

*La Revue
Internationale
sur Bananiers
et Plantains*

infoMusa

*Château-Musa :
un nouveau cru*

*Savoirs
traditionnels*

*La filière
plantain*

*Les bananes
des villes*

*Les racines
mises à nu*

*Vol. 12 N° 1
Juin 2003*



Editeur :
Réseau international pour l'amélioration
de la banane et de la banane plantain
(INIBAP)

Rédacteur en chef :
Claudine Picq

Comité de Rédaction :
Suzanne Sharrock, Anne Vézina,
Jean-Vincent Escalant, Emile Frison

Avec l'appui scientifique de :
Ekow Akyeampong, Sylvio Belalcázar, Guy
Blomme, Xavier Draye, Luis Pérez Vicente,
Luis Pocasangre, Ludovic Temple, Abdou
Tenkouano, Inge Van den Bergh

Mise en page :
Crayon & Cie
Imprimé en France
ISSN 1023-0068
Rédaction : INFOMUSA, INIBAP, Parc
Scientifique Agropolis II, 34397 Montpellier
Cedex 5, France. Téléphone : + 33-(0)4 67
61 13 02 ; Télécopie : + 33-(0)4 67 61 03 34 ;
Courriel électronique : inibap@cgiar.org
L'abonnement est gratuit pour les pays en
développement. Les lecteurs sont invités à
envoyer lettres et articles. La rédaction se
réserve le droit d'abréger ou de reformuler
les textes publiés pour des raisons de
clarté et de concision. INFOMUSA ne peut
s'engager à répondre à toutes les lettres
reçues, mais s'efforcera de le faire dans
un délai raisonnable. La reproduction de
tout extrait du magazine est autorisée, à
condition d'en spécifier l'origine.
INFOMUSA est également publié en anglais
et en espagnol. Une version électronique
est disponible à l'adresse suivante : http://www.inibap.org/publications/infomusa/infomusa_fre.htm
Changement d'adresse : Merci d'en informer
la rédaction d'INFOMUSA à l'adresse
indiquée ci-dessus, avec si possible six
semaines de préavis, afin d'éviter toute
interruption de réception de la revue.

**Les opinions émises dans les articles
n'engagent que leurs auteurs et ne
reflètent pas nécessairement le point de
vue de l'INIBAP.**

La mission de l'INIBAP est d'accroître
de façon durable la productivité
des bananiers et des bananiers
plantain cultivés sur de petites
exploitations pour la consommation
locale et pour les marchés d'exportation.
L'INIBAP est un programme de
l'Institut international pour les
ressources phytogénétiques (IPGRI),
un centre *Future Harvest*.

Photo de couverture :
Sélection et emballage
de bananes plantain
au Costa Rica
(M. Bedford, Baobab production)



Sommaire

Utilisation de bananes plantain pour produire du vin <i>A.C. Carreño S. et M. Aristizábal L.</i>	2
Sélection variétale par des producteurs du Centre du Cameroun <i>C. Mengue Efanden, L. Temple et K. Tomekpe</i>	4
Données socioéconomiques sur la filière plantain en Afrique Centrale et de l'Ouest <i>R. Nkendah et E. Akyeampong</i>	8
Identification des systèmes de production du bananier dans l'agriculture urbaine et périurbaine de Yaoundé <i>S. Lemeilleur, L. Temple et M. Kwa</i>	13
Effet du volume du pot sur la croissance des racines, le potentiel reproductif de <i>Radopholus similis</i> et les dégâts qu'il engendre sur les bananiers <i>N. Dosselaere, M. Araya et D. De Waele</i>	17
Développement d'un système de culture aéroponique pour étudier la réaction des racines de bananier à une infection par <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i> et <i>Radopholus similis</i> <i>A.A. Severn-Ellis, M. Daneel, K de Jager et D. De Waele</i>	22
Evaluation de la variation génotypique de l'architecture racinaire chez <i>Musa</i> spp. en conditions de champ <i>G. Blomme, R. Swennen et A. Tenkouano</i>	24
Performances agronomiques et résistance à la maladie des raies noires de l'hybride 'CRBP-39' <i>J.-P. Cohan, C. Abadie, K. Tomekpé et J. Tchango Tchango</i>	29
Effet sur la fusariose d'un sol suppressif induit artificiellement <i>A.S.Y. Ting, S. Meon, K. Jugah et A.R. Anuar</i>	33
Gestion de <i>Pratylenchus coffeae</i> au moyen d'amendements organiques et minéraux <i>P. Sundararaju et V. Kumar</i>	35
Fertilisation (organique et inorganique) et production de 'Dominico hartón' <i>M.M. Bolaños B., H. Morales O. et L.D. Celis G.</i>	38
Effet de la fertigation et de l'irrigation sur le rendement de plantations à haute densité du cultivar 'Robusta' <i>M. Mahalakshmi, N. Kumar et K. Soorianathasundaram</i>	42
Effet de l'ablation de mains sur la production de 'Dominico hartón' et 'Africa' en Colombie <i>J.A. Quintero S. et M. Aristizábal L.</i>	44
Caractéristiques de croissance et de production d'hybrides FHIA en Colombie <i>A.M. González L., C. Gómez et M. Aristizábal L.</i>	46
En mémoire de Harry Robert Stover	50
Thèses	51
Nouvelles de <i>Musa</i>	54
Bloc-notes	56

C'est une heureuse coïncidence qu'INFOMUSA soit plus beau que jamais pour souhaiter la bienvenue à Montpellier à deux nouvelles personnes et saluer avec regret le départ de trois « piliers » qui ont tant donné à l'INIBAP. Après 8 années mouvementées à la barre de l'INIBAP, Émile Frison nous quitte pour remplacer Geoff Hawtin au poste de Directeur général de l'Institut international des ressources phytogénétiques (IPGRI).

Belge de naissance et phytopathologiste de formation, Émile a passé la plus grande part de sa carrière dans la recherche agricole internationale, commençant à l'IITA, au Nigeria, en 1979. Il a travaillé 6 ans en Afrique et a rejoint l'IPGRI en 1987. Il est devenu directeur de l'INIBAP en 1995, peu après que l'INIBAP ait intégré l'IPGRI. En tant que directeur, il a donné un élan à la recherche sur les bananiers et les bananiers plantain. En 1997, il a joué un rôle déterminant dans le lancement du Programme global d'amélioration des *Musa* (PROMUSA), qui rassemble des chercheurs de disciplines différentes, et, en 2001, il a rejoint un autre groupe de scientifiques en lançant le Consortium international sur la génomique du bananier. Émile aime rappeler que la banane est plus qu'un fruit populaire imbriqué dans des différends commerciaux et qu'un symbole du pouvoir des multinationales. Grâce à lui, un nombre grandissant de gens connaissent l'importance de la banane pour les petits cultivateurs de nombreux pays tropicaux. En tant que Directeur de l'IPGRI, on attend sûrement de lui qu'il attire l'attention du monde entier sur l'importance de la diversité génétique des plantes cultivées comme base d'un développement agricole durable.

La responsabilité de poursuivre le développement du programme INIBAP passe dans les mains expertes de Richard Markham, un scientifique britannique qui parle le français et l'espagnol. Après avoir obtenu un PhD en zoologie et entomologie appliquée de l'*Imperial College* de l'Université de Londres, il a rejoint les CAB au Kenya en 1981. En 1986, sous les auspices de l'IITA, il a organisé un réseau de scientifiques en Afrique orientale et australe pour s'attaquer au problème des ravageurs du manioc. En 1989, Richard a mis en place un consortium inter-régional avec des groupes d'Amérique centrale, d'Europe et d'Afrique de l'Ouest pour mieux protéger les greniers agricoles des attaques du grand capucin. Plus récemment, il a aidé à établir le programme du GCRAI sur la lutte intégrée contre les ravageurs, lancé en 1996. Richard relève avec enthousiasme le défi qui consiste à utiliser l'expertise de spécialistes de disciplines différentes pour améliorer le niveau de vie des agriculteurs dans un environnement qui se détériore.

L'autre nouveau visage à l'INIBAP est familier à de nombreuses personnes appartenant à la communauté bananière. Nicolas Roux a été nommé au poste nouvellement créé de Coordinateur du Consortium international sur la génomique du bananier. Citoyen belge, il a effectué sa thèse de doctorat sur l'induction de mutations chez *Musa*, et, pendant les 15 dernières années, il a été impliqué dans l'utilisation des technologies d'amélioration du bananier. Avant de rejoindre l'INIBAP, il travaillait à l'Institut de botanique expérimentale en République tchèque, où il était responsable du Centre des ressources génomiques du bananier. Il est l'auteur de nombreux articles sur *Musa* et il parle couramment les trois langues officielles de l'INIBAP.

Le plaisir d'accueillir de nouvelles personnes est atténué par la tristesse de voir partir Suzanne Sharrock, responsable de la conservation du matériel génétique, et Tom Thornton, Directeur financier. Suzanne a été nommée Directrice de la communication au *Botanic Gardens Conservation International*, à Londres. De nationalité britannique, elle a rejoint l'INIBAP en 1996. Elle y est appréciée pour son expertise en matière de conservation des *Musa* et pour ses efforts pour mettre de l'ordre dans la taxonomie des bananiers. Parmi ses contributions, figurent la publication d'un catalogue sur la diversité de *Musa* et la création d'un lien entre la base de données MGIS et un système d'information géographique. Inter-culturelle par excellence, elle a organisé un programme d'échange entre l'Afrique de l'Ouest et l'Amérique latine pour transférer des technologies de production des bananes plantain. En 2002, le réseau bananier pour l'Asie-Pacifique l'a récompensée en lui attribuant le prix Pisang Raja. Son naturel enjoué, son enthousiasme et son sens de l'humour manqueront à tous ceux qui ont eu le plaisir de travailler avec elle.

Tom s'est joint à l'INIBAP en 1990 et nous quitte pour profiter d'une retraite bien méritée. Citoyen britannique, il a géré avec doigté le budget de l'institut pendant les 13 années où il a tenu les cordons de la bourse. Si l'INIBAP a une bonne réputation autant auprès des donateurs que des créditeurs, c'est en grande partie grâce à lui. Après une vie à parcourir le monde pour son travail, Tom peut maintenant se permettre de souffler un peu. Nous lui souhaitons une belle retraite et adressons à Suzanne et Émile tous nos vœux de succès dans leurs nouveaux postes. Nous les remercions tous pour leur contribution à l'INIBAP pendant ces années déterminantes.

La rédaction

Utilisation de bananes plantain pour produire du vin

A.C. Carreño S. et M. Aristizábal L.

Le bananier plantain 'Dominico hartón' (*Musa* cv. AAB) est le clone le plus cultivé dans la zone caféière colombienne. Sa production s'étale sur toute l'année, participe pour 65% à la production nationale et fournit les principaux marchés du pays. Mais les pertes, au moment de la récolte et postérieurement, totalisent 10% de la production globale (Peláez 1996, Duque et Bohorquez 1997), soit 300 000 tonnes par an. Dans cette région caféière, l'agro-industrie de la banane plantain est récente (Cayón *et al.* 2000). Elle consiste principalement à transformer la banane plantain, verte ou mûrissante, en fritures, farine et produits congelés.

La maturation, phase finale de la croissance et du développement des fruits, se fait par une série de changements coordonnés dans le temps qui conduisent à la dégénérescence et à l'abscission du fruit (Arcila *et al.* 1998). Lorsque les fruits mûrissent, l'amidon se transforme en sucres sous l'action d'un processus physiologique plus lent chez le bananier plantain (*Musa* cv. AAB) que chez le bananier (*Musa* cv. AAA). La teneur en amidon de la banane plantain est élevée, comparée à celle de la banane ; mais, dans les deux cas, elle augmente progressivement avec la maturation physiologique pour diminuer ensuite brutalement lors de la transformation en sucres solubles. Si on considère que la fermentation alcoolique du sucre se fait dans un milieu anaérobie et donne comme produit principal l'éthanol, la banane plantain remplit toutes les conditions physico-chimiques (tableau 1) pour que cette fermentation soit menée à bien normalement. C'est l'objet de cette étude.

Matériel et méthodes

Le travail s'est déroulé en deux phases au Laboratoire de biotechnologie de l'Université de Caldas.

Essais préliminaires

Au cours de cette phase, on a développé le processus de fermentation anaérobie afin de déterminer les caractéristiques organoleptiques et le degré en alcool du produit final, et ce, en fonction de deux variables : la présence ou non d'un fond de cuve servant à initier le processus de fermentation et/ou la présence de sirop de sucre (tableau 2).

Le mélange est laissé à l'air libre pendant 24 h. Ensuite on installe un 'piège à eau' dont une extrémité est plongée dans une solution d'hydroxyde de calcium à 10%, dosée à partir de la 2^{ème} semaine afin de déterminer l'évolution de la fermentation d'après les variations de pH et la transformation du sucre en éthanol.

Au fur et à mesure que prend fin chacune des fermentations, concrétisée par l'arrêt naturel des variations au niveau du piège à eau, on procède au soutirage puis, postérieurement, au sulfitage (métaphosphate de sodium à 10%, à la dose de 0,2 ml/L) et au collage¹ à l'aide de substances clarifiantes (albumine et colle de poisson à 10%, aux doses respectives de 13 et 38 ml/L). On laisse reposer 5 jours à 4°C pour permettre le dépôt de la lie, avant de mettre en bouteille et de procéder à l'évaluation du produit.

Obtention du vin

A partir de la formule de l'essai sélectionnée en première phase, on suit le schéma de vinification préconisé pour obtenir un vin de fruits (figure 1). Le produit obtenu à partir de la fermentation, d'une durée de 15 jours, possède une bonne teneur en sucre ce qui permet de le faire refermenter en lui ajoutant 0,1 g de levure et 5 g de sucre par litre de vin.

Une fois relancée la fermentation avec un piège à eau (anaérobie), on la laisse se poursuivre pendant cinq jours. On partage ensuite le produit en deux parties: la première est sulfitée, filtrée puis réfrigérée à 4°C pendant huit jours ; la deuxième reste en fermentation encore cinq jours, ceci afin de déterminer par des tests de dégustation, le meilleur temps de refermentation.

La refermentation initiale ne se poursuit pas au delà de 15 jours car, au bout de ce temps, et bien que le produit prenne une saveur alcoolisée plus prononcée, il perd son arôme et son goût fruités, ce qui conduirait à l'éliminer lors des tests de dégustations comparatives.

Résultats et discussion

Essais préliminaires

Dès l'obtention du produit final, on procède à l'évaluation de ses qualités organoleptiques, sans l'aide de comparaisons ni de notations puisqu'il s'agit d'un produit non traditionnel, mais avec la participation de dégustateurs non entraînés qui déterminent quels produits, selon eux, occupent la première et la deuxième place, en fonction de caractéristiques organoleptiques détaillées dans un questionnaire.

L'essai E1 (présence de sirop de sucre et du fond de cuve) présente la meilleure caractérisation organoleptique : équilibre parfait entre la saveur sucrée et l'acidité ou l'amertume, déterminants pour l'évaluation.

L'essai E3 (présence de sirop de sucre sans fond de cuve) occupe la deuxième place : les essais ayant subi un réajustement de leur teneur en sucre au stade de la formulation présentent les meilleures caractéristiques gustatives.

Tableau 1. Composition physico-chimique des bananes plantain du clone 'Dominico hartón'

	Pulpe du fruit vert (%)	Pulpe du fruit mûr (%)
Amidon	80,00	69,00
Sucres totaux	0,75	23,70
Sucres réducteurs	0,53	24,50
Acide malique	0,70	1,50
Brix	6,00	18,00

Tiré de Belalcázar *et al.* 1991

¹ NDLR. Collage : opération qui a pour but de clarifier le vin en précipitant les matières en suspension qu'il contient.

Tableau 2. Protocole* des essais préliminaires.

Essai	Sucre (g)	Fond de cuve**
E1	300	Avec
E2	0	Avec
E3	300	Sans
E4	0	Sans

* Pour les 4 essais, on a utilisé 1500 g de pulpe, 1500 ml d'eau, 2,75 g d'acide tartrique, 2,3 g de levure et 2 ml de métaphosphate de sodium ont été utilisés.

** 300 ml de jus chauffé à 30°C, auquel on a ajouté de la levure et qu'on a laissé reposer 3 heures avant de le verser dans le ballon de fermentation.

L'essai E2 (sans sirop de sucre, avec fond de cuve), de durée de fermentation la plus longue (29 jours) et de degré alcoolique le plus élevé en éthanol (supérieur à 8%, tableau 3), ne parvient pas à obtenir une bonne caractérisation organoleptique lorsqu'on le confronte en dégustation avec ceux d'un degré moindre en alcool.

L'essai E4 (sans sirop de sucre ni fond de cuve) n'obtient pas non plus une bonne caractérisation organoleptique bien qu'il ait une couleur agréable et une bonne transparence.

D'après l'évaluation au laboratoire de l'essai E1, le développement de la fermentation et le produit obtenu sont caractéristiques de la vinification d'un vin mousseux de type Brut car son degré en alcool varie de 6 à 10% (Mestre 1998) (tableau 3). En outre, étant donné sa forte teneur en sucre, il peut être refermenté, soit par induction avec adjonction de sucre et de levure, soit par stockage à une température inférieure à 15°C. Il présente également les meilleures caractéristiques organoleptiques, même s'il n'a pas le degré en alcool le plus élevé (tableau 3). Ceci va à l'encontre de l'évaluation par élimination prônée par les protocoles de vinification, où le meilleur vin est celui qui a le plus fort degré en alcool (Peynaud 1977).

On en conclut donc que l'essai E1 possède la meilleure formule et la durée de fermentation adéquate pour obtenir du vin de banane plantain 'Dominico hartón'.

Obtention du vin

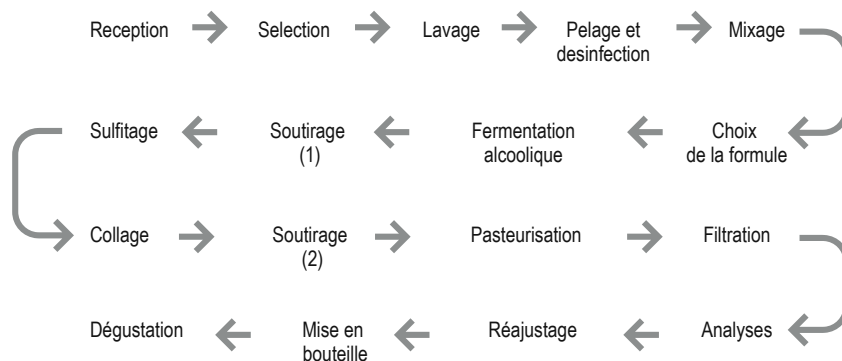
On suit les étapes du protocole de vinification à partir de l'essai E1 (figure 1). L'analyse organoleptique indique que le vin conserve les caractéristiques naturelles du fruit : couleur jaune pâle, typique de la pulpe de la banane plantain mûre, et arôme fruité. Ceci lui confère un aspect clairement défini.

Tableau 3. Caractéristiques chimiques et durée de fermentation des quatre essais préliminaires.

Essai	pH	Brix	Alcool (%)	DF
E1	3,66	15,0	6	17
E2	3,82	5,0	8	29
E3	3,74	11,0	7	15
E4	3,94	8,5	4	15

DF: Durée de fermentation (jours).

Figure 1. Diagramme des étapes du processus de vinification (Arrieta 1989).



Le degré en alcool de ce type de produit constitue la base de la commercialisation puisqu'il détermine en partie sa classification finale lors de l'analyse organoleptique. Ici, 8 degrés d'alcool (tableau 4) suffisent à définir un apéritif de type vin mousseux.

Les résultats de l'analyse physico-chimique (tableau 4) indiquent que la densité du produit est supérieure à celle de l'eau du fait de sa teneur en sucres, lesquels à leur tour déterminent la teneur en CO₂ libéré naturellement et, donc, le caractère mousseux. Ce qui précède est vérifié par la valeur de Brix obtenue. Le pH est élevé en comparaison à ceux reportés dans les protocoles de vinification, situés entre 3,5 et 3,6 (Bondiac 1998). Mais cette valeur n'est pas déterminante pour le vin de banane plantain car, d'après l'analyse microbiologique, les micro-organismes présents n'atteignent pas un niveau favorisant leur reproduction dans le milieu (tableau 5). La faible acidité volatile n'entraîne pas la détérioration du vin au contact de l'air. La teneur en méthanol est faible, comparée aux valeurs standards admises (200 mg/L), ce qui assure l'innocuité de sa consommation. Le SO₂ libre se situe dans la fourchette des vins du commerce, ce qui ne pose donc pas de problème quant à une réactivation éventuelle des levures, susceptible de refermenter les sucres réducteurs du produit final.

Le réajustage au stade de la stabilisation consiste à incorporer au produit une forte dose de métabisulfite de sodium (7,5 ml/L), puis de le conserver à 4°C pendant 24 h après pasteurisation et enfin de le filtrer.

L'analyse microbiologique (tableau 5) permet de conclure à la parfaite innocuité du produit final pour la consommation humaine puisque les valeurs obtenues pour les différents critères d'évaluation sont au-dessous des standards admis.

L'analyse chimique réalisée sur le résidu obtenu à la fin du processus de vinification fait état de faibles teneurs en protéines et en fibres, ce qui rend ce sous-produit impropre à l'alimentation animale, qu'il n'améliorerait pas de façon significative.

Tableau 4. Caractéristiques physico-chimiques du produit final.

Détermination	Résultat
Degré alcoolique	8%
Brix	9,6 (20°C)
Densité apparente	1,038 g/ml
Densité réelle	5,3 g/ml
pH	3,9
Acidité totale	6,45 g/L (en acide tartrique)
Acidité volatile	0,138 g/L (en acide acétique)
SO ₂ libre	25,6 mg/L
SO ₂ total	249,6 mg/L
Alcool méthilique	15 mg/L

Tableau 5. Caractéristiques microbiologiques du produit final.

Type de test	Référence technique	(Ufc/ml)
Germes aérobies mésophiles en plaque profonde	MB-Met-01	11*10 ¹
Coliformes totaux	MB-Met-02	<3*
Coliformes fécaux	MB-Met-03	<3*
Moississures et levures	MB-Met-05	<10
Lactobacillus	MB-Met-12	<10
Spoires sulfito-réducteurs	MB-Met-10	<10

Ufc/ml: Nombre d'unités formatrices de colonies par ml.

* Nombre le plus probable de micro-organismes.

Conclusion

Les meilleurs temps de fermentation et de refermentation ont été obtenus par l'essai E1 (17 jours) et 10 jours de refermentation, ce qui correspond aux meilleures caractéristiques organoleptiques du produit final.

Sa teneur en acidité volatile confirme que, pour ce vin en particulier, il n'y a pas de risques qu'il tourne au vinaigre au contact de l'air. De plus, la quantité de méthanol présente est bien au-dessous des niveaux de toxicité pouvant altérer la santé humaine.

Les résultats de l'analyse microbiologique démontrent que la durée et la température de pasteurisation choisies sont les plus appropriées pour contrôler les micro-organismes, pathogènes ou non, susceptibles, de quelque manière que ce soit, d'affecter la qualité et la stabilité du produit.

Le sous-produit dérivé du processus de fermentation n'offre pas grand intérêt pour une utilisation quelconque dans d'autres domaines.

Les caractéristiques organoleptiques présentées par le produit final permettent de le classer dans les vins mousseux, naturellement gazéifiés (champagnisés), qualité propre aux vins issus de fermentations naturelles.

Les auteurs travaillent au
Departamento de Fitotecnia,
Universidad de Caldas, Apartado
aéreo 275, Calle 65 No.26-10,
Manizales, Caldas, Colombie.
Courriel : cafolios@cumanday.
ucaldas.edu.co

Le rendement du processus d'obtention du produit est de 80%.

Références

- Arcila M., F. Torres, G. Cayón & G. Giraldo. 1998. Cambios físicos durante la maduración del fruto de plátano Dominico hartón (*Musa AAB Simmonds*) asociados con el clima de la región cafetera central de Colombia. *Revista Corbana* 23(49):57-68.
- Arrieta D. 1989. Principios sobre la producción de vinos de frutas. *Revista Informática Química*. Departamento de Química, Universidad del Quindío. Armenia, Colombie.
- Belalcázar S., J. Valencia & J. Lozada. 1991. La planta y el fruto Pp. 43-89 in *El cultivo del plátano en el trópico* (Belalcázar Carvajal S., ed.). ICA Cali, Colombie.
- Bondiac E. 1980. *Elaboración de vinos*. 4ª ed. Ed. Síntes, Barcelona, España.
- Cayón G., G. Giraldo & M. Arcila (eds). 2000. *Postcosecha y agroindustria del plátano en el eje cafetero de Colombia*. Corpoica. Armenia, Colombie. 265pp.
- Duque L. & Y. Bohorquez. 1997. Modelo para la determinación de pérdidas postcosecha del plátano Dominico hartón (*Musa AAB Simmonds*) producido en el Departamento del Quindío. Trabajo de grado, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Quindío. Armenia, Colombie.
- Mestre R. 1998. *Guía de los vinos de España*. Plaza y Janés editores S.A. Barcelona. Espagne.
- Peláez M., G. González, E. Díaz, A. Amaya & A. Giraldo. 1996. Comercialización del plátano 'Dominico-Hartón' cultivado en el departamento de Quindío. Pp. 109-125 in *Tecnología del eje cafetero para la siembra y explotación rentable del cultivo del plátano* (Belalcázar Carvajal S., Cayón Salinas D.G., Jaramillo García O., Lopez C., eds). Comité Departamental de Cafeteros del Quindío, Armenia, Colombie.
- Peynaud E. 1977. *Enología práctica. Conocimiento y elaboración del vino*. Mundi-prensa. Madrid. Espagne.

Savoirs traditionnels

Sélection variétale par des producteurs du Centre du Cameroun

C. Mengue Efanden, L. Temple et K. Tomekpe

Le régime alimentaire dans les régions forestières du Cameroun est basé sur les amylacées, dont fait partie la banane plantain (Dury *et al.* 2002). L'accroissement de la production par des changements techniques est nécessaire pour répondre aux enjeux de la sécurité alimentaire du pays (Temple 2000). L'amélioration variétale contribue à ces changements, mais si les objectifs poursuivis dans la création variétale sont connus (Auboiron *et al.* 1998), on déplore l'insuffisance de recherches sur les savoirs des agriculteurs et de leur maîtrise du potentiel variétal existant (CRDI 2001). Un examen du savoir de ces agriculteurs paraît utile pour contribuer à l'amélioration des systèmes de production par l'introduction de

nouvelles variétés. La présente étude porte sur les connaissances locales sur les différentes variétés de plantain et les déterminants du choix des variétés par les producteurs.

Matériel et méthodes

Afin d'identifier les préférences variétales des producteurs et expliciter les dynamiques de sélection mises en œuvre, un inventaire des variétés locales a été mené dans deux départements de la province du Centre : un dans la zone de Mbam et Kim (une zone d'intense migration et donc de fort brassage ethnique et culturel) et l'autre dans la zone de Nyong et Mfoumou (zone où les migrations sont

moins importantes). L'objectif était de prendre deux situations différentes, du point de vue socioculturel, et susceptibles d'avoir un impact sur la diversité variétale. Trois localités ont été choisies en raison de la forte production de plantain, identifiée à partir d'enquêtes dans les marchés urbains : Talba et Téate dans le Mbam et Kim et Ayos dans le Nyong et Mfoumou.

Le climat dans les trois localités est tropical, guinéo-soudanéen, avec quatre saisons dont deux humides et deux sèches. Quinze paysans choisis au hasard ont été retenus à Talba, 15 à Téate et 20 à Ayos, soit un total de 50 producteurs. Ils appartiennent aux groupes socioculturels les plus importants des diverses localités : Eton, Manguissa, Yambassa et Sanaga à Talba et Téate; Yebekolo, Ombang et Makia à Ayos.

La collecte des données par questionnaire s'est accompagnée de la visite des parcelles. Le faible échantillon autorise peu l'analyse quantitative des données mais permet de repérer la diversité des situations existantes, d'expliquer les déterminants de cette diversité et de hiérarchiser les préférences des producteurs. Pour cela, il a été demandé aux fermiers de citer les cinq premiers critères de préférence et de les classer de plus important au moins important. Dans un deuxième temps, le nombre d'occurrences d'un critère donné a été pondéré par le poids associé au rang accordé par les fermiers pour obtenir un indice pondéré de préférence.

Il est souvent arrivé qu'une variété soit citée plusieurs fois sous des noms différents ou que des variétés différentes soient confondues en une seule par des personnes d'une même localité et/ou de localités différentes (tableau 1). Clarifier ces deux points afin de valider les synonymes a impliqué un lourd travail de vérification par des retours fréquents sur le terrain après l'enquête initiale. Enfin, il existe des plantains qui n'ont pu être identifiés à partir des descriptions des producteurs. Ces plantains ont été en partie classifiés à partir d'indications fournies par certains auteurs (Tézenas du Montcel 1979, Rossel 1998).

Résultats et discussion

Diagnostic de la diversité variétale locale

Une forte diversité variétale a été observée, soit 37 variétés au total (tableau 2). En moyenne, un producteur identifie entre 8 et 9 variétés. Si le nombre de variétés inventoriées est relativement le même dans les trois localités (21 à Talba, 20 à Téate et 23 à Ayos), celui des variétés les plus produites n'est pas le même. C'est ainsi qu'à Talba, cinq plantains se sont avérés

les plus cultivés ('Essong', 'Elat', 'Assugbegle', 'Alovina', 'Otug'); huit à Téate ('Essong', 'Elat', 'Assugbegle', 'Alovina', 'Otuga', 'Mo', 'Assang-da', 'Ossen'); et huit également à Ayos ('Essong', 'Elat', 'Assugbegle', 'Assang da', 'Nya Vombo', 'Nyo', 'Ebang', 'Azem').

Talba et Téate sont dans la même zone (*Mbam et Kim*), mais le nombre de variétés les plus cultivées est un peu plus important à Téate, village situé sur un front pionnier où il existe un fort brassage de populations venant de zones diverses du pays. Ces nouveaux venus vont d'abord « essayer » une gamme relativement importante de variétés qu'ils trouvent dans la zone d'accueil ou qu'ils importent de leur zone d'origine avant de ne retenir, après une ou deux saisons, que celles qui répondent à leurs critères de préférence. Talba, un village non-pionnier, présente de ce fait une gamme plus restreinte de variétés très cultivées.

Classification des plantains locaux

Les critères de description variétale utilisés par les fermiers sont la couleur et la taille du régime (nombre de main), la grosseur, la longueur et l'orientation des doigts, l'existence ou non du bourgeon, la couleur du pseudotrunc et de la sève, ainsi que le goût et la tendreté de la pulpe de plantain. Bien que variant d'un paysan à un autre, ces critères ont permis non seulement de différencier et/ou de faire correspondre le nom de certains plantains provenant de différents dialectes et/ou de différentes localités, mais également de les regrouper en types de plantains reconnus.

Ainsi, un essai de classification a été entrepris mais, à la différence d'autres auteurs (Tézenas du Montcel 1979, Rossel 1998), nos enquêtes sur les perceptions paysannes n'ont pas permis

Tableau 1. Appellations locales d'une même variété selon les ethnies.

Nom en Eton	Synonymes dans d'autres ethnies				
	Sanaga	Makia	Manguissa	Yebekolo/Ombang	Yambassa
Essong (t,r)*	Endjo	Sag			Guimananyagna
Elat (t,r)	Irata	Duindje/Duind			
Assugbegle	Ambobenguéré		Avot begle(t)		Kanatchongno
Alovina (t)	Alahindi/ Mbinobinor	Abiyilé		Ekoan Otira/ ZipEkoan/Alouvinda	
Otuga (rouge)	Obutekondo	Nkoumo®			Ibulu
Obel (t)					
Assang da (t,r)		Akos-wouroung		Assang Assang	
Nyo			Bogloboglo		
Ossen (t,r)	Monda Monda				
Nya Vombo		Ekoan Ndengué/ Ngwak/Mbouroukou/ Ampouamb		Ekoan Mekia	
Ngoué		Nku Kuant			
Ebang (t,r)		Bang (t,r)			
Messong me Zé (t,r)			Djaé Zé		
Etutunu	Ambarangondé		Etunbekogo	Ekoan Awoura	

* Dénominations également relevées par Tézenas du Montcel (t) et Rossel (r).

Tableau 2. Classification par les fermiers des plantains locaux.

Nom du cultivar	Signification	Nombre de fois cité			Eléments de description variétale utilisés par les fermiers	Type
		Talba	Téate	Ayos		
Essong (t, r)*		15	15	10	10-15 mains, pseudotrunc, bourgeon	French
Elat (t,r)	L'union	15	15	19	8 mains, doigts minces, bourgeon	French
Mo (t)		4	11	0	Doigts moyens, rouges, bourgeon	French
Assugbegle (t)	Difficile à porter	15	15	19	1-5 mains, doigts longs, gros et courbes, pas de bourgeon	Horn
Alovina (t,r)	Nuit tombante	15	15	6	8-10 mains, vert pâle, bourgeon, pulpe rougeâtre	French
Otoug (r)		10	13	0	1-7 mains, pseudotrunc rouge/normal bourgeon rabougri, doigt gros	False horn
Assang da (t,r)	Une main	6	11	10	1 main, pas de bourgeon, doigts gros et épars	Horn
Ossen (t)	Ecureuil	6	10	3	Feuilles/doigts rayés, bourgeon, petit régime	French
Onundji (r)	Doigt de gorille	0	2	1	3-4 mains, doigts gros et courts, bourgeon, similaire banane	
Nya vombo (t, r)		7	7	15	Bourgeon rabougri, 2-6 mains, doigts gros, longs et jaunâtres	False horn
Ombanga		6	0	0	4 mains, bourgeon, nombreux doigts	
Nya ékoan	Vrai plantain	2	0	0		
Nyo ékoan (r)	Plantain serpent	7	5	16	Bourgeon, 1-15 mains serpentine	French
Obel ékoan (t)		5	1	5	6 mains, doigts bombés et courts, et courts, pseudotrunc/nervures rougeâtres	
Etoutounou	Le nabot	1	5	3	Similaire banane, 8 mains, doigts courts et gros, bourgeon	
Ntubna		0	1	0	Petit régime, doigts minces	French
Obura		0	1	0	Doigts gros et courts	
Ebang (t, r)		0	1	16	1-6 mains, bourgeon rabougri doigts gros, courbes, jumeaux et déhissants	False horn
Messong me Zé (t,r)	Dents de panthère	3	2	5	1-3 mains, pas de bourgeon, doigts gros, longs, droits et jaunâtres	Horn
Mbom ékoan		1	0	0		
Mebémengon (t)	Seins de jeune fille	1	0	0		
Ngon moto	Fille de l'homme	0	1	0	Petit régime, doigts minces, bourgeon	French
Alomoro	L'oreille humaine	0	1	0	Régime moyen, doigts courts, bourgeon	French
Ekoan metcha		0	2	2	Petit régime, doigts courts et anguleux, pseudo-trunc vert luisant, pulpe blanche, bourgeon	French
Nkunda bang (r)		2	0	0		
Ambarangondé		4	0	0	Similaire banane	French
Azem		0	0	12	Plus de 10 mains, bourgeon, doigts minces et nombreux	French
Nyog ékoan (r)		0	0	1		Horn
Anthia (t,r)	Le sang	0	0	2	Sève rouge	French
Mvodo ékoan		0	0	9	4-5 mains, doigts rayés, bourgeon rabougri, feuilles parfois rayées	False horn
Zok ékon (t, r)	Plantain éléphant	0	0	2		French
Ekoan awoura	Plantain dégoutant	0	0	3	Gros régime, bourgeon	
Allen ékoan (r)	Plantain palmier	0	0	1	Petits doigts, régime pointé vers le ciel	
Mvop ékoan	Plantain hérissé	0	0	4		
Ngoué ékoan	Plantain cochon	0	0	4	8-10 mains, gros doigts, bourgeon	French
Akessa		2	0	0		
Mbimbo		2	0	0		
Total variétés		21	20	23		

*Plantains également inventoriés par Tézenas du Montcel (t), et Rossel (r).

de mettre en évidence une différenciation entre les types French horn et False horn. De fait, nous avons classé les variétés sous les types French, False horn et True horn :

French : Azem¹, Essong, Mo, Nyo, Zok (r)², Ngon moto, Anthia, Ngoué, Alomoro, Elat, Alovina, Obel (t), Nkounda bang (r), Onundji (r), Ntubna, Ossen, Nya, Mboé, Mebémengon, Etutunu.

False horn : Ebang, Otuga rouge, Otoug vert, Mvodo, Nya Vombo, Ombanga.

True horn : Assugbegle, Assang-da, Messong me Zé (t, r), Nyog (r).

Il reste des variétés qui n'ont encore pu être identifiées avec certitude. Des travaux d'identification botanique sont toujours en cours

de réalisation. Il s'agit de 'Obura', 'Allen', 'Mvop', 'Akessa' et 'Mbimbo'.

Particularités variétales

• 'Nyo' : Il s'agit d'un French géant qui s'observe sous deux variantes : l'une dispose de nombreuses mains hélicoïdales alors que l'autre n'en dispose que d'une qui serpente le régime. L'allure serpentine a valu aux deux variantes la dénomination 'Nyo ékoan' qui signifie « plantain serpent ».

• 'Otoug' : deux variantes de ce False horn sont également observées, la différence se faisant sur la couleur rouge-violacée du pseudotrunc de l'une des variantes.

¹ Les noms des plantains sont donnés en Eton, qui est le groupe ethnique le plus représenté dans notre étude.

² Les noms suivis de (t) et/ou de (r) sont ceux que les travaux de Tézenas du Montcel (t) ou de Rossel (r) ont permis de classer.

- 'Allen ékoan' : Il s'agit d'une variété dont le régime se dispose droit vers le ciel tel celui du palmier. D'où le terme 'Allen ékoan' qui signifie « plantain palmier ».
- 'Anthia' : Plantain avec sève de couleur rougeâtre. 'Anthia' signifie « le sang ».
- 'Ossen ékoan' : Variété avec rayures sur doigts et feuilles. 'Ossen' signifie « l'écureuil ».
- Selon les agriculteurs, en fonction des sites, la variété 'Assang-da' (une main) peut être sujette à la « stérilité » et prendre la dénomination 'Nnom ékoan' (plantain mâle). L'inflorescence de celui-ci est érigée, sans main ni doigt tel le 'Nothing but green' ou le 'Nothing but red'.

Paramètres agronomiques

Bien que tout plantain soit vulnérable aux chutes et casses du pseudotrunc surtout à partir du troisième cycle, l'Essong serait, selon les producteurs de Talba et Téate, relativement plus résistant à ces attaques comparativement aux autres variétés. Le fait que ceci n'ait pas été validé dans les conditions expérimentales soulève la question de l'influence du milieu (contexte pédoclimatique, pratiques culturales) sur la rusticité relative des variétés.

Tout plantain qui émet son inflorescence dans les 12 mois après la plantation est considéré comme précoce par les producteurs et tardif au-delà de ce laps de temps. 'Elat', 'Assugbegle' et 'Ebang' (environ 8% des variétés) sont précoces. Les variétés dites tardives sont 'Essong', 'Nyo', 'Alovina', 'Mvodo', 'Azem', 'Obel', 'Mo', 'Mbimbo', 'Otuga' et 'Nya ékon' (27% des variétés). Les producteurs signalent cependant que cette précocité se modifie en fonction de l'importance des contraintes parasites compte-tenu de la non-utilisation d'intrants.

En fonction du nombre de rejet produits par pied-mère sur un cycle cultural, les producteurs classent les plantains de la manière suivante :

- Variétés à fort pouvoir de rejetonnage : Nombre de rejet > 10 : 'Essong', 'Elat', 'Mo', 'Assugbele', 'Ombanga'.
- Variétés à pouvoir de rejetonnage moyen : Nombre de rejet compris entre 5 et 10 : 'Obel', 'Otuga', 'Alovina'.
- Variétés à faible pouvoir de rejetonnage : Nombre de rejet < 5 : 'Nya Vombo', 'Nyo'.

Kwa (1998) a attribué aux 'French sombre' et 'Mbourokou N°1' ('Alovina' et 'Nya Vombo') des valeurs cumulées maximales de 12 et 8 rejets/pied en 16 et 14 mois de cycle respectivement. La relative faiblesse du rejetonnage d'Alovina' (5-10) et de 'Nya Vombo' (<5) relevée par les producteurs s'explique en condition de production extensive par des phénomènes de dessèchement et de disparition des rejets en surface (Kwa 1998).

Lors du stockage ou du transport de régimes vers les marchés, les plantains subissent des chocs et détachements des doigts qui affectent la qualité marchande du produit. Certaines variétés sont plus sensibles à ces chocs. 'Elat' (selon 56%

des paysans). 'Assugbegle' (32%) et 'Essong' (30%) sont classés comme les plus résistants à ces contraintes.

Critères de choix variétaux paysans

Dans les zones sélectionnées, le plantain est devenu une source de revenus; plus de 50% de la production est commercialisée par 60% des producteurs. La gamme de variétés prisées pour la commercialisation est plus large à Ayos ('Essong', 'Elat', 'Assugbegle', 'Nyo', 'Ebang', 'Azem') qu'à Talba et Téate ('Essong' et 'Assugbegle'). D'une zone à l'autre, les critères recherchés pour cette fin sont les mêmes et concernent le régime, soit beaucoup de mains, et de gros et longs doigts.

Pour leur consommation personnelle, les producteurs préfèrent 'Elat' et 'Alovina' à Talba et Téate, et 'Elat', 'Ebang' et 'Nya Vombo' à Ayos. Les critères particulièrement recherchés sont un goût relativement sucré de plantain même au stade vert, cette saveur n'étant d'ordinaire plus marquée qu'au stade jauni du régime. Aussi, la tendreté de la pulpe même à l'état complètement refroidi est recherchée, les plantains ne conservant généralement cette caractéristique qu'à l'état chaud. La fermeté de la pulpe, autre caractéristique réclamée, consiste pour un plantain à ne pas procurer à la consommation une sensation d'être imbibé d'eau.

La variété 'Nya Vombo' est spécifiquement appréciée à Ayos car elle est utilisée pour la confection d'un met spécial appelé « Ndengué » et typique à la zone Ayos-Est Cameroun.

Il est apparu par le calcul d'un indice pondéré de préférence que les producteurs privilégient d'abord la taille du régime, puis les qualités organoleptiques, et enfin les caractéristiques agronomiques (tableau 3).

