments in plant and soil sciences. (Y. Chen and Y. Avnimelech, eds.). Martinus Nijhoff Publishers. The Netherlands.

Babalola O. & R. Lal. 1977. Subsoil gravel horizon and maize root growth: 1. Gravel concentrations and bulk density effects. *Plant and Soil* 46:337-346.

Box, J.E. Jr. 1996. Modern methods of root investigation. Pp. 193-237 *in* Plant roots: The hidden half. 2<sup>nd</sup> ed. (Y. Waisel, A. Eshel and V. Kafafi, eds.). Marcel Dekker, New York.

Champion J. & D. Sioussaram. 1970. L'enracinement du bananier dans les conditions de la station de Neufchâteau (Guadeloupe). *Fruits* 25:847-859.

Delvaux B. & Ph. Guyot. 1989. Caractérisation de l'enracinement du bananier au champ. Incidences sur les relations sol-plante dans les bananeraies

**Tableau 1.** Propriétés chimiques et physiques de la couche arable du sol dans les deux champs expérimentaux au moment de la plantation.

Profondeur (cm)	Labouré		Non labouré	
	0-15	15-30	0-15	15-30
Sable %	80	76	79	73
Limon %	6	4	7	5
Argile %	14	20	14	22
PH H <sub>2</sub> O (1:1)	4,20	4,20	4,00	4,30
C org %	1,38	0,87	1,09	0,80
N Kjehl %	0,116	0,079	0,105	0,065
Rapport C/N	12	11	10	12
Bray-I P (ppm)	60,40	47,70	60,10	62
Ech Ca (cmol/kg)	0,90	0,40	0,20	0,20
Ech Mg (cmol/kg)	0,40	0,10	0,20	0,10
Ech K (cmol/kg)	0,10	0,03	0,10	0,10
Ech Na (cmol/kg)	0,10	0,10	0,40	0,50
Ech Mn (cmol/kg)	0,01	0	0,02	0,01
Ech Acide (cmol/kg)	3,00	3,00	2,70	3,00
Ech Al (cmol/kg)	2,00	2,00	2,00	1,70
CEEC (cmol/kg)	4,50	3,60	2,50	2,80

intensives de la Martinique. *Fruits* 44(12):633-647.

FAO/ISRIC/ISSS. 1998. World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Reports No. 84, FAO, Rome, Italy, 88pp.

Hamblin A. 1985. The influence of soil structure on water movement, crop growth, and water uptake. *Advances in Agronomy* 38:95-155.

Jung G.A. 1978. Crop tolerance to suboptimal land conditions. ASA. Madison. Wisconsin.

Kasperbauer M.J. 1990. Shoot/root relationships and bioregulation. Pp. 217-231 *in* Rhizospheric dynamics (Box, J.E. Jr and L.H. Hammond, eds.). Westview Press, Boulder. Colorado.

Klepper B. 1992. Development and growth of crop root system. *Advances in Soil Science* 19:1-25.

Maurya P.R. & R. Lal. 1979. Effect of bulk density and soil moisture on radicle elongation of some tropical crops. Pp. 339-397 *in* Soil physical properties and crop production in the tropics. (Lal, R. and D.J. Greenland, eds.). Wiley, New York.

McIntyre B.D., P.R. Speijer, S.J. Riha & F. Kizito. 2000. Effects of mulching on biomass, nutrients and soil water in banana inoculated with nematodes. *Agronomy Journal* 92:1081-1085.

McMichael B.L. 1990. Root shoot relationship in cotton. Pp. 232-251 *in* Rhizospheric dynamics (Box, J.E. Jr and L.H. Hammond, eds.). Westview Press, Boulder. Colorado.

Newman E.I. 1966. A method for estimating the total length of root in a sample. *Journal of Applied Ecology* 3: 139-145.

Nweke F., J.E. Njoku & F. Wilson. 1988. Production and limitations of plantain (*Musa* spp. cv. AAB) production in compound gardens in southeastern Nigeria. *Fruits* 43:161-166.

Obiefuna, J.C. & T.O.C. Nduzizu. 1979. Estimating leaf area of plantain. *Scientia Horticulturae* 11:31-36.

Ortiz R., P.D. Austin & D. Vuylsteke. 1997. IITA high rainfall station: Twenty years of research for sustainable agriculture in the West African Humid Forest. *HortScience* 32(6):969-972.

Panayiotopoulos K.P., C.P. Papadopoulou & A. Hatjiioannidou. 1994. Compaction and penetration resistance of an Alfisol and Entisol and their influence on root growth of maize seedlings. *Soil Tillage Research* 31:323-337.

Robinson J.C. 1996. Bananas and Plantains. CAB International. Wallingford, Oxon, UK. 238pp.