Sélection et gestion de la diversité variétale

Plus de 87% des producteurs ont déclaré manquer de matériel végétal pour la plantation. La pratique de la récolte des rejets dans de vieilles parcelles se traduit par une mauvaise qualité sanitaire de ce matériel.

Pour y remédier, plus de 52% des répondants pratiquent le stockage volontaire des rejets avant

Tableau 3. Critères de sélection classés selon les préférences exprimées par les fermiers.

Critère	Importance du critère pour le producteur					IPP ^b
	1 ^{er} position (5 ^e)	2 ^e position (4)	3 ^e position (3)	4 ^e position (2)	5 ^e position (1)	
Grands régimes	35 ^c	9	3	0	1	221
Longueur/poids des doigts	6	23	6	3	0	146
Goût/ tendreté de la pulpe	4	7	15	5	1	104
Précocité	4	1	6	8	5	63
Rusticité	0	3	0	1	5	19
Résistance aux chutes	0	0	3	1	0	11
Rejetonnage	0	1	4	6	11	39
Durabilité du corne	0	1	0	1	4	10

^a Indice de pondération

^b Indice pondéré de préférence

^c Nombre de répondants ayant exprimé cette préférence.

plantation sur des durées variables de quelques jours à un voire deux mois. À l'issue de ce stockage qui se fait au sec et en tas, au champ comme au domicile du producteur, les bons rejets seraient ceux qui ont émis un bourgeon; les autres sont considérés comme infestés et pourrissent sur place.

Ces pratiques réduisent considérablement la disponibilité en matériel végétal. De ce fait, les agriculteurs plantent tout le matériel disponible, stocké ou pas, et ont du mal à mettre en place une véritable stratégie de sélection variétale. La plupart d'entre eux reconnaissent ainsi que les variétés introduites dans les parcelles ne correspondent pas nécessairement à celles qu'ils souhaiteraient au regard de leurs objectifs de commercialisation ou de consommation. Par ailleurs, les rejets achetés sur le marché ne sont pas différenciés par variété. Le producteur découvre après plantation le panel de variété mis en place ce qui constitue un facteur limitant important pour évaluer l'adaptation des variétés aux spécificités du milieu et adapter ses pratiques culturales en conséquence. La modification des techniques de multiplication de même que les méthodes de lutte intégrée sont susceptibles d'améliorer de manière importante la capacité de sélection des producteurs de plantain.

Conclusion

Le travail réalisé a permis de préciser les caractéristiques de la demande variétale des producteurs et les déterminants qui agissent sur son évolution. Il montre que le travail de sélection des agriculteurs est entravé par les techniques actuelles de production de rejets. Les connaissances sur les pratiques des agriculteurs sont actuellement utilisées dans les opérations de validation d'innovations agronomiques mises

en œuvre dans les zones considérées et la mise en place d'un réseau de « collections » gérés par les agriculteurs. Ce travail devrait être complété par une collecte systématique et une description botanique des plantains inventoriés afin de vérifier si les variétés non identifiées sont bien présentes en collection. Enfin cette étude a été conduite dans seulement deux départements de la province du Centre qui en compte dix. D'autres foyers de production de plantain existent, avec sans aucun doute des spécificités qui leur sont propres et qu'il reste à découvrir.

Références

- Auboiron E., R. Achard, K. Tomekpe, P. Noupadja, J. Tchango Tchango & J.-V. Escalant. 1998. Impact des travaux d'amélioration génétique et des biotechnologies sur les productions de bananiers pour les consommations locales en Afrique de l'Ouest et Afrique Centrale. *Cahiers d'études et de recherches francophones/Agricultures* 7(6):475-480.
- CRDI. 2001. Elargir l'approche des questions de biodiversité et de propriété intellectuelle. P. 17 in Groupe Crucible II. Le débat des semences. Volume 1. Solutions politiques pour les ressources génétiques: Un brevet pour la vie revisitée. CRDI-IPGRI-FDH.
- Dury S., N. Bricas, J. Tchango-Tchango, L. Temple & A. Bikoï. 2002. The determinant of urban plantain consumption in Cameroon. *Food Quality and Preferences* 32(3):81-88.
- Kwa M. 1998. Production de rejets chez les bananiers en cultures intensives. *Fruits* 53(6):365-374.
- Rossel G. 1998. Taxonomic-linguistic study of plantain in Africa. Research School CNWS. Leiden University. Netherlands.
- Temple L. & J. Engola Oyep. 2000. La sécurité alimentaire en Afrique centrale. Enjeux pour un troisième millénaire. *Afrique Agriculture* 279.
- Tézenas du Montcel H. 1979. Le bananier plantain du Cameroun. Propositions pour leur classification et dénominations vernaculaires. *Fruits* 34(2):307-313.

C. Mengue Efanden et L. Temple travaillent au Centre Africain de Recherches sur Bananiers et Plantains (CARBAP) BP 2572, Yaoundé, Cameroun, courriels : mecy@hotmail.com et temple@iccnet.cm (auteur pour correspondance), et **K. Tomekpe** au CARBAP, BP 832, Douala, Cameroun, courriel: tomekpe@camnet.cm

Etude socio-économique

Données socioéconomiques sur la filière plantain en Afrique Centrale et de l'Ouest

R. Nkendah et E. Akyeampong

En Afrique Centrale et de l'Ouest, les bananes et bananes plantain contribuent de manière essentielle à la sécurité alimentaire, la création d'emplois, la diversification des revenus dans les zones rurales et urbaines, au produit intérieur brut (PIB) et, ce faisant, à la lutte contre la pauvreté (Temple *et al.* 1997, Temple *et al.* 2000, Nkendah 2001). Malgré leur importance pour le développement, les décideurs publics ne disposent pas d'informations suffisantes pour élaborer et mettre en œuvre une politique sectorielle spécifique. L'élaboration d'une base de données pertinente en accès libre est donc susceptible de contribuer à une meilleure prise

en compte des bananes et bananes plantain dans les orientations des politiques agricoles et d'accroître leur impact. Cet article présente les résultats de la collecte de données de base sur les bananes et bananes plantain dans les pays de l'Afrique Centrale et de l'Ouest, le but étant de faire des recommandations pour améliorer les données existantes et d'identifier les besoins complémentaires d'informations qui devront justifier les enquêtes futures. Les sources de données utilisées sont essentiellement constituées des rapports de pays dont une synthèse a été réalisée par le bureau régional de l'INIBAP pour l'Afrique Centrale et de l'Ouest

(Nkendah 2002). En raison de l'insuffisance des données statistiques dans certains pays, cet article se limite aux informations fournies par quatre des principaux pays producteurs (Cameroun, Côte d'Ivoire, Ghana, Nigeria) et le Gabon qui contribuent ensemble pour 60% de la production régionale de bananes et bananes plantain (FAO 2001).

Culture des bananes plantain

En raison de l'augmentation de leurs ventes sur les marchés locaux, régionaux et internationaux, les bananes plantain sont considérées comme un produit d'avenir permettant de diversifier et augmenter les revenus. Dans le sud-ouest du Cameroun, le centre-ouest de la Côte d'Ivoire et l'est du Ghana, les bananes plantain représentent en effet une source non négligeable de revenus pour les populations rurales (Rapports des pays 2001). En tant que culture vivrière, les bananiers plantain sont particulièrement importants car ils produisent un aliment de bonne qualité nutritionnelle et s'adaptent à des systèmes de culture très variés.

Le bananier plantain obtient de bons rendements sur des zones forestières défrichées. Mais en raison des contraintes foncières (pression démographique par exemple), les producteurs sont parfois conduits à cultiver dans des conditions agroécologiques où la fertilité des sols a été réduite.

Selon Hugues Tézenas du Montcel (1985), le régime pluviométrique idéal pour le bananier plantain est celui qui apporte entre 120 et 160 mm de pluie par mois, soit de 1440 à 1920 mm de pluie par an. Quant à la température, elle doit se situer entre 16 et 28°C. Les données du tableau 1 montrent que les conditions climatiques d'Afrique Centrale et de l'Ouest sont favorables au développement des *Musa*.

La banane plantain est cultivée dans un éventail très large de systèmes de culture qui varient en fonction des pays. La caractéristique principale de ces systèmes est qu'ils mobilisent peu d'intrants chimiques ce qui se traduit par des rendements et des coûts de production faibles. Par ailleurs, le bananier plantain est généralement cultivée en association avec d'autres cultures vivrières (manioc, igname, riz, taro, macabo, etc.), de rente (café, cacao) ou fruitières (avocatier, agrumes, prunier, etc.). Les systèmes en monoculture de bananiers plantain sont plutôt rares en Afrique Centrale comme en Afrique de l'Ouest (Temple et Bikoï 2001).

Les principales cultures d'association avec le bananier plantain sont globalement similaires dans la zone étudiée. Lorsque le bananier plantain est associé avec d'autres cultures vivrières, il est souvent la culture principale sur la parcelle au 1^{er}, 2^e et 3^e cycle. Après trois cycles, il disparaît progressivement pour devenir une culture résiduelle. Lorsqu'il est associé à des arbres fruitiers ou des cultures de rente, il sert

Tableau 1. Pluviométrie, température et humidité dans quelques zones de production en Afrique Centrale et de l'Ouest (1988-1997).

	Ghana		Cameroun		Nigeria	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Pluviométrie (mm)	1172,0	1670,6	1451,0	2919,7	901,9	2203,2
Température (°C)	21,2	31,9	14,5	33,4	21,9	33,9
Humidité (%)	73,8	81,1	55,0	79,0	68,0	85,0

Source : Rapports des pays (2001).

d'ombrage (jeunes cacaoyers) et représente une diversification pour le producteur.

On note, par ailleurs, l'émergence de la monoculture principalement dans l'agriculture périurbaine.

Production

Le volume de production s'est accru au cours des dix dernières années dans les principaux pays de la région. Seul le Gabon a conservé une production presque constante (figure 1). Bien que la République Démocratique du Congo soit le premier producteur de la région, c'est le Nigeria qui apparaît comme le premier producteur de bananes plantain dans l'échantillon des pays étudiés. En général, les principales zones de production dans chaque pays sont localisées dans les régions du sud (tableau 2).

Le rendement moyen est faible en raison des méthodes d'estimation de ces données qui sont plus ou moins fiables (tableau 3). Les essais en station donnent un rendement de 30 tonnes/ha dans certains pays de la région. Une analyse

Tableau 2. Principales zones de production.

	Principales régions productrices
Cameroun	La côte (29%), le grand sud (36%), le grand ouest (29%)
Côte d'Ivoire	Sud ouest ¹ , centre ouest ¹
Ghana	Est (44%), Ashanti (25%), Ouest (17%), autres (14%)
Gabon	Nyanga (46%), moyen Ogooué (26%), estuaire (15%), Woleu- Ntem (12%), autres (1%)
Nigeria	Etats de Cross River (56,5%), Ondo (21,5%) et Delta (11,9%)

¹ Les statistiques actuelles de la Côte d'Ivoire ne permettent pas de quantifier le poids des deux grandes régions dans la production totale.

Source : Rapports des pays (2001).

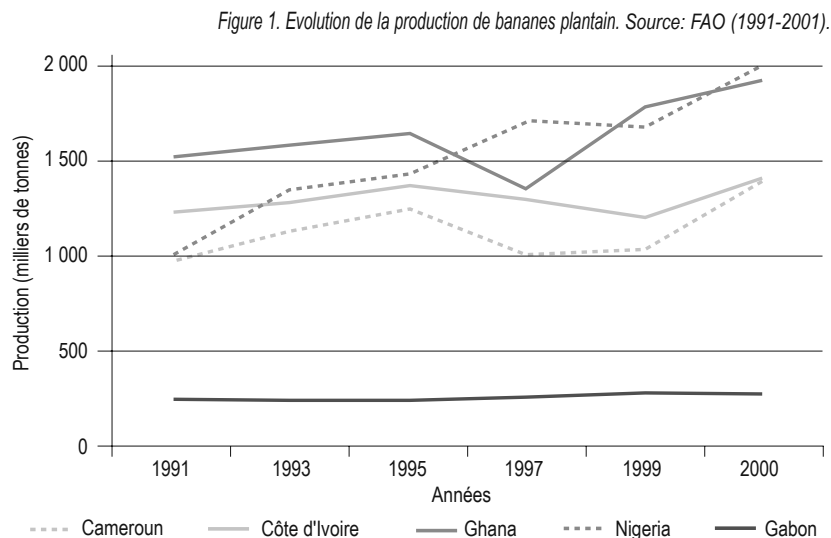


Tableau 3. Superficies cultivées et rendement du bananier plantain dans les différents pays.

Pays	Superficie cultivée (ha)	Rendement (tonnes/ha/an)	Superficie cultivée (ha)	Production (%)
Ghana	209 254	7,0	8,5	30,5
Cameroun	930 006	16,6	3,8	18,7
Gabon	54 334	4,6	2,2	4,6
Côte d'Ivoire	279 568	8,1	11,5	24,7
Nigeria	1 706 611	*	69,9	20,1
TOTAL	2 342 773	5,5	95,9	100,0

* Données non disponibles

Source: Rapports des pays, calculs de R. Nkendah (2001).

des statistiques de production sans le Nigeria (en raison d'une incohérence) donne 5,5 tonnes/ha en milieu réel en raison des pertes avant récolte, de la baisse de fertilité et du non-respect des traitements phytosanitaires des exploitations par les producteurs. Le Nigeria possède plus de 50% des superficies consacrées aux *Musa*.

Les variétés de bananiers plantain cultivées sont nombreuses en Afrique Centrale et de l'Ouest et leurs appellations varient en fonction des régions et des langues locales. De façon générale, on distingue les 'French' (géants et moyens) et les 'Horn' ('Cornes' faux et vrais). Au Cameroun, en Côte d'Ivoire et au Ghana, les 'False horn' ('Faux cornes') sont les plus cultivés du fait d'un cycle de production plus court que celui des 'French'. Cependant, certaines variétés locales ('Batard', 'Essong') sont très présentes.

Consommation

Après le manioc, la banane plantain est le deuxième produit vivrier de base dans la plupart des pays de la région et sa consommation est généralement plus élevée en milieu urbain qu'en milieu rural. Malgré de légers décalages avec les chiffres de la FAO, le Gabon et le Cameroun sont les plus grands consommateurs (tableau 4).

La comparaison des données de consommation avec les autres produits vivriers de base comme le manioc, le macabo, l'igname et le riz permet de bien situer la place quantitative de la banane plantain dans l'alimentation des populations de la région. Cependant, les données nécessaires ne sont pas disponibles pour tous les pays et des efforts restent à faire en terme de collecte de données de consommation. Il en est de même des coefficients budgétaires qui permettent d'apprécier la part de la banane plantain dans le budget consacré à l'alimentation. Selon les résultats de l'enquête budget consommation, au Cameroun, la banane plantain (coefficient budgétaire de 3) est la deuxième dépense des ménages après le riz (coefficient budgétaire de 5,2) (DSCN 1987, DSCN-CIRAD-IITA 2000).

Les modes de consommation sont très divers et varient en fonction des pays. Les bananes sont consommées bouillies, frites, grillées sur la braise, le fruit est broyé pour obtenir des

pâtes alimentaires ou mis en fermentation pour la fabrication de la bière locale, la peau brûlée des bananes sert à la fabrication des savons, etc. En Côte d'Ivoire, par exemple, les aliments issus des transformations de la banane plantain sont généralement désignés par des appellations dont la plus connue est le «foutou» qui est de la banane plantain pilée accompagnée d'une sauce.

Commercialisation

La dispersion des zones de production et l'absence ou le mauvais état des voies de communication liant ces zones aux centres urbains entraînent un approvisionnement irrégulier des marchés par les grossistes.

Dans les marchés urbains, le commerce de détail est souvent le domaine des femmes alors que les hommes sont souvent des grossistes. De façon générale, on peut distinguer trois circuits de distribution:

- 1) Producteur → Consommateur
- 2) Producteur → Détaillant → Consommateur
- 3) Producteur → Grossiste → Détaillant → Consommateur

Dans le premier circuit, le producteur vend directement aux consommateurs au bord du champ, dans les marchés du village, au bord des routes. Le deuxième circuit est le plus répandu (Akyeampong 1998) : les commerçantes quittent les zones urbaines pour aller acheter en grande quantité dans les zones rurales pour les revendre ensuite aux consommateurs urbains. Le troisième circuit est le plus long car les grossistes vont dans les zones rurales s'approvisionner en grandes quantités pour revendre ensuite aux détaillants qui revendent à leur tour en petits tas ou en régimes.

Le pourcentage du volume de production commercialisé varie largement selon les pays : au Cameroun, il est en moyenne de 37% alors qu'il est de 81% au Ghana. Ces pourcentages permettent d'estimer la contribution de la banane plantain au revenu des opérateurs impliqués dans la filière. Au Cameroun, en l'an 2000, la banane plantain a contribué pour 73 milliards de Francs CFA au revenu des paysans (Temple *et al.* 2001). Ces revenus sont essentiellement utilisés pour la satisfaction des besoins fondamentaux (santé), ce qui indique leur importance dans une stratégie de réduction de la pauvreté.

La Côte d'Ivoire et le Cameroun sont parmi les pays qui approvisionnent l'Europe en bananes plantain, mais leur part dans le total des exportations reste faible, moins de 1%

On observe, depuis quelques années, un développement du commerce intra-africain à partir de deux pôles :

- en Afrique Centrale, les principaux importateurs sont le Gabon, le Congo, la Guinée équatoriale qui importent du Cameroun.

Tableau 4. Consommation moyenne de bananes plantain dans quelques pays d'Afrique Centrale et de l'Ouest.

	Kg/hab/an selon les rapports	Kg/hab/an selon la FAO
Cameroun	105	128 ^a
Côte d'Ivoire	70	86 ^a
Ghana	85	92 ^a
Gabon	236	161 ^a
Nigeria	n.d.	15 ^b

Source : Rapport des pays (2001).

^a FAO (1998, cité par Frison et Sharrock).

^b FAO (1997 cité par E. Akyeampong).

- en Afrique de l'Ouest, les importateurs sont le Burkina Faso, le Mali, le Sénégal et la Guinée qui importent de la Côte d'Ivoire.

Depuis quelques années, les prix moyens au kg de la banane plantain ne cessent d'augmenter dans la plupart des pays de la région avec deux extrêmes : le Gabon et le Cameroun (figure 2). Dans l'ensemble, la banane plantain demeure une denrée alimentaire chère pour les populations urbaines, notamment au Gabon et au Nigeria. Les prix sont par ailleurs très saisonniers reflétant une insuffisance de l'offre sur les marchés.

A Yaoundé au Cameroun, l'augmentation saisonnière des prix débute en avril et culmine en août avec une augmentation de 49% des prix par rapport au prix le plus bas (Temple 2001). Au Gabon, à Libreville, elle s'étend de mai à septembre, période durant laquelle le prix dépasse souvent 500 FCFA/kg. La même période de pénurie est observée en Côte d'Ivoire où la banane plantain peut atteindre 200 FCFA/kg alors qu'elle n'est vendue que 75 FCFA/kg en période d'abondance.

Contraintes au développement de la filière banane plantain

D'après les chercheurs et producteurs de *Musa* en Afrique Centrale et de l'Ouest, les contraintes au développement de la filière banane et banane plantain ne diffèrent pas considérablement d'un pays à l'autre. On peut les regrouper comme suit :

Insuffisance de matériel végétal robuste et adéquate

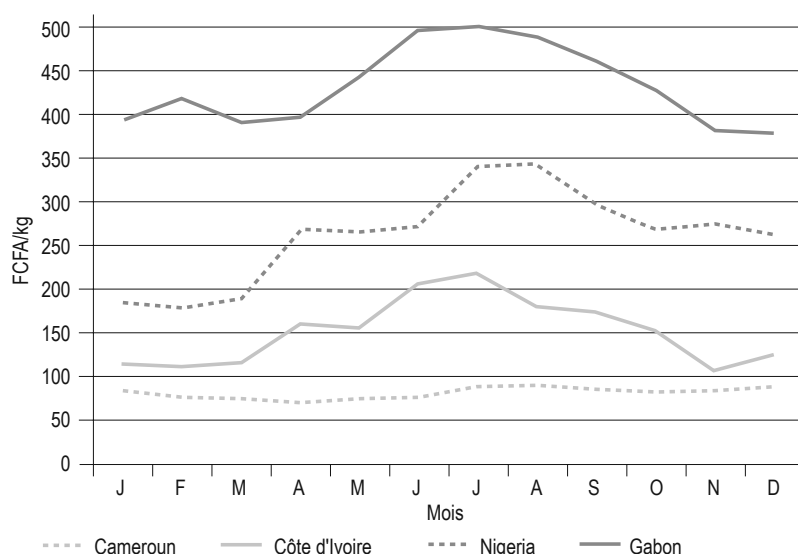
Les producteurs utilisent le plus souvent des rejets prélevés dans les anciennes parcelles qui sont déjà infectées par les nématodes et charançons et/ou la maladie des raies noires (causée par *Mycosphaerella fijiensis*), entraînant des rendements faibles dans les nouvelles parcelles. Par ailleurs, le matériel végétal est en quantité insuffisante pour les producteurs qui souhaitent étendre leur exploitation.

Maladies et ravageurs

La maladie des raies noires, les nématodes et charançons sont les contraintes dominantes en Afrique Centrale en ce qui concerne les rendements.

Cependant, la hiérarchie entre les principales contraintes phytosanitaires varie selon les modes de production (plantations agro-industrielles ou familiales), les conditions pédoclimatiques et les pratiques culturales. L'ensemble de ces conditions est hétérogène à l'échelle de la zone considérée et encore peu étudiée. Ainsi dans certaines situations, la maladie des raies noires est considérée comme prioritaire (plantation agro-industrielles ou intensives) alors que dans d'autres, les problèmes de nématodes et charançons sont beaucoup plus

Figure 2. Variation du prix de la banane plantain au cours de l'année 1999 (FCFA/kg).



importants en terme d'impact sur les rendements. Ces contraintes phytosanitaires peuvent occasionner des pertes de production allant de 30 à 80%.

Fertilité des sols et disponibilité en eau

La disparition des réserves forestières et le raccourcissement des durées de jachère liées à la pression démographique sont à l'origine de la baisse de fertilité des sols et, en conséquence, de la productivité des bananiers plantain. Lors de la rareté des pluies, le problème de disponibilité en eau se pose avec acuité au Ghana qui pratique une culture pluviale.

Compétition avec les cultures de rente

Dans certaines régions, la banane plantain entre en compétition avec les cultures de rente (agrumes, palmier à huile, cacao, café) en ce qui concerne le temps de travail et les autres activités de production dans les exploitations.

Contraintes de commercialisation

L'état des réseaux de transport entre zones de production et de consommation reste un élément préoccupant dans beaucoup de pays. Mais plus important encore est le problème du stockage sur les marchés qui entraîne des pertes post-récolte.

Contraintes pour la recherche

Elles concernent essentiellement le manque de fonds pour les activités de recherche, de véhicules pour mener des recherches sur le terrain, l'insuffisance d'équipement dans les laboratoires, le manque de financement pour la formation des techniciens et chercheurs, les difficultés des chercheurs à accéder à Internet pour mettre à jour leurs connaissances et le niveau très bas de leurs salaires.

Conclusion et recommandations

Les données secondaires sur les bananes et bananes plantain sont incomplètes pour la plupart des pays. Ceci est dû soit à une exploitation insuffisante des sources de données existantes en raison de leur dispersion et des difficultés d'accès dans certains pays, soit à une indisponibilité totale de celles-ci. Une enquête complémentaire est nécessaire afin de répondre à certaines questions importantes, notamment, la contribution de la filière banane et banane plantain à la formation du revenu des opérateurs impliqués, sa contribution aux recettes d'exportation ainsi qu'à la sécurité alimentaire des populations.

Même si les données produites par certains rapports permettent une esquisse de réponse, force est de constater que beaucoup reste à faire pour mettre en œuvre une base de données suffisante sur les *Musa* en Afrique Centrale et de l'Ouest. Les domaines prioritaires de collecte des données varient d'un pays à l'autre en fonction des informations déjà existantes.

Au **Ghana**, s'il existe des statistiques de production, les statistiques de consommation sont quasi inexistantes et celles de commercialisation insuffisantes. Les coefficients budgétaires ne sont également pas connus. Les circuits de distribution et les marges de commercialisation doivent être identifiés ainsi que les prix des produits concurrents.

Le rapport **Cameroun** a identifié les domaines d'enquêtes complémentaires suivants : 1) la structure des systèmes de culture et les rendements réels en fonction de ces systèmes et selon les localités ; 2) l'évolution de la fertilité dans les différentes zones agroécologiques de production ; 3) la structure des coûts de production et des marges de commercialisation en vue de mieux comprendre pourquoi les augmentations de prix dans les villes sont mal répercutées aux producteurs et pourquoi les stratégies d'intensification ont du mal à être mises en œuvre par ces derniers.

Le rapport du **Gabon** recommande la mise en place, au niveau national, d'une base de données de statistiques agricoles générales au travers d'un recensement agricole. Cette base de données doit être complétée par des enquêtes spécifiques aux filières banane et banane plantain dans les domaines suivants :

- **production** : la structure des systèmes de culture et des rendements dans toutes les provinces du pays, la structure des coûts de production et la rentabilité des exploitations bananières afin de voir si le Gabon a un avantage comparatif.
- **consommation** : la structure de la consommation (fractions autoconsommée et vendue) selon les localités du pays, la transformation des bananes et bananes plantain et la gestion des stocks, mais surtout l'évolution de la

consommation par habitant et par an dans toutes les localités du pays.

- **commercialisation** : la structure des prix (producteurs, commerçants, transporteurs et manutentionnaires) selon les localités du pays, comparaison des coûts de transport selon les zones de production jusqu'au marché central et l'évolution des marges de commercialisation.
- **revenus** : la part des bananes et bananes plantain dans les revenus en milieu rural.

En **Côte d'Ivoire**, les données secondaires sur le budget alimentaire des ménages ivoiriens restent à identifier et à analyser. Un complément de données secondaires sur les enquêtes budget consommation en Côte d'Ivoire est donc nécessaire avant de passer aux enquêtes primaires. Par ailleurs les statistiques de commercialisation et de consommation sont insuffisantes.

Les données secondaires du **Nigeria** demandent à être affinées car elles présentent des incohérences. Il est donc recommandé de revoir ces données en faisant une enquête complémentaire des sources secondaires qui permettra d'identifier des domaines des enquêtes primaires sur le terrain.

Remerciements

Les auteurs remercient M. NeBambi Lutaladio de la FAO pour sa collaboration dans la coordination du projet ; MM. Akinyemi Sunday (Nigeria), Ben Banful (Ghana) et Simplicie Kouassi (Côte d'Ivoire) pour avoir assuré la collecte des données dans leur pays respectif. Remerciements spéciaux à MM. Ludovic Temple (IRAD) et Achille Bikoï (CARBAP) qui ont fourni la trame méthodologique et les questionnaires d'enquêtes utilisés dans le travail de collecte de données secondaires dans les pays étudiés et qui ont également collecté les données et rédigé le rapport du Cameroun. Merci également à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à cet article et dont les noms n'ont pas été cités.

Références

Rapports des pays

- Akinyemi & S.O. Sunday. 2001. Baseline Information on Plantain and Banana in Nigeria. Final Report.
- Banful B. 2001. Status of *Musa* Production, Research and Development in Ghana: 1991 - 2000. Final Technical Report Submitted to INIBAP, West and Central Africa Office, Douala, Cameroun.
- Kallon A.M. 2001. Baseline evaluation of the banana and plantain sector in Sierra Leone: Secondary information. Final Report.
- Kouassi K.S. 2001. Enquête de référence sur la filière banane et plantain en Côte d'Ivoire. Rapport final. CNRA, Station de recherche de Bimbresso.
- Lama M. & A. Diallo. 2001. Collecte des données de base sur la filière banane en Guinée. IRAG-CRAF, Programme banane et plantain.
- Lokosso B. & D.E. Achigan. 2000. Synthèse bibliographique sur les bananes et options pour un développement durable de la production bananière au Bénin. Rapport Final. INRAB-Banancier et plantain.

Nkendah R. 2001. Collecte et analyse des données secondaires sur la filière bananes et plantains au Gabon. Rapport technique de mission.

Temple L., A. Bikoï & F. Tallec. 2001. Collecte et analyse des données secondaires sur les productions bananières au Cameroun. Rapport Final. Document CRBP N° 230/CRBP/2001.

Autres sources

Akyeampong E. 1999. Plantain production, marketing and consumption in West and Central Africa. Pp. 353-359 in *Bananas and food security/Les productions bananières : un enjeu économique majeur pour la sécurité alimentaire*. International symposium, Douala, Cameroon, 10-14 November 1998 (C. Picq, E. Fouré and E.A. Frison, eds). INIBAP, Montpellier, France.

DSCN. 1987. Enquête budget consommation 1985, Yaoundé, Cameroun.

DSCN-CIRAD-IITA. 2000. La consommation alimentaire au Cameroun en 1996.

Bikoï A. 1999. Les productions bananières au Cameroun : études de cas. Pp. 89-101 in *Bananas and food security/Les productions bananières : un enjeu économique majeur pour la sécurité alimentaire*. International symposium, Douala, Cameroon, 10-14 November 1998 (C. Picq, E. Fouré and E.A. Frison, eds). INIBAP, Montpellier, France.

FAO 2001. <http://apps.fao.org>

FAO. 1986. Racines, tubercules et bananes plantain dans la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne. FAO, Rome, Italie. 75pp.

Frison E. & S. Sharrock. 1999. The economic, social and nutritional importance of banana in the world. Pp. 21-35 in *Bananas and food security/Les productions bananières : un enjeu économique majeur pour la sécurité alimentaire*. International symposium, Douala, Cameroon, 10-14 November 1998 (C. Picq, E. Fouré and E.A. Frison, eds). INIBAP, Montpellier, France.

Lescot T. 2000. Importance des bananes plantain et à cuire en Afrique : Débouchés pour les zones subtropicales. *INFOMUSA* 9(1):25-28.

Nkendah R. 2001. L'essor du marché de plantain au Cameroun: une alternative de lutte contre la pauvreté? Proposition de recherche.

Nkendah R. 2002. Collecte et analyse des données de base sur les bananes et plantains dans les pays producteurs de *Musa* en Afrique Centrale et Occidentale. Rapport de Synthèse. INIBAP-FAO.

Temple L., A. Bikoï & J. Châtaigner. 1997. La Consommation de banane plantain au Cameroun. Les Cahiers de la Recherche-Développement 44:73-85

Temple L. & J. Tentchou. 2000. Orientation sectorielle de la politique agricole sur le bananier plantain au Cameroun. Document CRBP. 207/CRBP/2000.

R. Nkendah est enseignant-chercheur dans le Groupe de recherches en économie théorique et appliquée (GRETA) de la Faculté des Sciences économiques et de gestion appliquée de l'Université de Douala. BP 7818 Douala-Bassa, courriel : nkendah@yahoo.fr, et **E. Akyeampong** est coordonnateur de l'INIBAP pour l'Afrique Centrale et de l'Ouest. BP 12438 Douala. Courriel : inibap@camnet.cm

Identification des systèmes de production du bananier dans l'agriculture urbaine et périurbaine de Yaoundé

S. Lemeilleur, L. Temple et M. Kwa

L'urbanisation est l'un des principaux facteurs du changement socioéconomique que connaissent les pays en voie de développement, elle pose la question de l'augmentation de l'offre vivrière pour répondre aux besoins alimentaires des consommateurs urbains (Dury *et al.* 1999). Si l'agriculture périurbaine offre des conditions favorables à l'intensification des systèmes de production, peu de travaux permettent de caractériser leur spécificité sur le bananier. Nous proposons de le faire dans l'agriculture périurbaine de Yaoundé (1,4 millions d'habitants), capitale du Cameroun, située dans la province du Centre.

Méthodologie

L'agriculture périurbaine fait l'objet de plusieurs définitions (Moustier et Pages 1997), dans cette étude nous considérons la production bananière comme périurbaine lorsqu'elle répond aux conditions suivantes :

- Elle se retrouve dans les limites de l'arrondissement de la communauté urbaine de Yaoundé. Dans cette aire, la Délégation départementale de l'agriculture estime la superficie en bananiers à 151 hectares, soit 9,7% de la superficie totale cultivée (Belinga 2000). Si ce ratio n'a pas diminué sur les cinq

dernières années, en revanche la surface totale cultivée a diminué d'environ 30%.

- Elle se situe dans un rayon de 30 km autour de la ville, où l'urbanisation crée une concurrence sur l'usage du foncier (Moustier et Pages 1997) et plus de 50% de la production de l'exploitation est vendue sur le marché urbain.
- Elle concerne les exploitations situées entre 30 et 60 km de la ville, dont l'intégralité de la production est destinée à être vendue sur le marché urbain.

En l'absence de recensement agricole récent, les personnes enquêtées appartiennent à un échantillon non probabiliste identifié à partir d'informations fournies par des experts travaillant dans la filière (techniciens PNVA, ONG...). Les personnes sélectionnées devaient être des producteurs de plantains ou bananes commercialisant au moins une partie de leur production. Le faible échantillon (29 exploitations) ne permet pas d'analyses statistiques. Cette faiblesse est cependant compensée par le fait que la quasi totalité des parcelles (50 parcelles) ont été visitées, ce qui autorise à rendre compte des pratiques culturales, des types de producteurs et de leur stratégie d'intensification en zone périurbaine.

Culture périurbaine

Résultats et discussion

Caractéristiques des systèmes de production

Les producteurs périurbains sont principalement caractérisés par leur pluri-activité. Ainsi 71% des exploitants agricoles (75% sont des hommes) ont une deuxième source de revenu : le producteur lui-même est un double actif ou d'autres personnes de la famille apportent un revenu non agricole.

La grande majorité des producteurs étant natifs de leur zone d'exploitation, ils ont eu accès à la terre par héritage. Mais on distingue les héritages de «propriété terrienne» et ceux «d'occupation terrienne». En effet, du fait de la pression foncière ou de besoins financiers, de nombreux producteurs ont vendu une partie des terres familiales. Ils continuent à cultiver ces terres, sans droit d'installation, tant qu'ils ne sont pas chassés. Cette distinction en terme de nature des droits fonciers est un facteur important de différenciation des systèmes de production. En effet, les producteurs qui risquent d'être expulsés n'investissent pas sur des cultures semi-pérennes, tel que le bananier, et préfèrent le petit maraîchage.

Face à la pression foncière, les jachères, quand elles existent, sont réduites à environ deux ans pour les non-propriétaires et cinq ans pour les autres. Elles varient entre 0,5 et 10 ha pour une moyenne de 2,5 ha par exploitation. Quarante-trois pour cent des producteurs possèdent encore des forêts sur l'exploitation mais leurs superficies n'ont pas pu être évaluées.

La surface des exploitations varie de 0,08 à 160 ha. Les surfaces cultivées par parcelle ne sont pas corrélées à la taille de l'exploitation. La majorité des producteurs (88%) cultivent moins de cinq hectares. Cette superficie correspond à un «équilibre» entre ce qu'il est possible de cultiver en terme de force de travail liée au nombre d'actifs, et ce qu'il est nécessaire de cultiver pour les besoins du ménage. Les exploitations de plus

de cinq hectares cultivés appartiennent souvent à des exploitants dont l'activité agricole n'est pas la première activité (7%) et qui font appel à de la main d'œuvre salariée permanente. Lorsque les exploitations comptent moins d'un hectare, il n'y a aucun recours à la main d'œuvre salariée. Les exploitations comprennent en moyenne trois parcelles, se situant entre 0,04 et 2,7 ha soit une moyenne de 0,77 ha par parcelle (tableau 1).

Soixante-dix pour cent des bananeraies sont situées sur des pentes plus ou moins accidentées du fait de la saturation foncière liée à l'urbanisation qui limite les terres disponibles (tableau 1). Cette localisation apporte quelques avantages (meilleure exposition au soleil, gestion de l'eau facilitée pendant la grande saison des pluies) mais entraîne aussi des problèmes d'érosion, de lessivage des fertilisants en cas de pluie importante, d'exposition aux vents dominants. La récolte des régimes est d'autant plus difficile que les parcelles sont accidentées.

En intra-urbain, certains producteurs cultivent dans les bas-fonds où les parcelles sont inondées en saison des pluies (Temple-Boyer 2002). Aux abords des ruisseaux, ces producteurs privilégient la banane dessert qui résiste mieux à l'excès d'eau que la banane plantain.

Les trois quarts des parcelles sont à proximité des lieux d'habitation (en moyenne 500 m). En effet, les premières terres vendues sont souvent celles qui étaient les moins accessibles et les plus éloignées des habitations. La distance de l'habitation aux champs est un facteur important qui détermine le système de production car, avec des moyens de transport limités, les parcelles les plus éloignées bénéficient de moins d'interventions culturales.

Les principales contraintes identifiées (en dehors des vols de régimes) par les producteurs en zone périurbaine sont les charançons et les nématodes. Le manque d'accès à des terres «vierges» de parasites, et la courte durée des jachères, accentuent les dégâts avec le temps. Ainsi beaucoup de pertes décrites proviennent des chutes, qui sont souvent la combinaison des dégâts dus aux parasites, aux ravageurs et au vent. La maladie des raies noires est peu présente. Ceci pourrait s'expliquer par la pratique quasi-systématique de l'effeuillage (réalisé pour diverses raisons) ou du fait de l'isolement des parcelles et de leur enclavement entre le foncier bâti qui freinent la dissémination par le vent de la maladie.

Les densités de plantation varient de 300 à 1300 pieds/ha. Dans les parcelles à forte densité, les rejets sont plantés en ligne. Parmi les pratiques culturales recensées, on note l'oïlletonnage qui est pratiqué pour replanter de nouveaux champs. Les petites parcelles proches des habitations bénéficient souvent des ordures ménagères, des cendres de cuisine et

Tableau 1. Caractéristiques des bananeraies en fonction du type d'exploitation dans la zone agricole urbaine et périurbaine de Yaoundé.

Exploitations	Auto- subsistance (intra-urbain)	Auto- subsistance (périurbain)	Commerciale (périurbain)	Commerciale (rurbain)	Total
Exploitations (%)	15	44	34	7	
Superficie moyenne parcelle (ha)	0,07	0,64	0,91	0,91	0,77
Topographie (%)					
Bas-fonds	40	0	0	0	6
Plaine	40	25	20	0	24
Pente	20	75	80	100	70
Bananier/1 vivrier (%)	-	25	-	-	9
Bananier/vivriers (%)	100	33	21	-	36
Bananier/cacao (%)	-	33	29	-	23
Bananier/ananas (%)	-	-	7	-	3
Bananier/palmier (%)	-	-	7	33	6
Monoculture (%)	-	8	36	66	23

des déjections animales. Certains producteurs fabriquent du compost ou du fumier. Pour toutes les autres parcelles, la fertilisation est peu pratiquée hormis l'apport des produits du désherbage et de l'effeuillage des bananiers.

Les producteurs désherbent deux fois par an. L'effeuillage est pratiqué partout, à l'exception de parcelles contenant des bananes douces où les producteurs interviennent peu. Les résidus du désherbage et de l'effeuillage sont utilisés pour le paillage qui permet de conserver l'humidité du sol lors de la saison sèche et d'apporter une fertilisation. Un inconvénient est que les feuilles attaquées par la maladie des raies noires servent de paillage au même titre que les autres feuilles.

Le buttage est réalisé dans un quart des exploitations. Pour lutter contre les chutes, mentionnées comme l'un des principaux dégâts, le tuteurage est beaucoup pratiqué (85%) en zone périurbaine, mais pratiquement pas en intra-urbain par manque de tuteurs.

Systèmes de culture

On distingue différents systèmes de culture de bananier. Contrairement aux zones rurales (Temple et Châtaigner 1996), ceux-ci ne coexistent pas ou peu au sein d'une même exploitation (tableau 1).

Baniers associés aux vivriers : Pratiquée, en premier lieu, dans un souci de sécurité alimentaire, la diversification des cultures au sein d'une même parcelle permet, par ailleurs, de ne pas contraindre une seule culture à un sol et une pression parasitaire donnée, mais de partager les risques entre les différentes cultures. Dans le cadre de notre enquête, 9% des producteurs n'associent le bananier qu'à un seul vivrier : le manioc (6%) ou le macabo (3%). Pour 36% des producteurs, l'association du bananier se fait avec deux à sept vivriers par parcelle (manioc, macabo, maïs, arachide, igname, patate). Parmi ceux-ci, 36% y associent des légumes et 18% des arbres fruitiers.

Baniers associés au cacao : La province du Centre était une zone cacaoyère importante. Le cacao est progressivement abandonné dans l'agriculture périurbaine mais les cacaoyères sont rarement abattues. En effet, le cacao sécurise le foncier en terme de propriété ou de droit d'usage. La pression foncière limitant les possibilités d'accroître les superficies cultivées de vivriers, 23% des producteurs insèrent les vivriers et des arbres fruitiers dans les cacaoyères.

Baniers associés à l'ananas : Cette association n'est pas encore très répandue, seuls 3% des producteurs la pratiquent. Pourtant l'ananas se vend bien et il est conseillé en rotation avec le bananier pour diminuer la pression des nématodes.

Baniers associés au palmier à huile : 6% des producteurs pratiquent cette association, souvent sur de grandes étendues, d'un à plu-

sieurs hectares. Le bananier plantain n'est cependant associé que de façon transitoire, limitée aux premières années de la palmeraie, avant que celle-ci produise (Raflejeau et Temple 2002).

La monoculture du bananier est pratiquée par 23% des producteurs. Ces parcelles sont spécialement orientées sur la production marchande.

Typologie des systèmes de production

La grille typologique mobilise trois variables de segmentation de l'échantillon : l'objectif du producteur (autoconsommation, marché), la localisation de l'exploitation (intra-urbain, périurbain, rurbain¹) et l'accès aux facteurs de production : terre et capital (tableau 2).

Systèmes de production d'autosubsistance

Le tissu urbain lâche de Yaoundé favorise l'agriculture d'interstices dans le foncier bâti. Cette agriculture *intra-muros*, répond à des objectifs de survie. Les exploitants qui la pratiquent ont d'autres activités en ville (menuisier, mécanicien, commerçant...); mais celles-ci rapportent des revenus insuffisants. Sans formation agricole, ils cultivent les terres à des fins d'autoconsommation pour réduire les dépenses alimentaires. L'accès à la terre se fait soit par achat, soit par «prêt». Dans ce dernier cas, il s'agit souvent d'occupation «illégal» de bas-fonds, mais admise tant que les terres ne sont pas réclamées.

Dans les zones situées entre 10 et 30 km de Yaoundé, en bord de route ou de piste praticable, les ruraux se sont retrouvés intégrés dans le tissu urbain. Souvent natis de leur zone d'exploitation,

¹ NDLR : Par rurbanisation, on désigne l'évolution, la transformation de zones rurales plus ou moins étendues en banlieues de grandes villes.

Tableau 2. Caractéristiques des systèmes de production de culture bananière dans la zone périurbaine de Yaoundé.

Exploitations	Auto-substance (intra-urbain)	Auto-substance (périurbain)	Commerciale (périurbain)	Commerciale (rurbain)
Origine de l'exploitant et niveau d'étude	Citadins niveau d'étude hétérogène	Ruraux faible niveau moyen	Ruraux niveau d'étude moyen	Citadins niveau d'étude élevé
Caractéristiques des exploitants	• Travailleur urbain	• Agés sans successeur • Salaire insuffisant • Terre vendue	• Travailleur urbain • Formation agricole • Jeune exploitant	• Cadre urbain
Capital financier extérieur	Non	Non	Oui	Oui
Superficie moyenne de l'exploitation	0,17 ha	11 ha	32 ha	57 ha
Surface moyenne cultivée	0,17 ha	3 ha	3 ha	19 ha
Surface moyenne bananier	0,17 ha	1,5 ha	1,8 ha	2 ha
Main d'œuvre salariée	Non	Rarement (ou ponctuelle)	Oui (ponctuelle)	Oui (permanente)
% vendu moyen	37,5	35,5	72,6	90
Contraintes rencontrées	• non-propriétaire • pas de jachère • surface restreinte • parcelles inondables	• plus propriétaire des terres • peu de jachère	• beaucoup de perte de régimes • faible productivité	• beaucoup de perte de régimes

ils ont eu leur terre par héritage. Beaucoup ont pratiqué une autre activité (comptable, militaire, maçon, chauffeur, couturière) avant de revenir cultiver la terre.

En zone périurbaine, les exploitants sont de trois types : 1) des personnes âgées (plus de 70 ans sans successeur) qui font appel à de la main d'œuvre ; 2) des femmes qui s'occupent elles-mêmes de l'exploitation et complètent ainsi le revenu du ménage et 3) des personnes qui cultivent sur des terres vendues. En raison de la précarité des droits fonciers, ils s'orientent sur le maraîchage mais conservent une à deux parcelles vivrières où ils cultivent le bananier plantain pour l'autoconsommation.

Systèmes de production à vocation commerciale

En zone périurbaine, les exploitants, plutôt jeunes (40 à 50 ans) avec des niveaux d'étude assez élevés, ont obtenu leur terre par héritage et ont une autre source de revenu non agricole (hommes d'affaires, infirmier, machiniste...). Ils ont généralement suivi une formation agricole. On compte également quelques femmes dont les maris travaillent en ville et financent l'activité agricole de leur femme. Enfin des jeunes qui héritent progressivement des terres et d'un capital financier de leurs parents. Ce sont les plus concernés par les associations bi-culturelles et la monoculture du bananier.

Soixante-six pour cent de ces exploitants ont une source de revenus non agricoles qui finance l'investissement de départ : 55% achètent des rejets, 33% utilisent partiellement des insecticides et parfois des engrais chimiques.

En zone rurale, les exploitants vivent au village d'où ils sont issus et vont tous les jours travailler en ville où ils possèdent une seconde résidence. Leur activité urbaine (médecin, avocat) est dominante. Ils pratiquent une «agriculture à temps partiel» et obtiennent régulièrement des conseils techniques par les organismes de recherche et de vulgarisation. Ils sont jeunes et installés récemment. Leur exploitation est à plus de 40 km de Yaoundé. Les exploitations, d'environ 60 ha, ont de grandes surfaces en forêt. Ils cultivent une vingtaine d'hectares dont la majorité est occupée par le palmier à huile. En moyenne, deux hectares sont consacrés au bananier plantain en monoculture ou en association avec le palmier avant que ce dernier ne commence à produire.

La pression foncière détermine en partie le choix des objectifs de production. En zone intra-urbaine, étant donné les faibles superficies cultivables, les systèmes de production ont essentiellement des objectifs de survie. Au contraire, dans la zone rurale, la pression foncière encore faible permet de cultiver de plus grandes surfaces et d'avoir des objectifs de commercialisation. Entre les deux se dessine la

zone agricole périurbaine proche de Yaoundé. Dans cette zone en mutation, deux types de systèmes de production se côtoient : un système de production de survie qui cède peu à peu à la pression urbaine et un système de production commerciale dans lequel s'observent des débuts d'intensification en intrants. Cette intensification semble d'autant plus marquée que le niveau de formation du producteur est élevé, ce qui a déjà été constaté dans d'autres zones (Nkendah et Temple 2002).

Conclusion

L'agriculture périurbaine présente des aspects contradictoires. Il s'agit d'une agriculture menacée par la croissance urbaine en zone intra-urbaine mais en croissance sur les frontières de la ville. On différencie deux formes d'agriculture se distinguant par leur objectif : une agriculture de survie et une agriculture marchande. Ces agricultures révèlent des profils d'agriculteurs différents : des agriculteurs plutôt défavorisés cultivant pour l'autoconsommation avec peu d'intrants principalement localisés en zone intra-urbaine et par ailleurs, des exploitants pluri-actifs, avec un niveau d'étude et une maîtrise technique élevés et disposant d'un capital financier extérieur important, localisés en zone périurbaine et rurale. C'est chez ces derniers que s'observent les stratégies d'intensification en intrants. Mais répondre à l'enjeu de la sécurité alimentaire en terme de productivité demeure encore un défi à relever pour cette agriculture vivrière périurbaine de Yaoundé.

Références

- Belinga M. 2000. Rapport annuel d'activité 1999/2000. Délégation Départementale de l'Agriculture du Mfoundi, Yaoundé.
- Dury S., N. Bricas, J. Tchango Tchango & A. Bikoi. 1999. La consommation et les critères de qualité du plantain à Douala et à Yaoundé. Pp. 507-523 in Bananas and food security - Les productions bananières: un enjeu économique majeur pour la sécurité alimentaire (C. Picq, E. Fouré & E. Frison, eds). INIBAP, Montpellier, France.
- Moustier P. & J. Pages. 1997. Le périurbain en Afrique, une agriculture en marge ? *Economie rurale* 241:45-56.
- Nkendah R. & L. Temple. 2002. Pression démographique et efficacité technique des producteurs de plantain de l'Ouest Cameroun. *Revue Cahier Agriculture* 2003 (accepté par le comité de lecture).
- Rafleau S. & L. Temple. 2002. Palmier et plantain : les voix d'un mariage. *Infoplantain* No. 49 – Janvier-Mars 2002. CARBAP, Douala, Cameroun.
- Temple-Boyer E. 2002. Dynamique de l'emprise spatiale et foncière de l'agriculture périurbaine dans les bas-fonds de Yaoundé, Cameroun. Rapport DEA HETRE. Université Paris I.
- Temple L. & J. Chataigner. 1996. Le marché du plantain au Cameroun, des dynamiques de l'offre au fonctionnement du système de commercialisation. *Fruits*. 51(2):83-98.

S. Lemeilleur travaille à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique Montpellier, 2 Place Viala, 34 060 Montpellier Cedex 1, France,
L. Temple au Centre Africain de Recherches sur Bananiers et Plantains (CARBAP), BP 2572 Yaoundé, Cameroun, courriel: temple@iccnet.cm (auteur pour correspondance) et **Moïse Kwa** au CARBAP, BP 832 Douala, Cameroun.

Effet du volume du pot sur la croissance des racines, le potentiel reproductif de *Radopholus similis* et les dégâts qu'il engendre sur les bananiers

N. Dosselaere, M. Araya et D. De Waele

Au Costa Rica, l'endoparasite migrateur *Radopholus similis* est le nématode qui cause le plus de dommages parmi ceux qui s'attaquent au bananier. Les plantes infectées ont un mauvais ancrage racinaire et la capacité des racines à absorber l'eau et les nutriments est réduite, ce qui entraîne un poids plus faible et une longévité réduite du régime, ainsi qu'un allongement du cycle végétatif.

Au cours des 25 dernières années, des bananiers présentant des degrés différents de susceptibilité aux nématodes ont été identifiés (Stoffelen *et al.* 2000, Stoffelen *et al.* 1999a, 1999b). La susceptibilité est mesurée en considérant des variables telles que: le nombre de nématodes, leur indice de reproduction, la nécrose et les dégâts causés aux racines, ainsi que le poids frais des racines et du feuillage. Bien que des directives techniques existent pour cribler le matériel génétique des *Musa* pour la résistance et la tolérance aux nématodes (Speijer et De Waele 1997, Sarah 1996), l'effet sur le résultat final des étapes spécifiques utilisées n'a pas été considéré. Par exemple, le volume du pot pourrait avoir une influence sur le potentiel reproducteur des nématodes et sur d'autres variables. Lorsqu'il est mentionné, le volume du pot varie de 0,4 L à 10 L chez Fallas et Marbán 1994, Fallas *et al.* 1995, Fogain 1996, Fogain *et al.* 1996, Fogain et Gowen 1998, González *et al.* 1997, Marín *et al.* 1999, Marín *et al.* 1998, Mateille 1992, Mateille 1993, Mateille 1994 et Sarah *et al.* 1993. Pinochet (1979) a utilisé des pots de 30 L.

Cette étude a été réalisée pour déterminer l'influence du volume du pot sur la croissance de la population de *R. similis*, les dégâts causés par cette population et son indice de reproduction, ainsi que sur la croissance des racines en fonction de leur épaisseur chez le cultivar 'Grande naine' (*Musa AAA*).

Matériel et méthodes

Des plantules de 'Grande naine' ont été micropropagées selon le protocole décrit par Acuña (1993). Après 56 jours en pépinière, les plantules ont été transplantées dans des pots en plastique comportant cinq trous de drainage de 1 cm de diamètre. Les essais ont été conduits à CORBANA, Costa Rica, dans les mêmes conditions, à savoir 80-90% d'humidité et 24-26°C.

La terre utilisée comme substrat a été tamisée (mailles de 2 mm) et stérilisée à 300°C pendant 3,5 heures. Les plantes ont été fertilisées trois fois par semaine avec une solution de Hoagland

et Arnon. Lorsqu'il s'est avéré nécessaire de contrôler la maladie des raies noires, elles ont été pulvérisées avec du dithane à 1,5 g/L et du benlate à 2 g/L.

Des *R. similis* isolés à partir de bananiers et élevés sur des disques de carotte ont été utilisés comme inoculum. Avant inoculation, cinq trous d'un cm de diamètre et de 2 cm de profondeur ont été faits à 1,5 cm de la base du pseudotrunc. Une suspension aqueuse de *R. similis* a été déposée à la pipette dans les trous qui ont été recouverts avec de la terre. Au cours de l'inoculation, trois comptages ont été faits pour chaque volume de pot, pour confirmer le nombre de *R. similis* inoculés.

Les racines de chaque plante ont été détachées du corme, en les prélevant à leur point d'insertion, et coupées en segments de 10 cm de long, en commençant à partir du point d'insertion. Elles ont ensuite été séparées en trois classes, selon leur diamètre : racines épaisses (> 5 mm), racines minces ($1 \leq 5$ mm) et racines fines (< 1 mm). Les racines fines ont été regroupées pour être pesées alors que, pour les racines épaisses et les racines minces, les segments de 10 cm de long ont été pesés.

Afin d'estimer les dégâts causés par *R. similis*, les racines épaisses ont été coupées dans leur longueur et la longueur montrant des dommages a été mesurée sur chaque moitié. Le pourcentage de dégât a été estimé en additionnant la longueur des parties abîmées et en divisant cette somme par le double de la longueur des racines. Les racines minces n'ont pas été coupées et les dommages ont été calculés en estimant visuellement la longueur abîmée et en la divisant par la longueur totale des racines. Les racines fines de chaque plante ont été regroupées et une note de 0 à 10 leur a été attribuée (0 = aucun dégât ; 10 = totalement abîmées), laquelle a été multipliée par 10 pour donner le pourcentage de dégâts.

Les racines ont été divisées en sections proximale, intermédiaire et distale, selon leur position à partir du point d'insertion, chaque groupe correspondant à un tiers de la longueur de la racine. La section proximale correspondait aux 20 premiers cm dans les pots de 0,82 L, aux 40 premiers cm dans ceux de 3,3 L et aux 50 premiers cm dans les pots de 10 et 20 L. La section intermédiaire incluait les segments de 20 à 30 cm dans les pots de 0,82 L, de 40 à 80 cm dans ceux de 3,3 L et de 50 à 90 cm dans les pots de 10 et 20 L. La section distale correspondait aux derniers 20 cm dans les pots de 0,82 L,

aux derniers 40 cm dans ceux de 3,3 L, et aux derniers 50 cm dans les pots de 10 et 20 L.

Pour extraire les nématodes, les racines ont été coupées en morceaux, homogénéisées et 25 g ou moins, selon la quantité disponible, ont été prélevés. L'extraction a été réalisée par la méthode de macération-tamassage (Taylor et Loegering 1953) ajustée comme décrit par Araya *et al.* (1995).

L'indice de reproduction (IR) de *R. similis* a été calculé en divisant le nombre final de *R. similis* par le nombre présent dans l'inoculum (N_f/N_i). Trois essais ont été réalisés. Ils sont décrits dans le tableau 1.

Résultats

Essai I

Les dégâts causés aux racines ont été transformés par $\sqrt{(x+0,5)}$ et les données sur *R. similis* par $\log_{10}(x+1)$. Pour l'analyse de la distribution longitudinale de *R. similis* et

des dommages sur les racines, un modèle de mesures répétées a été adopté, les positions étant les mesures répétées. Les données non transformées sont présentées pour faciliter l'interprétation.

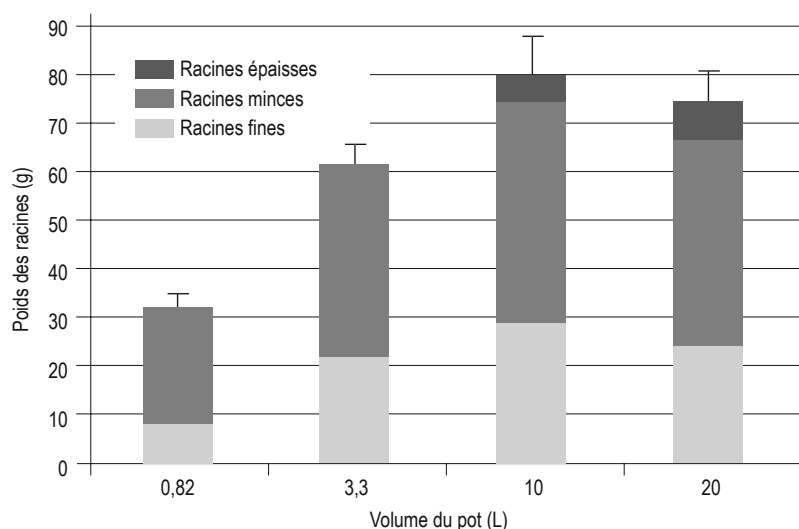
Le poids total des racines était différent ($p=0,0001$) selon le volume du pot (figure 1). Le poids des racines a augmenté avec le volume du pot jusqu'à 10 L, indépendamment de l'épaisseur des racines. Aucune racine épaisse n'a été trouvée dans les pots de 0,82 et 3,3 L.

Le pourcentage le plus élevé de racines abîmées a été observé sur les racines fines. Environ 79% des racines fines étaient abîmées, contre 24% des racines minces et 9% des racines épaisses. Pour toutes les racines, les dégâts différaient ($p=0,0008$) selon le volume des pots (figure 2). Le pourcentage de dommages a diminué avec l'augmentation du volume des pots jusqu'à 10 L, volume au-dessus duquel les dégâts tendaient à se stabiliser. Les racines

Tableau 1. Dispositif expérimental utilisé pour évaluer l'effet du volume du pot sur les racines de 'Grande naine' et sur le nématode *R. similis*.

	Essai I	Essai II	Essai III
Taille des pots	0,8, 3,3, 10 et 20 L	0,8, 3,3, 10 et 20 L	0,8, 3,3, 10 et 20 L
Composition du substrat	Limon sableux (sable 61%, argile 3% et limon 36%). 8,69% de matière organique ; pH= 5,25 ; Ca=1,13, Mg=0,29 et K=0,17 cmol/L ; P=4, Fe=70, Cu=1, Zn=1,1 et Mn=12 mg/L.	Limon sableux (sable 72%, argile 6% et limon 22%). 7,76% de matière organique ; pH=4,7 ; Ca=6,71, Mg=1,28 et K=0,78 cmol/L ; P=12 ; Fe=81, Cu=4, Zn=0,7 et Mn=53 mg/L.	5,1% de matière organique ; pH=5,26 ; Ca=5,88, Mg=1,14 et K=0,74 cmol/L ; P=7,5, Fe=88, Cu=2, Zn=0,4, et Mn=20 mg/L.
Inoculum	280 femelles de <i>R. similis</i> par litre de terre, i.e. 230±56 dans pots de 0,8 L ; 925±106 dans pots de 3,3 L ; 2 800±153 dans pots de 10 L ; et 5 600±160 dans pots de 20 L.	Aucun	Aucun
Temps d'évaluation	70 jours après transplantation	30, 60 et 90 jours après transplantation	15 jours après transplantation
Dispositif expérimental	15 réplifications par volume de pot. Pots arrangés en dispositif complètement randomisé.	Quatre tailles de pots x trois temps d'évaluation avec 10 réplifications par combinaison factorielle en dispositif complètement randomisé.	Dispositif complètement randomisé avec 15 réplifications.

Figure 1. Effet du volume du pot sur le poids total des racines et le poids des racines fines, minces et épaisses de 'Grande naine'. (Les barres d'erreur correspondent à l'erreur standard du poids total moyen des racines, n=15).



dans la section proximale étaient plus abîmées que celles dans la section distale ($p=0,0029$) (figure 2). La densité de *R. similis* et le nombre total de *R. similis* dans les racines étaient significativement plus élevés dans les racines fines (tableau 2).

Une corrélation positive a été observée entre les dégâts et la densité de *R. similis* dans les racines fines ($r=0,49$, $p=0,0001$) et les racines minces ($r=0,24$, $p=0,06$), alors que le manque de données a empêché d'effectuer la même analyse pour les racines épaisses.

Les pots avec les deux volumes les plus petits avaient la densité de *R. similis* la plus élevée ($483,7\pm74,7/g$ et $481,7\pm78,0/g$). La densité moyenne est descendue à $239,2\pm33,0/g$ dans les pots de 10 L et a augmentée jusqu'à $400,5\pm46,0/g$ dans les pots de 20 L. Aucune différence n'a été observée dans le nombre total de *R. similis* en fonction du volume du pot ($p=0,20$).

La section proximale des racines avait le nombre le plus élevé de *R. similis*/g, alors que la section distale présentait le plus petit nombre (tableau 3). Les pots des deux plus petits volumes avaient toujours une densité de *R. similis* plus élevée que les plus grands. La densité des nématodes tendait à se stabiliser dans les sections distale et intermédiaire des racines dans les pots de 20 L, mais augmentait dans la section proximale. Une interaction a été observée entre le volume du pot et la distance à partir du point d'insertion en ce qui concerne le nombre de *R. similis* ($p=0,0033$). L'indice de reproduction variait avec le volume du pot et s'est stabilisé à partir de 10 L (tableau 3).

Essai II

Seules les racines minces et fines ont été observées dans cet essai. Le poids des racines minces et fines et la longueur des racines minces ont été transformés par $\log_{10}(x)$ avant l'ANOVA, puis le volume du pot soumis à une régression par rapport au temps d'évaluation.

Comme l'on s'y attendait, il y a eu une interaction entre le temps d'évaluation et le volume du pot en ce qui concerne le poids ($p=0,0338$) et la longueur ($p=0,0345$) des racines minces. Pour les temps d'évaluation de 30 et 60 jours, le poids et la longueur ont augmenté de manière curviligne avec le volume du pot, pour se stabiliser à partir de 10 L. Pour le temps d'évaluation de 90 jours, le poids et la longueur ont augmenté de façon linéaire jusqu'à 20 L (tableau 4). Le poids des racines fines à 60 et 90 jours ont augmenté de façon linéaire avec le volume du pot (tableau 5). A 30 jours, aucune tendance claire ne s'est dégagée.

Des dégâts n'ont jamais été observés sur les racines minces, quel que soit le temps d'évaluation, et des dommages sur les racines fines n'ont été notés que pour un temps d'évaluation de 30 jours (les moyennes non transformées variaient entre 0,28 et 1,8%). Une ANOVA non paramétrique (test de Kruskal-Wallis) a été effectuée pour comparer les dégâts à 30 jours, en relation avec le volume du pot. Aucune différence n'a été observée pour les dommages subis par les racines fines ($p=0,1979$).

Essai III

Les données sur le poids des racines ont été soumises à une ANOVA. Bien que le poids des racines diffère en fonction du volume du pot ($p=0,0004$), aucune tendance particulière n'a été observée. Le poids maximum des racines (1,41 g) a été observé dans les pots de 10 L, suivi par 1,12 g (pots de 0,82 L), 0,92 g (pots de 20 L) et 0,69 g (pots de 3,3 L). Quinze jours après la transplantation, il n'y avait pas d'effet clair du volume du pot sur le poids des racines.

Discussion

Comme on le supposait, on a trouvé plus de racines dans les pots les plus grands, et les pots

les plus petits limitaient le plus la croissance et le développement des racines. On n'a pas observé de racines épaisses dans les petits pots (0,82 et 3,3 L) et, dans ces pots, les racines étaient significativement plus courtes. Ceci a été

Tableau 2. Moyenne et erreur standard de la densité et du nombre total de *R. similis* selon l'épaisseur des racines.

	Densité de <i>R. similis</i> (Nombre/g de racine)	Nombre de <i>R. similis</i>
Racines fines	238,51±25,05*	4298±424
Racines minces	472,12±38,88	16 932±1396
Racines épaisses	499,24±123,02	13 378±2736
p	0,0002	0,0001

* Moyenne de 60 observations pour les racines fines et grêles et de 8 pour les racines épaisses.

Figure 2. Effet du volume du pot sur le pourcentage de dégâts sur les racines de 'Grande naine' selon leur distance du point d'insertion (n=15).

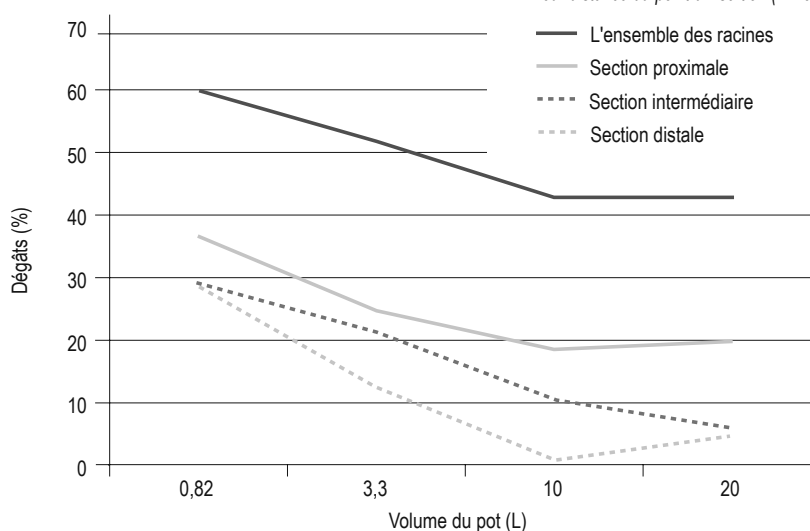


Tableau 3. Effet du volume des pots sur la densité moyenne de *R. similis* dans les sections proximale, intermédiaire et distale des racines et sur l'indice de reproduction de *R. similis*.

Volume du pot (L)	Nombre de <i>R. similis</i> /g			Indice de reproduction (Nf/Ni)*
	Section proximale	Section intermédiaire	Section distale	
0,82	571	444	257	50,66±7,84
3,3	615	368	270	30,74±4,19
10	324	112	93	6,48±0,92
20	522	170	50	5,39±0,74
p	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

* Nombre final de *R. similis* divisé par le nombre présent dans l'inoculum.

Tableau 4. Effet du volume du pot et du temps d'évaluation (30, 60 et 90 jours) sur le poids moyen et la longueur moyenne des racines fines de 'Grande naine'.

Volume du pot (L)	Poids des racines fines (g)			Longueur des racines fines (cm)		
	30 jours	60 jours	90 jours	30 jours	60 jours	90 jours
0,82	0,43±0,12	2,21±0,24	2,11±0,51	26,43±5,95	63,14±7,11	76,50±9,20
3,3	0,48±0,09	2,91±0,55	4,88±1,11	23,14±4,06	92,86±18,56	143,67±17,19
10	1,41±0,21	5,77±0,46	5,87±0,92	82,71±5,62	248,14±25,34	222,33±18,41
20	1,71±0,18	6,81±1,13	17,51±2,77	96,28±8,38	273,43±31,24	427,50±33,63
r ²	0,9617	0,9889	0,9187	0,9253	0,9767	0,9875
p	0,280	0,0183	0,0001	0,0101	0,0006	0,0001

Tableau 5. Effet du volume du pot et du temps d'évaluation (30, 60 et 90 jours) sur le poids moyen des racines fines de 'Grande naine'.

Volume du pot (L)	Poids des racines fines (g)		
	30 jours	60 jours	90 jours
0,82	0,54	0,73	0,33
3,3	0,93	0,93	0,63
10	0,49	1,71	1,67
20	0,69	2,76	2,78
r ²	0,999	0,9945	
p	0,0006	0,0001	

confirmé dans le second essai, au cours duquel les pots les plus petits ont limité le poids et la longueur des racines.

Les racines fines, qui ont un renouvellement plus important que les racines plus épaisses (Price 1995), étaient plus abîmées. Chez les bananiers, les poils racinaires restent fonctionnels pendant trois semaines et les racines tertiaires pendant cinq semaines (Robinson 1996). Ces petites racines sont également très sensibles à la friction physique et plus sensibles aux stress.

Dans le second essai, on n'a observé des dégâts sur les racines fines que sur les plantes évaluées après 30 jours. De plus, les dommages étaient peu importants et ne variaient pas avec la taille du pot. Il apparaît que, dans le premier essai, la majeure partie des dégâts était induite par *R. similis* et qu'elle ne serait pas reliée à la sénescence naturelle des racines. Marín *et al.* (1998, 1999) ont observé environ 20% de nécrose racinaire sur des plantes non inoculées cultivées dans des pots de 0,4 L. Des essais complémentaires, utilisant des plantes inoculées et non inoculées cultivées dans de la terre stérilisée et non stérilisée, sont nécessaires pour élucider la contribution de *R. similis* aux dégâts observés sur les racines fines.

Les racines plus épaisses avaient tendance à être moins abîmées, mais ce point demande confirmation. Des racines plus épaisses devraient assurer un meilleur ancrage et, étant donné qu'elles sont moins endommagées, elles ne devraient pas se rompre facilement. La sélection de cultivars possédant des racines épaisses est une option intéressante, comme cela a été suggéré par Gowen (1996).

La section proximale des racines était significativement plus abîmée, comme cela a été observé par Talwana *et al.* (2000), Hugon et Picard (1988) et Pinochet (1977). Ceci est en accord avec l'observation d'un nombre plus élevé de *R. similis* plus près du corme et la corrélation positive entre les dégâts et la densité de *R. similis*. Dans les plus petits pots, dans lesquels le développement des racines était moindre, *R. similis* abîmait également les tissus les plus éloignés. Ceci appuie la suggestion de sélectionner des hybrides avec un plus de racines et/ou une vigueur accrue (Gowen 1996). Lorsque les tissus abîmés sont remplacés rapidement, en

d'autres termes quand l'infestation ne peut suivre le développement racinaire, l'absorption d'eau et de nutriments ainsi que l'ancrage devraient être suffisants.

Des densités et des nombres peu élevés de *R. similis* ont été observés dans les racines fines, peut-être parce que ces racines ont été exposées aux nématodes pendant une durée très courte, ce qui ne leur a pas laissé suffisamment de temps pour se reproduire. Cependant, jusqu'à 78% des racines fines étaient abîmées. Les nématodes, qui préfèrent des racines plus saines, auraient abandonné les racines fines et envahi les racines plus épaisses. La corrélation positive entre le niveau de dommages et la densité de *R. similis* dans les racines fines montre que *R. similis* a contribué aux dégâts. Cependant, un niveau d'infection élevé dans les racines plus épaisses devrait également entraîner la mort des racines fines. Stoffelen *et al.* (2000) ont trouvé que des niveaux élevés d'infestation dans les racines primaires n'affectaient pas le poids des racines primaires, mais que le poids des racines secondaires et tertiaires était significativement réduit.

La densité plus élevée de *R. similis* à proximité du corme est en accord avec les résultats de Talwana *et al.* (2000) et Araya *et al.* (1999). Les plantes ont été inoculées près de la base du pseudotrunc. On suppose que *R. similis* a rapidement envahi les jeunes racines, qui vont devenir des racines épaisses, et qu'il a commencé à se reproduire dans ces racines. *R. similis* finit son cycle biologique au sein des tissus racinaires et, à moins que la disponibilité en nourriture ne soit limitée, il ne se produit aucune migration, ou seulement une migration limitée, à partir des points initiaux d'infection. Les nématodes pourraient se reproduire et développer des colonies importantes au point d'infection initiale des racines, plutôt que de se disséminer le long des racines en cours de croissance.

Dans les plus gros pots, dans lesquels des nombres plus élevés de nématodes ont été inoculés, l'indice de reproduction était plus bas que dans les petits pots. Dans les plus grands pots, l'inoculum était 19 fois plus important que dans les plus petits, mais le nombre final de *R. similis* était seulement deux fois plus important. Plus de nématodes ont été inoculés dans les plus grands pots, mais, au moment de l'inoculation, le volume des racines était vraisemblablement similaire. Le troisième essai a confirmé que le volume du pot n'affectait pas le poids des racines 15 jours après la transplantation. Dans le premier essai, les plantes avaient été inoculées 15 jours après la transplantation. Puisque toutes les plantes avaient le même âge et qu'elles avaient été cultivées de manière similaire, il n'était pas attendu que plus de nématodes envahissent les racines, par rapport aux plus petits pots. Lorsque l'on inocule une quantité importante de *R. similis* dans un pot qui contient une petite plante, on peut s'attendre à une compétition entre *R. similis*

dans les parties des racines à travers lesquelles les nématodes ont pénétré dans la plante. Il en résulte que le nombre effectif de *R. similis* qui ont envahi la plante entière était inférieur à la quantité inoculée.

Stoffelen (2000) a observé que, dans des essais en pots, la première vague de développement racinaire se produisait 4 à 8 semaines après la phase d'enracinement *in vitro*. Si des quantités importantes de nématodes doivent être inoculées, il est recommandé d'attendre la seconde vague de développement racinaire. En conséquence, lorsque l'on crible pour de la résistance, il n'est pas recommandé d'inoculer des nombres élevés de *R. similis* dans un pot contenant une plante provenant de culture *in vitro* qui a un système racinaire peu développé.

Ces résultats suggèrent que, quand l'indice de reproduction et le niveau de dégâts sont utilisés pour cribler pour la résistance aux nématodes, le volume du pot doit être soigneusement pris en compte. Des recherches complémentaires sont nécessaires pour déterminer l'effet du moment de l'inoculation et de la densité de l'inoculum, de la durée d'exposition et du type de substrat.

Références

- Acuña P.I. 1993. Micropropagación de banano a partir de ápices vegetativos. *Corbana* 17(39):9-12.
- Araya M., A. Vargas & A. Cheves. 1999. Nematode distribution in roots of banana (*Musa* AAA cv. Valery) in relation to plant height, distance from the pseudostem and soil depth. *Nematology* 1(7-8):711-716.
- Araya M., M. Centeno & W. Carrillo. 1995. Densidades poblacionales y frecuencia de los nematodos parásitos del banano (*Musa* AAA) en nueve cantones de Costa Rica. *Corbana* 20(43):6-11.
- Fallas G.A., J.L. Sarah & M. Fargette. 1995. Reproductive fitness and pathogenicity of eight *Radopholus similis* isolates on banana plants (*Musa* AAA cv. Poyo). *Nematropica* 25:135-141.
- Fallas G. & N. Marbán. 1994. Respuesta de tres cultivares y un híbrido de *Musa* a *Radopholus similis* en Costa Rica. *Nematropica* 24:161-164.
- Fogain R. & S.R. Gowen. 1998. "Yangambi km5" (*Musa* AAA, Ibota subgroup): a possible source of resistance to *Radopholus similis* and *Pratylenchus goodeyi*. *Fundam. Appl. Nematol* 21(1):75-80.
- Fogain R. 1996. Screenhouse evaluation of *Musa* for susceptibility to *Radopholus similis*: evaluation of plantains AAB and diploid AA, AB and BB. Pp. 79-86 in *New frontiers in resistance breeding for nematode, Fusarium and Sigatoka* (De Waele, D., Frison, E.A., Horry, J.P., eds). INIBAP, Montpellier, France.
- Fogain R., S. Gowen, S. & F. Mekemda. 1996. Screening for susceptibility to *Radopholus similis*: Evaluation of plantains AAB and diploid AA, AB and BB. *Trop. Agric. (Trinidad)* 73(4):281-285.
- González J.B., J.C. Ventura, S. Rodríguez, J.R. Galvez & M. Jacomino. 1997. Le comportement de clones de *Musa* spp. face aux nématodes à Cuba. *INFOMUSA* 6(2):32-35.
- Gowen S.R. 1996. The source of nematode resistance, the possible mechanisms and the potential for nematode tolerance in *Musa*. Pp. 45-49 in *New frontiers in resistance breeding for nematode, Fusarium and Sigatoka* (De Waele, D., Frison, E.A., Horry, J.P., eds). INIBAP, Montpellier, France.
- Hugon R. & H. Picard. 1988. Relations spatiales entre taches et nécroses racinaires et nématodes endoparasites chez le bananier. *Fruits* 43:491-498.
- Mateille T. 1994. Comparative host tissue reactions of *Musa acuminata* (AAA group) cvs Poyo and Gros Michel roots to three banana-parasitic nematodes. *Ann. Appl. Biol.* 124: 65-73.
- Mateille T. 1993. Effects of banana-parasitic nematodes on *Musa acuminata* (AAA group) cvs. Poyo and Gros Michel vitro plants. *Trop. Agric. (Trinidad)* 70(4):325-331.
- Mateille T. 1992. Comparative development of three banana-parasitic nematodes on *Musa acuminata* (AAA group) cvs Poyo and Gros Michel vitroplants. *Nematologica* 38: 203-214.
- Marin D.H., K.R. Barker, D.T. Kaplan, T.B. Sutton & C.H. Opperman. 1999. Aggressiveness and damage potential of Central American and Caribbean populations of *Radopholus* spp. in banana. *Journal of Nematology* 31(4): 377-385.
- Marin D.H., T.B. Sutton, K.R. Barker, D.T. Kaplan & C.H. Opperman, C.H. 1998. Burrowing-nematode resistance of black sigatoka resistant banana hybrids. *Nematropica* 28:241-247.
- Pinochet J. 1979. Comparison of four isolates of *Radopholus similis* from Central America on Valery bananas. *Nematropica* 9(1): 40-43.
- Pinochet J. 1977. Occurrence and spatial distribution of root-knot nematodes on bananas and plantain in Honduras. *Plant Disease Reporter* 61:518-520.
- Price N.S. 1995. Banana morphology – part I: roots and rhizomes. Pp. 179-189 in *Bananas and plantains* (S. Gowen, ed.). Chapman & Hall, London.
- Robinson J.C. 1996. Banana and plantains. CAB International, Wallingford, UK. 238p.
- Sarah J.L. 1996. A laboratory method for early varietal screening of banana for resistance to nematodes. Pp. 58-61 in *New frontiers in resistance breeding for nematode, Fusarium and Sigatoka* (De Waele, D., Frison, E.A., Horry, J.P., eds). INIBAP, Montpellier, France.
- Sarah J.L. C. Sabatini & M. Boisseau. 1993. Differences in pathogenicity to banana (*Musa* sp., cv. Poyo) among isolates of *Radopholus similis* from different production areas of the world. *Nematropica* 23:75-79.
- Speijer P.R. & D. De Waele. 1997. Screening of *Musa* germplasm for resistance and tolerance to nematodes. INIBAP Technical guidelines. International Network for the Improvement of Banana and Plantain. Montpellier, France. 47pp.
- Stoffelen R. 2000. Early screening of Eumusa and Australimusa bananas against root-lesion and root-knot nematodes. PhD: Thesis Katholieke University Leuven, Belgium 170pp.
- Stoffelen R., R. Verlinden, J. Pinochet, R. Swennen & D. De Waele. 2000. Évaluation de la réaction aux nématodes à lésions chez des bananiers résistants à la fusariose. *INFOMUSA* 9(1):6-8.
- Stoffelen R., V.T.T. Tam, R.L. Swennen & D. De Waele. 1999a. Host plant response of banana (*Musa* spp.) cultivars from Southeast Asia to nematodes. *International Journal of Nematology* 9(2):130-136.
- Stoffelen R., R. Verlinden, N.T. Xuyen, R. Swennen & D. De Waele. 1999b. Criblage de bananiers de Papouasie-Nouvelle-Guinée vis-à-vis des nématodes à lésions et des nématodes à galle. *INFOMUSA* 8(1):12-15.
- Talwana H.A.L., P.R. Speijer & D. De Waele. 2000. Spatial distribution of nematode population densities and nematode damage in roots of three banana cultivars in Uganda. *Nematropica* 30(1):19-31.
- Taylor A.L. & W.Q. Loegering. 1953. Nematodes associated with root lesions in Abaca. *Turrialba* 3:8-13.

N. Dosselaere et D. De Waele travaillent au Laboratory of Tropical Crop Improvement, KU Leuven, Kasteelpark Arenberg 13, B-3001 Leuven, Belgique.
Courriels : nicolasdosselaere@hotmail.com et dirk.waele@agr.kuleuven.ac.be
M. Araya travaille à la Corporación Bananera Nacional, Apdo 370, 7210 Guápiles, Costa Rica.
Courriel: maaraya@corbana.co.cr (auteur pour correspondance).

Développement d'un système de culture aéroponique pour étudier la réaction des racines de bananier à une infection par *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* et *Radopholus similis*

A.A. Severn-Ellis, M. Daneel, K. de Jager et D. De Waele

La fusariose du bananier, mieux connue sous le nom de maladie de Panama, est considérée comme l'une des maladies les plus destructrices du bananier. Les méthodes chimiques et culturales de lutte ne sont pas efficaces pour gérer la propagation de la fusariose et il est généralement accepté que la seule méthode de lutte efficace est l'utilisation d'hôtes résistants (Moore *et al.* 1995). Les nématodes représentent une autre contrainte majeure pour la production bananière. Une des espèces de nématodes qui attaquent les *Musa*, *Radopholus similis*, est considérée comme la plus destructrice (Gowen et Quénehervé 1990). Bien que la lutte chimique contre les nématodes soit possible, elle est généralement trop onéreuse pour les petits paysans.

L'utilisation de cultivars résistants offre une alternative peu coûteuse pour la gestion des nématodes. Des procédures pour l'évaluation de la résistance à la fusariose (Orjeda 1998) et aux nématodes (Pinochet 1988, Sarah *et al.* 1992, Speijer et De Waele 1997, De Schutter *et al.* 2001) ont été développées. Comme la racine est le site primaire d'infection par ces pathogènes, l'évaluation de la résistance requiert un examen minutieux des racines, de préférence sans les abîmer. Les techniques de culture permettant de surmonter cette limitation incluent la culture hydroponique, dans laquelle les racines sont immergées dans une solution nutritive, et la culture aéroponique, dans laquelle le système

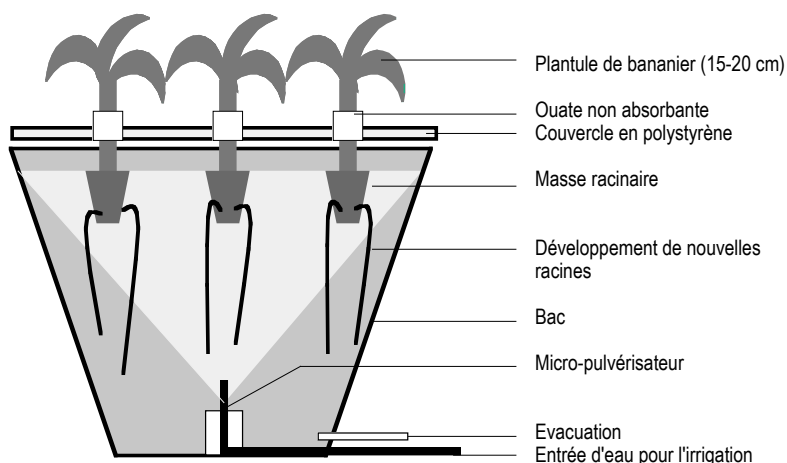
racinaire est en suspension dans une chambre et humidifié périodiquement avec une solution nutritive (Wagner et Wilkinson 1992). Dans cette étude, un système de culture aéroponique a été développé. Ses caractéristiques principales sont l'accessibilité et l'observation non-destructrice des racines.

Matériel et méthodes

Des tubes de plastique de 56 cm de diamètre et de 60 cm de hauteur ont été équipés avec des gicleurs pour créer une chambre de brumisation. Les ajutages ont été connectés à un tuyau d'irrigation de 15 mm par des tubes de 5 mm. Le tuyau d'irrigation était relié à une minuterie électronique, elle-même branchée sur le robinet d'eau. Afin de permettre l'évacuation de l'eau d'écoulement, des tuyaux de 5 mm ont été insérés au fond des bacs, connectés par des tuyaux de 5 mm à un système de drainage. Les bacs ont été surélevés de 10 cm au dessus du sol et très légèrement inclinés pour drainer l'eau en excès (figure 1). Des couvercles ronds de 60 cm de diamètre ont été découpés dans des plaques de polystyrène pour couvrir le dessus des tubes. Dix-neuf trous de 3 cm de diamètre, répartis de façon uniforme, ont ensuite été percés dans le couvercle de polystyrène pour servir d'orifices pour les plantes.