Russell R.S. 1977. Plant root systems: Their function and interaction with the soil. McGraw-Hill Book Company (UK) Limited. 298pp.

Salau O.A., O.A. Opara-Nadi & R. Swennen. 1992. Effects of mulching on soil properties, growth and yield of plantain on a tropical ultisol in southeastern Nigeria. *Soil and Tillage Research* 23:73-93.

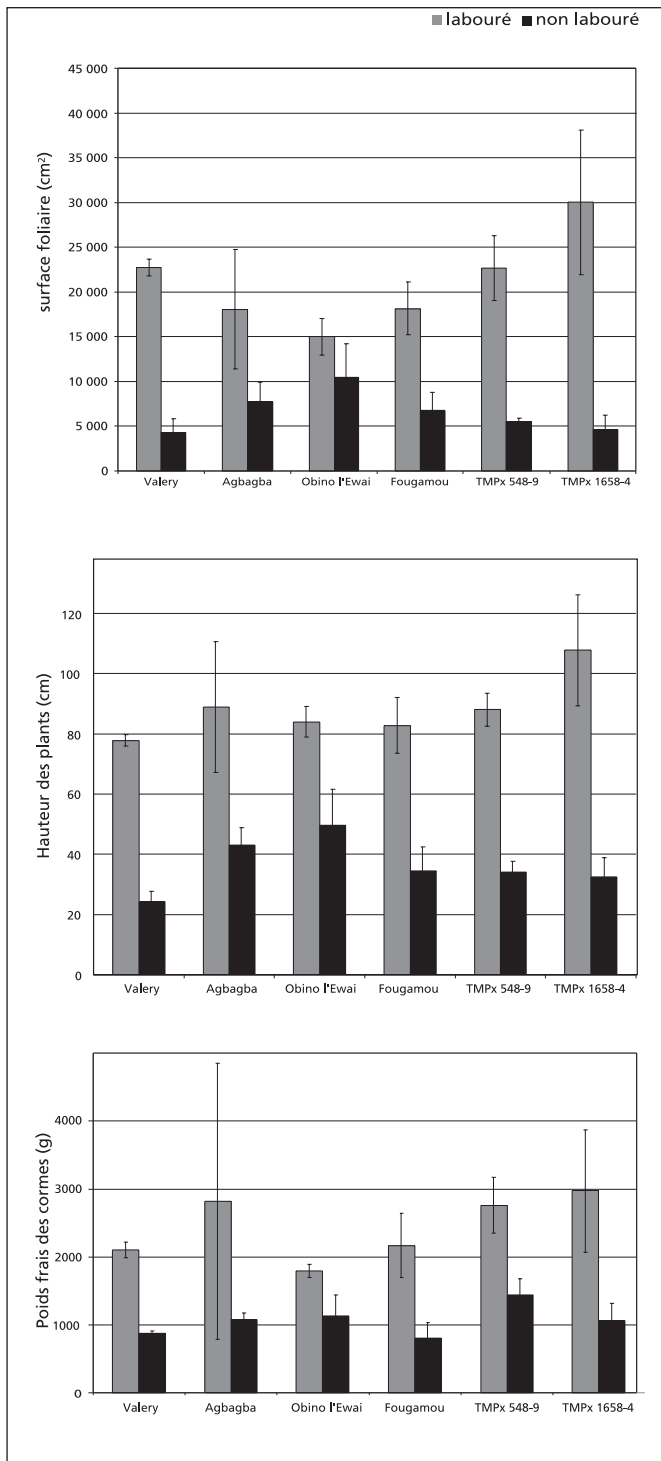
Sioussaram D. 1968. Observations préliminaires sur l'enracinement des bananiers dans les sols de la station de Neufchâteau, Guadeloupe. *Fruits* 23(9):473-479.