Des vitroplants acclimatés, âgés d'environ 2 mois et d'une taille de 5 cm, du cultivar 'Grande naine' ont été délicatement prélevés des plateaux de germination afin de ne pas abîmer le système racinaire. Des bandes de 20 cm de longueur et 4 cm de largeur d'ouate non absorbante ont été enroulées autour de la tige des plantules de bananiers. Les plantules ont ensuite été placées dans les orifices du couvercle en polystyrène, avec le système racinaire positionné en face des gicleurs. Les plantules étaient irriguées 6 fois par jour pendant 2 minutes aux heures suivantes : 6h, 9h, midi, 15h, 18h et minuit. Les bacs avec les plantes ont été placés dans une chambre de culture à 24 - 27°C, avec une photopériode de 16 h lumière / 8 h obscurité. De l'engrais liquide a été fourni aux plantules une fois par jour au cours de l'irrigation. Les plantes ont été incubées pendant 3 à 4 semaines, jusqu'à ce que les racines atteignent 50 à 60 cm de long (figure 2). Le couvercle de polystyrène supportant les plants a été enlevé du tube avec soin, afin de ne

Figure 1. Système de culture aéroponique développé pour étudier chez le bananier la relation avec *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* et *Radopholus similis*.



pas abîmer les racines, et il a été placé sur un cadre métallique pour permettre un accès sans contraintes aux racines. Des racines au même stade de développement ont été utilisées pour l'inoculation.

Un isolat de la race 4 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc) a été obtenu à partir de plants de bananier infectés poussant dans un champ à Kiepersol, Afrique du Sud. L'inoculum a été préparé dans le milieu liquide d'Armstrong selon la méthode décrite par Mohammed *et al.* (1999). Une incision a été effectuée dans la racine, à 20-25 cm de la masse racinaire, dans la région où le développement de racines latérales s'est déjà produit. La racine a ensuite été coupée 2 mm sous l'incision. Une goutte de 15 µl de suspension de spores a été immédiatement déposée à la pipette sur l'extrémité de la racine blessée. Les plantes n'ont pas été irriguées pendant au moins 2-3 heures après l'inoculation. Le nombre de racines infectées et la longueur de la colonisation racinaire à partir du point d'inoculation ont été déterminés après 14 jours. Afin de déterminer l'efficacité de la méthode d'inoculation et de la colonisation racinaire, les racines inoculées ont été séparées de la plante en les coupant 20 cm au-dessus du site d'inoculation. Les racines latérales ont été supprimées et la racine principale vaporisée avec de l'éthanol à 70%. On a laissé les racines sécher sur du papier filtre stérile. Une fois sèches, les racines ont été découpées aseptiquement en sections de 1 cm, puis placées sur de l'agar de dextrose de pomme de terre (ADP) amendé avec 200 mg de chloramphénicol. Le nombre de sections de racines infectées a été déterminé 14 jours après incubation sur ADP. Cinquante racines ont été récoltées par traitement.

R. similis a été isolé initialement à partir de bananiers poussant dans un champ à Hectorspruit, Mpumalanga, Afrique du Sud, puis cultivé sur des disques de carotte (Speijer et De Waele 1997). Les deux techniques ci-dessous ont été développées pour infecter les racines avec *R. similis*.

- Les racines ont été infectées avec *R. similis* en suspendant les nématodes dans du Gelrite liquide (4%) après refroidissement à 30°C. Des gouttes de 18 µl de la mixture (9 µl de *R. similis* dans de l'eau et 9 µl de gel à 4%) ont été déposées à la pipette sur les racines et laissées prendre avant de commencer l'irrigation.
- Les plantes ont été sorties avec précautions du couvercle de polystyrène et placées dans des flacons en verre de 350 ml. Les racines des plantes ont ensuite été recouvertes avec 2000 *R. similis* en suspension dans du Gelrite à 4%. Les flacons ont été recouverts de papier d'aluminium pour empêcher la lumière d'atteindre les racines. Les plantes sont restées 3 jours dans les flacons avant d'être replacées dans le couvercle de polystyrène.

Au bout de 3 jours, les racines infectées ont été enlevées et colorées suivant la technique développée par Byrd *et al.* (1983).

Résultats et discussion

Fusarium oxysporum f. sp. *cubense*

L'efficacité de l'infection racinaire a été élevée, atteignant 96%. Une moyenne de 11 à 13 cm de tissu racinaire colonisé a été obtenue au bout de 2 semaines, avec une longueur maximale de colonisation racinaire de 15 cm.

Radopholus similis

Avec la première technique, l'utilisation du Gelrite a empêché les gouttes contenant *R. similis* de se dessécher avant que les nématodes ne puissent infecter les racines. Dans la seconde technique, le Gelrite dans les flacons a empêché les nématodes de précipiter, ce qui a rendu l'infection plus efficace.

Une période d'incubation de 3 jours a été nécessaire pour infecter les racines. La période d'incubation peut être plus courte avec des populations de *R. similis* plus pathogènes (Fallas *et al.* 1995, Stoffelen 2000). Des nombres importants de nématodes sont toujours nécessaires pour l'infection, puisque le pourcentage d'infection initial est bas. Dans la technique des gouttes, l'infection a été obtenue quand 100 nématodes ou plus par goutte étaient utilisés. Au cours des essais en serre, on applique souvent 1000 *R. similis* ou plus par plante (Speijer et De Waele 1997). De plus, il a été possible de déterminer si l'infection était réussie au bout de 3 jours en colorant des racines ou des fragments de racine sélectionnés sans toucher aux racines restantes. Une coloration effectuée après 28 jours a montré que *R. similis* avait réussi à se multiplier, puisque le nombre de nématodes dans les racines avait significativement augmenté. Des œufs étaient visibles à l'intérieur des racines (figure 3), ce qui confirme que *R. similis* s'était reproduit. La technique des gouttes peut également être utilisée pour des études histologiques et histochimiques (Valette *et al.* 1998), puisque des sites spécifiques peuvent être infectés sans abîmer ou manipuler le reste de la racine.

Conclusion

Le système aéroponique offre une méthode simple et non destructive pour étudier l'infection et la colonisation racinaire par *F. oxysporum* f. sp. *cubense* et *R. similis*. Le système rend également possible des études histologiques et histochimiques au site d'inoculation et permet de manipuler le taux d'infection.

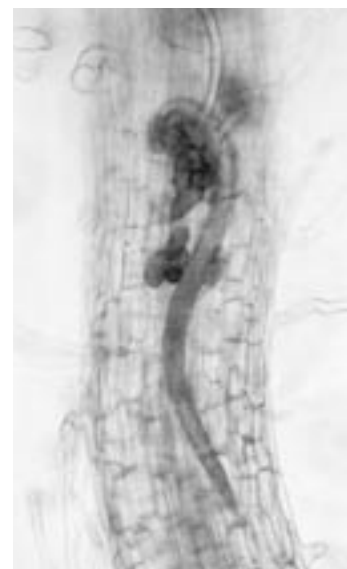
Remerciements

Les auteurs remercient Katrien Beullens et Annelies Hauwermeiren de KULeuven, Belgique, pour leur assistance technique, et DuRoi Laboratories pour le matériel végétal.

Figure 2. Développement racinaire chez des vitroplants de bananier après 3 semaines de culture aéroponique.



Figure 3. Nématode avec des œufs bien visibles dans une racine, un mois après l'infection.



Références

- Byrd D.W. Jr, T. Kirkpatrick & K.R. Barker. 1983. An improved technique for clearing and staining plant tissues for detection of nematodes. *Journal of Nematology* 15: 142-143.
- De Schutter B., P.R. Speijer, C. Dochez, A. Tenkouano & D. De Waele. 2001. Evaluating host plant reaction of *Musa* germplasm to *Radopholus similis* by inoculation of single primary roots. *Nematropica* 31:297-301.
- Fallas G., J.L. Sarah & M. Fargette. 1995. Reproductive fitness and pathogenicity of eight *Radopholus similis* isolates on banana plants (*Musa* AAA cv. Poyo). *Nematropica* 25:135-141.
- Gowen S.R. & P. Quénehervé. 1990. Nematode parasites of bananas, plantains and abaca. Pp. 431-460 in *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture* (Luc M, Sikora R.A. & Bridge J. eds). CAB International, Wallingford, UK.
- Mohammed A.A., C. Mak, K.W. Liew & Y.W. Ho. 1999. Early evaluation of banana plants at nursery stage for Fusarium wilt tolerance. International seminar and workshop on Fusarium wilt of banana. Genting Highlands Resort, Malaysia 18 – 20 October 1999.
- Moore N.Y., S. Bentley, K.G. Pegg & D.R. Jones. 1995. La Fusariose du bananier. Maladie des *Musa*. Fiche technique N° 5. INIBAP, Montpellier. France.
- Orjeda G. 1998. Evaluation de la résistance des bananiers aux cercosporioses et à la fusariose. Guides techniques INIBAP 3. Réseau international pour l'amélioration de la banana et de la banane plantain, Montpellier, France, 63pp.
- Pinochet J. 1988. A method for screening bananas and plantains to lesion forming nematodes. Pp. 62-65 in *Nematodes and Borer Weevil in Bananas: Present Status of Research and Outlook*. INIBAP, Montpellier, France.
- Sarah J.L., F. Blavignac, C. Sabatini & M. Boisseau. 1992. Une méthode de laboratoire pour le criblage variétal des bananiers vis-à-vis de la résistance aux nématodes. *Fruits* 47:559-564.
- Speijer P.R. & D. De Waele. 1997. Evaluation du matériel génétique de *Musa* pour la résistance aux nématodes. Guides techniques INIBAP 1. Réseau international pour l'amélioration de la banane et de la banane plantain, Montpellier, France, 47pp.
- Stoffelen R. 2000. Early screening of *Eumusa* and *Australimusa* bananas against root-lesion and root-knot nematodes. PhD Thesis N° 426 at the Catholic University of Leuven. 170pp.
- Valette C., C. Andary, J.P. Geiger, J.L. Sarah & M. Nicole. 1998. Histochemical and cytochemical investigations of phenols in roots of banana infected by the burrowing nematode *Radopholus similis*. *Phytopathology* 88:1141-1147.
- Wagner R.E. & H.T. Wilkinson. 1992. An aeroponics system for investigating disease development on soybean tap roots infected with *Phytophthora sojae*. *Plant Dis.* 76: 610-614.

A.A. Severn-Ellis, M. Daneel et K de Jager travaillent au ARC-Institute for Tropical and Subtropical Crops, Private Bag X11208, Nelspruit, 1200, Afrique du Sud, courriel : mieke@itsg2.agric.za, et **D. De Waele** au Laboratory of Tropical Crop Improvement, KULeuven, Kasteelpark Arenberg 13, 3001 Leuven, Belgique.

Système racinaire

Evaluation de la variation génotypique de l'architecture racinaire chez *Musa* spp. en conditions de champ

G. Blomme, R. Swennen et A. Tenkouano

Musa est composé de racines adventives, ou racines cordiformes, qui sont formées sur le vrai tronc souterrain, appelé rhizome ou corme. On trouve ces racines de façon prédominante dans les premiers 40 cm de sol et elles peuvent s'étendre jusqu'à 2 à 3 m du rhizome (Gousseland 1983, Araya *et al.* 1998). Un corme sain peut porter 200 à 300 racines cordiformes primaires qui peuvent atteindre une longueur totale de 230 m (Beugnon et Champion 1966). Ces racines cordiformes sont principalement responsables de l'ancrage et du transport de l'eau et des nutriments (Price 1995).

Sur ces racines cordiformes, sont formées des racines latérales de premier ordre, deuxième ordre et occasionnellement de troisième ordre (Riopel 1966). De nombreuses racines latérales de premier ordre émergent généralement à 12-15 cm de l'extrémité des racines cordiformes et elles peuvent atteindre une longueur de 15 cm (Laville 1964). Lorsque l'apex d'une racine cordiforme primaire de *Musa* est abîmé, à cause de facteurs biotiques ou abiotiques, deux ou trois de ces racines latérales de premier ordre

peuvent se développer en longues racines cordiformes secondaires (Lassoudière 1977, Swennen *et al.* 1986).

L'initiation et le développement des racines latérales offre un moyen important de construire le système racinaire, et d'augmenter ainsi sa surface d'absorption et le volume de substrat exploité (Charlton 1996). Cependant, les racines latérales ont généralement une durée de vie réduite. Chez le bananier, il a été observé que les racines cordiformes sont fonctionnelles pendant 4-6 mois, alors que les racines latérales de premier et deuxième ordre sont fonctionnelles respectivement pendant 8 et 5 semaines (Robinson 1988). La vitesse d'élongation des racines dépend de leur diamètre : des vitesses d'élongation de 2-4 cm par jour pour les racines cordiformes et de 0,33 cm par jour pour les racines latérales de premier ordre ont été rapportées (Lavigne 1987).

Au cours d'une étude sur 10 variétés locales de *Musa* cultivées dans une solution nutritive, Swennen *et al.* (1986) ont observé des variations dans la longueur totale des racines, la proportion relative de racines cordiformes, de racines

latérales de premier et de deuxième ordre, et dans la proportion de racines cordiformes couvertes de racines latérales. Ces différences dans la composition du système racinaire ont été attribuées à des différences génétiques.

Contrairement aux plantes cultivées en système hydroponique, l'environnement des racines dans le sol est hétérogène. Les conditions de microsite (par exemple taille des pores, fertilité) influent sur le développement des racines latérales (Box 1996). Elles entraînent des modifications considérables du nombre de racines latérales par unité de longueur de racine et de leur longueur. Ainsi, la partie d'un axe racinaire se développant dans une zone plus favorable montre une prolifération localisée de racines latérales (Drew 1975, Russell 1977, Robinson 1994, Forde 2002).

On peut considérer que le développement des racines latérales sera différent selon que la plante sera cultivée en champ ou en conditions hydroponiques. L'objectif de cette étude était de quantifier le développement des racines latérales de huit génotypes cultivés en conditions de champ.

Matériel et méthodes

Cette étude a été réalisée sur la station à pluviométrie élevée de l'IIITA à Onne, dans le sud-est du Nigeria (4°43' N, 7°10' E, 5 m d'altitude). Le sol est un ultisol dérivé de sédiments côtiers, bien drainé, pauvre en éléments nutritifs, à l'exception de la présence de P, et avec un pH de 4,3 dans 1:1 H₂O. La pluviométrie annuelle est de 2400 mm répartie de manière monomodale de février à novembre. Ce site a été décrit par Ortiz *et al.* (1997).

Huit génotypes ont été utilisés pour cette étude (tableau 1). Des rejets baïonnettes vigoureux ont été préparés selon les recommandations de Swennen (1990) et plantés le 17 août 1998. L'évaluation a été faite 12 semaines après la plantation.

Le site expérimental, qui avait été laissé en jachère pendant 8 ans, a été hersé et labouré jusqu'à une profondeur de 25 cm pour ameublir le sol, afin de permettre une croissance optimale des racines et pour faciliter l'excavation des racines. L'espacement entre les plantes était de 2 m x 2 m pour éviter le chevauchement des systèmes racinaires des plantes adjacentes. La zone d'essai a été traitée avec le nématicide Nematicur (fenamiphos) à raison de 15 g/plante (3 traitements/an). La fertilisation a été faite avec du chlorure de potassium (K₂O), répartie en deux applications, à la plantation et 8 semaines après la plantation. Aucun paillis n'a été appliqué. Le fongicide Bayfidan (triadimenol) a été appliqué 4 semaines après la plantation pour contrôler la maladie des raies noires.

Les caractéristiques de la pousse, du corme et des racines ont été évaluées sur toutes les plantes. Le système racinaire entier a été déterré. L'excavation a été réalisée avec précautions

Tableau 1. Génotypes évalués.

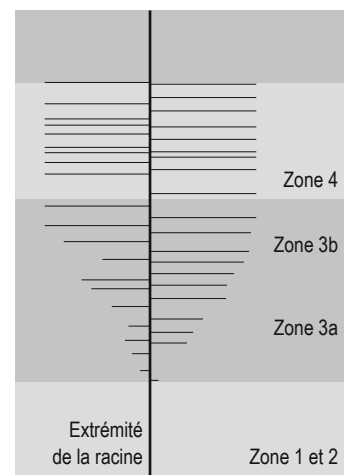
Nom	Niveau de ploïdie	Génome	Type
Valery	3	AAA	Banane dessert
Yangambi km5	3	AAA	Banane dessert
Agbagba	3	AAB	Plantain
Obino l'ewai	3	AAB	Plantain
Fougamou	3	ABB	Banane à cuire
Cardaba	3	ABB	Banane à cuire
TMPx 1658-4	4	AAB x AA	Plantain hybride (Obino l'ewai x Pisang liilin)
TMPx 548-9	4	AAB x AA	Plantain hybride (Obino l'ewai x Calcutta 4)

pour éviter de casser les racines. Les racines ont été lavées sur un grand tamis pour enlever les particules de terre.

Les caractéristiques de la pousse qui ont été mesurées incluaient : hauteur de la plante, circonférence du pseudotrunc au niveau du sol, nombre de feuilles, surface foliaire et nombre total de feuilles produites depuis la plantation jusqu'à l'évaluation. La longueur des feuilles et leur largeur la plus grande ont été mesurées et la surface foliaire calculée selon Obiefuna et Ndubizu (1979). Les caractéristiques des racines comprenaient le nombre et la longueur des racines cordiformes, le poids sec des racines et le diamètre moyen de la base des racines cordiformes. La longueur des racines cordiformes a été estimée selon Tennant (1975) et leur diamètre moyen a été mesuré à 5 cm de leur point d'insertion sur le rhizome avec un pied à coulisse Vernier. Des caractéristiques similaires pour les racines et les pousses ont également été évaluées sur les rejets et la touffe (c.-à-d. le plant-mère et les rejets).

Le développement des racines latérales a été évalué sur deux grandes racines cordiformes matures par plante. Les racines cordiformes ont été subdivisées en 4 zones morphologiques (Swennen *et al.* 1986) (figure 1). Les zones 1 et 2 comprennent la zone d'élongation et la zone distale sans racines latérales. La zone 3a est la zone avec des racines latérales en croissance, alors que la zone 3b est la zone avec des racines latérales matures. Enfin, la zone 4 comprend l'extrémité proximale nue des racines cordiformes. La longueur de ces zones a été mesurée. Le nombre et la longueur des racines latérales de premier ordre ont été mesurés sur une section de 5 cm de la zone 3b, et le nombre et la longueur des racines latérales de deuxième ordre ont été mesurés sur une section de 1 cm d'une racine latérale de premier ordre de la zone 3b. La longueur et la densité des poils racinaires n'ont pas été considérées, malgré leur grande importance probable dans l'absorption de l'eau et des nutriments. La contribution des racines latérales de premier ordre, des racines latérales de second ordre et des racines cordiformes à la longueur totale estimée des racines a été calculée. La contribution des racines cordiformes

Figure 1. Vue schématique des différentes zones d'une racine cordiforme.



et des racines latérales au poids sec total a également été mesurée.

Le dispositif expérimental était un dispositif en blocs de Fisher avec deux répétitions de deux plantes par génotype. L'analyse statistique a été réalisée en utilisant le logiciel SAS. Les données des caractéristiques de la pousse et des racines ont été transformées avant l'analyse par application de la racine carrée (Gomez et Gomez 1984). Les corrélations linéaires entre les caractéristiques de la pousse et des racines et entre les différentes caractéristiques des racines ont été évaluées en utilisant PROC COOR dans SAS. Les données ont été soumises à une ANOVA modèle mixte : caractéristique de croissance = μ + génotype (groupe) + erreur (μ = moyenne générale). Les groupes nichés par génotype ont été considérés comme des effets fixes, alors que les résidus ou l'erreur étaient des effets aléatoires. La variabilité des différentes caractéristiques de croissance a été évaluée et la variance phénotypique totale a été répartie selon les sources de variation suivantes : génotype et répétition.

Résultats

Les pousses et les racines étaient en très bon état et aucune racine cordiforme morte n'a été observée au moment de l'évaluation. Les corrélations linéaires entre la surface foliaire, le poids frais des cormes, le nombre de racines cordiformes, la longueur des racines cordiformes et le poids sec des racines étaient positives et, dans presque tous les cas, hautement significatives (tableau 2).

Il y a eu un effet significatif du génotype sur la plupart des caractéristiques de la pousse, du corme et des racines cordiformes, qu'elles aient été mesurées sur les pieds-mères, les rejets ou les touffes. 'Yangambi km5', 'Cardaba' et 'TMPx 1658-4' avaient les valeurs les plus élevées pour la surface foliaire et la hauteur des plantes, et 'Yangambi km5' et 'Cardaba' avaient les valeurs les plus élevées pour la longueur des racines cordiformes et le poids sec des racines (tableau 3).

Le génotype a eu un effet significatif sur la longueur de la zone 4 ($p=0,05$) mais pas sur la longueur des autres zones (tableau 4). La longueur des zones 1 et 2 variait de 15 à 21 cm,

Tableau 2. Corrélations entre les caractéristiques de la pousse et des racines mesurées sur les pieds-mères 12 semaines après la plantation.

	SF (cm ²)	PC (g)	NRC	LRC (cm)	PSR (g)	DM (mm)	NR-PO	LR-PO (cm)	NR-DO	LR-DO (cm)	PSRcord (g)	PSRlat (g)
HP	0,77***	0,83***	0,23	0,48**	0,46**	-0,36	-0,08	-0,13	0,15	0,01	0,06	0,13
SF		0,82***	0,67***	0,80***	0,82***	-0,11	-0,02	-0,03	0,24	-0,02	0,11	0,04
PC			0,57***	0,76***	0,76***	-0,21	-0,09	-0,14	0,12	-0,05	0,25	0,18
NR				0,85***	0,84***	0,15	-0,09	-0,01	0,20	-0,01	0,29	0,17
LR					0,97***	0,09	0,01	-0,01	0,19	-0,03	0,32	0,18
PSR						0,13	0,03	0,03	0,23	-0,01	0,38	0,21
DM							-0,20	0,37	0,19	0,28	0,52**	0,54**
NR-PO								0,71**	0,51**	0,37	-0,42*	-0,20
LR-PO									0,65***	0,52**	-0,12	0,16
NR-DO										0,84***	0,25	0,42*
LR-DO											0,32	0,57**
PS cord												0,81***

HP : hauteur de la plante, SF : surface foliaire, PC : poids du corme, NRC : nombre de racines cordiformes, LRC : longueur des racines cordiformes, PSR : poids sec des racines, DM : diamètre moyen de la base des racines cordiformes, NR-PO : nombre de racines latérales de premier ordre sur une section de 5 cm de la zone 3b, LR-PO : longueur des racines latérales de premier ordre sur une section de 5 cm de la zone 3b, NR-DO : nombre de racines latérales de deuxième ordre sur une section de 1 cm d'une racine latérale de la zone 3b, LR-DO : longueur des racines latérales de deuxième ordre sur une section de 1 cm d'une racine latérale de la zone 3b, PSRcord : poids sec des racines cordiformes, PSRlat : poids sec des racines latérales.

* significatif à $p<0,05$, ** significatif à $p<0,01$, *** significatif à $p<0,001$.

Tableau 3. Caractéristiques de la pousse, du corme et des racines cordiformes mesurées sur les pieds-mères des 8 génotypes étudiés 12 semaines après la plantation (moyenne $\pm$ e. s.).

Génotype	SF (cm ²)	HP (cm)	PC (g)	NRC	LRC (cm)	PSR (g)
Valery	22 773 $\pm$ 4212	77,8 $\pm$ 10,2	2110 $\pm$ 815	116,3 $\pm$ 12,7	1909 $\pm$ 277	59,2 $\pm$ 8,9
Yangambi km5	32 868 $\pm$ 4212	97,1 $\pm$ 10,2	4074 $\pm$ 815	133,8 $\pm$ 12,7	2658 $\pm$ 277	83,1 $\pm$ 8,9
Agbagba	18 054 $\pm$ 4864	88,8 $\pm$ 11,8	2821 $\pm$ 942	83,0 $\pm$ 14,6	1766 $\pm$ 320	43,9 $\pm$ 10,3
Obino l'ewai	15 015 $\pm$ 4212	84,0 $\pm$ 10,2	1796 $\pm$ 815	98,8 $\pm$ 12,7	1322 $\pm$ 277	38,0 $\pm$ 8,9
Fougamou	18 168 $\pm$ 4212	82,8 $\pm$ 10,2	2173 $\pm$ 815	83,3 $\pm$ 12,7	1635 $\pm$ 277	56,2 $\pm$ 8,9
Cardaba	38 049 $\pm$ 4212	142,8 $\pm$ 10,2	7659 $\pm$ 815	81,0 $\pm$ 12,7	2454 $\pm$ 277	77,4 $\pm$ 8,9
TMPx 1658-4	30 030 $\pm$ 4212	107,8 $\pm$ 10,2	2973 $\pm$ 815	97,3 $\pm$ 12,7	1623 $\pm$ 277	47,2 $\pm$ 8,9
TMPx 548-9	22 678 $\pm$ 4212	88,0 $\pm$ 10,2	2762 $\pm$ 815	113,5 $\pm$ 12,7	1843 $\pm$ 277	54,3 $\pm$ 8,9
p	0,05	0,05	0,01	ns	0,05	0,05

SF : surface foliaire, HP : hauteur de la plante, PC : poids du corme, NRC : nombre de racines cordiformes, LRC : longueur des racines cordiformes, PSR : poids sec des racines.

ns: non significatif.

alors que la longueur de la zone 3, avec des racines latérales en croissance et matures, variait de 72 à 112 cm et représentait 60 à 80% de la longueur totale des racines cordiformes (tableau 4).

Il y a eu un effet significatif du génotype sur le nombre et la longueur des racines latérales de deuxième ordre sur une section de 1 cm de la zone 3b de racines latérales de premier ordre (tableau 5). Par contre, il n'y a eu aucun effet significatif du génotype sur les caractéristiques des racines latérales de premier ordre. 'Valery', 'Cardaba' et 'TMPx 1658-4' présentaient un faible développement de racines latérales de premier ordre, mais la variabilité élevée au sein d'un même génotype pourrait expliquer pourquoi les différences entre génotypes n'étaient pas statistiquement significatives.

Le développement total des racines latérales de premier ordre chez le pied-mère a été estimé en multipliant le nombre et la longueur des racines latérales de premier ordre sur une section de 1 cm de la zone 3b par la longueur totale de la zone 3b. La longueur des racines latérales de premier ordre pourrait avoir été surestimée puisque la zone 3a était considérée comme une zone avec des racines latérales matures. Le nombre et la longueur des racines latérales de second ordre sur une section de 1 cm des racines latérales de premier ordre ont été multipliés par la longueur estimée des racines latérales de premier ordre (tableau 5). La longueur totale estimée des pieds-mères variait entre 297 m et 1529 m et comprenait la longueur des racines cordiformes et les longueurs estimées des racines latérales de premier et de deuxième ordre. Selon l'ANOVA, le génotype n'a pas eu d'effet significatif sur les valeurs estimées des caractéristiques des racines. 'Yangambi km5' et 'Fougamou' avaient les racines les plus longues. Bien que 'Fougamou' avait une proportion relativement faible (60%) de ses racines cordiformes couvertes de racines latérales (tableau 4), ses racines latérales étaient

Tableau 4. Longueur des zones morphologiques des racines cordiformes mesurées sur les pieds-mères des 8 génotypes étudiés 12 semaines après la plantation (moyenne $\pm$ e. s.).

Génotype	Zone 1 & 2 (cm)	Zone 3a (cm)	Zone 3b (cm)	Zone 4 (cm)	LRC-RL (m)	CR (%)
Valery	20,0 $\pm$ 3,5	46,9 $\pm$ 12,5	48,0 $\pm$ 13,0	15,8 $\pm$ 8,8	14,6 $\pm$ 3,3	74,7 $\pm$ 7,8
Yangambi km5	19,6 $\pm$ 3,5	46,5 $\pm$ 12,3	54,0 $\pm$ 12,7	6,9 $\pm$ 8,7	20,5 $\pm$ 2,9	78,4 $\pm$ 6,8
Agbagba	15,9 $\pm$ 3,1	55,2 $\pm$ 10,7	45,4 $\pm$ 10,6	5,6 $\pm$ 7,9	14,4 $\pm$ 3,9	80,0 $\pm$ 9,1
Obino l'ewai	18,0 $\pm$ 3,0	39,9 $\pm$ 10,4	47,4 $\pm$ 10,6	12,7 $\pm$ 7,5	6,0 $\pm$ 2,6	64,8 $\pm$ 6,0
Fougamou	20,7 $\pm$ 3,3	41,5 $\pm$ 11,5	49,9 $\pm$ 11,8	24,3 $\pm$ 8,2	11,9 $\pm$ 2,9	60,2 $\pm$ 6,9
Cardaba	20,4 $\pm$ 3,5	40,9 $\pm$ 12,6	71,2 $\pm$ 13,0	20,7 $\pm$ 8,8	18,5 $\pm$ 3,3	78,1 $\pm$ 7,8
TMPx 1658-4	15,8 $\pm$ 3,4	36,3 $\pm$ 11,9	35,6 $\pm$ 12,2	8,5 $\pm$ 8,4	12,2 $\pm$ 3,0	74,4 $\pm$ 7,2
TMPx 548-9	15,5 $\pm$ 3,1	29,7 $\pm$ 11,0	51,6 $\pm$ 11,2	12,5 $\pm$ 7,8	11,7 $\pm$ 2,7	73,3 $\pm$ 6,4
p	ns	ns	ns	0,05	-	-

Zone 1 & 2 : zone d'élongation et zone distale nue sans racines latérales, Zone 3a : zone avec racines latérales en croissance, Zone 3b : zone avec racines latérales matures, Zone 4 : extrémité proximale nue des racines cordiformes, LRC : longueur de racines cordiformes avec des racines latérales (c.-à-d. longueur des zones 3a & 3b), %CR : pourcentage de longueur des racines cordiformes avec des racines latérales.
ns : non significatif, - : non disponible.

bien développées (tableau 5), ce qui a conduit à une estimation élevée de la longueur totale des racines.

Le génotype n'a pas eu d'effet significatif sur la proportion de la longueur des racines latérales de premier ordre, de la longueur des racines latérales de deuxième ordre et de la longueur des racines cordiformes par rapport à la longueur totale estimée des racines. Les racines latérales de second ordre ont contribué le plus à la longueur totale des racines, 70 à 87%, par comparaison avec 1,7 à 5,3% pour les racines cordiformes (figure 2).

Bien qu'elles contribuaient à plus de 94% de la longueur totale des racines, les racines latérales ne représentaient que 14 à 27% du poids sec total. Ceci illustre la finesse des racines latérales, par rapport aux racines cordiformes plus épaisses.

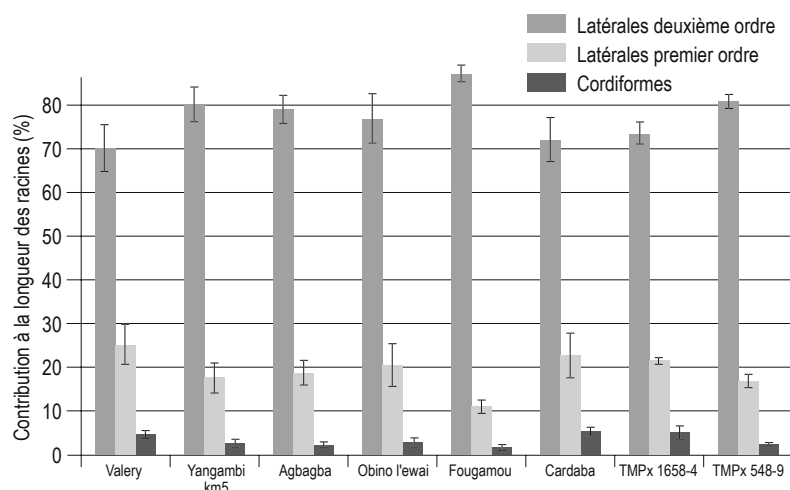
Aucune corrélation significative n'a été trouvée d'une part entre les caractéristiques des racines latérales de premier et de deuxième ordre et d'autre part entre les paramètres observés sur le corme et les racines cordiformes (tableau 2). Cependant, des corrélations

Tableau 5. Caractéristiques des racines latérales de premier ordre et de deuxième ordre mesurées sur les pieds-mères des 8 génotypes étudiés 12 semaines après la plantation (moyenne $\pm$ e. s.).

Génotype	NR-PO	eNR-PO	LR-PO (cm)	eLR-PO (m)	NR-DO	eNR-DO	LR-DO (cm)	eLR-DO (m)	eTOT-LR (m)
Valery	13,0 $\pm$ 5,6	2639 $\pm$ 2374	54,9 $\pm$ 14,6	118 $\pm$ 48	7,4 $\pm$ 1,9	92 177 $\pm$ 62 256	3,1 $\pm$ 1,5	466 $\pm$ 320	610 $\pm$ 359
Yangambi km5	17,6 $\pm$ 5,5	5742 $\pm$ 2084	62,3 $\pm$ 14,5	206 $\pm$ 43	11,1 $\pm$ 1,9	246 648 $\pm$ 55 097	5,7 $\pm$ 1,5	1295 $\pm$ 282	1529 $\pm$ 315
Agbagba	17,6 $\pm$ 5,0	8115 $\pm$ 2794	36,9 $\pm$ 13,5	133 $\pm$ 57	9,9 $\pm$ 1,7	144 053 $\pm$ 73 237	5,0 $\pm$ 1,3	438 $\pm$ 377	596 $\pm$ 422
Obino l'ewai	19,5 $\pm$ 4,7	1598 $\pm$ 1875	64,8 $\pm$ 12,7	61 $\pm$ 39	7,8 $\pm$ 1,6	43 200 $\pm$ 49 889	4,2 $\pm$ 1,2	224 $\pm$ 254	297 $\pm$ 283
Fougamou	24,2 $\pm$ 5,8	4651 $\pm$ 2132	68,2 $\pm$ 15,1	145 $\pm$ 44	12,4 $\pm$ 2,0	201 625 $\pm$ 56 143	8,5 $\pm$ 1,5	1342 $\pm$ 288	1511 $\pm$ 322
Cardaba	11,5 $\pm$ 5,4	3359 $\pm$ 2401	41,9 $\pm$ 14,2	128 $\pm$ 49	7,1 $\pm$ 1,8	101 340 $\pm$ 63 496	3,4 $\pm$ 1,4	498 $\pm$ 325	661 $\pm$ 363
TMPx 1658-4	13,2 $\pm$ 5,1	2323 $\pm$ 2212	41,5 $\pm$ 13,5	62 $\pm$ 45	5,3 $\pm$ 1,7	33 166 $\pm$ 58 454	3,2 $\pm$ 1,3	278 $\pm$ 299	364 $\pm$ 334
TMPx 548-9	18,8 $\pm$ 4,9	4177 $\pm$ 1992	68,3 $\pm$ 13,3	132 $\pm$ 41	9,1 $\pm$ 1,7	135 384 $\pm$ 52 890	4,9 $\pm$ 1,3	645 $\pm$ 270	796 $\pm$ 301
p	ns	ns	ns	ns	0,01	ns	0,05	ns	ns

NR-PO : nombre de racines latérales de premier ordre sur une section de 5 cm de la zone 3b, eNR-PO : nombre total estimé de racines latérales de premier ordre, LR-PO : longueur des racines latérales de premier ordre sur une section de 5 cm de la zone 3b, eLR-PO : longueur totale estimée des racines latérales de premier ordre, NR-DO : nombre de racines latérales de deuxième ordre sur une section de 1 cm d'une racine latérale de premier ordre de la zone 3b, eNR-DO : nombre total estimé de racines latérales de deuxième ordre, LR-DO : longueur des racines latérales de deuxième ordre sur une section de 1 cm d'une racine latérale de premier ordre de la zone 3b, eLR-DO : longueur totale estimée des racines latérales de deuxième ordre et eTOT-LR : longueur totale estimée des racines (cordiformes et latérales).
ns : non significatif.

Figure 1. Proportion relative des différents types de racines par rapport à la longueur totale.



généralement positives ont été observées entre les caractéristiques individuelles des racines latérales (tableau 2). Par exemple, le nombre et la longueur des racines latérales de premier ordre, mesurés sur une section de 5 cm de la zone 3b, étaient respectivement corrélés avec le nombre et la longueur des racines latérales de second ordre observées sur les racines latérales de premier ordre d'une section de 1 cm de la zone 3b. Ceci indique que le développement des racines latérales de deuxième ordre dépend du développement des racines latérales de premier ordre. Le nombre des racines latérales de premier ordre n'était pas corrélé avec le diamètre des racines cordiformes.

Discussion

La taille du système racinaire était en relation avec la taille du corme et la croissance de la pousse, ce qui confirme les observations faites par Blomme et Ortiz (1996) et Blomme (2000) qui ont rapporté des relations étroites entre la pousse, le corme et la croissance du système racinaire cordiforme pendant la croissance végétative.

Par comparaison avec la présente étude, les densités des racines latérales de premier et de second ordre étaient plus homogènes en conditions hydroponiques (Swennen *et al.* 1986). De plus, des différences significatives entre génotypes ont été détectées dans les caractéristiques des racines latérales de premier et de second ordre. Il se pourrait que les conditions hydroponiques diminuent la variance au sein d'un génotype et qu'elles soient plus appropriées pour évaluer la variabilité entre génotypes dans la croissance des racines latérales.

La longueur des zones 1 et 2 observée dans cette étude confirme les observations de Riopel (1966) et Laville (1964). Lecompte *et al.* (2001) ont trouvé une relation positive entre le taux de croissance journalier des racines et la longueur de ces zones. Les valeurs de 15 à 20 cm observées dans notre étude ont été trouvées sur

des racines cordiformes ayant une croissance rapide (>2 cm/jour) dans leur étude.

En conditions hydroponiques, la proportion de racines cordiformes occupées par des racines latérales variait de 94 à 97% (Swennen *et al.* 1986), ce qui est plus élevé que dans cette étude (60 à 80%), et est probablement dû à l'excellent état des racines et à une fertilisation optimale.

Swennen *et al.* (1986) ont comparé des plantes de hauteur identique (154 cm) et estimé que la longueur totale du système racinaire (poils racinaires exclus) était de 9,2 km chez 'Agbagba' (un plantain) et de 41,3 km chez 'Robusta' (un bananier dessert). Dans notre étude, 'Cardaba', qui était le seul génotype d'une taille similaire, avait une longueur de racines totale estimée de 0,66 km.

En conditions hydroponiques, la proportion de racines cordiformes par rapport à la longueur de racines totale estimée variait de 0,32 à 1,45% (Swennen *et al.* 1986), résultat qui indique des racines latérales plus développées par rapport aux conditions en champ. Swennen *et al.* (1986) ont également rapporté un changement dans la proportion de la longueur totale des racines latérales de second ordre en faveur des racines latérales de premier ordre et des racines latérales de premier ordre en faveur des racines cordiformes en conditions moins favorables (Weeks 1982, Swennen *et al.* 1986), résultat qui est confirmé par nos observations.

Swennen *et al.* (1986) ont rapporté que la capacité à former des racines latérales de second ordre était plus élevée chez les bananiers dessert que chez les plantains. La proportion de racines latérales de premier et de second ordre par rapport à la longueur totale des racines était respectivement de 53% et 46% chez les plantains, contre 22% et 77% chez les bananiers dessert (Swennen *et al.* 1986). Les mêmes auteurs postulent que la longueur totale des racines inférieure des plantains, particulièrement du fait de la proportion plus basse de racines latérales de deuxième ordre, pourrait être un facteur qui contribue à la productivité plus faible des plantains par rapport aux bananiers dessert. Au contraire, dans la présente étude, la contribution des racines latérales de premier et second ordre à la longueur totale des racines était semblable pour les plantains ('Agbagba' et 'Obino l'ewai') et les bananiers dessert 'Valéry' et 'Yangambi km5').

Conclusion

Il a été observé que les plantes cultivées en conditions de champ avaient une longueur totale de racines plus faible que les plantes en culture hydroponique. La proportion de racines latérales par rapport à la longueur totale des racines était plus élevée pour les plantes cultivées en conditions hydroponiques. De plus, la croissance des racines latérales était plus homogène en conditions hydroponiques, ce qui rendait plus

facile la détection d'effets génotypiques sur les caractéristiques des racines latérales.

Remerciements

Les auteurs remercient l'Association flamande de coopération pour le développement et l'assistance technique (*Vlaamse Vereniging voor Ontwikkelingssamenwerking en Technische Bijstand*) et la Direction générale pour la coopération internationale du gouvernement belge. Les auteurs remercient Emeka Onwuvuariri de son aide pour la collecte des données et Philip Ragama de son assistance pour l'analyse statistique. Cet article est le manuscrit IITA N° IITA/01/JA/40.

Références

Araya M., A. Vargas & A. Cheves. 1998. Changes in distribution of roots of banana (*Musa* AAA cv. Valery) with plant height, distance from the pseudostem, and soil depth. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 73(4):437-440.

Beugnon M. & J. Champion. 1966. Etude sur les racines du bananier. *Fruits* 21:309-327.

Blomme G. 2000. The interdependence of root and shoot development in banana (*Musa* spp.) under field conditions and the influence of different biophysical factors on this relationship. Ph.D. thesis N° 421. KULeuven. Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen. Belgium. 183pp.

Blomme G. & R. Ortiz. 1996. Preliminary evaluation of variability in *Musa* root system development. Pp. 51-52 in *Biology of root formation and development* (A. Altman, ed.). Plenum Publishing Company, New York.

Box J.E. 1996. Modern Methods for Root Investigations. Pp. 193-237 in *Plant roots: the hidden half*. 2nd ed. (Y. Waisel, A. Eshel and U. Kafkafi, eds). Marcel Dekker, New York.

Charlton W.A. 1996. Lateral root initiation. Pp. 149-173 in *Plant roots: the hidden half*. 2nd ed. (Y. Waisel, A. Eshel and U. Kafkafi, eds). Marcel Dekker, New York.

Drew M.C. 1975. Comparison of the effects of a localized supply of phosphate, nitrate, ammonium and potassium on the growth of the seminal root system, and the shoot, in barley. *New Phytologist* 75:479-490.

Forde B.G. 2002. Local and long-range signalling pathways regulating plant responses to nitrate. *Annual Review of Plant Biology* 53:203-224.