**Tableau 2.** Carrés moyens et différences significatives pour différentes caractéristiques.

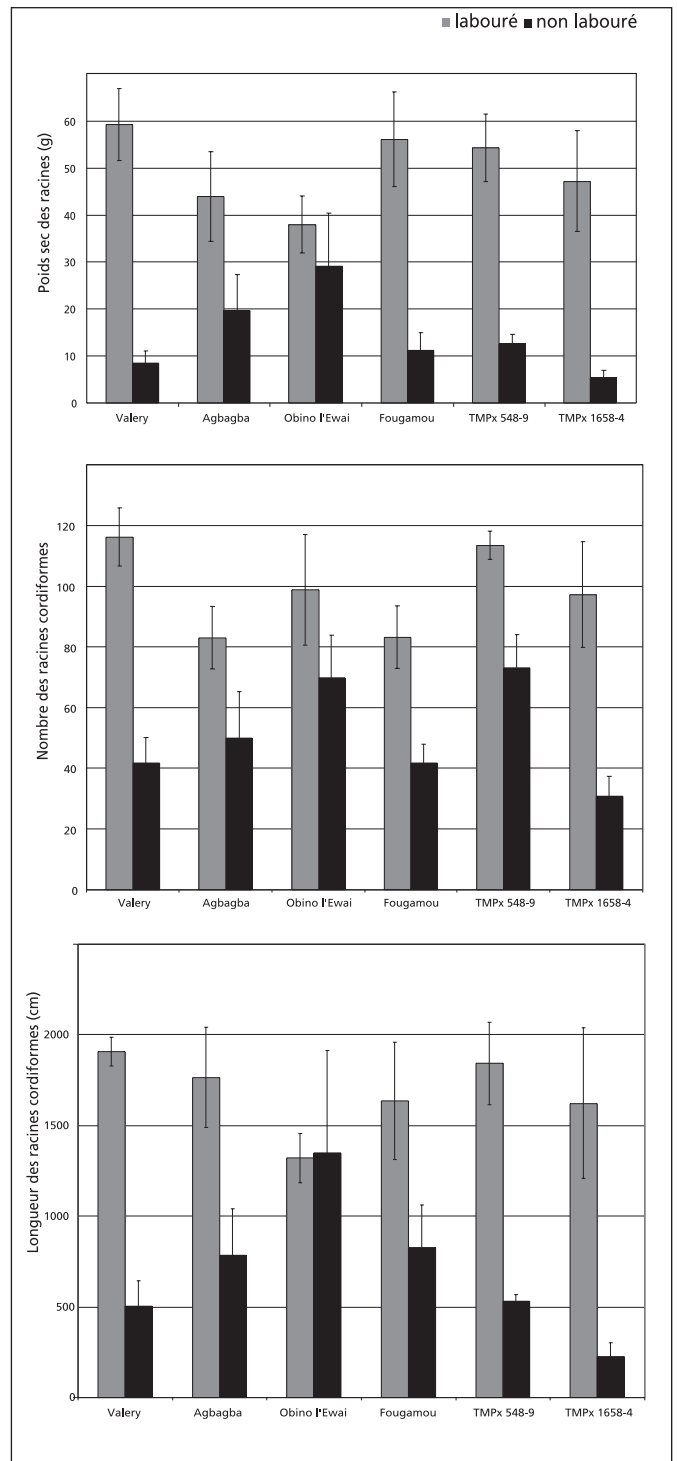
Source de variation	dl	Caractéristiques des rejets et des racines						
		SF	HP	CP	PF	PS	NR	LR
Préparation du terrain	1	2527959649***	31682***	2067***	21817971***	14938***	26654***	11306501***
Génotype	5	24826299	384	20	703096	71	1235	162260
Réplication	1	26267980	14	0.3	88714	214	348	166471
Résiduel	39	56895732	362	33	1142765	247	576	337071

SF : surface foliaire, HP : hauteur des plants, CP : circonférence des plants, PF : poids frais des cornes, PS : poids sec des racines, NR : nombre de racines cordiformes, LR : longueur des racines.

\*\*\* Significatif à P<0.001.



**Figure 1.** Surface foliaire, hauteur des plants et poids frais des cornes de six variétés de bananiers cultivés sur un sol labouré ou non labouré.



**Figure 2.** Poids sec des racines, nombre de racines cordiformes et longueur des racines cordiformes de six variétés de bananiers cultivés sur un sol labouré ou non labouré.

Swennen R. 1984. A physiological study of the suckering behavior in plantain (*Musa cv. AAB*). PhD thesis, Dissertations de Agricultura No. 132, Faculty of Agriculture, Katholieke Universiteit Leuven, 180 pp.

Swennen R. 1990. Plantain cultivation under West African conditions. A reference manual. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. 24pp.

Tennant D. 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length. *Journal of Ecology* 63:995-1001.

Voorhees W.B., D.A. Farrell & W.E. Larson. 1975. Soil strength and aeration effects on root elongation. *Soil Science Society of American Journal* 39:948-953.

Zobel R.W. 1992. Soil environment constraints to root growth. Pp. 27-41 in *Limitations to plant root growth*. (Hartfield J.L. and B.A. Stewart, eds.) Springer-Verlag, New York.

**Guy Blomme** est assistant coordonnateur régional de l'INIBAP pour l'Afrique de l'Est et australe à Kampala, Ouganda ; **Abdou Tenkouano** travaille à la Division d'amélioration des plantes de l'Institut international d'agriculture tropicale (IITA), Onne High Rainfall

Station, L. W. Lambourn & Co. Carolyn House, 26 Dingwall Road, Croydon, CR9 3EE, Angleterre et **Rony Swennen** au Laboratoire d'amélioration des plantes tropicales, Katholieke Universiteit Leuven, Kasteelpark Arenberg 13, 3001 Leuven, Belgique.