Gousseland J. 1983. Etude de l'enracinement et de l'émission racinaire du bananier 'Giant Cavendish' (*Musa acuminata*

AAA, sous-groupe Cavendish) dans les andosols de la Guadeloupe. *Fruits* 38:611-623.

Gomez K.A. & A.A. Gomez. 1984. Statistical procedures for Agricultural Research. 2nd edition. An international rice research institute book. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley and Sons, New York and Singapore. 680pp.

Lassoudière A. 1977. Croissance et développement du bananier 'Poyo' en Côte d'Ivoire. Thèse. Université Nationale de Côte d'Ivoire, Abidjan.

Lavigne C. 1987. Contribution à l'étude du système racinaire du bananier. Mise au point de rhizotrons et premiers résultats. *Fruits* 42:265-271.

Laville E. 1964. Etude de la mycoflore des racines du bananier 'Poyo'. *Fruits* 19:435-449.

Lecompte F., H. Ozier-Lafontaine & L. Pagès. 2001. The relationships between static and dynamic variables in the description of root growth. Consequences for field interpretation of rooting variability. *Plant and Soil* 236: 19-31.

Obiefuna J.C. & T.O.C. Ndubizu. 1979. Estimating leaf area of plantain. *Sci. Hortic.* 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.

Price N.S. 1995. Banana morphology, part 1: roots and rhizomes. Pp. 190-205 in *Bananas and Plantains* (S. Gowen, ed.). Chapman and Hall.

Riopel J. 1966. The distribution of lateral roots in *Musa acuminata* 'Gros Michel'. *Am. J. Bot.* 53:403-407.

Robinson D. 1994. The responses of plants to non uniform supply of nutrients. *New. Phytol.* 127:635-674.

Robinson J.C. 1988. Underground observation chambers provide root growth data for bananas. *Citrus Subtrop. Fruit J.* 64:1-7.

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

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

Swennen R., E. De Langhe, J. Janssen & D. Decoene. 1986. Study of the root development of some *Musa* cultivars in hydroponics. *Fruits* 41:515-524.

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

Weckx G. 1982. Invloed van mulching en minerale bemesting op het wortelstelsel van plantaan en banaan. Eindwerk. Faculteit der Landbouwwetenschappen. Katholieke Universiteit Leuven. 98pp.

G. Blomme travaille à l'International Institute of Tropical Agriculture (IITA), High Rainfall Station, PMB 008 Nchia-Elleme, Rivers State, Nigeria. Adresse actuelle : INIBAP-ESA, P.O.Box 24384, Kampala, Ouganda, courriel: G.Blomme@CGIAR.org.

R. Swennen travaille au Laboratory of Tropical Crop Improvement, KULeuven, Kasteelpark Arenberg 13, 3001 Leuven, Belgique. courriel: rony.swennen@agr.kuleuven.ac.be et

A. Tenkouano au Humid Forest Ecoregional Center, IITA, BP 2008 Messa, Yaoundé, Cameroun. Courriel : A.Tenkouano@cgiar.org

Performances agronomiques et résistance à la maladie des raies noires de l'hybride 'CRBP-39'

J.-P. Cohan, C. Abadie, K. Tomekpé et J. Tchango Tchango

Le bananier plantain, l'une des principales sources d'alimentation des populations d'Afrique centrale, est soumis à nombre de contraintes de production dues essentiellement aux nombreux ravageurs et maladies dont la cercosporiose noire ou maladie des raies noires (MRN, due au champignon ascomycète *Mycosphaerella fijiensis* Morelet). Celle-ci est considérée comme la maladie foliaire la plus préjudiciable en culture bananière à travers

le monde (Pasberg-Gauhl *et al.* 2000) et peut causer des pertes de rendement très importantes selon le contexte épidémiologique (Stover 1983, Fouré *et al.* 1984, Mobambo *et al.* 1993). En plantations industrielles, son contrôle nécessite l'emploi intensif de fongicides, très néfastes à l'environnement et qui augmentent les coûts de production, d'où l'impossibilité d'employer cette méthode dans les petites plantations paysannes à faibles revenus. Les techniques culturales

Evaluation



Régime de CRBP-39 (K. Tomekpé).

comme l'effeuillage ne permettant pas une lutte efficace, la mise au point d'hybrides de type plantain résistants à la MRN est primordiale pour améliorer la productivité de ces exploitations (Tomekpé *et al.* 1998, 1999). Depuis plusieurs années, le programme d'amélioration génétique du Centre régional de recherches sur bananiers et plantains (CARBAP) a concentré ses efforts dans cette voie. L'hybride de type plantain tétraploïde 'CRBP-39' (*Musa* cv. AAAB, ITC1344), obtenu par croisement entre un plantain femelle triploïde (*Musa* cv. AAB, variété locale 'French clair') et un bananier mâle diploïde M53, hybride synthétique (AA), est l'un des résultats de ce travail.

Les premières évaluations de cet hybride ont mis en évidence ses excellentes capacités de résistance à la MRN, ses performances agronomiques élevées et sa bonne acceptabilité de la part de la population camerounaise (Tomekpé *et al.* 1999). Cependant, si les évaluations d'hybrides résistants se font souvent par comparaison avec leur géniteur traité contre la MRN (Vuylsteke *et al.* 1993), elles se font plus rarement par comparaison supplémentaire avec un géniteur non traité pour déterminer l'influence de la résistance à la MRN sur les performances de l'hybride (Mobambo *et al.* 1993). L'essai mis en place et présenté ici a donc deux finalités : confirmer les performances de 'CRBP-39' et déterminer les pertes de rendement dues à la MRN par comparaison avec celles de son parent plantain femelle 'French clair' traité ou non contre la MRN dans les conditions pédo-climatiques du centre de recherche du CARBAP.

Matériel et méthodes

La parcelle mise en place au Cameroun en juillet 2001, sur les terrains du CARBAP de la plaine bananière du Moungo, à Njombé, est caractérisé comme suit : altitude de 80 m au dessus du niveau de la mer ; latitude 4° 35 N ; longitude 9° 39 E, climat équatorial humide à deux saisons ; pluviométrie annuelle de 2600 mm ; sols volcaniques bruns eutrophes.

Les plants étaient issus de vitroplants produits par le CARBAP. L'hybride 'CRBP-39', non traité contre la MRN, a été comparé à la variété locale 'French clair' qui dans un premier cas a été traité contre la MRN et soumis à la technique d'effeuillage, et dans le second n'a subi aucune intervention contre la MRN (ni traitement fongicide, ni effeuillage).

Le dispositif expérimental était constitué de blocs randomisés. Pour chaque traitement, cinq répétitions de 28 bananiers ont été réalisées. Afin d'éviter les effets de bordures, seuls les 10 bananiers centraux ont été observés, soit 50 bananiers par traitement.

Les applications de fongicide sur le 'French clair' traité ont été réalisées sur les 10 bananiers centraux (4 applications, une semaine après la plantation puis à 3, 6 et 9 mois après la plantation) par épandage de triadiménol à 1%

(triazole, 30 g/plant dans 1,5 L d'eau) et par pulvérisation (2 applications, 6 et 7 mois après la plantation) à l'azoxystrobine à 25% (strobilurine, 0,01 L dans un mélange huile/eau de 0,375 L).

La parcelle, plantée à une densité de 1666 pieds/ha (2m x 3m), a été fertilisée à raison de 35 g d'urée chaque mois (sauf au 2^{ème} mois où 50 g de sulfate d'ammoniaque ont été appliqués) et 100 g de chlorure de potassium à 4 et 6 mois après la plantation. Un traitement nématicide et insecticide a été réalisé 3 mois après la plantation à l'aide de terbuphos (organo-phosphoré) à 10% (20 g de produit par pied). L'enherbement a été contrôlé par du glyphosate à 36% et du paraquat à 20%.

Les paramètres suivants ont été observés lors de la phase de croissance (toutes les deux semaines à partir du 3^{ème} mois après la plantation), à la floraison et à la récolte (quand la couleur d'un doigt de la 1^{ère} main commence à virer du vert au jaune) : plus jeune feuille nécrosée (PJFN), plus jeune feuille touchée (PJFT - le rang de la feuille qui présente les premiers symptômes), nombre de feuilles érigées (NFER), et l'indice d'infection (II).

La hauteur du pied mère et l'intervalle, en jours, entre la plantation et la floraison (IPF) ont été évalués à la floraison, tandis que le nombre de feuilles fonctionnelles (NFFonc - jusqu'à 33% ou 50% de surface nécrosée), la circonférence du pseudotrunc du pied mère, la hauteur du rejet successeur et le pourcentage de pieds nécrosés ont été évalués à la floraison et à la récolte.

L'intervalle, en jours, entre la plantation et la coupe, et entre la floraison et la coupe, le poids du régime, le nombre de mains par régime, le nombre de doigts par régime, le poids d'un doigt, la longueur de la face convexe (mesuré à l'aide d'un mètre ruban gradué) et le grade (mesuré à l'aide d'un pied à coulisse) du doigt médian des 2^{ème} et 4^{ème} mains du régime, ont été évalués à la récolte. Le taux de matière sèche (peau et pulpe mesurés après un étuvage à 105°C pendant 24 heures) et la dureté de la pulpe du doigt médian des 2^{ème} et 4^{ème} mains du régime (mesuré à l'aide d'un pénétromètre à main doté d'un embout de 6 mm) ont été évalués immédiatement après la coupe, lorsque les doigts étaient encore verts.

L'analyse des résultats a été réalisée avec Statistica® (version 5.5, StatSoft, Inc.) à l'aide de procédures d'analyses de variance (ANOVA) à deux facteurs avec interaction. Les moyennes ont été comparées par des tests de Newman Keuls au seuil de 5%.

Résultats et discussion

Phase de croissance

La très bonne résistance à la maladie des raies noires de l'hybride 'CRBP-39' par rapport aux témoins 'French clair' est confirmée. Les résultats sont présentés dans le tableau 1. Six mois après la plantation, 'CRBP-39' présentait un indice d'infection moyen de 0,5 significativement

différent de ceux des deux témoins (11,69 pour le 'French clair' traité et 35,37 pour le 'French clair' non traité). La différence entre les deux témoins s'explique par les traitements fongicides appliqués au premier.

Pour des raisons statistiques, les valeurs de PJFN se sont pas analysables six mois après plantation. On peut cependant noter le rang élevé de cette dernière pour 'CRBP-39' (13,44 en moyenne). La PJFT ne semble toutefois pas être un critère intéressant pour caractériser la résistance à la MRN de ces variétés.

Le nombre de feuilles érigées est plus élevé pour le 'French clair' non traité (11,48) que pour le 'French clair' traité (8,62). Ce résultat peut s'expliquer par un effeuillage trop sévère de ce dernier qui a provoqué l'élimination de surface verte.

A la floraison

Les performances à la floraison sont présentées au tableau 2. L'indice d'infection quasi nul mesuré sur 'CRBP-39' (0,08%) et ceux mesurés sur le témoin traité et non traité confirment les résultats obtenus lors de la phase de croissance, à savoir l'excellente capacité de résistance à la MRN de 'CRBP-39' et l'efficacité des traitements fongicides contre la MRN sur 'French clair'. Ces conclusions sont renforcées par les valeurs de PJFN. On constate enfin que 'CRBP-39' présente un nombre élevé de feuilles fonctionnelles à la floraison (13,23 à 33% et 50%) analogue à celui du 'French clair' traité, caractéristique essentielle pour assurer un bon développement du régime et un fruit de qualité.

La circonférence du pseudotrunc du pied mère et la hauteur du rejet successeur de 'CRBP-39' sont significativement plus élevées que celles des témoins. L'hybride testé présente donc des performances agronomiques à la floraison supérieures à celles de son parent 'French clair' (le 'French clair' non traité semble plus performant que le 'French clair' traité, ce qui met en évidence, en accord avec des résultats antérieurs (Blomme *et al.* 2001), l'influence d'un effeuillage systématique sur les performances agronomiques du bananier). Le 'French clair' non traité semble présenter, en accord avec des résultats antérieurs (Mobambo *et al.* 1993) une floraison tardive (IPF de 300,31 jours) indiquant ainsi l'influence de la MRN sur la date de floraison. Cependant, il faut considérer ces résultats avec précaution vu l'impossibilité de réaliser une analyse de variance à cause de la non normalité de la distribution des résidus.

A la récolte

A la récolte, l'hybride 'CRBP-39' présente 5,8 feuilles fonctionnelles alors que son parent 'French clair' non traité n'en présente que 0,76 (tableau 3). La différence de 10% entre l'indice d'infection des deux témoins peut être attribuée à l'action des fongicides.

Tableau 1. Performances en phase végétative du 'CRBP-39' et de ses témoins (tous blocs confondus, 10 bananiers centraux) 3 et 6 mois après la plantation.

	'CRBP-39'	'French clair' traité	'French clair' non traité
à 3 mois			
PJFN	Pas de PJFN	6,37a	6,14a
PJFT	2,66b	4,17a	4,11a
NFEr ^b	10,16a	8,66b	8,13c
II	0,00b	19,77a	22,03a
à 6 mois			
PJFN*	13,44	7,51	7,50
PJFT ^{b i}	3,12c	3,78a	3,44b
NFEr ^b	12,04a	8,62c	11,48b
II ^{b i}	0,50c	11,69b	35,37a

Les différences entre les moyennes des paramètres ont été testées avec un test de Newman-Keuls au seuil de 5%.

Deux moyennes sont significativement différentes quand elles sont suivies d'une lettre minuscule différente.

^b signifie qu'il y a un effet des blocs en plus d'un effet des traitements.

ⁱ signifie qu'il y a interaction d'effet entre les traitements et les blocs.

* non normalité des résidus.

PJFN : plus jeune feuille nécrosée; PJFT : plus jeune feuille touchée; NFEr : nombre de feuilles érigées;

II : indice d'infection.

Les performances agronomiques de l'hybride 'CRBP-39' sont de nouveau mises en évidence (tableau 3). En particulier, par rapport aux témoins 'French clair', 'CRBP-39' se caractérise par un régime plus gros (22,36 kg), un nombre de mains (7,54) et de doigts (106,16) par régime plus importants. Par contre, les doigts sont en moyenne plus petits (LFC2 de 27,81 cm et LCF4 de 25,79 cm) que ceux des témoins. Aucune différence dans le poids du fruit ni dans le grade du doigt médian n'a pu être mise en évidence.

Le 'French clair' traité présente un intervalle plantation-coupe plus élevé que le 'French clair' non traité confirmant l'effet accélérateur de la MRN sur la maturation des fruits. Mobambo *et al.* (1993) avaient enregistré un fait similaire. Les données de ce 1^{er} cycle de production ne permettent pas de mettre en évidence l'influence de la MRN sur le poids du régime de 'French clair' (de l'ordre de 19,7 kg que cette variété

Tableau 2. Performances à la floraison du 'CRBP-39' et de ses témoins (tous blocs confondus, 10 bananiers centraux).

	'CRBP-39'	'French clair' traité	'French clair' non traité
Paramètres phytopathologiques			
PJFN ^b	14**	9,75a	8,86b
NFFonc 33%	13,23a	12,63a	10,77b
NFFonc 50% ^{b i}	13,23a	12,75a	11,13b
NFEr ^b	13,45a	13,09b	12,53c
II ^{b i}	0,08c	10,55b	22,47a
Pieds nécrosés	4,08%	91,6%	100%
Paramètres agronomiques			
Circonférence (cm) ^{b i}	82,96c	73,51a	76,27b
Hauteur* (cm)	356,78	340,81	356,75
Hauteur rejet (cm)	164,39b	123,50a	126,97a
IPF* (jours)	271,95	296,05	300,31

Les différences entre les moyennes des paramètres ont été testées avec un test de Newman-Keuls au seuil de 5%.

Deux moyennes sont significativement différentes quand elles sont suivies d'une lettre minuscule différente.

^b signifie qu'il y a un effet des blocs en plus d'un effet des traitements.

ⁱ signifie qu'il y a interaction d'effet entre les traitements et les blocs.

* non normalité des résidus.

** trop peu de données pour effectuer une analyse.

PJFN : plus jeune feuille nécrosée; NFFonc : nombre de feuilles fonctionnelles; NFEr : nombre de feuilles érigées;

II : indice d'infection; IPF : intervalle plantation-récolte.

Tableau 3. Performances à la récolte du 'CRBP-39' et de ses témoins (tous blocs confondus, 10 bananiers centraux).

	'CRBP-39'	'French clair' traité	'French clair' non traité
Paramètres phytopathologiques			
PJFN	Pas de PJFN	1,06a	0,98a
NFFonc ^b	5,80a	1,80b	0,76c
NFEr	6,25a	3,97b	3,12c
II ^b	0,00c	81,00b	91,46a
Pieds nécrosés	0%	100%	100%
Paramètres agronomiques			
Circonférence (cm) ^b	80,46a	71,62c	73,31b
Hauteur du rejet (cm)	277,33a	206,76b	208,01b
Poids du régime (kg) ^b	22,36a	19,60b	19,75b
Nombre de mains	7,54a	7,16b	7,24b
Nombre de doigts	106,16a	89,32b	92,22b
Poids du fruit (g) ^b	192,30a	198,74a	194,84a
LFC2 (cm) ^b	27,81b	31,32a	31,48a
Grade 2 (mm) ^b	50,10a	49,25a	49,58a
LFC4 (cm)	25,79b	28,64a	28,45a
Grade 4 (mm)	49,79a	49,42a	48,65a
IPC (jours) ^b	366,05b	378,44a	367,13b
IFC (jours)	89,90a	81,80b	79,70b
Caractéristiques du fruit			
TMS 2 Peau	10,88c	12,83a	12,17b
TMS 2 Pulpe ⁱ	32,76c	37,88a	36,83b
Dureté pulpe 2 (kg/cm ²) ^{b,i}	2,50c	4,81a	2,82b
TMS 4 Peau	10,54c	12,66a	12,00b
TMS 4 Pulpe ^b	32,80c	38,32a	37,01b
Dureté pulpe 4 (kg/cm ²)	2,51b	2,96a	2,84a

Deux moyennes sont significativement différentes quand elles sont suivies d'une lettre minuscule différente.

^b signifie qu'il y a un effet des blocs en plus d'un effet des traitements.

ⁱ signifie qu'il y a interaction d'effet entre les traitements et les blocs.

PJFN : plus jeune feuille nécrosée ; NFFonc : nombre de feuilles fonctionnelles ; NFEr : nombre de feuilles érigées ; II : indice d'infection ; LFC2 et grade 2 : longueur de la face convexe et grade du doigt médian de la 2^{ème} main ; LFC4 et grade 4 : longueur de la face convexe et grade du doigt médian de la 4^{ème} main ; IPC : intervalle plantation-coupe ; IFC : intervalle floraison-coupe ; TMS : taux de matière sèche (2 pour le doigt médian de la deuxième main, 4 pour le doigt médian de la 4^{ème} main).

ait reçu des applications fongicides ou non). Plusieurs hypothèses peuvent expliquer cet état de fait : 1) la fertilité de la parcelle aurait permis au témoin non traité d'assurer un remplissage correct des fruits malgré l'influence de la MRN ; 2) un assainissement naturel de la parcelle s'est produit en raison des conditions climatiques défavorables au développement de la maladie (saison sèche) ; 3) l'efficacité du fongicide appliqué au sol ne serait pas suffisante sur le sol volcanique de l'essai (des résultats antérieurs indiquent sa bonne efficacité sur sols latéritiques ou plus argileux, Mouliom-Pefoura et Fouré 1988) ; 4) aucune application n'ayant été réalisée en période de remplissage, le 'French clair' traité aurait perdu le bénéfice de la protection fongicide par rapport au 'French clair' non traité.

D'une façon générale, le grade 2 des doigts médians des témoins et de 'CRBP-39' (tableau 3) est plus élevé que ceux mesurés dans des études précédemment publiées (Tchango Tchango *et al.* 1999). Cette différence peut être la conséquence des conditions de culture plus intensives de l'essai.

Les mesures faites sur le doigt médian des 2^{ème} et 4^{ème} mains nous indiquent que 'CRBP-39' se caractérise par un taux de matière sèche (TMS 2

Pulpe et TMS 4 Pulpe) et une dureté de pulpe 2 et 4 inférieures à ceux des témoins 'French clair' traité et 'French clair' non traité (tableau 3).

Conclusion

Ces premiers résultats confirment les excellentes performances agronomiques et de résistance à la MRN de l'hybride 'CRBP-39'. En outre, cette expérimentation a mis en évidence dès le 1^{er} cycle de production un retard de la floraison et une maturation précoce des fruits dus à la MRN. Cependant, dans le contexte agro-pédologique de Njombé, les différences de croissance à la floraison entre le plantain 'French clair' traité ou non contre la MRN n'ont pas engendré de différence de rendement. Cette expérimentation se poursuit actuellement sur un 2^{ème} cycle de production.

Remerciements

Des remerciements particuliers sont adressés à MM. F. Tchipé, K. Sakio, J. Essomé et R. Tchokouassom du CARBAP pour la collecte des données.

Références

- Blomme G., A. Tenkouano & R. Swennen. 2001. Influence de l'effeuillage sur la croissance des tiges et des racines du bananier (*Musa spp.*). *INFOMUSA* 10(2):10-13.
- Fouré E., M. Grisoni & R. Zurluh. 1984. Les cercosporioses du bananier et leur traitements. Comportement des variétés. Etude de la sensibilité variétale des bananiers et plantains à *Mycosphaerella fijiensis* Morelet et de quelques caractéristiques biologiques de la maladie des raies noires au Gabon. *Fruits* 39(6):365-378.
- Mobambo K.N., F. Gauhl, D. Vuylsteke, R. Ortiz, C. Pasberg-Gauhl & R. Swennen. 1993. Yield loss in plantain from black Sigatoka leaf spot and field performance of resistant hybrids. *Field Crops Research* 35:35-42.
- Mouliom-Pefoura A. & E. Fouré. 1988. Efficacités comparées de différentes formulations de Triadimenol appliquée au sol sur *Mycosphaerella fijiensis*, agent de la maladie des raies noires des plantains au Cameroun. Evaluation des possibilités de lutte en milieu paysan. *Fruits* 43(4): 201-210.
- Pasberg-Gauhl C., F. Gauhl & D.R. Jones. 2000. Fungal diseases of the foliage. Sigatoka leaf spots. Black Leaf Streak. Distribution and economic importance. Pp. 37-44 in *Diseases of banana, abaca and enset* (D.R. Jones, ed). CABI Publishing.
- Stover R.H. 1983. Effet du Cercospora noir sur les plantains en Amérique Centrale. *Fruits* 38(4):326-329.
- Tchango Tchango J., R. Achard & J.A. Ngalani. 1999. Etude des stades de récolte pour l'exportation par bateau, vers l'Europe, de trois cultivars de plantains produits au Cameroun. *Fruits* 54(4):215-224.
- Tomekpé K., P. Noupadja, C. Abadie, E. Aboiron & J. Tchango-Tchango. 1998. Genetic improvement of plantains at CRBP : performance of black Sigatoka resistant plantain hybrids. Pp. 45-50 in *Seminario Internacional sobre Producción de Plátano* (M.J.G. Cardona, S. Belalcázar Carvajal, D.G. Cayón Salinas & R.G.B. Isaza, eds). CORPOICA, Armenia, Colombia.
- Tomekpé K., P. Noupadja, C. Abadie, J. Tchango-Tchango & E. Youmbi. 1999. Amélioration génétique des plantains pour la sécurité alimentaire et l'export. *Biosciences Proceedings* 6:444-454.
- Vuylsteke D., R.L. Swennen & R. Ortiz 1993. Development and performance of black Sigatoka-resistant tetraploid hybrids of plantain (*Musa spp.*, AAB group). *Euphytica* 65:33-42.

Les auteurs travaillent au
CARBAP, BP 832,
Douala, Cameroun.

C. Abadie est l'auteur pour
correspondance :

CIRAD BP 40/02, 34 398
Montpellier Cedex 5, France.

Courriel :
abadie@cirad.fr

Effet sur la fusariose d'un sol suppressif induit artificiellement

A.S.Y. Ting, S. Meon, K. Jugah et A.R. Anuar

Lutte biologique

En Malaisie, le commerce des bananes est une industrie rentable, mais sa croissance, comme dans la plupart des pays producteurs de bananes, est menacée par la fusariose. Presque tous les cultivars d'importance commerciale, tels que 'Pisang mas' ('Sucrier'), 'Berangan', 'Rastali' ('Silk'), 'Embun' ('Gros Michel') et le groupe de cultivars Cavendish, sont susceptibles à l'infection par la race 4 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (FocR4).

Les méthodes de contrôle cultural et chimique n'ont pas été très efficaces et en plus de nécessiter du temps et de la main d'œuvre, elles sont nocives pour l'environnement, particulièrement le bromure de méthyle, le cyanure de calcium et le chlorure d'ammonium mercurique utilisés pour fumiger les sols (Larkin et Fravel 1998, Beckman 1987, Wardlaw 1972). D'où la recherche d'une stratégie de contrôle biologique pour lutter contre la fusariose.

Cette étude s'est intéressée à l'utilisation de sol suppressif comme moyen de gérer la fusariose sur de jeunes plants de bananiers. Bien que des sols suppressifs de la fusariose existent naturellement, on ne les trouve que dans quelques zones, comme le district de Château-Regard dans la vallée du Rhône (Beckman 1987), les îles Canaries (Stover 1990) et en Californie (Cook et Baker 1983). Les premiers sols ont un contenu en microbes élevé alors que, dans le dernier cas, les sols contiennent de la montmorillonite. Dans notre étude, nous avons produit artificiellement un sol suppressif en inoculant au sol un microbe antagoniste (*Trichoderma harzianum*) et en lui incorporant du nitrate de calcium, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

Trichoderma harzianum a été sélectionné à cause de rapports faisant état de son efficacité contre des champignons parasites et de son ubiquité dans la mycoflore de la rhizosphère. Le nitrate de calcium a été choisi comme amendement abiotique parce qu'il a été montré que son application réduisait l'incidence des maladies dans la plupart des maladies véhiculées par le sol (Punja 1986, Sitterly 1962).

Matériel et méthodes

Une série de tests *in vitro* d'inhibition ont été conduits afin de déterminer le comportement de *T. harzianum* vis-à-vis de FocR4. Elle incluait des tests de co-culture, de détection de la dégradation, de citotoxicité (*cellophane overlay test*), de plaque double, de filtrat de culture et d'interaction mycéliennes (Ting 2001).

Pour évaluer l'efficacité d'un sol suppressif de la fusariose induit artificiellement, huit traitements

ont été comparés en conditions de serre (tableau 1). Huit plantes par traitement ont été utilisées. Des plantules cultivées *in vitro* du cultivar susceptible Berangan, 'Intan', ont été obtenues de *United Plantations Bhd.* à Teluk Intan, Malaisie. Les plantules ont été plantées dans du sol stérilisé pré-inoculé avec *T. harzianum* ($3 \times 10^5/\text{g}$ de substrat), en utilisant la méthode du double pot. Au bout d'une semaine, du $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ a été appliqué à raison de 2 g/plantule. Une semaine plus tard, FocR4 a été introduit ($1 \times 10^5/\text{g}$ de substrat). Les plantes ont été disposées selon un dispositif en randomisation totale.

Toutes les plantes ont été arrosées deux fois par jour et de l'engrais NPK Green (15:15:15) leur a été apporté tous les 15 jours à raison de 1 g/plante.

L'efficacité du sol suppressif induit artificiellement a été évaluée en se basant sur l'incidence (%) et la progression de la maladie, estimée en utilisant la surface sous la courbe de progression de la maladie (Campbell et Madden 1990).

Le mécanisme de suppression de la maladie a été évalué en se basant sur l'effet de *T. harzianum* et du $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ sur l'hôte et sur FocR4. La résistance de l'hôte a été évaluée en se basant sur l'activité enzymatique des peroxydases (Tamiotti *et al.* 1993) et des polyphénoloxydases, et le contenu en phénols a été mesuré selon Swain et Hillis (1959). L'effet des traitements sur la croissance et la vigueur des plantes a également été estimé en mesurant la hauteur des plantes, le diamètre du pseudotrunc et le poids des racines. Des observations histologiques ont également été réalisées pour détecter la présence de parois cellulaires lignifiées (Johansen 1940) et de pectate de calcium (McGee 1955). De plus, la microscopie électronique à balayage a été utilisée pour observer l'effet de *T. harzianum* sur FocR4 (Benhamou et Chet 1996).

Résultats et discussion

Les résultats *in vitro* ont indiqué que *T. harzianum* produisait des substances inhibitrices de FocR4. Ceci a confirmé la fonction de *T. harzianum* comme microbe antagoniste dans le sol.

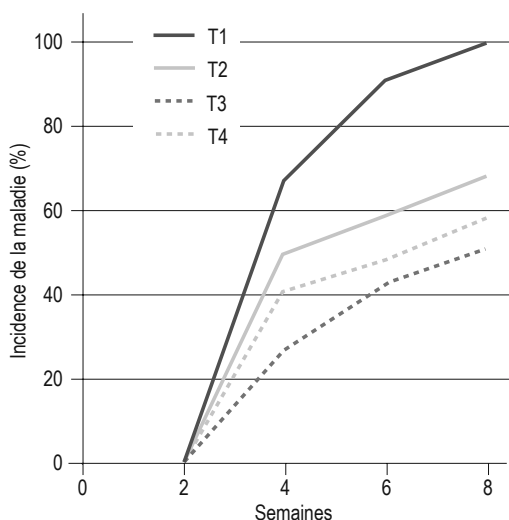
Quatre semaines après l'inoculation, toutes les plantes infectées montraient des symptômes typiques de la fusariose mais l'incidence de la maladie variait avec le traitement. L'addition de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (traitement T3) a donné l'incidence de maladie la plus faible (51% par rapport à 59% quand *T. harzianum* et $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ étaient ajoutés [T4] et 69% quand seul *T. harzianum* était ajouté [T2]) (figure 1). La progression de la maladie était aussi ralentie chez les plantes du traitement T3 (tableau 2). La présence de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, de

Tableau 1 : Traitements utilisés.

T1	FocR4
T2	FocR4 + <i>T. harzianum</i>
T3	FocR4 + $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
T4	FocR4 + <i>T. harzianum</i> + $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
T5	Témoin
T6	<i>T. harzianum</i>
T7	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
T8	<i>T. harzianum</i> + $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

FocR4 : race 4 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*
 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$: nitrate de calcium

Figure 1. Progression de la fusariose sur de jeunes plants du cultivar 'Intan' dans 4 conditions expérimentales : FocR4 (T1), FocR4 + *T. harzianum* (T2), FocR4 + $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (T3) et FocR4 + *T. harzianum* + $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (T4).



T. harzianum, ou des deux, avait un effet sur FocR4, le traitement avec $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ étant le plus efficace, suivi du traitement combiné, puis de *T. harzianum* employé seul.

Dans cette étude, la suppression de la maladie a été attribuée principalement au rôle de Ca^{2+} dans l'augmentation de la résistance de l'hôte. Les plantules traitées avec $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ont arrêté le développement de la maladie en augmentant la lignification de leurs parois cellulaires. Ce mécanisme empêchait toute pénétration ultérieure de FocR4 et ralentissait sa dissémination. Cette augmentation de la lignification des parois cellulaires était marquée par une augmentation de l'activité des peroxydases et des polyphénol-oxydases. La formation de pectate de calcium dans les parois cellulaires a également renforcé la barrière physique en bloquant l'effet des polygalacturonases de FocR4. De plus, la croissance et la vigueur des plantes ont également été significativement améliorées chez les plantules traitées avec $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Cependant, l'incidence de la maladie a augmenté avec le temps, même chez les plantules du traitement T3 (figure 1). Des études ultérieures ont montré que le contenu en Ca^{2+} diminuait progressivement dans les tissus de l'hôte.

Malgré les résultats encourageants des observations *in vitro*, la suppression de la maladie par *T. harzianum* était moins efficace, probablement à cause des caractéristiques du sol telles que l'humidité, le pH et même la compétition saprophytique avec FocR4 pour les nutriments et les sites.

Pour obtenir un effet suppressif plus fort et de plus longue durée, des applications plus fréquentes de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ sont suggérées.

Tableau 2. Surface sous la courbe de la progression de la fusariose (unités/semaine).

Traitement	4 semaines	6 semaines	8 semaines
T2 (FocR4+ <i>T. harzianum</i>)	50,0	117,1	205,7
T3 (FocR4+ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)	27,1	85,7	154,2
T4 (FocR4+ <i>T. harzianum</i> + $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)	41,4	97,1	175,7

L'utilisation d'endophytes est considérée comme une alternative à *T. harzianum*. Comme ils sont à l'intérieur des plantes, les endophytes sont moins soumis aux effets environnementaux.

Remerciements

Ces recherches ont été financées par l'Intensification of Research in Priority Areas (IRPA) Programme du Ministère de la science, de la technologie et de l'environnement de Malaisie. Le premier auteur est également reconnaissant envers ses co-auteurs pour leur examen critique de l'article, ainsi qu'à United Plantations Bhd. à Teluk Intan, Malaisie, pour leur soutien.

Références

- Beckman C.H. 1987. The Nature of Wilt Diseases of Plants. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota.
- Benhamou N. & I. Chet. 1996. Parasitism of sclerotia of *Sclerotium rolfsii* by *Trichoderma harzianum* - Ultrastructural and cytochemical aspects of the interaction. *Phytopathology* 86:405-416.
- Campbell C.L. & L.V. Madden. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley and Sons, New York.
- Cook R.J. & K.F. Baker. 1983. The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota.
- Johansen D.A. 1940. Plant Microtechnique. McGraw-Hill, New York.
- Larkin R.P. & D.R. Fravel. 1998. Efficacy of various fungal and bacterial biocontrol organisms for control of *Fusarium* wilt of tomato. *Plant Disease* 82:1022-1028.
- McGee S.M.R. 1955. A new reagent for the histochemical detection of calcium. *Nature London* 175:301-302.
- Punja Z.K. 1986. Effects of calcium and nitrogen fertilizers, fungicides, and tillage practices on incidence of *Sclerotium rolfsii* on processing carrots. *Plant Disease* 70:819-824.
- Sitterly W.R. 1962. Calcium nitrate for field control of tomato southern blight in South Carolina. *Plant Disease Reporter* 46: 492-494.
- Stover R. H. 1990. *Fusarium* wilt of banana: Some history and current status of the disease. Pp.1-7 in *Fusarium wilt of banana*. (R.C. Ploetz, ed.). APS Press, St. Paul, Minnesota, USA.
- Swain T. & W.E. Hillis. 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 10:63-68.
- Tamietti G., L. Ferraris, A. Matta & I. Abbattista. 1993. Physiological responses of tomato plants grown in *Fusarium* suppressive soil. *Journal of Phytopathology* 138:66-76.
- Ting A.S.Y. 2001. Induction of suppressive soil in the management of *Fusarium* wilt on banana seedlings. MSc Thesis, Universiti Putra Malaysia. 191.pp.
- Wardlaw C.W. 1972. Banana Diseases: Including Plantains and Abaca. Longman, London.

A.S.Y. Ting, S. Meon et K. Jugah travaillent au Department of Plant Protection, et A.R. Anuar au Department of Land Management, de l'université Putra Malaysia, 43400 UPM Serdang, Selangor Darul Ehsan, Malaisie.

Gestion de *Pratylenchus coffeae* au moyen d'amendements organiques et minéraux

P. Sundararaju et V. Kumar

Pratiques culturales

P*ratylenchus coffeae*, nématode qui cause des lésions racinaires, est considéré comme l'un des nématodes causant les problèmes les plus importants au plan économique chez le bananier. Il se serait répandu via des cornes infectés. En Inde, le nématode est trouvé sur les bananiers et les plantains dans tous les états du sud de l'Inde, Gujarat, Orissa, Bihar et Assam (Sundararaju 1996). Des pertes de production de 25,4% dues à *P. coffeae*, ont été rapportées chez le cv. Nendran (Sundararaju et al. 1999). Plusieurs produits chimiques ont été développés pour gérer ce nématode mais ils sont chers, polluent l'environnement et sont dangereux pour la santé. La culture organique prend de l'importance du fait des ses effets bénéfiques, notamment de l'utilisation réduite d'engrais chimiques et de l'amélioration des sols (meilleures propriétés physico-chimiques et augmentation de la microflore bénéfique). Il a été démontré chez plusieurs plantes cultivées que les amendements organiques et les résidus végétaux réduisaient les nématodes parasites (Singh et Sitaramaiah 1973, Vemana et al. 1999, Adekunle et Fawole 2002). Cependant, seules quelques études se sont intéressées à l'effet d'engrais organiques et minéraux sur la croissance et la production des bananiers, et sur les nématodes parasites des plantes. Dans cette étude, l'effet d'amendements organiques et minéraux a été étudié sur six cultivars commerciaux de bananier infestés par *P. coffeae*.

Matériel et méthodes

L'essai en champ a été conduit sur deux cycles de production avec six cultivars commerciaux : 'Robusta' (AAA), 'Rasthali' (AAB), 'Poovan' (AAB), 'Nendran' (AAB), 'Karpuravalli' (ABB) et 'Monthan' (ABB). Les cultivars ont été plantés en sol argileux, dans un champ infesté par *P. coffeae* sur la ferme du National Research Centre for Banana (NRCB) à Podavur, Trichy. Un dispositif en blocs randomisés a été utilisé. Il y avait six traitements répliqués trois fois avec cinq billons par réplification et huit plantes par billon. Les traitements étaient :

- T1: 25% FYM¹ + 75% engrais minéral (urée)
- T2: 25% tourteaux de neem + 75% engrais minéral
- T3: 25% FYM + 25% tourteaux de neem + 50% engrais minéral
- T4: 25% FYM + 50% tourteaux de neem + 25% engrais minéral
- T5: 25% FYM + fumier frais + 75% engrais minéral
- T6: 100% engrais minéral (200 g N/434 g urée)

Les cultivars de bananier ont été plantés selon un espacement de 1,8 x 1,8 m. Des rejets sains de taille uniforme, pesant environ 1 kg ont été parés sur une épaisseur de 1 cm pour éliminer les tissus superficiels. En plus des traitements prévus, les doses recommandées de 30 g et 300 g de P₂O₅ et K₂O ont été appliquées dans tous les traitements 3, 5 et 7 mois après la plantation. Des pratiques agronomiques normales, c'est-à-dire l'élimination des mauvaises herbes, des rejets et des feuilles sèches ont été réalisées pendant la croissance des plantes. La population de nématodes a été évaluée dans des échantillons de sol collectés avant le traitement, ainsi que dans des échantillons de sol et de racines collectés au stade végétatif et à la récolte. Des observations sur la hauteur, la circonférence, le nombre de feuilles fonctionnelles à la floraison, la durée totale de la période de production et le rendement ont été enregistrées. L'indice de nécrose racinaire a été enregistré à la récolte en utilisant une échelle de 1 à 5 (Pinochet 1988). Les racines ont été découpées en petits fragments qui ont été soigneusement mélangés. Trois fractions aliquotes de 10 g ont été récoltées sur chaque plante, colorées au lactophénol de fuscine acide bouillant pendant 3 minutes, rincées et macérées pendant 40 secondes avec un broyeur. Les populations de nématodes contenues dans 250 cm³ de sol de chaque plante ont été récoltées en utilisant la méthode de tamisage de Cobb. Une analyse de variance et un test de comparaisons multiples ont été réalisés sur les moyennes.

Résultats et discussion

La population initiale dans 250 cm³ de sol variait entre 70 et 250 nématodes. Une diminution significative a été notée chez tous les cultivars.

Une réduction significative de la population de nématodes a été notée à la récolte pour toutes les applications d'engrais organique, par rapport au traitement avec 100% d'engrais minéral (tableau 1). Parmi les cultivars, 'Nandi' s'est montré le plus susceptible, suivi par 'Robusta', 'Rasthali' et 'Poovan', alors que 'Monthan' et 'Karpuravalli' présentaient les niveaux les plus bas d'infection par les nématodes.

Chez 'Nendran', à la récolte, 375 nématodes ont été comptés dans 10 g de racines avec le traitement 100% d'engrais minéral (T6), par comparaison avec 130 nématodes dans 10 g de racines dans le traitement 50% de tourteaux de neem (T4). La valeur de l'indice de nécrose racinaire suivait également la même tendance (tableau 2). Du fait de l'importance de l'infesta-

¹ Fumier (farm yard manure).

Tableau 1. Effet d'une fertilisation organique et minérale (T1 à T6) sur le nombre de *Pratylenchus coffeae* dans 10 g de racines de six cultivars commerciaux.

T ¹	Nombre de <i>Pratylenchus coffeae</i> dans 10 g de racines																					
	Robusta				Rasthali				Poovan				Karpuravalli				Monthan				Nendran	
	1 ^{er} cycle		2 ^{ème} cycle		1 ^{er} cycle		2 ^{ème} cycle		1 ^{er} cycle		2 ^{ème} cycle		1 ^{er} cycle		2 ^{ème} cycle		1 ^{er} cycle		2 ^{ème} cycle		1 ^{er} cycle	
	SV ²	R ³	SV	R	SV	R	SV	R	SV	R	SV	R	SV	R	SV	R	SV	R	SV	R	SV	R
T1	225	195	125	85	210	95	55	35	210	130	100	65	75	65	55	65	55	35	25	15	345	250
T2	240	180	110	65	185	65	30	15	190	110	75	40	25	15	10	40	30	10	10	-	375	310
T3	310	95	75	20	140	20	10	10	175	50	20	-	-	-	-	-	15	-	-	-	365	210
T4	245	60	30	- ⁴	120	-	-	-	115	45	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	315	130
T5	270	185	135	95	165	85	60	55	90	95	85	70	30	30	20	70	45	25	15	10	380	320
T6	225	210	190	145	215	125	110	75	245	155	125	110	85	70	60	110	65	50	40	25	410	375
DC ⁵	14.9	25.2	43.8	33.3	2.1	34.5	17.9	15.4	40.1	30.3	32.4	22.6	26.9	20.9	14.7	22.6	17.5	3.21	12.4	4.9	25.0	42.2

¹ Traitements (T1 : 25% fumier + 75% engrais minéral (urée) ; T2 : 25% tourteaux de neem + 75% engrais minéral ; T3 : 25% fumier + 25% tourteaux de neem + 50% engrais minéral ; T4 : 25% fumier + 50% tourteaux de neem + 25% engrais minéral ; T5 : 25% fumier + fumier frais + 75% engrais minéral ; T6 : 100% engrais minéral).

² Stade végétatif.

³ Récolte.

⁴ Aucun nématode trouvé.

⁵ Différence critique à p=0,05.

Tableau 2. Effet d'une fertilisation organique et minérale (T1 à T6) sur l'indice de nécrose racinaire de six cultivars commerciaux infectés par *P. coffeae*.

T ¹	Indice de nécrose racinaire										
	Robusta		Rasthali		Poovan		Karpuravalli		Monthan		Nendran
	1 ^{er} cycle	2 ^{ème} cycle	1 ^{er} cycle	2 ^{ème} cycle	1 ^{er} cycle	2 ^{ème} cycle	1 ^{er} cycle	2 ^{ème} cycle	1 ^{er} cycle	2 ^{ème} cycle	1 ^{er} cycle
T1	2,5	1,5	1,5	1,3	2,0	1,5	1,5	1,3	1,3	1,1	3,5
T2	2,5	1,5	1,5	1,3	2,0	1,3	1,2	1,0	1,1	1,0	4,2
T3	1,5	1,3	1,3	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,2
T4	1,5	1,0	1,5	1,0	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,5
T5	2,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	4,2
T6	3,0	2,5	2,0	1,5	2,5	2,5	1,5	1,4	1,5	1,2	4,5
DC ²	0,8	0,6	0,7	0,5	0,9	0,3	0,5	0,3	0,3	0,1	0,8

¹ Traitements (T1 : 25% fumier + 75% engrais minéral (urée) ; T2 : 25% tourteaux de neem + 75% engrais minéral ; T3 : 25% fumier + 25% tourteaux de neem + 50% engrais minéral ; T4 : 25% fumier + 50% tourteaux de neem + 25% engrais minéral ; T5 : 25% fumier + fumier frais + 75% engrais minéral ; T6 : 100% engrais minéral).

² Différence critique à p=0,05.

tion par les nématodes, un deuxième cycle n'a pas été pratiqué avec 'Nendran'.

La population des nématodes était modérément élevée chez 'Robusta', 'Poovan' et 'Rasthali' dans le traitement T6, à la fois au cours du premier et du deuxième cycle de production. Cependant, aucun nématode n'a été observé lors du deuxième cycle de production des mêmes cultivars soumis au traitement T4. Pour les cultivars 'Monthan' et 'Karpuravalli', un contrôle absolu des nématodes a été observé avec les traitements T3 et T4, à la fois au cours du premier et deuxième cycles de production.

Des différences significatives entre les traitements ont été observées pour tous les paramètres de croissance des plantes, excepté pour la hauteur des plantes lors du premier cycle de production de 'Karpuravalli' et du deuxième cycle de 'Rasthali' et 'Monthan', pour la circonférence et le nombre de feuilles fonctionnelles lors du deuxième cycle de 'Monthan', et pour la période de la plantation à la récolte lors du deuxième cycle de 'Karpuravalli'.

Parmi les six cultivars de bananier étudiés, les valeurs les plus élevées pour la hauteur, la circonférence, le nombre de feuilles fonctionnelles à la floraison et la plus courte période de la plantation à la récolte ont été enregistrées avec T4 chez 'Nendran', 'Poovan', 'Rasthali' et 'Ro-

busta' et en général avec T3 pour 'Karpuravalli' et 'Monthan'.

Des différences significatives entre traitements ont été enregistrées dans le poids du régime et le rendement total par hectare (tableau 3). Le poids du régime et le rendement total par hectare les plus élevés ont été notés avec T4 lors du premier cycle de production de 'Nendran' et du deuxième cycle de 'Poovan', 'Robusta' et 'Rasthali', et avec T3 lors des premier et deuxième cycles de 'Karpuravalli' et 'Monthan'. Le poids du régime le plus faible et le rendement le moins élevé ont été notés avec T6 chez tous les cultivars.

Les bénéfices brut et net, basés sur les coûts des engrais organiques et minéraux, ont été comparés entre les traitements. Les coûts les plus bas ont été observés avec T6 et les plus élevés avec T4. Les coûts de production étaient plus élevés avec des engrais organiques.

Pour les premiers cycles de production de 'Robusta', 'Rasthali', 'Poovan' et 'Nendran', le bénéfice brut le plus élevé a été observé avec T4, et le plus bas avec T6. Pour les premiers cycles de 'Monthan' et 'Karpuravalli', le traitement T3 donnait le bénéfice brut le plus élevé et T6 le plus bas. Une tendance similaire pour le bénéfice brut a été observée lors du deuxième cycle de production chez tous les cultivars, sauf 'Nendran'. Cependant, bien que les bénéfices bruts les plus élevés aient été enregistrés avec T4 ou T3, les

Table 3. Effet d'une fertilisation organique et minérale (T1 à T6) sur le rendement (R), et le rapport bénéfice/coût (B/C) de six cultivars commerciaux.

T ¹	Robusta				Rasthali				Poovan				Karpuravalli				Monthan				Nendran	
	1 ^{er} cycle		2 ^{ème} cycle		1 ^{er} cycle		2 ^{ème} cycle		1 ^{er} cycle		2 ^{ème} cycle		1 ^{er} cycle		2 ^{ème} cycle		1 ^{er} cycle		2 ^{ème} cycle		1 ^{er} cycle	
	R ²	B/C	R	B/C	R	B/C	R	B/C	R	B/C	R	B/C	R	B/C	R	B/C	Y	B/C	Y	B/C	Y	B/C
T1	41,7	2,4	45,6	3,5	33,1	1,9	36,1	32,8	37,7	2,2	40,6	2,7	50,7	2,5	46,4	3,1	43,5	2,6	45,3	3,5	24,8	1,9
T2	42,8	2,1	44,9	3,0	33,3	1,7	38,2	2,6	39,2	1,7	41,6	2,4	48,2	2,1	49,5	2,8	46,6	2,3	46,2	3,1	26,3	1,7
T3	43,3	2,0	47,9	3,0	35,3	1,7	38,1	2,4	42,6	1,7	43,2	2,3	54,7	2,2	53,6	2,9	49,7	2,3	49,1	3,1	29,5	1,8
T4	48,8	1,9	52,8	2,8	39,8	1,6	43,6	2,3	45,1	1,6	46,9	2,1	51,8	1,8	51,8	2,4	48,5	1,9	48,6	2,6	32,4	1,7
T5	44,7	2,5	45,5	3,4	33,6	1,9	37,1	2,9	42,6	2,1	43,1	2,8	48,5	2,3	48,1	3,1	43,5	2,5	45,5	3,4	27,0	2,0
T6	41,6	2,6	43,2	3,5	32,4	2,0	35,0	2,9	38,6	2,0	37,4	2,6	46,2	2,4	44,8	3,2	43,5	2,7	43,8	3,5	21,8	1,8
DC ³	2,3		3,3		2,18		3,8		2,9		2,9		1,1		3,7		2,3		2,3		0,03	

¹ Traitements (T1 : 25% fumier + 75% engrais minéral (urée) ; T2 : 25% tourteaux de neem + 75% engrais minéral ; T3 : 25% fumier + 25% tourteaux de neem + 50% engrais minéral ; T4 : 25% fumier + 50% tourteaux de neem + 25% engrais minéral ; T5 : 25% fumier + fumier frais + 75% engrais minéral ; T6 : 100% engrais minéral).

² Rendement (tonnes/ha).

³ Différence critique à p=0,05.

meilleurs rapports bénéfice/coût ont généralement été observés avec T6 et les plus mauvais avec T4. La raison en est probablement le coût plus élevé des engrais organiques qui sont inclus dans tous les traitements, excepté T6. Ces résultats sont en accord avec ceux d'Echevery Navarro (2001).

Ces résultats indiquent que l'intégration d'engrais organique, minéral et de fumier frais est plus efficace pour réduire la population de nématodes, et en conséquence accroître la croissance des plantes et le rendement, qu'un traitement avec un engrais minéral. Des réductions significatives du nombre de nématodes et de la durée entre la plantation et la récolte, et des augmentations de la croissance des plantes, du poids du régime et du rendement ont été enregistrés avec T4, suivi par T3. Bien que les amendements organiques aient significativement réduit le nombre de nématodes et augmenté la croissance des plantes chez les six cultivars de bananiers étudiés, l'impact sur la croissance des plantes, la durée entre la plantation et la récolte et le poids des régimes variait significativement entre les cultivars. 'Nendran' s'est révélé être fortement infesté par *P. coffeae*. 'Robusta', 'Poovan' et 'Rasthali' étaient identiques entre eux, alors qu'un contrôle absolu des nématodes était observé chez 'Monthan' et 'Karpuravalli' soumis aux traitements T3 et T4. L'application de tourteaux de neem a augmenté la croissance végétative et le rendement et réduit significativement le nombre de nématodes, par rapport à T6.

Cette étude démontre l'effet combiné d'une application d'azote par une combinaison de fumier, de tourteaux de neem, de fumier frais et d'urée pour le contrôle de *P. coffeae* chez le bananier. Channabasappa (1994) a rapporté, de manière similaire, que l'intégration de tourteaux de neem, de carbofurane, de mycorhizes (*Glomus mosseae*) et de bactéries était efficace pour augmenter la hauteur, la circonférence, le nombre de feuilles, la surface foliaire, la longueur maximale des racines, ainsi que le poids frais et sec des racines chez le bananier. Channabasappa (1994) et Shivakumar (1995) ont rapporté que l'application de tourteaux de neem, de carbofurane, de *Pasteuria penetrans* et de *G. fascicu-*

latum réduisait significativement la population de *Radopholus similis*, un endoparasite migrateur. Reddy *et al.* (1997) ont observé que l'intégration de tourteaux de plantes oléagineuses comme le karanji et le neem, avait un effet important sur le rendement chez le bananier en supprimant *R. similis* en conditions de champ. L'intégration de tourteaux oléagineux tels que le neem et le pongamia avec un bioagent comme *Trichoderma viride* a réduit le nombre de *R. similis* dans le sol et les racines des bananiers (Harish et Gowda 2001).

En conclusion, les nombres les plus élevés de nématodes ont été enregistrés avec des traitements dans lesquels des tourteaux de neem n'avaient pas été appliqués. Les tourteaux de neem, avec du fumier comme source d'engrais organique, se sont donc révélés très efficaces pour contrôler les nématodes et augmenter les rendements, par rapport à la fertilisation minérale. Bien que le coût de la fertilisation organique soit plus élevé que celui de la fertilisation minérale, le rendement total était significativement plus élevé avec la fertilisation organique. Le traitement T4 s'est montré le plus efficace, suivi par T3.

Remerciements

Les auteurs remercient le Dr H.P. Singh, ex-Directeur du NRCB, Trichy pour avoir offert les infrastructures nécessaires à la réalisation de ce travail. Singrey Majhi, T. Sekar et R. Pitchaimuthu sont remerciés pour leur assistance technique.

Références

- Adekunle O. K. & B. Fawole. 2002. Chemical and non-chemical control of *Meloidogyne incognita* under field conditions. Indian J. Nematol. 32:1-8.
- Channabasappa B. S. 1994. Utilization of biocontrol agents *Pasteuria penetrans* and *Glomus fasciculatum* in the integrated management of burrowing nematode of banana. M.Sc. (Agri.) Thesis, Univ. Agric. Sci., Bangalore.
- Echevery Navarro E. 2001. Comparaison entre fertilisation organique et fertilisation minérale chez le bananier plantain "Cachaco" en Colombie. INFOMUSA 10(2):7-10.
- Harish M. & N. Gowda. 2001. Management of the burrowing nematode, *Radopholus similis* (Cobb, 1893) Thorne, 1949 infesting banana. Indian J. Nematol. 31:23-25.
- Pinochet J. 1988. A method of screening banana and plantains to lesion forming nematodes. Pp. 62-65 in

Les auteurs travaillent au National Research Centre for Banana (NRCB), Tiruchirapalli – 620 102, Tamil Nadu, Inde.

- Nematodes and the Borer Weevils in Bananas : Present Status and Outlook, Proceedings of a Workshop, Bujumbura (Burundi), 7-11 December 1987. INIBAP, Montpellier, France.
- Reddy P. P., M. Nagesh, M. S. Rao. & V. Devappa. 1997. Integrated management of the burrowing nematode, *Radopholus similis*, using endomycorrhizae, *Glomus mosseae* and oil cakes. Pest Mgnt. Hort. Ecos. 3:25-29.
- Shivakumar G. C. 1995. Field evaluation of biocontrol agents, *Pasteuria penetrans* and *Glomus fasciculatum* in the integrated management of burrowing nematode on banana. M.Sc. (Agri.), Thesis, Univ. Agric. Sci. Bangalore.
- Singh R. S. & K. Sitaramaiah. 1973. Control of root-knot nematodes through organic and inorganic amendments of soil: Effect of oil cakes and saw dust.. Indian J. Mycol. Pl. Pathol. 1:20-29.
- Sundararaju P. 1996. Nematode pests of banana and their management. Souvenir, Conference on Challenges for Banana Production and Utilization in 21st Century, Trichy, India, 24-25th September, 1997, p.17-19.
- Sundararaju P., B. Padmanaban. & S. Sathiamoorthy. 1999. Control of root-lesion nematode, *Pratylenchus coffeae* in certain cultivars of banana. Abstract: 'National Seminar on Nematological Research in India'. At CS. Azad University of Agri. & Tech on 17th December, 1999, pp.46-47.
- Vemana K., K. Sitaramaiah., P. D. Naidu. & K. S. Reddy. 1999. Comparative efficacy of organic amendments and a nematicide on population dynamics of *Tylenchorhynchus brevilineatus*, microbial activity, ground nut pod disease and yield. Indian J. Nematol. 29:59-68.

Pratiques culturales

Fertilisation (organique et inorganique) et production de 'Dominico hartón'

M.M. Bolaños B., H. Morales O. et L.D. Celis G.

'Dominico hartón' est le clone le plus cultivé dans la zone caféière colombienne. Sa production dure toute l'année, contribue pour 65% à la production nationale et fournit la majorité des principaux marchés du pays (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural 1996).

Ce clone se cultive à une altitude située entre 1 000 et 2 000 m mais il s'adapte à un large éventail de sols et de climats. Cependant, sa culture doit respecter certains composants et propriétés du sol.

Dans le département du Quindio, la *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria* (CORPOICA 1998) étudie la culture des bananiers plantain, leurs ravageurs et maladies, leur post récolte et leur agro-industrie.

En ce qui concerne l'étude des sols, divers résultats (Castillo *et al.* 1995, Muñoz 1995, Echeverry et García 1974) démontrent que sur des sols de fertilité moyenne à élevée, la culture du bananier plantain ne répond pas à une fertilisation inorganique comprenant les principaux éléments minéraux. Etant donné qu'aucune étude sur la fertilisation organique n'a été réalisée dans ce pays et que l'exploitation durable des sols doit prendre en compte tous ses composants, l'objectif de cette étude est d'évaluer les effets de la fertilisation, organique et inorganique, sur la croissance, le développement et la production du bananier plantain 'Dominico hartón' (*Musa AAB Simmonds*).

Matériel et méthodes

L'étude a été menée sur la ferme de Curramba, située dans la Municipalité de Montenegro, Quindio, à une altitude de 1250 m, sous une

température moyenne de 24°C et un régime de précipitations annuelles moyennes de 2100 mm.

Un dispositif expérimental en blocs de Fisher (10 traitements, 3 répétitions) a été utilisé pour évaluer l'effet de différentes doses d'engrais organiques et minéraux (tableau 1) sur le développement et la production du clone 'Dominico hartón' (ITC0644). Chaque parcelle comprenait 30 plants, les 12 centraux représentant la parcelle utile, disposés à une distance de 3 x 2 m les uns des autres, pour une densité de 1666 plantes/ha et une surface expérimentale totale de 5 000 m².

La moitié des engrais organiques ont été fournis avant la plantation et les 50% restants, six mois après. Les doses d'engrais minéraux ont été déterminées selon les résultats des analyses de sol, ce qui a conduit à l'application du bore au troisième mois. Le quart des engrais minéraux a été appliqué au stade de la 5^{ème} feuille, 50% au stade de la 15^{ème} et les 25% restants au stade de la pré-floraison (32^{ème} feuille).

Les mauvaises herbes ont été enlevées à la machette dans les allées et à la main autour des plants afin d'éviter les retombées nocives des herbicides sur la biologie du sol. Les travaux de culture usuels, tels que l'effeuillage sanitaire, le nettoyage du pseudotrunc, la coupe du pseudotrunc après la récolte et la conduite des rejets, ont été réalisés.

La prise de données s'est poursuivie au deuxième cycle sur les quatre traitements ayant obtenu les valeurs de production les plus élevés au premier cycle ainsi que sur le témoin (tableau 1). Les engrais minéraux et organiques ont été appliqués tous les quatre mois. Les autres travaux de culture ont été menés de la même façon qu'au cours du premier cycle.

Les variables suivantes ont été mesurées : circonférence du pseudotrunc à la floraison (à partir du 11^{ème} mois), hauteur de la plante (de la base au sol jusqu'à la courbure de l'inflorescence), nombre de jours de la plantation à la floraison (JRF), nombre de jours de la plantation à la récolte (JPR) et poids du régime au moment de la récolte. Les données ont été soumises à une analyse de variance et à un test de comparaisons multiples.

Résultats et discussion

L'addition d'engrais minéraux et organiques, plus particulièrement de fiente de poule, a favorisé la hauteur de la plante et la circonférence du pseudotrunc (tableau 2). Cependant, l'analyse de variance n'a pas révélé de différences significatives entre les 10 traitements. Pour le deuxième cycle de production, la hauteur des plantes des traitements T4 et T3 était significativement différente des résultats des autres traitements selon le test de comparaison des moyennes.

Ce sont les plantes soumises aux traitements T4 et T3 qui ont atteint les valeurs les plus élevées de la circonférence du pseudotrunc (tableau 2). D'après l'analyse statistique des données du deuxième cycle de production, le coefficient de variation de ces résultats était de 5,7%.

La faible teneur en matière organique et en potassium peut expliquer la réponse favorable du sol à l'application d'engrais minéraux et organiques. Dorel et Besson (1996) recommandent, pour des sols dont la teneur en matière organique sèche (MOS) serait inférieure à 3%, de mieux tirer parti des résidus de récolte et de rechercher une alternative à l'application de matériel de façon à augmenter les populations des organismes édaphiques. Le bananier plantain réclame une grande quantité de potassium. Or, la fiente de poule et la pulpe de cerises de café, à elles seules, ne suffisent pas à couvrir tous ces besoins, d'où la plus faible croissance des plantes observée pour T2 et T3. A ce sujet, Zake

Tableau 1. Traitements évalués.

Traitement	Engrais	Dose/plant
T1*	Fiente de poule	3,6 kg
T2	Pulpe de cerises de café décomposée	3,6 kg
T3	Fiente de poule + Pulpe de cerises de café décomposée	1,8 kg + 1,8 kg
T4*	100% engrais minéral**	80:40:80:30:6 g
T5*	50% engrais minéral ** + Fiente de poule	40:20:40:15:3 g + 3,6 kg
T6	50% engrais minéral ** + Pulpe de cerises de café décomposée	40:20:40:15:3 g + 3,6 kg
T7	Fiente de poule + Pulpe de cerises de café décomposée + 50% engrais minéral	1,8 kg + 1,8 kg + 40:20:40:15:3 g
T8*	75% engrais minéral** + Fiente de poule	60:30:60:22:4 g + 1,2 kg
T9	75% engrais minéral** + Pulpe de cerises de café décomposée	60:30:60:22:4 g + 1,2 kg
T10*	Témoin sans fertilisation organique	

* Traitements évalués lors du premier et du deuxième cycles de production.

** Urée:DAP:KCl:MgO:borax.

(1993) a noté que la pulpe de cerises de café n'avait pas amélioré l'enracinement des plants.

L'évaluation du développement est importante chez le bananier plantain car il détermine la durée du cycle végétatif et la formation des rejets. Dans la présente étude, le premier cycle a duré de 16 à 18 mois (tableau 2). Le traitement T8 a affiché la plus courte période entre le moment de la plantation et celui de la floraison/récolte, suivi par T5.

Le cycle végétatif a été plus long chez les plantes soumises au traitement 100% organique (T2) et 100% inorganique (T4). Les sources de matière organique n'ont pas suffi à satisfaire les demandes nutritionnelles et des déficiences en calcium sont apparues. La fertilisation sans apport de matière organique n'a également pas permis un développement adéquat des plantes. Que ce soit entre les traitements ou entre les répétitions, on a noté des différences significatives au niveau des variables JPF et JPR. Le coefficient de variation était de 4,3% à $p=0.01$.

Parmi les cinq traitements évalués jusqu'au deuxième cycle de production, les plantes qui ont fleuri le plus tôt sont celles qui ont

Tableau 2. Effet de la fertilisation, organique et inorganique, sur les caractères agronomiques du bananier plantain 'Dominico hartón'.

Traitement	Hauteur de la plante (cm)		Circonférence du pseudotrunc (cm)		Nombre de jours de la plantation à la floraison		Nombre de jours de la plantation à la récolte		Poids du régime (kg)	
	1 ^{er} *	2 ^{ème} **	1 ^{er}	2 ^{ème}	1 ^{er}	2 ^{ème}	1 ^{er}	2 ^{ème}	1 ^{er}	2 ^{ème}
T1	280	380,6	43	56,6	479	883	593	998	11	13
T2	274		46		519		651		10	
T3	272		43		478		594		10	
T4	286	399,1	46	57,8	521	897	640	1016	11	13
T5	298	412,1	47	60,1	463	905	576	1024	12	14
T6	280		45		515		635		11	
T7	282		45		497		618		11	
T8	293	435,4	46	63,1	453	865	575	987	13	15
T9	292		47		484		606		12	
T10	295	392,2	48	58,7	506	972	618	1100	12	14

* Premier cycle de production.

** Deuxième cycle de production.

Tableau 3. Résultats de l'analyse chimique du sol avant le début de l'étude et après le premier cycle de production.

Traitement	pH	MOS (%)	K (meq/100 g de sol)	Ca	Mg	P	S	B	Fe	Mn	Zn	Cu
T1	5,4	3,7	0,54	64	1,7	21	20	0,75	140	39,9	5	2
T4	6,2	4,0	0,66	7,7	1,6	120	150	0,75	91	16,4	9	2
T5	6,4	4,1	0,46	8,8	1,8	140	40	1,0	84	11,8	11	2
T8	6,0	3,8	0,34	7,7	1,7	21	20	0,75	132	30,2	8	2
T10	6,2	4,0	0,39	8,8	1,7	13	100	0,75	92	29,3	6	1
Avant l'étude	6,2	2,2	0,19	6,3	1,3	33		0,29	261	5,7	3,7	2

reçu le traitement T8. Les plus tardives étaient dans la parcelle témoin, mais aucune différence statistique n'a été observée entre les traitements.

L'application de matière organique et d'engrais minéraux a exercé une action bénéfique sur le sol, et contribué à une bonne croissance de la plante et à la formation de racines secondaires et tertiaires. Ceci, en retour, a amélioré la capacité d'absorption des végétaux.

Pour la variable poids du régime (production), on constate que les traitements T8, T5 et T9 ont donné les moyennes les plus élevées (tableau 2). Les valeurs moyennes enregistrées pour le poids des régimes sont de l'ordre de ce que l'on obtient généralement dans la région (11,4 kg/régime) (Grisales et Lescot 1999). Ces rendements peuvent être dépassés si on tient compte de facteurs pouvant influencer la productivité tels que, entre autres, les composantes bio-organiques du sol, plus particulièrement, la surpopulation d'agents pathogènes comme les nématodes appartenant aux genres *Radopholus* et *Meloidogyne* ou le charançon du bananier (*Cosmopolites sordidus*), ou l'absence d'agents de contrôle biologique (mycorhizes arbusculaires, *Beauveria bassiana*, etc.).

Pendant le deuxième cycle de production, ce sont les plantes de traitement T8 (tableau 2) qui ont produit les plus gros régimes, suivies par celles fertilisées avec 50% d'engrais minéraux et 3,6 kg de fiente de poule. Outre le fait de savoir que l'ajout de matière organique améliore les propriétés physico-chimiques et les composantes biologiques du sol, on peut conclure de cette

étude que l'effet de la fertilisation organique est plus marquée au bout d'un certain laps de temps: ici, à la fin des deux premiers cycles de production. Comme le montre le tableau 2, les plantes de tous les traitements, y compris du traitement témoin, qui a reçu la matière organique seulement au moment de la plantation, ont toutes présenté une augmentation de poids du régime au deuxième cycle de production.

Sur le tableau 3 sont regroupés tous les résultats correspondant à l'analyse chimique du sol expérimental après le premier cycle de culture.

L'ajout d'engrais organiques tels que la fiente de poule a eu une action positive sur les propriétés physico-chimiques et la teneur en matière organique du sol, qui est passée de 2,2 à 4,1%. De même, les teneurs en K, Ca, Mg, Mn, Zn et B ont augmenté après le premier cycle de production. En ce qui concerne la teneur en P, on ne peut pas définir une tendance claire. La teneur en Cu a varié seulement pour le traitement témoin.

Le tableau 4 présente l'analyse économique pour le premier cycle de production. Les traitements les plus performants ont été les traitements T5, T8 et T9 et les moins intéressants les traitements T2 et T3. Néanmoins, il convient de souligner que le rendement a varié de 14,2 à 18,6 t/ha, ce qui, globalement, peut être considéré comme satisfaisant.

Pour visualiser la rentabilité de la culture en fonction du type et des doses d'engrais utilisés, le tableau 5 présente le coût de chaque traitement et le bénéfice net. En termes strictement économiques, c'est le traitement T10 (témoin) qui est le plus rentable puisqu'il ne coûte pratiquement rien en investissement. Le traitement T9 est arrivé au second rang car la source de matière organique n'a d'autre coût que celui de son transport. Les traitements T8 et T5 ont été parmi les plus rentables. Dans la région où s'est déroulée l'étude, le coût de la fiente de poule est très élevé ce qui a entraîné une augmentation des coûts de production. Les traitements les moins rentables ont été T2, T3, T6, T1 et T7. Dans le groupe des traitements les plus rentables, les plantes ont reçu une fertilisation inorganique et organique, à l'exception de T4, alors que pour les autres traitements, il n'y a pas eu de fertilisation inorganique, sauf pour

Tableau 4. Rendement et valeur de la production au cours du premier cycle de production.

Traitement	Production (kg/ha)	Valeur en pesos colombiens	Valeur en \$US*
T1	15 745	4 723 776	1417
T2	14 160	4 248 000	1274
T3	14 627	4 388 184	1316
T4	16 779	5 033 880	1510
T5	17 303	5 191 056	1557
T6	15 377	4 613 328	1384
T7	15 887	4 776 256	1433
T8	17 671	5 301 504	1590
T9	18 662	5 598 864	1680
T10	16 468	4 940 424	1482

* 1 \$US = 2950 pesos colombiens (Note de la rédaction).

le traitement T6 et T10, ce dernier étant le traitement témoin.

Si on considère que le succès se mesure en termes de compétitivité (rentabilité) et de durabilité de la culture, les résultats de l'analyse économique du premier cycle de production de cette culture expérimentale de bananier plantain permettent d'affirmer que, bien que le témoin soit rentable au cours du premier cycle, il peut cesser de l'être ensuite puisque la fertilité du sol diminue avec le temps si on ne compense pas les pertes par des apports d'engrais minéraux et/ou organiques.

Les traitements T5 et T8, dont la rentabilité est diminuée par le coût élevé de la fiente de poule, font partie des traitements dominants. La production lors du deuxième cycle a toujours été supérieure à celle du premier. De plus, en termes de durabilité, il est nécessaire de maintenir ou d'améliorer la fertilité du sol grâce à l'apport d'engrais. On peut estimer que cette pratique est coûteuse, en particulier la fertilisation organique pendant les premiers cycles de culture du bananier plantain mais, au fur et à mesure que l'agrosystème se stabilise, les coûts de fertilisation tendent à diminuer car ce type de culture apporte au sol, après récolte, entre 70 et 80% de sa biomasse.

Une analyse économique du deuxième cycle de culture a été réalisée. Les résultats sont regroupés dans les tableaux 6 et 7.

Pendant le deuxième cycle, T10 est le traitement qui a présenté le coût variable le plus faible et, par conséquent, le bénéfice net et le taux marginal de retour les plus élevés (tableau 8).

Si l'information recueillie par cette étude était livrée telle que aux agriculteurs, il est certain qu'ils adopteraient le traitement T10 puisque l'argent investi leur rapporterait le plus à la récolte. Le traitement T4 présente le deuxième bénéfice net élevé mais le plus petit taux marginal de retour. Le traitement T8 occupe la troisième place en bénéfices nets et la deuxième en taux marginal de retour. D'après ces résultats, il serait recommandé d'employer soit le traitement T10, soit T8. Cependant, étant donné l'importance que l'on doit accorder tant au plan de la rentabilité qu'à celui de la durabilité, il vaut mieux préconiser le traitement T8, composé de 75% d'engrais inorganique et 1,2 kg de fiente de poule.

Remerciements

Les auteurs remercient CORPOICA et le Comité départemental des producteurs de café du Quindío, pour l'aide financière qu'ils ont apportée à cette étude, ainsi que Monsieur José Hector Garcia Angarita, propriétaire de la plantation de Curramba.

Tableau 5. Bénéfice net et coût de production du bananier plantain au cours du premier cycle de production.

Traitement	Coûts variables (pesos)	Valeur en \$US	Bénéfice net (pesos)	Valeur en \$US
T10	406 500	122	4 533 924	1360
T9	768 400	231	4 371 680	1312
T8	1 008 900	303	4 292 604	1288
T4	542 000	163	4 088 324	1226
T5	1 174 600	352	4 016 456	1205
T1	903 600	271	3 820 176	1146
T6	814 600	244	3 798 728	1140
T7	994 600	298	3 781 656	1134
T2	543 600	163	3 776 616	1133
T3	723 600	217	3 664 584	1099

Tableau 6. Rendement et valeur de la production au cours du deuxième cycle de production.

Traitement	Production (kg/ha)	Valeur en pesos	Valeur en \$US*
T1	16 929	4 232 250	1270
T4	17 329	4 332 250	1300
T5	18 928	4 732 000	1420
T8	19 995	4 998 750	1500
T10	18 528	4 632 000	1390

Tableau 7. Bénéfice net et coût de production au cours du deuxième cycle de production.

Traitement	Coûts variables (pesos)	Bénéfices nets (pesos)	Valeur en \$US
T10	369 480	4 262 520	1279
T4	637 080	3 695 170	1109
T8	1 598 460	3 400 290	1020
T5	2 011 330	2 720 670	816
T1	1 743 730	2 488 520	747

Tableau 8. Analyse marginaliste des traitements de fertilisation au cours du deuxième cycle de production.

Traitement	Bénéfice net (pesos)	Coût variable (pesos)	Augmentation marginale des bénéfices nets	Augmentation marginale des coûts variables	Taux marginal de retour (%)
T10	4 262 520	369 480	567 350	-267 600	212.0
T4	3 695 170	637 080	294 880	-961 380	30.7
T8	3 400 290	1 598 460	679 620	-412 870	164.6
T5	2 720 670	2 011 330	232 150	267 600	86.8
T1	2 488 520	1 743 730			

Références

- Castillo L.E., S. Belalcázar C., J.A Valencia M., M.I. Arcila P., J. Espinosa M. & A. González. 1995. Evaluación de niveles de NPK sobre el crecimiento y la producción del clon de plátano 'Dominico hartón' (*Musa AAB Simmonds*). Pp.129-141 in *Mejoramiento de la producción del cultivo de plátano*. Corpoica, Armenia, Colombia.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. 1998. Principales avances en investigación y desarrollo tecnológico por sistemas de producción agrícola (M.M. de Duque, R.N. González, Q. Rodríguez, eds). P.A. Santafé de Bogotá, Colombia. 451pp.
- Dorel M. & N. Besson. 1996. Utilisation d'engrais organiques en culture bananière. Fascicules de la Base Centre Bananes Antilles, CIRAD FLOR, Fort de France. 27pp.

Les auteurs travaillent à la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Apartado Aéreo 1807, Armenia, Quindío, Colombia.
Courriel: mamabb@uol.com.co ou corpoica@telesat.com.co

- Echeverry M. & García. 1974. Efecto del potasio en la corrección del amarillamiento prematuro y la producción de plátano. *Cenicafé* 25(4):95-103.
- Grisales F. & T. Lescot. 1999. Encuesta diagnóstico multifactorial sobre plátano en la zona cafetera central de Colombia: una visión analítica de la realidad agronómica del cultivo del plátano en la zona central. *Boletín Técnico FNCC* No.18. Cenicafé, Colombia. 66pp.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Anuario Estadístico del Sector Agropecuario y Pesquero. 1996. Oficina de información y estadística. Santafé de Bogotá, D.C. p.60-62.
- Muñoz A., R. 1995. Fertilización de cultivos en clima medio. Pp. 195-204 in *Monómeros Colombo Venezolanos*. Barranquilla, Colombia.
- Zake, J.Y.K. 1993. Soil management sustainable banana production on ferrasol in Uganda. Pp.14-18 in *Africa Crop Science Conference Proceedings*, Vol.6 (Adipala E., Bekunda M.A., Tenywa J.S., Ogenga-Latigo M.W., Mugah J.O., eds). African Crop Science Society, Kampala, Uganda.

Pratiques culturales

Effet de la fertigation et de l'irrigation sur le rendement de plantations à haute densité du cultivar 'Robusta'

M. Mahalakshmi, N. Kumar et K. Soorianathasundaram

Dans de nombreuses parties de l'Inde, la culture du bananier inclut des pratiques qui demandent une main d'œuvre importante, telles que la replantation annuelle pour prévenir l'infestation par les nématodes, l'irrigation et la fertilisation manuelle et le désherbage. Ces opérations sont coûteuses, particulièrement pour les grandes fermes. Une manière de diminuer les coûts est de choisir des clones à haut rendement et d'adopter une plantation à haute densité.

La plantation à haute densité a été tentée avec des degrés de réussite divers, en réduisant l'espacement entre les plants (Jaramillo 1984, Franco et Vega 1987). Une autre méthode consistant à planter plus de rejets par trou avec des espacements plus importants s'est également montrée efficace pour augmenter la productivité sans affecter la qualité de façon négative (Belalcázar *et al.* 1994, Apshara 1997). La fertigation peut réduire les coûts et améliorer la productivité, puisqu'elle délivre efficacement les nutriments et l'eau et qu'elle réduit l'infestation par les mauvaises herbes (Robinson 1996).

Il a été montré qu'une quantité de 200:30:300 g de N:P:K par plante améliorerait le rendement chez le bananier, au cours d'essais conduits dans le cadre de l'*All India Coordinated Research Project on Tropical Fruits*, financé par l'*Indian Council of Agricultural Research*, New Delhi (Anon. 1989). Dans notre étude, nous avons essayé de formuler un régime de fertigation pour une productivité plus élevée en plantation à haute densité de 'Robusta' (*Musa* cv. AAA), l'un des cultivars les plus populaires en Inde. Ce cultivar a un potentiel élevé et est utilisable en plantation à haute densité (Robinson 1983).

Matériel et méthodes

L'essai en champ a été mené au *College Orchards, Tamil Nadu Agricultural University*, Coimbatore. Le sol était un limon sableux avec un pH de 8,15 et une conductivité électrique de

0,219 ds/m. Des cormes de 'Robusta', pesant 1,5 ± 0,2 kg, ont été parés et traités avec une solution de Carbendizim à 0,01% pendant 30 minutes. Des trous de 60 x 60 x 30 cm ont été espacés de 2 m l'un de l'autre dans chaque rangée, avec 3 m entre les rangées. Trois cormes ont été plantés dans chaque trou pour une densité de plantation de 2000 plants/acre (4900 plants/ha).

Un dispositif factoriel en blocs aléatoires à trois répétitions a été utilisé. Les niveaux d'irrigation testés étaient 50 L/jour, 40 L/jour et 30 L/jour. Trois concentrations d'engrais ont été comparées : 100% de la quantité de N et K requise (200 g de N et 300 g de K par plant), 75% de la quantité de N et K requise (150 g de N et 200 g de K par plant), et 50% de la quantité de N et K requise (100 g de N et 150 g de K par plant). Une dose commune de 90 g de P par trou a été appliquée dans tous les traitements de fertigation. L'irrigation était programmée à intervalles journaliers. La fertigation était programmée à intervalles hebdomadaires, répartis sur une période de 38 semaines, commençant la 9^{ème} semaine après la plantation.

Les goutteurs ont été réglés pour que chaque trou reçoive 30 litres par heure. Des engrais solubles dans l'eau, soit du monophosphate d'ammonium (12:61:0) et du nitrate de potassium (13:0:46) ont été utilisés comme source de base des nutriments, alors que de l'urée (46% N) et du chlorure de potassium (60% K₂O) ont été utilisés pour supplémer les besoins en N et K.

Le témoin consistait en une irrigation par canal (80 mm d'eau/ha) et une dose d'engrais de 200:30:300 g de N:P:K par plante, appliquée manuellement (N et K en trois fois et P au 3^{ème} mois), et l'irrigation était programmée une fois tous les 5-6 jours.

Quatre vingt dix-neuf plantes ont été utilisées par traitement. Les observations ont été enregistrées sur les 36 plantes localisées au centre de chaque bloc pour éviter les effets de bordure. Le poids des régimes, le nombre de mains et

de doigts par régime, le poids des doigts, la longueur et la circonférence médiane des doigts ont été enregistrés et les moyennes comparées (Gomez et Gomez 1984).

Résultats et discussion

Le poids du régime, le caractère économique le plus important, a été influencé par les traitements (tableau 1). Les niveaux d'irrigation et de fertigation les plus élevés ont produit les régimes les plus lourds (36,5 kg par rapport à 20,5 kg chez le témoin). Un apport continu en eau et nutriments dans la zone racinaire active pourrait avoir favorisé la disponibilité et l'absorption des nutriments. Smith (1977) a rapporté une augmentation du poids des régimes par une fertigation hebdomadaire chez le bananier.

Le nombre de doigts par régime a varié de 149,3 pour les niveaux d'irrigation et de fertigation les plus bas à 188,4 pour les plus hauts, par rapport à 110,9 chez le témoin (tableau 2). Bien que les bananiers nécessitent des niveaux élevés de nutriments pendant toute leur période de croissance, l'application de N et K avant la phase de l'inflorescence, particulièrement pendant l'initiation du bourgeon floral (4-5 mois après la plantation) est très important. Ceci empêche de nuire à la croissance et influence la taille du régime, le nombre de doigts et de mains par régime, et, en dernier ressort, le rendement (Twyford 1967, Baruah et Mohan 1986).

Les traitements de fertigation avaient une influence significative sur le poids des doigts (tableau 3). La combinaison des niveaux les plus élevés de fourniture d'eau et de nutriments ont produit les doigts les plus lourds (298,6 g) par comparaison au témoin (251,7 g), résultat qui peut être attribué à la programmation de l'apport des nutriments. La proportion de N:K du 5^{ème} au 7^{ème} mois pourrait avoir aidé à l'accumulation des photosynthates (Dugain 1959, Twyford 1967, Agrawal *et al.* 1997).

Les doigts les plus longs (25,5 cm) et la circonférence médiane la plus grande (14,8 cm) ont été observés pour les niveaux d'irrigation et de fertigation les plus élevés, alors que les valeurs les plus basses (18,7 cm et 10,4 cm) ont été observées non pas chez le témoin mais pour les niveaux d'irrigation et de fertigation les plus bas (tableaux 4 et 5).

L'application de K après la phase de l'inflorescence (44^{ème} à 47^{ème} semaine après la plantation) a probablement favorisé la croissance et le développement de régimes avec des fruits mieux remplis, ce qui a entraîné une augmentation du poids, de la longueur et de la circonférence médiane des doigts (Twyford 1967, Yadav *et al.* 1988).

Des niveaux élevés de N et K, et particulièrement de K pendant le stade végétatif, l'initiation et la différenciation florales, sont indispensables pour accroître la production. Il a été rapporté que leur application après la phase de l'inflorescence

est aussi importante que leur application pendant le stade d'initiation florale, car elle augmente le poids du régime (Martin-Prevel 1969, Langenegger et Smith, 1986).

Cette étude indique que les bananiers répondent bien à la fertigation, même sous un système de plantation à haute densité, et qu'une programmation appropriée de l'apport des nutriments est importante.

Tableau 1. Influence de la fertigation et de l'irrigation sur le poids du régime (kg).

Niveau d'irrigation	Témoin	Niveau de fertigation (% de la quantité requise de N et K)		
		100%	75%	50%
Témoin	20,5			
50 L/jour		36,5 a	34,9 b	28,6 c
40 L/jour		35,5 ab	33,8 c	26,9 f
30 L/jour		30,3 d	26,1 fg	25,0 g

Dans les lignes et les colonnes, les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes.

Tableau 2. Influence de la fertigation et de l'irrigation sur le nombre de doigts par régime.

Niveau d'irrigation	Témoin	Niveau de fertigation (% de la quantité requise de N et K)		
		100%	75%	50%
Témoin	110,9			
50 L/jour		188,4 a	173,4 b	160,3 a
40 L/jour		177,5 b	160,4 d	149,1 g
30 L/jour		157,4 f	14,4 h	138,5 i

Dans les lignes et les colonnes, les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes.

Tableau 3. Influence de la fertigation et de l'irrigation sur le nombre de doigts.

Niveau d'irrigation	Témoin	Niveau de fertigation (% de la quantité requise de N et K)		
		100%	75%	50%
Témoin	251,7			
50 L/jour		298,6 a	293,3 c	272,3 g
40 L/jour		297,7 b	292,7 d	270,2 h
30 L/jour		285,7 e	273,7 f	262,5 i

Dans les lignes et les colonnes, les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes.

Tableau 4. Influence de la fertigation et de l'irrigation sur la longueur des doigts (cm).

Niveau d'irrigation	Témoin	Niveau de fertigation (% de la quantité requise de N et K)		
		100%	75%	50%
Témoin	22,27			
50 L/jour		25,5 a	24,2 c	22,3 e
40 L/jour		24,8 b	22,7 d	20,2 g
30 L/jour		21,8 f	20,4 g	18,7 h

Dans les lignes et les colonnes, les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes.

Tableau 5. Influence de la fertigation et de l'irrigation sur la circonférence médiane des doigts (cm).

Niveau d'irrigation	Témoin	Niveau de fertigation (% de la quantité requise de N et K)		
		100%	75%	50%
Témoin	12,8			
50 L/jour		14,8 a	13,9 b	12,9 c
40 L/jour		14,2 b	12,8 c	11,4 e
30 L/jour		13,0 c	11,8 d	10,4 f

Dans les lignes et les colonnes, les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes.

Remerciements

Je souhaite remercier le *Jawaharlal Nebru Memorial Fund*, *Teen Murti House*, New Delhi, pour la bourse d'étude Jawaharlal Nebru qui m'a permis de poursuivre mes études de doctorat à la *Tamil Nadu Agricultural University*, Coimbatore, Tamil Nadu, Inde.

Références

- Agrawal S., S.D.Pandey & B.L.Tiwari. 1997. Studies on the effect of high status of nitrogen and potassium on qualitative characters of *in vitro* Banana fruit cv. Robusta. *The Orissa Journal of Horticulture* 25(1):67-72.
- Anon. 1989. Research report of the All India Coordinated Research Project of Tropical Fruits. Fruit research workshop held at S.V. Agricultural College, APAU, Tirupathi. 13-16 September pp.144-170.
- Apshara E. 1997. Effect of planting density and spachig on growth and yield of banana cv. Nendran (AAB). M.Sc. Thesis, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore.
- Baruah P.J. & N.K. Moban. 1986. Effect of potassium on fruit sugar, acidity, TSS and sugar: acid ratio of 'Jahaji' banana (*Musa* AAA, Cavendish sub group). *Banana Newsletter* 9: 14-15.
- Belalcázar S., M.Z. Arcila, J.A. Valencia, D.G. Cayon & G. Franco. 1994. Le bananier plantain en Colombie: hautes densités de plantation. *INFOMUSA* 3(1):12-15.
- Dugain F. 1959. Ammonium sulphate in the soil for growing banana in low-lying areas. *Fruits* 14:163-169.

- Franco G. & O.A. Vegar. 1987. Effect del clima y el manejo sobre la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la vereda Santagueda. Palestina. Caldas. Tesis. Facultad de Agronomía. Universidad de Caldas, Manizales.
- Gomez, K.A & A.A. Gomez. 1984. Statistical procedures for agricultural research. 2nd edition. An International Rice Research Institute book. Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York, 680 pp.
- Jaramillo de G.C. 1984. Agronomía de cultivos en altas densidades de siembras. Informe anual de actividades 1983b-1984a. Instituto Colombiano Agropecuario. Manizales: 5-16.
- Langenegger W. & B.L. Smith. 1986. The effect of potassium application on tissue and soils, and their relationship to yield of bananas (cv. Dwarf Cavendish). *Fruits* 34:373-392.
- Martin-Prevel P. 1969. A systematic variant trial on the banana. *Fruits* 24:193-215. Potash Rev. Sub. 27 No.3. Suite 65.
- Robinson J.C. 1983. Banana plant population studies at Burgershall, initial results. *Information Bulletin CSFRI* 126:11-12.
- Robinson J.C. 1996. Bananas and plantains. Institute for tropical and subtropical crops. Nelspruit, South Africa.
- Smith P. 1997. Summary of multi-K field experiments conducted in 1996. *Fruit Trees Banana*. Infomessage 3.
- Twyford I.T. 1967. Banana nutrition: A review of principles and practices. *J. Sci. Fd. Agric.*, 18:177-183.
- Yadav I.S., H.P. Singh & K.D. Singh. 1988. Response of banana to different levels and frequency of potassium application. *South Indian Hort.* 36(3):167-171.

Les auteurs travaillent à la
Sugarcane Research Station,
Sirugamani, Tiruchirapalli (DT)
639115, Inde.
Auteur pour correspondance,
M. Mahalakshmi.

Pratiques culturales

Effet de l'ablation de mains sur la production de 'Dominico hartón' et 'Africa' en Colombie

J.A. Quintero S. et M. Aristizábal L.

Dans de nombreuses régions de Colombie, la commercialisation des bananes plantain se fait sous forme de régimes, mais les marchés spécialisés ont de plus en plus tendance à les proposer sous forme de mains et de fruits (Arcila 1998). Dans ce cas, c'est la taille du doigt qui détermine le prix de vente au consommateur (Giraldo 1998). Même si la commercialisation des régimes augmente la vie de la banane plantain dans les rayons, leur manipulation est difficile et entraîne des pertes commerciales élevées. En revanche, la commercialisation de doigts ou de mains, qui pourtant raccourcit la vie des fruits dans les rayons, ne provoque pas de pertes commerciales aussi importantes (Giraldo 1998).

Sur un régime de bananier plantain 'Dominico hartón' (*Musa* cv. AAB), les mains situées vers la base sont très souvent d'une taille plus importante que les mains de la partie terminale (Aristizábal 1995). Généralement, ces dernières mains sont jetées ou, dans le meilleur des cas, vendues comme fruits de troisième catégorie, ce qui signifie que, pour chaque régime produit, deux ou trois mains au moins ne satisfont pas les standards de qualité des marchés spécialisés. Les bénéfices du producteur s'en trouvent réduits d'autant.

L'ablation de mains consiste à supprimer les deux ou trois dernières mains de chaque régime. Cette technique est couramment utilisée dans les exploitations de bananes destinées à l'exportation (*Musa* cv. AAA). A ce propos, Rodríguez *et al.* (1988) rapportent les effets bénéfiques de l'ablation de mains sur la dimension des fruits et en concluent que les dernières mains, qui n'ont pas une taille commercialisable, représentent une perte respiratoire pour la plante et, de plus, une répartition de la matière sèche inutilisable commercialement. Si on supprime ces mains, on peut espérer une redistribution de la matière sèche sur les mains restant sur le régime et par conséquent, une augmentation de leur taille.

La dimension du fruit étant un critère très important pour les marchés spécialisés de bananes plantain, l'objectif de cette étude a été de déterminer l'effet que l'élimination sélective de certaines mains et du bourgeon mâle tout de suite après la floraison, peut avoir sur les paramètres de rendement et de qualité du fruit de 'Dominico hartón' et 'Africa' (*Musa* cv. AAB).

Matériel et méthodes

L'étude a été menée sur la plantation de Montelindo, propriété de l'Université de Caldas, sur un sol Inceptisol (Tropepts Dystropepts). L'exploit-

tation est située dans la région de Santagueda, municipalité de Palestina (Caldas), à 5°05' de latitude nord et 75°40' de longitude ouest, à une altitude de 1050 m, une température moyenne de 22,5°C, une humidité relative de 76%, des précipitations annuelles de 2100 mm et un ensoleillement annuel de 2010 heures.

Deux variétés, 'Dominico hartón' et 'Africa', avec quatre traitements pour chacune d'entre elles, ont été plantées selon un dispositif en blocs de Fisher comportant trois répétitions et cinq plantes par répétition. La plantation a été réalisée en respectant les distances de 2 m x 3 m entre les plantes et les sillons. La culture a respecté les pratiques agronomiques recommandées pour les plantations de bananiers plantain de la région : fertilisation, élimination des rejets, nettoyage du pseudotrunc, effeuillage, effeuillage des pointes nécrosées, ensachage des régimes et contrôle des mauvaises herbes. Au moment de planter, 1 kg de compost à base de cendres de canne à sucre (*cenichaza*) a été répandu sur chaque emplacement, 13 g de carbofurane (Furadán 3G), 10 g d'oxyde de magnésium et 3 g de borax (acide borique). Trois fertilisations ont été réalisées, à quatre mois d'intervalle, avec par plante: 200 g de $\text{NH}_4\text{NO}_3:\text{KCl}$ (1:1) la première fois, de Cumba (15-4-23-4) la deuxième et de $\text{NH}_4\text{NO}_3:\text{KCl}$ (1:1) la troisième.

Deux semaines après l'apparition de l'inflorescence, quatre traitements ont été réalisés (tableau 1).

Les variables suivantes ont été évaluées : poids du régime (PR), nombre de doigts par régime (ND), poids moyen par doigt (PMD), poids de la première main (PPM) et de la seconde main (PSM) et poids, diamètre et longueur du doigt central (PDC, DDC et LDC) de la deuxième main.

Les résultats ont été soumis à une analyse de variance et au test de Duncan de comparaisons multiples en employant le programme SAS.

Résultats et discussion

Effet sur la variété 'Dominico hartón'

L'analyse des données obtenues sur la variété 'Dominico hartón' (tableau 2) n'a pas montré pas de différences statistiques entre les quatre traitements pour les variables PR, PPM, PSM et DDC ($p>0,21$). Cependant, il est apparu des différences significatives entre les traitements pour les variables ND, PMD, PDC et LDC ($p<0,16$). L'intensité de l'ablation de mains a réduit le nombre de doigts par régime de 50 à 40. Entre le témoin et les régimes à cinq mains, on a relevé une augmentation substantielle du PMD (100 g), du PDC (111 g) et de la LDC (2,9 cm). Ces augmentations ont compensé la diminution de la taille du régime et expliquent pourquoi il n'y a pas eu de différences significatives entre les divers traitements pour la variable PR. En outre, pour les régimes à cinq mains, le poids moyen du régime a augmenté de 900 g par rapport au témoin. Une augmentation du poids et des dimensions du fruit découlant de

l'ablation sélective de mains a également été rapportée par d'autres auteurs pour des variétés différentes de bananiers plantain [Arcila *et al.* (2000), Rodríguez *et al.* (1988), Rodríguez et Pérez (1984), Irizarry (1991), Prasannakumariam *et al.* (1986), Deras (1997)].

Le poids moyen des doigts des régimes à cinq mains (408 g) permet de cataloguer cette banane plantain comme «extra», d'après la classification qualitative établie pour le bananier plantain 'Dominico hartón' par Peláez *et al.* (1996), cités par Arcila *et al.* (2000). Les fruits correspondant aux autres traitements d'élimination de mains pourraient être considérés comme de «première qualité» en raison des poids moyens obtenus, ce qui représenterait une amélioration substantielle du prix de vente du produit.

D'après les résultats précédents, le meilleur traitement pour la variété 'Dominico hartón' consiste à laisser cinq mains sur le régime, ce qui améliore la qualité des fruits et, par conséquent, pourrait accroître le prix et ouvrir de nouveaux marchés spécialisés pour ce produit.

Effet sur la variété 'Africa'

Pour 'Africa', l'analyse de variance n'a pas mis en évidence de différences significatives entre les divers traitements ($p>0,25$) quelques soient les variables de rendement et de qualité évaluées (tableau 3). La réaction du bananier plantain 'Africa' peut s'expliquer par le fait que les doigts des trois premières mains et même ceux de la quatrième ont des poids individuels supérieurs à 350 g, de sorte que l'ablation du bourgeon mâle ou de la dernière main n'a pas entraîné d'augmentation du potentiel individuel de croissance des doigts. Quand le régime n'a plus que quatre mains, il se produit par rapport au témoin une réduction du poids de 3 kg, ce qui est dû principalement à la perte de la seconde et de la troisième mains. Bien que le poids de

Tableau 1. Traitements appliqués aux régimes de 'Dominico hartón' et 'Africa'.

Traitements	Dominico hartón	Africa
1 (témoin)	Pas d'ablation de mains	Pas d'ablation de mains
2	Ablation du bourgeon mâle	Ablation du bourgeon mâle
3	5 'vraies* mains' laissées sur le régime	4 'vraies mains' laissées sur le régime
4	6 'vraies mains' laissées sur le régime	5 'vraies mains' laissées sur le régime

*On considère comme une 'vraie main' un groupe de fleurs dont les gynécées se développent normalement.

Tableau 2. Effet des traitements sur le rendement et la qualité des régimes de 'Dominico hartón' (n=15).

Traitement	PR (kg)	ND	PMD (g)	PPM (kg)	PSM (g)	PDC (g)	DDC (cm)	LDC (cm)
1 (Témoin)	15,4a	50a	308b	3,87a	3,21a	314b	4,5a	23,4b
2	13,8a	45ab	307b	3,95a	3,21a	310b	4,4a	24,2ab
3 (5 mains)	16,3a	40b	408a	4,88a	4,11a	425a	4,8a	26,3a
4 (6 mains)	14,2a	42ab	333b	4,05a	3,34a	325b	4,6a	25,2ab
Pr > F	0,65	0,16	0,03	0,21	0,25	0,02	0,36	0,12

PR: Poids du régime; ND: Nombre de doigts par régime; PMD: Poids moyen par doigt; PPM: Poids de la 1^{ère} main; PSM: Poids de la 2^{ème} main; PDC: Poids du doigt central de la 2^{ème} main; DDC: Diamètre du doigt central de la 2^{ème} main; LDC: Longueur du doigt central de la 2^{ème} main.

Les moyennes suivies de la même lettre dans chaque colonne ne sont pas significativement différentes d'après le test de Duncan, à 5% de probabilité près.

Tableau 3. Effet des traitements sur le rendement et la qualité des régimes de 'Africa' (n=15).

Traitement	PR (kg)	ND	PMD (g)	PPM (kg)	PSM (g)	PDC (g)	DDC (cm)	LDC (cm)
1 (Témoin)	11,8a	25a	483a	3,38a	3,05a	536a	5,4a	27,5a
2	12,1a	25a	473a	4,18a	3,03a	477a	4,6a	26,0a
3 (4 mains)	8,8a	19a	479a	3,51a	2,68a	529a	5,3a	25,8a
4 (5 mains)	11,5a	21a	562a	4,01a	2,81a	638a	5,3a	27,5a
Pr > F	0,68	0,25	0,76a	0,87a	0,9	0,72	0,39	0,88

Voir les explications au tableau 2.

la première main augmente, ce gain ne parvient pas à compenser la déperdition de poids des autres mains.

Quand cinq mains ont été laissées sur le régime, ce qui représente une réduction de quatre doigts par rapport au témoin, le poids moyen des doigts a augmenté ainsi que de celui de la première main. On peut en déduire que ce traitement pourrait se montrer favorable à une amélioration des critères de qualité pour la commercialisation du produit. Cependant, il n'a pas amélioré le poids total du régime. A ce sujet, Rodríguez et Pérez (1984) et Irizarry (1991) ont établi que l'ablation de mains n'augmente pas le poids total du régime même si elle améliore le poids individuel des fruits.

En conclusion, l'ablation du bourgeon mâle a provoqué une augmentation du poids de la première main, ce qui semble avantageux si on tient compte qu'avec ce type de technique, on peut également prévenir les maladies ou les attaques des ravageurs attirés par le nectar des fleurs (Belalcázar *et al.* 1998).

Références

- Arcila P.M.I. 1998. Comportamiento postcosecha de los plátanos 'Dominico hartón' y 'FHIA-21' en diferentes presentaciones. Pp. 256-260 in Seminario internacional de producción de plátano. Memorias (M.J. Giraldo, S.L. Belalcázar, D.G. Cayón, eds). INIBAP, Montpellier, Francia; CORPOICA, SENA, Comité departamental de cafeteros de Colombia, Armenia, Colombie.
- Arcila P. M.I., J.A. Valencia, S. Belalcázar & H. Morales. 2000. Efecto del desmane sobre la calidad y la producción del

híbrido de plátano FHIA-21. Pp. 71-78 in Poscosecha y agroindustria del plátano en el eje cafetero de Colombia (D.G. Cayón, G.A. Giraldo, M.I. Arcila, eds). CORPOICA, Armenia, Colombie.

- Aristizábal L.M. 1995. Componentes del rendimiento en plátano (*Musa* AAB cv 'Dominico hartón'). Revista Universidad de Caldas 15(1-2):65-75.
- Belalcázar S., J.A. Valencia & M.I. Arcila P. 1998. Conservación y evaluación de la colección colombiana de Musáceas. Pp. 1-20 in Seminario internacional de producción de plátano. Memorias (M.J. Giraldo, S.L. Belalcázar, D.G. Cayón, eds). INIBAP, Montpellier, Francia; CORPOICA, SENA, Comité departamental de cafeteros de Colombia, Armenia, Colombie.
- Deras J.M. 1997. Efecto del tipo de material de siembra (corno y vitroplanta) y el desmane sobre el comportamiento del plátano híbrido FHIA-21 bajo condiciones de riego. Ciclo 1. Pp. 41-47 in Programa de banano y plátano. Informe técnico 1996. FHIA, La Lima, Honduras.
- Giraldo G.G. 1998. Conservación e industrialización del plátano. Pp. 265-274 in Seminario internacional de producción de plátano. Memorias (M.J. Giraldo, S.L. Belalcázar, D.G. Cayón, eds). INIBAP, Montpellier, Francia; CORPOICA, SENA, Comité departamental de cafeteros de Colombia, Armenia, Colombie.
- Irizarry H. 1991. Cuidado apropiado del racimo del clon «Superplátano» (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana* AAB), tipo Congo Puerto Rico. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 75(2):163-171.
- Peláez M.C., G.S. González, E.I. Díaz, A. Amaya, G. Giraldo & G. Maximiliano. 1996. Comercialización del plátano 'Dominico-Hartón' cultivado en el departamento de Quindío. Pp. 109-125 in Tecnología del eje cafetero para la siembra y explotación rentable del cultivo del plátano (Belalcázar Carvajal S, D.G. Cayón Salinas, O. Jaramillo García, & C. Lopez, eds). Comité Departamental de Cafeteros del Quindío, Armenia.
- Prasannakumariam A.S., A.K. Babylatha, K. Pushkaran & T.M. Kurien. 1986. Studies on the effect of removing terminal hands and male bud on the yield and fruit size of banana *Musa* (AAB group) 'Palayankodan'. South Indian Horticulture 34(4):204-209.
- Rodríguez J.A., H. Irizarry & E. Rivera. 1988. Efecto de la poda de manos en el rendimiento y calidad de las frutas del plátano (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana*, AAB). Pp. 537-541 in ACORBAT. Memorias VIII reunión (R. Jaramillo, A. Restrepo, R. Bayona, eds). AUGURA, Medellín, Colombie.
- Rodríguez N.A. & E. Pérez. 1984. Influencia del desmane y despampanado en los rendimientos del plátano fruta (*Musa* AAA, clon Cavendish gigante). Ciencia y Técnica en la Agricultura, Viandas Tropicales (Cuba) 7(1):7-15.

Les auteurs sont respectivement ingénieur agronome et professeur titulaire au Departamento de Fitotecnia, Universidad de Caldas. AA. 275, Manizales, Colombia. Courriel : cafolios@cumanday.ucaldas.edu.co

Variétés améliorées

Caractéristiques de croissance et de production d'hybrides FHIA en Colombie

A.M. González L., C. Gómez et M. Aristizábal L.

En Colombie, le bananier est souvent cultivé avec un minimum de travaux agricoles, ce qui favorise la diffusion et la sévérité de maladies telles que la maladie des raies noires causée par *Mycosphaerella fijiensis* Morelet.

La Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) a développé des hybrides de bananiers et de bananiers plantain résistants à cette maladie qui possèdent un rendement plus élevé que celui des cultivars traditionnels

(FHIA 1997). Les bananiers cultivés en Colombie étant extrêmement sensibles à la maladie des raies noires, il apparaît indispensable d'étudier le comportement de ces hybrides améliorées du point de vue de leur croissance et de leur potentiel de production.

'FHIA-17' (*Musa* cv. AAAA) se caractérise par sa résistance non seulement à la maladie des raies noires mais aussi à la maladie de Sigatoka (causé par *M. musicola* Leach) et à la fusariose

(causé par *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*) et par sa tolérance vis-à-vis du charançon du bananier (*Cosmopolites sordidus* Germar). 'FHIA-17' produit un régime dont le poids moyen est de 43,9 kg (Nowakunda *et al.* 2000).

'FHIA-18' (*Musa* cv. AAAB), dont les fruits doivent être consommés frais, se caractérise par sa résistance à la maladie des raies noires, à la fusariose et au nématode *Radopholus similis*. Le poids de son régime est de 28,5 kg en moyenne (Rowe 1998).

'FHIA-01' (*Musa* cv. AAAB), 'FHIA-03' (*Musa* cv. AAB) et 'FHIA-23' (*Musa* cv. AAAA) sont résistants à la fusariose et tolérants au charançon du bananier (Nowakunda *et al.* 2000).

L'objectif de cette étude est d'analyser la croissance et la productivité de quelques hybrides FHIA par rapport au cultivar traditionnel 'Gros Michel' (*Musa* cv. AAA).

Matériel et méthodes

L'étude s'est déroulée sur la plantation de Montelindo, propriété de l'Université de Caldas dans la municipalité de Palestina, Santagueda, située à 5°05' de latitude N et 75°40' de longitude O, à 1050 m d'altitude, avec une température moyenne de 22,8°C, une humidité relative de 76% et une topographie plane de sols franchosableux d'origine volcanique (type distrandept).

Des parcelles de 25 plantes chacune ont été plantées avec les hybrides 'FHIA-01', 'FHIA-03', 'FHIA-17', 'FHIA-18' et 'FHIA-23' et le cv. 'Gros Michel' comme témoin local. Chaque type de matériel a occupé une parcelle indépendante et a été planté à une distance de 2 m entre chaque plant et de 3 m entre les sillons.

Au moment de la plantation, 1 kg de compost à base de cendres de canne à sucre (*cenichaza*), 13 g de carbofurane (Furadan 3G), 10 g de MgO et 3 g de borax ont été répandus. On a fertilisé trois fois à 4 mois d'intervalle en fournissant à chaque plante 200 g de $\text{NH}_4\text{NO}_3:\text{KCl}$ (1:1) la première fois, 'Cumba' 15-4-23-4 la deuxième et $\text{NH}_4\text{NO}_3:\text{KCl}$ (1:1) la troisième. Sur chaque parcelle, les travaux agricoles habituels tels que l'effeuillage sanitaire, l'effeuillage des pointes nécrosées, l'ablation du bourgeon mâle et le contrôle des mauvaises herbes à la machette ont été effectués. Il n'a jamais été appliqué de produits chimiques destinés à lutter contre les ravageurs ou les maladies.

Ont été enregistrés à la floraison : la hauteur des plantes, le diamètre du pseudotrunc, le nombre de feuilles émises, le nombre de feuilles fonctionnelles (comptant jusqu'à 70% de surface foliaire verte, NFF) et le nombre de jours écoulés à la floraison (NJF). A la récolte, ont été enregistrés le NFF, le nombre de doigts et le poids de la 1^{ère} et de la 2^{ème} mains, le nombre total de doigts, le poids du régime ainsi que le poids, le diamètre et la longueur du doigt central de la 2^{ème} main. Ont également été relevés le nombre de jours écoulés

de la plantation à la récolte (NJR) et de la floraison à la récolte (NJFR).

Les résultats obtenus ont été soumis à une analyse de variance (dispositif expérimental complètement au hasard de cinq répétitions), après transformation des variables si nécessaire. Les données ont été traitées à l'aide du programme statistique SAS. Le test de Tukey, à $p \leq 0,05$, a été employé pour comparer les moyennes des traitements (Steel et Torrie 1988).

Résultats et discussion

Paramètres de croissance et de développement

Des différences significatives ont été observées pour toutes les variables analysées (tableau 1). 'Gros Michel' a dépassé de 1,1 m la hauteur de l'hybride le plus haut ('FHIA-23'). 'FHIA-17' a eu le port le plus bas, ce qui constitue un avantage non négligeable sur des terrains en pente ou les zones de vents forts. 'FHIA-23' a présenté les pseudotruncs les plus gros, suivi par 'FHIA-01' et 'Gros Michel'. 'FHIA-17' a présenté les pseudotruncs les plus minces (tableau 1).

Les plantes les plus précoces furent 'FHIA-17', 'FHIA-18' et 'FHIA-03' dont le NJF a différé sensiblement de celui des autres. Parmi ces derniers, 'Gros Michel' a été le plus tardif avec un NJF dépassant de 41 jours celui de 'FHIA-23', l'hybride ayant mis le plus de temps à fleurir. La récolte des régimes a été plus précoce chez 'FHIA-17', 'FHIA-18' et plus particulièrement, chez 'FHIA-03', dont le NJR a été significativement différent des autres. 'FHIA-23' a eu la récolte la plus tardive, suivi par 'Gros Michel'. Cependant, ce dernier a eu la plus courte période floraison-récolte, ce qui est probablement dû au fait qu'il a produit les régimes les plus petits et à l'impact des cercosporioses qui réduisent la longévité foliaire. 'FHIA-18' est apparu comme le plus lent à former un régime (tableau 1).

'Gros Michel' a présenté le plus petit NFF à la floraison avec une valeur significativement différente de celles relevées chez les hybrides, en particulier 'FHIA-18', qui a obtenu la valeur la plus élevée. A la récolte, 'FHIA-03', 'FHIA-18' et 'Gros Michel' ont eu le plus petit NFF, valeur

Tableau 1. Paramètres de croissance des hybrides cultivés à Santagueda.

Variables	FHIA-17	FHIA-18	FHIA-01	FHIA-03	FHIA-23	Gros Michel
Hauteur (m)	2,8 c*	3,0 b	3,4 b	3,2 c	3,5 b	4,6 a
Diamètre du pseudotrunc (cm)	19,1 c	21,1 b	23,4 ab	21,4 b	25,7 a	22,3 b
Nombre de feuilles émises	40 b	36 b	42 b	30c	38 b	47 a
Nombre de jours à la floraison	313 c	317 c	375 b	304 c	382 ab	423 a
Nombre de jours à la récolte	462 b	473 b	497 ab	438 c	523 a	505 a
Nombre de jours de la floraison à la récolte	149 a	156 a	122 bc	134 b	141 ab	82 c
Nombre de feuilles fonctionnelles à la floraison	11 a	12 a	11 a	10 ab	9 b	6 c
Nombre de feuilles fonctionnelles à la récolte	6 a	3 c	5 ab	3 c	4 bc	3 c

* Les moyennes situées sur chaque ligne et suivies de lettres différentes présentent des différences significatives d'après le test de Tukey (5%).

significativement différente des hybrides restants, en particulier de celle de 'FHIA-17'. 'FHIA-23' et 'Gros Michel' ont perdu le moins de feuilles à partir de la floraison (tableau 1).

Le nombre élevé de NFF à la floraison chez les hybrides reflète leur résistance à la maladie des raies noires, à la différence de 'Gros Michel' qui y est extrêmement sensible. La variabilité au niveau des valeurs de longévité foliaire et de la réaction à cette maladie ne reflètent pas les différences entre le poids des régimes. Guzmán et Romero (1996) ont noté 8 à 10 feuilles fonctionnelles à la récolte pour 'FHIA-01' ; pourtant, les résultats obtenus ici illustrent l'adaptation des premiers aux conditions de la zone.

Aubert (1971) rapporte que, chez le bananier, dans des conditions favorables de culture, le temps écoulé entre la plantation et l'apparition de l'inflorescence est inférieur à 7 mois. Ce critère n'a pas été vérifié dans les conditions de cette étude, le matériel le plus précoce ayant mis presque 10 mois à développer une inflorescence ('FHIA-03'). Selon Cottin *et al.* (1987), la durée du cycle végétatif du bananier est étroitement liée au climat (principalement à la température, très dépendante de l'altitude sous les tropiques), ce qui occasionne des variations de cycles importantes, allant de 7 à 22 mois. Cette durée est aussi influencée par les pratiques culturales telles que l'irrigation, le matériel végétal utilisé, la période et les densités de plantation. Dans cette étude, les hybrides sont beaucoup plus précoces que le témoin 'Gros Michel', ce qui constitue un net avantage même si le remplissage des doigts se fait plus vite chez le témoin que chez les hybrides, en raison probablement des différences de longévité foliaire et de taille du régime.

Caractéristiques de croissance et de production

'FHIA-23' et 'FHIA-17' ont présenté la plus petite variation en ce qui concerne la hauteur des plantes. Ce dernier, avec 'FHIA-18', a produit les plantes les plus petites alors que 'Gros Michel' a produit les plantes les plus hautes, bien que la fourchette de variation aie été similaire à celle de 'FHIA-03'. Le pseudotrunc de 'FHIA-23' a été le plus gros et a présenté le moins de variabilité.

'Gros Michel', 'FHIA-01' et 'FHIA-03' ont présenté une variabilité du NJF la plus importante mais, de façon général, le niveau de variation a été supérieur à 100 jours pour toutes les plantes (tableau 2).

'FHIA-23' et 'FHIA-18' ont produit les plantes au plus petit nombre de feuilles, bien que ce soient 'FHIA-01' et 'FHIA-03' qui aient montré la plus grande variabilité du paramètre. 'FHIA-01' et 'FHIA-03' ont présenté les valeurs maximales de NFF à la floraison, à l'opposé du témoin 'Gros Michel'. 'FHIA-01' et 'FHIA-23' ont produit les régimes possédant le nombre de doigts le plus élevé (tableau 2). Le NFF à la floraison constitue un bon indicateur de la tolérance ou de la sensibilité des matériels végétaux aux cercosporioses, avec une bonne corrélation entre cette variable et le poids du régime (Alvarez 1997).

D'après certains rapports de la FHIA (2000), dans des conditions environnementales différentes de celles de cette étude (15°21' de latitude N et 87°56' de longitude O ; 25 m d'altitude et température moyenne de 26°C), 'FHIA-23' a présenté des valeurs de NJF de 370 à 436 jours et de 90 à 100 jours, niveaux inférieurs à ceux observés ici, principalement en raison des différences d'altitude.

Paramètres relatifs au régime

Tous les critères de rendement ont montré des différences significatives entre les cultivars étudiés (tableau 3). 'FHIA-18' et 'FHIA-23' ont produit le nombre de doigts le plus élevé sur les deux premières mains, mais c'est seulement chez 'FHIA-23' que ces mains ont pesé plus de 5 kg. Pour tous les paramètres concernant le régime, le témoin 'Gros Michel' a présenté les valeurs les plus basses.

'FHIA-23' a produit 34 doigts de plus que 'FHIA-01', arrivé au deuxième rang, et 125 doigts de plus que le témoin 'Gros Michel', arrivé au dernier rang (tableau 3).

Le poids et la longueur du doigt central ont été significativement supérieurs chez 'FHIA-01' et 'FHIA-23'. Ce dernier, avec 'FHIA-17', ont présenté les valeurs du diamètre du doigt central les plus élevées. 'FHIA-18' a, quant à lui, présenté les valeurs les plus faibles des caractéristiques

Tableau 2. Valeurs maximales et minimales des paramètres de croissance et de production des hybrides cultivés à Santagueda, Colombie.

Variables	FHIA-03		FHIA-17		FHIA-18		FHIA-01		FHIA-23		Gros Michel	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Hauteur de la plante (m)	2,8	3,9	2,5	3,1	2,3	3,2	3,1	3,8	3,2	3,7	3,9	5,0
Diamètre du pseudotrunc (cm)	17	26	17,2	22,5	19,0	22,1	21	27	24	27	19,5	25,6
Nombre de jours à la floraison	240	450	268	380	279	373	308	476	343	457	338	488
Nombre de jours à la récolte	366	576	436	520	415	541	433	545	443	582	451	548
Nombre de feuilles émises	37	52	36	47	28	42	37	52	34	43	42	52
Nombre de feuilles fonctionnelles à la floraison	8	12	9	13	9	14	8	12	7	11	2	8
Nombre de feuilles fonctionnelles à la récolte	3	9	4	7	1	6	3	9	2	6	0	5
Nombre total de doigts	-	-	104	156	89	167	155	226	182	266	81	177
Poids de la 1 ^{ère} main (kg)	-	-	1,7	5,2	3,2	4,2	2,3	5,5	3,3	7,3	2,2	3,3
Poids du régime (kg)	-	-	18,0	29,4	16,6	24,5	24,7	46,4	37,4	58,4	12,0	20,8

du doigt central. En moyenne, 'FHIA-23' a produit des régimes beaucoup plus lourds, dépassant de 14 kg les régimes produits par 'FHIA-01', arrivé en second, et de presque 24 kg ceux du témoin 'Gros Michel', arrivé en dernier (tableau 3) et dont le poids moyen de régime a été d'environ la moitié de celui rapporté par Grisales (1996) pour des bananiers cultivés en association avec des caféiers sur un sol typique de la zone andine centrale de Colombie. Ce décalage est peut-être dû à des différences de conditions de climat, de sol et de sévérité des cercosporioses.

'FHIA-03' a montré un comportement similaire à celui rapporté par la FHIA (2000) et est caractérisé par une courte durée de vie des fruits verts, ce qui le rend inapte à l'exportation mais recommandé pour les vergers domestiques et la consommation locale. Dans cette étude, le régime de 'FHIA-03' a mûri rapidement à même la plante, entraînant la chute des doigts et empêchant donc la récolte du régime. C'est pour cette raison qu'aucuns résultats relatifs aux critères de rendement n'ont pu être comparés à ceux des autres cultivars.

Selon Jones (2000), cité dans Krauss *et al.* (2001), 'FHIA-01' a tendance à mieux se développer dans des conditions subtropicales. Pourtant il s'est bien adapté aux conditions tropicales de la zone d'étude, produisant des régimes de poids supérieurs à ceux rapportés par Orjeda *et al.* (2000) en Australie et au Brésil où les hybrides 'FHIA-01' et 'FHIA-23' ont produit des régimes de 21,2 et 15,6 kg et de 14 et 20 kg respectivement.

Conclusion

Les résultats obtenus font ressortir la bonne production des hybrides au cours du premier cycle d'évaluation dans la région de Santagueda, probablement à cause d'une bonne réaction aux pratiques culturales ainsi qu'à l'environnement et, plus particulièrement, en raison de leur résistance à la maladie des raies noires. Bien qu'il soit l'hybride le plus tardif, 'FHIA-23' se détache du lot avec des valeurs significativement plus élevées pour la majorité des variables de rendement.

Les rendements des hybrides FHIA ont dépassé celui du cultivar local 'Gros Michel' d'environ 50%, démontrant ainsi leur adaptation aux conditions écologiques régnant dans la zone d'étude, où la maladie des raies noires est présente en permanence. En tenant compte de ce qui précède, on peut en conclure que ces matériels offrent un fort potentiel de production dans des conditions environnementales et agronomiques adéquates.

Les hybrides de bananier FHIA possèdent un haut niveau de résistance à la maladie des raies noires car ils ont plus de feuilles fonctionnelles au moment de la floraison que le cultivar local, ce qui se traduit par de meilleurs rendements. De ce point de vue, 'FHIA-23' a montré sa supériorité, sans parler de ses excellentes qualités organoleptiques.

Tableau 3. Paramètres de rendement des hybrides cultivés à Santagueda.

Paramètres	FHIA-01	FHIA-17	FHIA-18	FHIA-23	Gros Michel
Nombre de doigts de la 1 ^{ère} main	20 b*	19 b *	24 a	23 a	17 c
Poids de la 1 ^{ère} main (kg)	4,1 b	3,8 bc	3,6 c	5,6 a	2,7 d
Nombre de doigts de la 2 ^{ème} main	18 b	17 b	19 ab	21 a	14 c
Poids de la 2 ^{ème} main (kg)	3,6 b	3,3 b	3,8 a	5,3 a	2,3 c
Nombre total de doigts	191 b	129 c	111 cd	225 a	100 d
Poids du doigt central (g)	264 a	252 ab	229 b	275 a	199 c
Diamètre du doigt central (cm)	3,9 a	3,7 ab	2,8 c	4,3 a	3,3 b
Longueur du doigt central (cm)	19,6 ab	20,5 a	16,9 c	21,4 a	17,4 b
Poids du régime (kg)	36,1 b	24,6 a	18,8 b	50,1 a	16,5 b

* Les moyennes situées sur chaque ligne et suivies de lettres différentes montrent des différences significatives (5%) d'après le test de Tukey.

'FHIA-17' possède des caractéristiques agronomiques intéressantes du point de vue de la gestion et de la production. De plus, il a donné des régimes d'un très bon poids, dépassant ceux relevés dans d'autres pays producteurs de *Musa* comme le Honduras et le Brésil. Il possède également de bonnes caractéristiques organoleptiques.

'FHIA-03' pose un gros problème du fait de la courte durée de vie du régime vert, ce qui l'exclut des exploitations destinées à l'exportation. Cependant, cet hybride peut être particulièrement recommandé pour des vergers domestiques où les mains sont récoltées une à une en fonction des besoins et des préférences de consommation du cercle familial.

Références

- Alvarez J. 1997. Introduction, évaluation, multiplication y dissémination des hybrides FHIA à Cuba. *INFOMUSA* 6(2):10-14.
- Aubert B. 1971. Action du climat sur le comportement du bananier en zones tropicale et subtropicale. *Fruits* 36(3): 175-188.
- Cottin R., P. Melin & J. Ganry 1987. Modélisation de la production bananière. Influence de quelques paramètres en Martinique *Fruits*, 42 (12) :691-701.
- FHIA. 2000. Bananas and plantains. <http://www.honduras.com/fhia/banana.htm>.
- FHIA. 1997. Programa de banano y plátano. Informe técnico 1996. 55pp.
- Grisales F. 1996. Le bananier 'Gros Michel' (*Musa* sp. Groupe AAA) dans la zone andine centrale de Colombie. *INFOMUSA* 5(2):18-19.
- Guzmán M. & R. Romero. 1996. Severidad de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en los híbridos FHIA-01 y FHIA-02. *CORBANA* 21(45) : 41-49.
- Krauss U., W. Soberanis & J. Jarra. 2001. Evaluation d'hybrides de la FHIA comparés à des variétés locales de *Musa* dans une région de l'est du Pérou indemne de cercosporiose noire. *INFOMUSA* 10(1):21-26.
- Nowakunda N., P.R. Rubaihayo, M.A. Ameny & W. Tushemereirwe. 2000. L'acceptabilité de bananes exotiques par le consommateur ougandais. *INFOMUSA* 9(2):22-25
- Orjeda G., J.V. Escalant & N. Moore. 2000. Results of the International *Musa* Testing Programme (IMTP) Phase II. Synthesis of final results. Pp.47-48 in *Evaluating bananas: a global partnership*. INIBAP, Montpellier, France.
- Rowe P.R. 1998. Latest developments in the FHIA banana and plantain breeding programme: Bred hybrids are now being grown commercially. Pp.33-43 in *Memorias. Seminario Internacional sobre Producción de Plátano*. CORPOICA, Armenia, Colombia.
- Steel R. & J. Torrie. 1988. *Bioestadística: principios y procedimientos*. McGraw-Hill/Interamericana de México, México. 622pp.

Les auteurs sont respectivement agronome, assistant de recherche et professeur titulaire au Departamento de Fitotecnia. Universidad de Caldas. AA. 275. Manizales, Colombie

Robert Harry Stover, 1926 - 2003



Robert Harry Stover, 1926 - 2003

Le 25 février 2003 au matin, Robert Harry Stover, pathologiste respecté et auteur bien connu, est décédé non loin de La Lima, au Honduras. Il était né à Chatham, en Ontario, au Canada, le 2 décembre 1927. En 1947, il obtint un BSc en agriculture de l'Université de Guelph et en 1950 un PhD en pathologie végétale et mycologie de l'Université de Toronto, sous la supervision du Professeur D.L. Bailey.

Le Dr Stover commença sa brillante carrière quand il a rejoint la station de recherche de la *United Fruit Company* à La Lima, au Honduras. A cette époque, la maladie de Panama décimait les plantations de bananiers pour l'exportation dans tous les tropiques. En peu de temps, le Dr Stover apporta des contributions majeures à la compréhension, au contrôle et à l'épidémiologie de la maladie, ainsi qu'à la biologie, l'écologie et la pathologie de son agent causal, *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. Ces recherches ont culminé au cours d'études post-doctorales à l'Université de Cambridge dans le laboratoire du Professeur S.D. Garrett, époque au cours de laquelle il écrivit la monographie «*Fusarial wilt (Panama disease) of bananas and other Musa species*», publiée en 1962, la première publication complète et faisant autorité sur la maladie.

Dans les années 60, après que les marchés se soient convertis aux cultivars Cavendish résistants à la maladie de Panama, l'objectif principal des recherches du Dr Stover se concentra d'abord sur la maladie de Sigatoka, puis sur la maladie des raies noires (également connue sous le nom de cercosporiose noire), quand elle est apparue en Amérique au début des années 70. Comme elle était devenue le premier souci des producteurs pour l'exportation, il s'est rapidement établi comme l'autorité mondiale sur la cercosporiose noire, en conduisant divers travaux de recherche fondamentale et appliquée sur tous les aspects de la maladie et sur son contrôle. En 1990, il co-édita les actes d'une conférence internationale au Costa Rica, *Sigatoka Leaf Spot Diseases of Bananas* (INIBAP), qui reste une référence utile.

Bien qu'il soit mieux connu pour ses travaux sur la maladie de Panama et la cercosporiose noire, le Dr Stover était aussi une autorité sur toutes les maladies qui affectent le bananier, ainsi que sur tous les aspects de la production et de la gestion de cette plante. Son livre intitulé «*Banana, Plantain and Abaca Diseases*», publié en 1972, reste une référence majeure sur ces problèmes, et son article intitulé «*Disease Management Strategies and the Survival of the Banana Industry*» dans le volume de 1986 de l'*Annual Review of Phytopathology* offre un résumé succinct et complet des problèmes majeurs que rencontre le commerce d'exportation. En 1987,

Longman publia son traité majeur sur cette plante, *Bananas* (3^{ème} édition).

Malgré sa réputation première de chercheur, le Dr Stover a passé la majorité de sa carrière en tant qu'administrateur. Il a été Chef du département de pathologie végétale de la *United Fruit Company* de 1961 à 1974 et Directeur de la division de recherches tropicales de *Services for Tropical Agricultural Research, S.A.* (SIATSA). Après sa retraite en 1985, il a créé et dirigé un laboratoire dans lequel des travaux de consultation ont été réalisés pour des sociétés bananières, des firmes agrochimiques, des agences et des producteurs indépendants au Mexique, en Amérique centrale, en Amérique du Sud, dans les Caraïbes, en Afrique, en Australie et en Asie.

Le Dr Stover a été membre du conseil d'établissement du *College of Agricultural Science Professionals* du Honduras en 1969 et 1970, et il a été l'un des membres fondateurs du conseil d'administration de l'INIBAP. En 1977, il a été nommé membre de l'*American Phytopathology Society* (APS), et en 1983 il a reçu un prix pour sa contribution, à la recherche sur le bananier de l'*Asociación para la Cooperación en Investigaciones Bananeras en el Caribe y en América Tropical* (ACORBAT). En 1985, il a reçu la médaille d'or du *College of Professionals in Agricultural Sciences* du Honduras (COLPROCAH) et la médaille d'honneur pour le mérite de l'université de San Pedro Sula. Il a été un membre actif de l'APS, de la Société canadienne de phytopathologie, de l'*American Association for the Advancement of Science*, du COLPROCAH, et de l'*Association of Researchers on Banana and Plantain*. En 2001, la bibliothèque de recherche de l'ancienne *United Fruit Company* (aujourd'hui de la *Fundación Hondureña de Investigación Agrícola*), a été nommée la bibliothèque R. Harry Stover en reconnaissance de ses contributions au cours de sa carrière et du soutien et de la direction qu'il a fournis pendant des décennies à la bibliothèque.

Aucune évocation de la carrière du Dr Stover ne serait complète sans mentionner tout ce qu'il a fait pour les citoyens de son pays d'adoption, le Honduras. Il a aidé des étudiants à tous les niveaux à travers le pays, et a mené différentes activités pour améliorer les conditions sanitaires et de vie de ses concitoyens, particulièrement des plus pauvres. Il est clair que les nombreux amis, collègues et connaissances du Dr Stover dans le monde entier se souviendront longtemps de lui et regretteront sa disparition.

Randy Ploetz

Réaction de bananiers (*Musa* spp.) vietnamiens à des nématodes parasites

Inge Van den Bergh

Thèse

Thèse de PhD présentée à **Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgique, 2002.**

Les bananiers constituent la quatrième plante la plus importante dans les pays en développement en termes de valeur brute de production. Cependant, leur production est affectée par des problèmes causés par de nombreux ravageurs et maladies. Les nématodes sont considérés comme l'une des contraintes majeures de la production bananière.

Les *Musa* spp. sont originaires d'Asie du sud-est et cette région est le centre majeur de diversité, à la fois de la plante et de ses maladies et ravageurs, y compris les nématodes. Ils ont évolué simultanément pendant des millénaires et ont développé une relation plante-ravageur particulière. L'objectif de cette étude était d'augmenter les connaissances sur les nématodes vietnamiens des *Musa* et d'étudier la réaction des bananiers vietnamiens à ces nématodes.

Dans une première partie (Chapitre 3), la présence et la distribution des nématodes sur des bananiers cultivés et sauvages a été recherchée dans le nord et le centre du Vietnam. *Radopholus similis*, le nématode du bananier le plus important dans le monde entier, n'a pas été trouvé, mais d'autres nématodes importants du bananier, tels que *Pratylenchus coffeae*, *Meloidogyne* spp. et *Helicotylenchus multicinctus*, ont été trouvés à la fois sur des bananiers cultivés et sauvages. Ceci signifie que les sols naturels du Vietnam sont infestés par ces nématodes, et nous inférons donc que ces espèces sont originaires d'Asie du sud-est. *Meloidogyne* spp. semblait avoir une influence négative sur la croissance des bananiers alors que l'effet de *P. coffeae* sur la croissance des bananiers n'était pas très clair. Le taux de racines portant des galles et de femelles déposant des œufs étaient corrélés avec le nombre de *Meloidogyne* spp. dans les racines, et l'indice de nécrose racinaire était corrélé avec le nombre de *P. coffeae*.

L'influence de *P. coffeae* et de *Meloidogyne* spp. sur la croissance des bananiers a été étudiée dans un essai au champ (Chapitre 4). L'infection des plantes de *Musa* avec *P. coffeae* n'a pas réduit la hauteur des plantes et la circonférence du pseudotrunc. Le nombre de feuilles érigées des plantes infectées avec *P. coffeae* n'était inférieur à celui des plantes témoins que pour un seul des génotypes étudiés ('Ben tre', AAA). D'autre part, l'infection des plantes avec *Meloidogyne* spp. a réduit la hauteur des plantes, la circonférence du pseudotrunc et le nombre de feuilles érigées. Ces résultats indiquent que l'effet de *Meloidogyne* spp. sur les *Musa* spp. pourrait souvent être sous-estimé.

Une troisième partie (Chapitre 5) s'intéresse à la dynamique d'une population de *P. coffeae* récoltée sur des *Musa*. La reproduction de *P. coffeae* sur des disques de carotte en conditions *in vitro* a pu être décrite avec l'équation de Gompertz : $\log(nem + 1) = 0,725 + 2,561 \exp(-\exp(1,742(5,044 - \text{temps})))$. Ce modèle décrit un temps de latence au cours duquel les nématodes s'adaptent à leur nouvel environnement, une phase de croissance exponentielle au cours de laquelle est situé le taux de croissance maximal et une phase stationnaire, dans laquelle les nématodes ne se multiplient plus à cause de l'épuisement des nutriments. L'aptitude reproductive de la population était fortement dépendante de la température et de l'humidité. Les températures basses pendant les mois d'hiver et les inondations dues aux précipitations abondantes pendant la saison des pluies ralentissaient la reproduction des nématodes et pouvaient même réduire la population des nématodes.

Dans une quatrième partie (Chapitre 6), 26 accessions de bananiers vietnamiens ont été évaluées pour leur résistance et/ou tolérance à *P. coffeae* et *Meloidogyne* spp. en conditions de serre. Des sources possibles de résistance/tolérance à *P. coffeae* ont été trouvées : les génotypes 'Yangambi km 5' (AAA), 'Tieu xanh' (AAA), 'Tieu mien nam' (AA), 'Gros Michel' (AAA), 'Com chua' (AAB), 'Com lua' (AA), 'Man' (AAB), 'Ngu thoc' (AA) et 'Grande naine' (AAA). Aucune source de résistance à *Meloidogyne* spp. n'a été trouvée. Tous les génotypes testés se sont avérés au moins aussi susceptibles à *Meloidogyne* spp. que 'Grande naine', le génotype de référence pour la susceptibilité, et la population finale de nématodes dans les racines était toujours beaucoup plus élevée que l'inoculum initial. L'intensité de galles dans les racines était moindre chez les génotypes 'Man', 'Tay' (ABB), 'Ngu thoc' et 'Yangambi km 5'.

Dans la dernière partie (Chapitre 7), la réaction à *Meloidogyne* spp. de huit génotypes vietnamiens de *Musa*, ainsi que des génotypes 'FHIA-01' (AAB), 'FHIA-02' (AAAA) et 'Yangambi km 5', a été évaluée en conditions de champ. Les génotypes 'FHIA-01', 'Ngu thoc', 'Tay' et 'Com lua' se sont révélés moins susceptibles à *Meloidogyne* spp. Les génotypes 'FHIA-01', 'Ben tre' (AAA) et 'Bom' (AAA) étaient moins sensibles à la formation de galles dans les racines. Pendant la saison froide et sèche, le nombre de juvéniles récupérés sur les racines a diminué de manière drastique. Le nombre de femelles déposant des œufs dans les racines a été beaucoup moins influencé par les conditions environnementales. Il y a eu une stagnation

dans le nombre de femelles déposant des œufs pendant la saison froide et sèche, mais pas un déclin. Aucun effet des nématodes sur la croissance des plantes n'a été mis en évidence.

Le nombre de nématodes semblait relié au stade physiologique des plantes. Les nombres de nématodes les plus élevés ont été trouvés pendant la floraison.

Composants d'une stratégie pour la gestion intégrée du charançon du bananier *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coléoptères ; Curculionidae)

Stijn Messiaen

Thèse de PhD présentée à **Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgique, 2002.**

Cette étude a été conduite au Centre Africain de Recherche sur Bananiers et Plantains (CARBAP) au Cameroun, avec un financement de l'Association flamande pour le développement en coopération et l'assistance technique (VVOB) et en association avec l'INIBAP et KULeuven.

Le charançon du bananier, *Cosmopolites sordidus* (GERMAR) est rencontré dans toutes les zones de production de bananier et de plantain du monde entier. Son stade larvaire, qu'il passe à se nourrir à l'intérieur du corme des bananiers et des bananiers plantain, est une contrainte majeure pour les petits paysans d'Afrique Occidentale et Centrale, pour lesquels les bananes et les bananes plantain jouent un rôle vital dans leur sécurité alimentaire. Comme les résultats des recherches actuelles suggèrent qu'une seule stratégie de lutte ne suffira pas à complètement contrôler le charançon du bananier, un large programme de lutte intégrée pourrait offrir les meilleures chances de réussir à contrôler ce ravageur.

L'objectif de cette thèse était d'étudier les composants de stratégies de lutte contre le charançon du bananier, en vue de leur utilisation future à la ferme dans le cadre d'une stratégie de lutte intégrée. Les composants étudiés dans cette thèse, déterminés par les priorités de recherche du CARBAP sur le charançon du bananier, visaient à s'attaquer aux lacunes en matière de technologies et de connaissances sur la lutte intégrée contre le charançon et ont concerné certains aspects des interactions hôte-insecte, de la botanique et du contrôle chimique et génétique.

Différents paramètres utilisés pour faire le suivi des dommages causés par les charançons ont été analysés et comparés parce que des doutes demeurent parmi les fermiers et les chercheurs quant à la fiabilité des paramètres utilisés pour faire ce type de suivi. Il a été démontré que l'évaluation des dommages périphériques causés par le charançon sur le corme de 30 plantes par hectare est une alternative valable à l'évaluation des dommages causés par le charançon sur une section transversale du cylindre central du corme, qui reflète mieux la croissance et le rendement mais requiert un échantillonnage destructif. Au contraire, l'évaluation d'un pourcentage d'attaques basé sur le nombre de plantes

infestées n'est pas un paramètre fiable parce qu'il nécessite un échantillonnage important et parce que la présence de dommages à l'intérieur ou dans la partie souterraine du corme peut conduire à de sérieuses erreurs.

L'étude de la dynamique de populations et des pertes en rendement a indiqué qu'une population de charançons du bananier peut se développer à partir d'une petite population résiduelle jusqu'à plus de cinq charançons par touffe au cours du premier cycle de production, réduisant ainsi la croissance et le rendement de manière significative. Ce taux élevé d'augmentation de la population de charançons contraste avec les autres études en champ dans des plantations plus anciennes mais corrobore le potentiel de fécondité du charançon du bananier observé en conditions de laboratoire.

Au champ, la population de charançons du bananier était plus active pendant la saison humide, ce qui indique que les mesures de contrôle visant le stade adulte devraient être conduites en priorité pendant cette saison. Pour la première fois dans la recherche sur le charançon du bananier, il a été montré que les charançons volent dans les champs, et que cela pourrait constituer une source importante d'infestation, qui a des implications importantes en termes de gestion du charançon du bananier.

Les taux de mortalité élevés des jeunes plants de plantain dus aux dégâts causés par le charançon dans les essais en champ ont indiqué que les stratégies de lutte intégrée contre les ravageurs devraient viser en premier lieu la protection des jeunes plantes, afin de minimiser la mortalité prématurée et un développement optimal des plants au cours des premiers mois après leur plantation. Il a été montré que les charançons, en plus des nématodes et d'un ancrage insuffisant, peuvent également contribuer à la chute des plants. Il a été montré que les dommages causés par les charançons affectaient la croissance, le rendement et la durée de production. Par comparaison avec des plants non endommagés, les plants sévèrement attaqués par les charançons étaient 15% plus petits, avaient des régimes plus petits de 33% et nécessitaient 8% de temps supplémentaire pour atteindre le moment de la récolte.

Parmi les différentes stratégies de lutte testées, des graines de neem (*Azadirachta indica*) en poudre se sont avérées avoir des effets multiples

sur les différents stades du cycle du charançon du bananier : un effet répulsif sur la colonisation et l'oviposition des adultes, une oviposition et une éclosion réduite des œufs, une toxicité pour les adultes. Bien qu'un traitement de trempage dans une solution de neem à 20% protège les jeunes plantes des attaques des charançons, les applications en champ de graines de neem en poudre à des doses variées et avec différents modes d'application n'étaient pas efficaces, ce qui est attribué à sa toxicité et son effet répulsif limités vis-à-vis des charançons adultes.

Différentes formulations de produits chimiques (imidaclopride, zeta-cyperméthrine, cartap et thiamethoxam) ont été testées en champ et se sont avérées une alternative efficace au fipronil, qui constitue aujourd'hui la seule ligne de défense chimique contre le charançon du bananier au Cameroun. Le thiamethoxam semble être une option viable pour éviter une résistance chimique du charançon du bananier au Cameroun puisque

c'est un insecticide à faible dosage qui présente peu de risques pour la santé et l'environnement.

Enfin, une gamme d'hybrides de cultivars et de variétés sauvages a été criblée pour leur résistance au charançon. Les hybrides et les cultivars qui ont exprimé une résistance à l'infestation par le charançon du bananier sont transférés pour être substitués aux cultivars de plantains sensibles et de bananiers ayant une résistance intermédiaire. Les essais de criblage ont mis en évidence que les hybrides de plantains diploïdes et tétraploïdes, de même que leurs parents 'M53' et 'Calcutta 4', utilisés dans le programme d'amélioration du CARBAP pour la résistance à la maladie des raies noires, montraient des niveaux intéressants de résistance aux dégâts causés par les charançons. De plus, les variétés résistantes des sous-groupes Ibota et *Musa balbisiana* ouvrent des perspectives pour l'amélioration pour des résistances multiples contre le charançon du bananier et d'autres ravageurs et maladies.

Amélioration du bananier (*Musa* spp.) pour la résistance à la maladie de Sigatoka et aux nématodes

V. Krishnamoorthy

Thèse de PhD soutenue au Department of Fruit Crops, Horticultural College and Research Institute, Tamil Nadu Agricultural University, Inde, 2002.

Dans cette étude, des hybridations ont été réalisées en utilisant (i) des cultivars commerciaux triploïdes et des cultivars diploïdes potentiels, (ii) des hybrides synthétiques comme mâles ainsi que des croisements entre ces cultivars diploïdes potentiels et (iii) des hybrides synthétiques. Les hybrides nouvellement créés ont été évalués pendant la phase I en même temps que leurs parents. La phase II de l'évaluation a été réalisée avec 12 hybrides créés précédemment dans notre département et quatre hybrides obtenus au cours de la phase I de l'évaluation. Pendant la phase I et II, des paramètres de croissance, de rendement et de qualité ont été analysés, la fertilité mâle et femelle a été évaluée, et la résistance aux nématodes et à la maladie de Sigatoka a été évaluée en conditions de champ. Les hybrides parthénocarpiques identifiés au cours des phases I et II ont également été criblés pour leur résistance au nématode foreur *Radopholus similis* au cours d'essais de culture en pots.

Des croisements ont été réalisés entre 14 parents femelles et 13 parents mâles en 71 combinaisons. Un total de 1096 graines a été obtenu de 23 croisements, 312 plantules hybrides ont été obtenues des 1003 graines viables. Parmi les 312 hybrides, 36 étaient parthénocarpiques. Cinq d'entre eux étaient des diploïdes AA, onze étaient des diploïdes AB, un

était un triploïde AAB, 18 étaient tétraploïdes et un était pentaploïde.

Parmi les 36 hybrides parthénocarpiques, les deux hybrides tétraploïdes (H-02-07 et H-02-30) étaient les plus grands, alors que l'hybride diploïde H-02-03 (AA) était le plus petit. La circonférence maximale du pseudotrunc (109 cm), le nombre de feuilles (20) la surface foliaire (16,11 m²) et le nombre de rejets par touffe (9) ont été enregistrés respectivement H-02-21, H-02-34, H-02-30 et H-02-01. La durée de production a été la plus courte chez H-02-05 (268 jours) et la plus longue chez H-02-18 (716 jours). Les poids du régime (18 kg), nombre de mains (13), de doigts (192) et poids du doigt (115,82 g) les plus élevés ont été enregistrés chez H-02-21, H-02-31, H-02-21 et H-02-29 respectivement. Le TSS (26,5), acidité (1,67%), concentration en acide ascorbique (23 mg/100 g), pourcentage de sucres totaux (24,8%) et concentration en carotène (54 µg/100 g) les plus élevés ont été mesurés chez H-02-31, H-02-31, H-02-15, H-02-16, H-02-18, H-02-32 et H-02-16 respectivement. Le nombre de racines par touffe (378) et le diamètre de racines (6 mm) les plus élevés ont été observés chez H-02-32 et H-02-31 (tous deux des hybrides tétraploïdes) respectivement. Sauf pour H-02-02, H-02-03, H-02-04, H-02-05 et H-02-11, tous les hybrides parthénocarpiques étaient des mâles fertiles alors que H-02-01, H-02-03, H-02-05 et H-02-11 étaient des femelles fertiles.

Le criblage a révélé que 33 hybrides étaient hautement résistants à la maladie de Sigatoka et 18 résistants aux nématodes. Le contenu

Thèse

biochimique et l'activité enzymatique étaient plus élevés dans les feuilles et les racines des hybrides résistants. La phase II de l'évaluation réalisée sur 16 hybrides a révélé que 13 hybrides étaient parthénocarpiques, parmi lesquels H-213 (ABB) était le plus grand. La circonférence du pseudotrunc et la surface foliaire étaient les plus élevées chez H-02-08, alors que le nombre de feuilles et de rejets par touffe (7,24) étaient les plus élevés chez H-212. La durée de culture la plus courte a été enregistrée chez H-02-11 et la plus longue chez H-205. H-212 a enregistré le poids de régime le plus élevé (12,52 kg) avec 10,8 mains et le nombre maximum de doigts (160,4), chaque doigt pesant 70,4 g.

Parmi les 13 hybrides parthénocarpiques, tous étaient des mâles fertiles sauf H-02-11, alors que H-02-01, H-02-11, H-212 étaient des femelles stériles. Tous les hybrides parthénocarpiques sauf H-02-01 étaient hautement résistants à la maladie de Sigatoka. H-02-08 était résistant et H-204, H-208, H-210, H-211, H-212 et H-213 étaient tolérants aux nématodes en conditions de champ. Les hybrides résistants à la cercosporiose et aux nématodes montraient aussi les activités biochimiques et enzymatiques les plus élevées, dans les feuilles et les racines respectivement.

Les essais en pots ont été effectués sur 45 hybrides et 14 parents. Le nématode foreur *R. similis* a été inoculé deux mois après la plantation. La multiplication de nématodes la plus importante a été observée chez H-02-25, H-02-28, H-02-19 et H-02-13 et la plus faible chez H-02-04. Quatre hybrides, à savoir H-02-15, H-02-08, H-204 et H-210 ont montré une augmentation de la circonférence du pseudotrunc et du nombre de feuilles. L'augmentation de la surface foliaire était plus élevée seulement chez H-02-08 et H-204 et les parents H-65 et 'Eraichivazhai'. Le plus grand nombre de racines a été trouvé chez les hybrides résistants H-02-01 (AA diploïde), H-02-14 (AB diploïde), H-02-16 (AAB triploïde), H-212 (ABB triploïde), H-02-21 (tétraploïde) et 'Ambalakadali' parmi les parents. La longueur des racines était maximale chez H-02-01, H-212, H-02-35 (tétraploïdes) et 'Anaikomban' (parent). L'activité photosynthétique la plus élevée, couplée à la transpiration et à la conductivité stomatale a été trouvée chez quatre hybrides : H-02-01, H-210, H-212 et H-02-34. Les hybrides résistants possédaient également les niveaux les plus élevés de produits de défense dans les racines, par comparaison avec les parents susceptibles.

Standardisation des besoins en engrais de bananiers du cv. 'Robusta' (AAA) issus de culture de tissus

L. Nalina

Thèse de PhD présentée au **Department of Fruit Crops, Horticultural College and Research Institute, Tamil Nadu Agricultural University, Inde, 2002**

Un essai en champ a été réalisé en 2000-2002 dans la pépinière du *Horticultural College and Research Institute, Tamil Nadu Agricultural University* à Coimbatore, pour standardiser les besoins en engrais de bananiers issus de culture de tissus du cultivar 'Robusta' (AAA). Six traitements ont été comparés, chacun répliqué quatre fois, selon un dispositif de blocs au hasard. Les traitements consistaient en l'application de 100%, 150% et 200% des quantités recommandées de N:P:K (110:35:330 g par plant) en trois (3, 5, 7 mois après la plantation) et quatre applications (2, 4, 6 et 8 mois après la plantation) pour chaque niveau.

Il y a eu une réponse positive de la croissance des plantes issues de culture de tissus, en termes de hauteur et de circonférence, à l'application de nutriments, lors des premier et deuxième cycles de production. L'application de 165:52,5:495 g de N:P:K par plante en quatre applications (T_4) a conduit à une croissance vigoureuse. L'intervalle entre la production des feuilles successives était plus court et plus de feuilles ayant une surface foliaire plus importante étaient produites. Le nombre

de jours de la plantation au développement de la pousse (de l'apparition du rejet au développement de la pousse dans le cas du deuxième cycle de production), et du développement de la pousse à la récolte ainsi que la durée totale étaient réduits chez le traitement T_4 .

L'application de 150% de N:P:K (165:52,5:495 g par plante) en quatre fois a augmenté le contenu en N, P et K dans l'indice foliaire des plantes des premier et deuxième cycles de production. Le contenu en Ca et Mg était le plus élevé avec 200% de N:P:K (T_5 , 220:70:660 g par plante) en trois applications. La distribution des nutriments dans les différentes parties de la plante et à différents stades de croissance et à la récolte des plants du deuxième cycle de production a révélé que les contenus en N, P et K étaient les plus élevés chez T_4 , alors que les contenus en Ca et Mg étaient les plus élevés chez T_5 . L'absorption des nutriments dans les différentes parties de la plante à différents stades et à la récolte des plants du deuxième cycle de production, ainsi que la quantité totale de N, P, K, Ca et Mg (kg/ha), étaient également les plus élevés dans le traitement T_4 . L'accumulation et la distribution de matière sèche étaient également maximales dans le traitement T_4 . L'accumulation et la distribution de matière sèche ont positivement réagi aux niveaux élevés d'application d'éléments

nutritifs, ce qui a résulté en une croissance améliorée et plus vigoureuse, qui se reflétait dans le poids plus élevé des régimes.

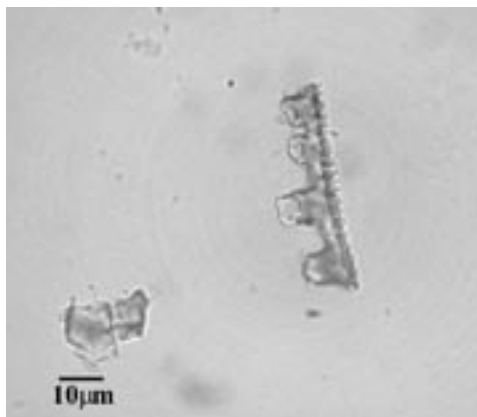
L'absorption accrue d'éléments nutritifs (N, P, K, Ca et Mg) à des niveaux plus élevés d'application d'engrais a révélé que les nutriments fournis avaient été utilisés de manière efficace, ce qui s'est reflété dans une production et une distribution plus élevées de matière sèche. L'augmentation de la chlorophylle a, b et de la chlorophylle totale, de l'activité nitratre réductase, du contenu en protéines solubles

et du rendement photosynthétique ont été observés dans le traitement T_4 au cours des premier et deuxième cycles de production. La photosynthèse nette, le taux de transpiration et la conductivité stomatale étaient également les plus élevés dans le traitement T_4 . L'analyse de la croissance a révélé que l'application de 165:52,5:495 g de N:P:K en quatre fois a résulté en un CGR, RGR, AGR, NAR et AGR maximaux. Le meilleur rapport bénéfice/coût a été observé dans le traitement T_4 au cours des premier et deuxième cycles de production.

Débuts de la culture de la banane

Carol Lentfer, de l'université *Southern Cross* (New South Wales) et Tim Denham, de l'*Australian National University*, conduisent actuellement des études archéologiques et paléoenvironnementales pour retracer les origines et le développement de l'agriculture en Papouasie Nouvelle Guinée, avec une emphase particulière sur le bananier. [Ils ont voyagé en Papouasie Nouvelle Guinée en 2002](#) pour bâtir la collection de référence de phytolithes des espèces et cultivars actuels de bananiers pour les comparer avec des échantillons fossiles extraits de sédiments archéologiques. Aussi étrange que cela puisse paraître, les bananiers se fossilisent. Ils produisent de minuscules particules de silice connues sous le nom de phytolithes (ce qui signifie littéralement plante-pierre) que l'on trouve le plus communément dans l'épiderme des structures végétales. Chez les *Musa*, ils sont très abondants dans les graines, les feuilles, les bractées et les pédoncules.

Les Musacées présentent une suite de morphotypes de phytolithes qui sont utilisés pour établir un diagnostic au niveau du genre (Wilson 1985, Lentfer 2001). Alors que des morphotypes similaires sont trouvés dans les différentes structures végétatives d'une plante individuelle, les phytolithes des semences ont souvent des morphologies distinctives et différentes. Ceci a permis l'identification d'*Eumusa*, d'*Australimusa*, d'*Ingentimusa* et d'*Ensete* dans des assemblages de phytolithes fossiles (Lentfer 2001).



Les spécimens nouvellement collectés augmentent la collection existante utilisée comme matériel de référence pour les phytolithes. En effet, ces nouvelles accessions se sont déjà révélées utiles pour les études paléoenvironnementales retraçant les origines et le développement de l'agriculture en Papouasie Nouvelle Guinée.

La datation au carbone 14 des sédiments archéologiques comprenant des assemblages de phytolithes fossiles indique que les premiers bananiers *Eumusa* sont d'abord apparus dans le marais de Kuk près du Mont Hagen il y a environ 10 000 ans. Au cours des millénaires suivants, la fréquence de phytolithes de bananiers dans les assemblages a augmenté. Leur association avec des monticules faits par l'homme dans le marais de Kuk il y a environ 7000 ans ne supporte pas seulement les arguments décrivant la région comme un des premiers foyers de l'agriculture (Golson 1991a, Golson 1991b), mais donne aussi de la crédibilité à l'argument avancé par Lebot selon lequel la première domestication des bananiers aurait eu lieu en Nouvelle Guinée, et non en Asie du sud-est. Selon Lebot, les cultivars auraient été transportés de la Nouvelle Guinée vers l'Asie du sud-est, où ils se seraient hybridés avec des sous-espèces *acuminata* et des *M. balbisiana* sauvages.

Sources : Jeff Daniells, Queensland Department of Primary Industries et Carol Lentfer, université Southern Cross, Australie.

Références

- Golson J. 1991a. Bulmer Phase 2: Early Agriculture in the New Guinea Highlands. Pp. 484-491 in *Man and a Half: Essays in Pacific Anthropology and Ethnobiology* in Honour of Ralph Bulmer. (A. Pawley, ed.). The Polynesian Society, Auckland.
- Golson J. 1991b. The New Guinea highlands on the eve of agriculture. *Indo-Pacific Prehistory*. (Bellwood, ed.). Indo-Pacific Prehistory Association, Canberra.
- Lebot V. 1999. Biomolecular evidence for plant domestication in Sahul. *Genetic resources and crop evolution* 46:619-628.
- Lentfer C.J. 2001. Musaceae phytoliths in the Kundil's section at Kuk, Papua New Guinea. Paper presentation at The State of the Art Phytolith and Starch Research in the Australian-Pacific-Asian Regions Conference, ANU, Canberra, August 2001.
- Wilson S.M. 1985. Phytolith analysis at Kuk, an early agricultural site in Papua New Guinea. *Archaeology in Oceania* 230 (3): 90-97.

Nouvelles de *Musa*

Chaîne de phytolithes striés d'une feuille d'*Acuminata* de West New Britain (Photo : J. Daniells).

Rejetonnage induit chez *Ensete*

Dans sa dernière lettre à INFOMUSA (vol. 10, N° 2), le regretté Norman Simmonds, faisant référence à un article de Manzur Macias (2001) sur la propagation de FHIA-20, suggérait que la mesure drastique consistant à couper le bourgeon apical pourrait être utilisée pour induire *in situ* la formation de rejets chez *Ensete ventricosum*. En fait, cette méthode a été utilisée avec succès pour propager le clone de couleur rouge *E. ventricosum* 'Maurelii', qui est cultivé en Europe comme une plante ornementale.

Selon Manzur Macias (2001), l'augmentation du rejetonnage chez *Musa* par mutilation du bourgeon apical est basée sur la croissance de bourgeons latéraux préexistants délivrés de la dominance apicale. Les observations faites sur *E. ventricosum* suggèrent au contraire que l'origine des rejets comprend largement, et peut-être exclusivement, la régénération *de novo*

de pousses via la formation de cals à partir du méristème central axial.

Comme cela est connu en Ethiopie depuis plusieurs centaines d'années, cette technique peut être utilisée pour propager les clones d'*E. ventricosum* avec un degré de fidélité élevé. Cependant, l'augmentation de la propagation de 'Maurelii' pour un usage ornemental, particulièrement la micropropagation mal gérée, commence à produire des hors-types. Bien que le procédé *in situ* avec *E. ventricosum* produise de nombreux rejets, aucun succès n'a été obtenu au cours de quelques essais avec *E. gillettii* et *E. superbum*.

Source : David Constantine, Ashcott, G.B. e-mail: drc@globalnet.co.uk

Référence

Manzur Macias D. 2001. Propagation en masse *in situ* de l'hybride de bananier plantain FHIA-20 par emploi de benzylaminopurine. INFOMUSA 10(1):3-4.

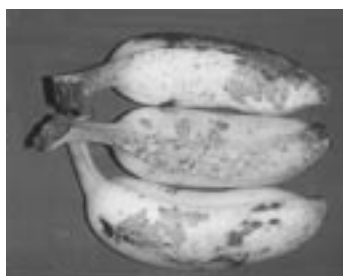
Un nouveau ravageur du bananier

Au cours d'une récente étude dans un marché de gros à Tiruchirapalli, un ravageur a été observé qui abîmait la peau, causant des taches sur le fruit. Une visite dans les bananeraies correspondantes a montré qu'une chenille de couleur verte était l'agent responsable. Des larves ont été rapportées au laboratoire pour en étudier la biologie.

La larve se nourrit sur le pédoncule, se déplace vers les doigts et arrache les couches épidermiques de la peau dans le sens longitudinal. La larve vit dans un cocon formé par un fil de soie. L'infestation était plus importante chez les fruits matures que chez les jeunes fruits. L'infes-

tation a été enregistrée chez 'Virupakshi' (Pome, AAB), 'Poovan' (Mysore, AAB), et 'Karpooravalli' (Pisang awak, AAB). L'étendue de la zone où s'étaient alimentées les larves était respectivement de 11,4 et 22,6% sur les cultivars 'Poovan' et 'Virupakshi'. Le papillon a été identifié comme étant *Adoxophyes privetana* (Walker) (Tortricidé: Lépidoptères) et si on se fit à ce qui a été rapporté dans la littérature scientifique, il semble que cette tordeuse n'avait pas encore été rapportée chez le bananier.

Sources : B. Padmanaban, R. Rajeswari et S. Sathiamoorthy, National Research Centre for Banana, Tiruchirapalli, Inde.



'Poovan' montrant les dégâts causés par la larve de la tordeuse.

Bloc-notes

Congrès sur la banane

Le congrès international sur *Musa* : la recherche au service de l'amélioration du niveau de vie, se tiendra en mai 2004, à Kuala Lumpur, en Malaisie. Le but de ce congrès est d'être un forum commun pour rassembler et valoriser dans une approche intégrée et multidisciplinaire les derniers résultats, informations, technologies et méthodologies qui touchent à la recherche sur *Musa*. Les thèmes abordés seront:

- Les ressources génétiques et l'amélioration
- La protection des plantes

- La conservation du milieu naturel lié aux systèmes de culture *Musa*
- Les technologies post récolte et de transformation comme appui à la diversification des sources de revenu.
- Innovation et adoption.

Les dates limites sont le 1^{er} septembre 2003 pour s'inscrire et le 15 octobre 2003 pour soumettre un résumé (présentation orale/poster). Pour plus de renseignements, consultez notre site web ou contactez Karen Lehrer au siège de l'INIBAP à Montpellier (k.lehrer@cgiar.org).

Des liens menant à des informations complémentaires concernant l'article de Guy Blomme *et al.*, la nouvelle de Jeff Daniells et Carol Lentfer et le Congrès sur la banane sont disponibles dans la version électronique de ce numéro au : www.inibap.org/publications/infomusa/infomusa_fre.htm.

Conseils aux auteurs

INFOMUSA est une revue internationale publiée deux fois par année en anglais, en français et en espagnol. Elle se veut la vitrine des résultats de la recherche et des projets intéressant la communauté bananière. Etant donné qu'INFOMUSA publie des articles sur tous les sujets concernant *Musa*, les auteurs doivent viser un style clair et simple, et éviter tout jargon non indispensable, afin de rendre leur article accessible aux lecteurs venant d'autres disciplines.

Les textes dactylographiés seront préparés en français, anglais ou espagnol et ne devront pas excéder 2500 mots. Ils seront présentés en double interligne. Toutes les pages seront numérotées (y compris celle incluant les tableaux, figures, légendes et références) à partir de la page de titre.

Mentionnez le nom complet de tous les auteurs ainsi que leur adresse au moment de l'étude. Indiquez également l'auteur auquel doivent être adressées les correspondances.

Les manuscrits peuvent être envoyés par courrier électronique ou sur une disquette lisible par un ordinateur compatible PC. Merci d'indiquer le nom et la version du logiciel de traitement de texte utilisé et l'adresse de courrier électronique de l'auteur. Nous aurons besoin dans tous les cas de recevoir par courrier deux copies imprimées du manuscrit.

Titre : Le titre sera le plus court possible et ne devra pas inclure de nombres, d'acronymes, d'abréviations ou de ponctuation.

Résumé : Un résumé n'excédant pas 200-250 mots devra accompagner la contribution. Il doit résumer de manière concise le contenu de l'article et doit être rédigé dans la même langue que l'article. Dans la mesure du possible, des traductions (incluant le titre) dans les deux autres langues seront également envoyées.

Mots-clé : Merci de fournir un maximum de six mots-clé classés par ordre alphabétique, sous le résumé dans la langue d'origine.

Introduction : L'introduction devra présenter les raisons de la recherche ainsi que toute information pertinente. L'introduction n'ayant pas pour objectif de présenter une revue exhaustive du sujet, le nombre de références doit être limité au minimum. Les introductions sur l'importance de la banane pour la sécurité alimentaire et économique devront être évitées, sauf lorsqu'elles sont absolument nécessaires à la compréhension de l'article.

Matériel et méthodes : Les auteurs devront fournir suffisamment de détails sur leur dispositif expérimental pour permettre au lecteur d'apprécier la validité de la recherche. Pour des matériels et des méthodes communément utilisés, une simple référence suffit.

Résultats : L'unité devra être séparée du nombre par un espace et suivre la nomenclature SI ou la nomenclature habituelle d'un domaine particulier. Les unités non courantes ou les abréviations devront être définies.

Présentez les données dans le texte, sous la forme d'une figure ou d'un tableau, mais jamais sous plus d'une de ces formes. Evitez l'utilisation de graphes pour présenter des données qui pourraient être présentées de manière plus concise dans le texte ou sous forme de tableau. Limitez les photographies à celles qui sont absolument nécessaires pour illustrer les résultats expérimentaux.

Discussion : La discussion ne devra pas s'étendre à nouveau sur les résultats et ni réitérer l'introduction. Elle pourra être combinée avec les résultats.

Références : Les références bibliographiques seront présentées par ordre alphabétique d'auteurs. L'appel à référence dans le texte indiquera le nom de l'auteur et l'année de publication (exemple : Sarah *et al.* 1992, Rowe 1995). Les références à des documents à diffusion limitée, tels que des rapports annuels, et les citations de communications personnelles et de données non publiées sont à éviter. Une liste de références, classées par ordre alphabétique, sera fournie à la fin du texte.

Vous trouverez ci-dessous trois exemples de références parmi les plus courantes :

Périodiques : Sarah J.L., C. Blavignac & M. Boisseau. 1992. Une méthode de laboratoire pour le criblage variétal des bananiers vis-à-vis de la résistance aux nématodes. *Fruits* 47(5): 559-564.

Ouvrages : Stover R.H. & N.W. Simmonds. 1987. *Bananas* (3rd édition). Longman, London, United Kingdom.

Articles (ou chapitres) dans des ouvrages : Bakry F. & J.P. Horry. 1994. *Musa* breeding at CIRAD-FLHOR. Pp. 169-175 in *The Improvement and Testing of Musa: a Global Partnership* (D.R. Jones, ed.). INIBAP, Montpellier, France.

Illustrations et tableaux : Numérotez-les et faites référence à ces numéros dans le texte. N'oubliez pas d'indiquer les légendes. Insérez les figures et les tableaux après les références bibliographiques ou sous forme de fichiers séparés.

Graphiques : Merci de fournir avec le graphique les données brutes correspondantes, si possible sous forme de fichier Excel.

Dessins : Dans la mesure du possible, fournir des originaux.

Photographies : Nous préférons les originaux des photographies (sur papier brillant avec un bon contraste pour les photographies en noir et blanc ; des tirages papier de bonne qualité et des négatifs ou des diapositives originales pour des photographies en couleur), mais veuillez noter que nous ne les retournerons pas. Nous publierons les photos qui ont été numérisées ou prises avec un appareil numérique, à condition que la résolution soit suffisante (1 million de pixels ou un minimum de 300 dpi lorsque la photographie est à la taille réelle). Nous acceptons les fichiers JPEG, TIFF et EPS. Évitez d'envoyer des photographies insérées dans un document Word ou Power Point, sauf si elles sont accompagnées par une alternative de meilleure qualité.

Acronymes : Ils seront développés lors de leur première apparition dans le texte et suivis du sigle entre parenthèses.

Noms des cultivars : Le nom du cultivar devrait être placé entre guillemets simples. S'il s'agit d'un nom composé, seul le premier mot commencera par une majuscule, sauf si l'autre fait référence à un lieu ou à une personne. Le nom le plus couramment accepté, comme 'Grande naine' devrait être utilisé et les variations locales ou les traductions, tel que 'Gran Enano', devraient être évitées.

Note : Les auteurs citant dans leur article du matériel végétal originaire du Centre de transit de l'INIBAP (ITC) à Leuven ou indexé dans ce centre indiqueront les numéros de code ITC des accessions citées.

Merci de suivre ces conseils. Cela facilitera et accélérera le travail d'édition.

Vient de paraître

Jacome L., P. Lepoivre, D. Marin, R. Ortiz, R. Romero and J.V. Escalant, (eds). 2003. [Mycosphaerella leaf spot diseases of bananas: present status and outlook](#). Proceedings of the Workshop on *Mycosphaerella* leaf spot diseases held in San Jose, Costa Rica on 20-23 May 2002. INIBAP, Montpellier, France.

Treize ans après le 1^{er} Atelier de travail international sur les maladies de Sigatoka qui s'est tenu à San José, Costa Rica en mars 1989, le présent compte-rendu fait le point sur la situation actuelle au niveau mondial.

Parutions récentes

Carlier J., D. De Waele et J.V. Escalant. 2002. Evaluation globale de la résistance des bananiers à la fusariose, aux maladies foliaires causées par les *Mycosphaerella* spp. et aux nématodes : évaluation approfondie. (A. Vézina et C. Picq, eds). Guides techniques INIBAP 6.

INIBAP 2002. Networking bananas and plantains: Annual Report 2001.

The Global *Musa* Genomics Consortium. 2002. Strategy

for the Global *Musa* Genomics Consortium: Report of a meeting held in Arlington, USA, 17-20 July 2001.

A paraître

Carlier J., D. De Waele et J.V. Escalant. Evaluation globale de la résistance des bananiers à la fusariose, aux maladies foliaires causées par les *Mycosphaerella* spp. et aux nématodes : évaluation de la performance. (A. Vézina et C. Picq, eds). Guides techniques INIBAP 7.



Pour obtenir une liste complète de nos publications, consultez notre site web ou contactez Leila Er-rachiq au siège central à Montpellier.

E-mail : l.er-rachiq@cgiar.org

Les adresses de l'INIBAP

• Siège :

Parc Scientifique Agropolis II
34 397 Montpellier Cedex 5, France
E-mail : inibap@cgiar.org
Fax : (33) 467 61 03 34
Directeur : **Dr Richard Markham**
E-mail : r.markham@cgiar.org
Responsable des Recherches sur les Ressources Génétiques : **Dr Jean-Vincent Escalant**
E-mail : j.escalant@cgiar.org
Responsable du Consortium International sur la Génétique du Bananier : **Dr Nicolas Roux**
E-mail : n.roux@cgiar.org
Responsable de l'Information et de la Communication : **Claudine Picq**
E-mail : c.picq@cgiar.org
Responsable du MGIS : **Elizabeth Arnaud**
E-mail : e.arnaud@cgiar.org
Comptable : **Emmanuel Gonnord**
E-mail : e.gonnord@cgiar.org

• Bureau Régional pour l'Amérique latine et les Caraïbes

Coordinateur Régional : **Dr Franklin E. Rosales**
Expert associé, transfert de technologies : **Luis Pocasangre**
C/o CATIE, Apdo 60-7170 Turrialba, Costa Rica
Tel/Fax : (506) 556 2431
E-mail : inibap@catie.ac.cr
Expert associé, Nématologie : **Thomas Moens**
C/o CORBANA
Station de recherche La Rita
Apdo 390-7210, Guápiles, Costa Rica
Fax : (506) 763 30 55
E-mail : fitonema@corbana.com

• Bureau Régional pour l'Asie et le Pacifique

Coordinateur Régional : **Dr Agustín Molina**
Expert associé, nématologie : **Inge Van den Bergh**
C/o IRRI, Rm 31, GS Khush Hall
Los Baños, Laguna 4031, Philippines
Fax: (63-49) 536 05 32
E-mail : a.molina@cgiar.org

• Bureau Régional pour l'Afrique occidentale et centrale

Coordinateur Régional : **Dr Ekow Akyeampong**
Coordinateur régional de l'information pour l'Afrique: **Josué Tetang Tchinda**
Expert associé, transfert de technologies : **Kim Jacobsen**
C/o CARBAP - BP 12438, Douala, Cameroun
Tel./Fax : (+237) 342 91 56
E-mail : inibap@camnet.cm

• Bureau Régional pour l'Afrique orientale et australe

Coordinateur Régional : **Dr Eldad Karamura**
Expert associé, transfert de technologies : **Guy Blomme**
P.O. Box 24384, Kampala, Ouganda
Fax: +(256-41) 28 69 49
E-mail : inibap@imul.com

• Centre de Transit INIBAP (ITC)

Responsable : **Ines Van Den Houwe**
Katholieke Universiteit Leuven
Laboratory of Tropical Crop Improvement
Kasteelpark Arenberg 13, B-3001 Leuven, Belgique
Fax: (32-16) 32 19 93
E-mail : ines.vandenhoutte@agr.kuleuven.ac.be