

*La Revue
Internationale
sur Bananiers
et Plantains*

infoMusa

*Bananes
nutritives*

*Flétrissement
bactérien en
Ouganda*

*La surface
foliaire revisitée*

*Le point sur les
charançons*

Jean Champion

*Vol. 12 No.2
Decembre 2003*





INFOMUSA
Vol. 12, N° 2

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 ;
Courrier 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*.

Sommaire

Des bananes riches en caroténoïdes en Micronésie <i>L. Englberger</i>	2
Epidémie de flétrissement bactérien sur le bananier en Ouganda <i>W. Tushemereirwe, A. Kangire, J. Smith, F. Ssekiwoko, M. Nakyanzi, D. Kataama, C. Musiitwa et R. Karyajja</i>	6
Recensement des populations de nématodes dans les jardins de bananiers en Afrique du Sud et au Swaziland <i>M. Daneel, N. Dillen, J. Husselman, K. De Jager et D. De Waele</i>	8
Influence de la fréquence du désherbage sur la performance de la variété Basrai (AAA) <i>C.D. Badgujar, S.M. Dusane et S.S. Deshmukh</i>	12
Efficacité comparée de diverses méthodes de contrôle des mauvaises herbes chez le cv. 'Basrai' (AAA) <i>C.D. Badgujar, S.M. Dusane et S.S. Deshmukh</i>	13
Méthode par intégration pour estimer la surface foliaire totale du bananier <i>D. W. Turner</i>	15
Performance de cultivars introduits sous différentes conditions de culture dans le nord-ouest du Nicaragua <i>S. Coessens, M. Tshiunza, M. Vargas, E. Tollens et R. Swennen</i>	18
Caractérisation de la croissance et de la production de quelques hybrides et cultivars de bananiers plantain en Colombie <i>John Wilians Herrera M. et Manuel Aristizábal L.</i>	22
Résistance des hybrides FHIA aux <i>Mycosphaerella</i> spp. <i>O. I. Molina Tirado et J. Castaño Zapata</i>	25
Effet de la méta-topoline sur la propagation du bananier plantain en bioréacteur à immersion temporaire <i>M. Escalona, I. Cejas, J. González-Olmedo, I. Capote, S. Roels, M. J. Cañal, R. Rodríguez, J. Sandoval et P. Debergh</i>	28
Le point sur le charançon du bananier	30
Le point sur L'impact de variétés améliorées	31
In memoriam Jean Champion	35
Thèses	36
Nouvelles des Musa	42
Bloc-notes	44

Tout le monde ne réagit pas de la même façon au changement ; mais la réalité n'en est pas moins changeante. En agriculture, la recherche-développement évolue continuellement et, comme dans le monde biologique, les organisations qui ne s'adaptent pas aux nouvelles conditions sont vouées au même sort que les dinosaures. Ce deuxième numéro « new-look » d'InfoMusa, débute avec la nouvelle que l'Institut international des ressources phytogénétiques (IPGRI) est en train de développer une nouvelle stratégie pour le propulser vers la prochaine décennie. Nul doute que l'INIBAP, qui constitue un programme de l'IPGRI, sera partie prenante à ce changement.

Au cours des prochains mois, nous solliciterons la plupart des parties intéressées aux activités de l'INIBAP pour qu'elles contribuent à l'élaboration de la stratégie. Nous espérons que vous répondrez positivement à cette invitation en nous aidant à identifier et à préserver les éléments de notre programme qui vous tiennent le plus à cœur, et en suggérant des changements sur les aspects qui vous conviennent moins. Nous voulons également identifier de nouveaux services qui pourraient vous être utiles dans le cadre du soutien que nous apportons aux divers partenaires actifs en recherche et développement sur *Musa*.

La réduction de la pauvreté sera l'objet d'une attention particulière lors de cette révision et revêtira une plus grande importance dans la prochaine stratégie. En observant le travail de l'INIBAP et de ses partenaires à travers le monde, au cours de mes premiers mois à titre de directeur, j'ai été frappé par la similitude des défis que doivent affronter les gens qui travaillent en recherche et développement sur *Musa* dans leurs régions respectives.

Même si chacun travaille dans un contexte social distinct – et parfois dans un climat économique nettement différent – les processus biologiques sous-jacents à la culture de *Musa* restent les mêmes partout. Je pense que nous pouvons être beaucoup plus efficaces dans le partage de nos connaissances sur l'écologie de la culture des bananes et dans les échanges, avec les petits producteurs de *Musa*, d'expériences pratiques en matière de gestion de ces processus. Un atelier sur les interactions entre les ravageurs, les maladies et la fertilité du sol autour de la rhizosphère de *Musa*, qui s'est tenu récemment au Costa Rica, s'orientait dans cette direction et le prochain Congrès international sur *Musa*, qui doit avoir lieu à Penang en Malaisie en juillet 2004, nous fournira certainement une nouvelle occasion pour des échanges en ce sens.

Cette année, l'INIBAP et ses partenaires organiseront des ateliers en Afrique, en Amérique latine et probablement en Asie, pour étudier diverses options de commercialisation de la banane et des produits bananiers, permettant de réaliser le plein potentiel de cette culture, en vue d'améliorer les moyens de subsistance des petits producteurs. Si nous pouvons propager un même modèle de construction et d'intégration des connaissances, et partager les expériences pratiques qui se sont avérées fructueuses dans l'amélioration génétique de *Musa*, de façon à inclure des systèmes de production plus durables et des possibilités de mise en marché plus flexibles, alors nous serons sur la bonne voie : celle d'élaborer un programme équilibré répondant aux besoins de la recherche et du développement sur *Musa* au cours des années à venir.

Richard Markham
Directeur

Des bananes riches en caroténoïdes en Micronésie

L. Englberger

Les bananes sont un des aliments de base traditionnel majeur dans les quatre états – Pohnpei, Kosrae, Chuuk, et Yap – qui composent les Etats fédérés de Micronésie (EFM). Cependant, depuis les années 1970, on observe une importante diminution de la consommation de bananes et autres nourritures traditionnelles produites localement au profit de nourritures importées telle que le riz, la farine de blé, le sucre et les viandes riches en graisses. De plus, les bananes à chair jaune foncé à orange ont été petit à petit remplacées par des espèces introduites à chair claire.

En même temps émergeait un problème de carence en vitamine A (CVA) chez les enfants et les femmes des EFM. L'augmentation de la CVA semble liée à la baisse de consommation des nourritures locales, bien qu'on ne sache pas vraiment quels aliments protégeaient les populations dans le passé. Autrefois, les sources reconnues riches en vitamine A, telles que le lait, les oeufs, les légumes à feuilles vert foncé, les mangues et les papayes mûres n'étaient pas régulièrement consommées dans les EFM. Le foie de poisson, une autre source riche en vitamine A, est consommé par les adultes mais est rarement donné aux jeunes enfants.

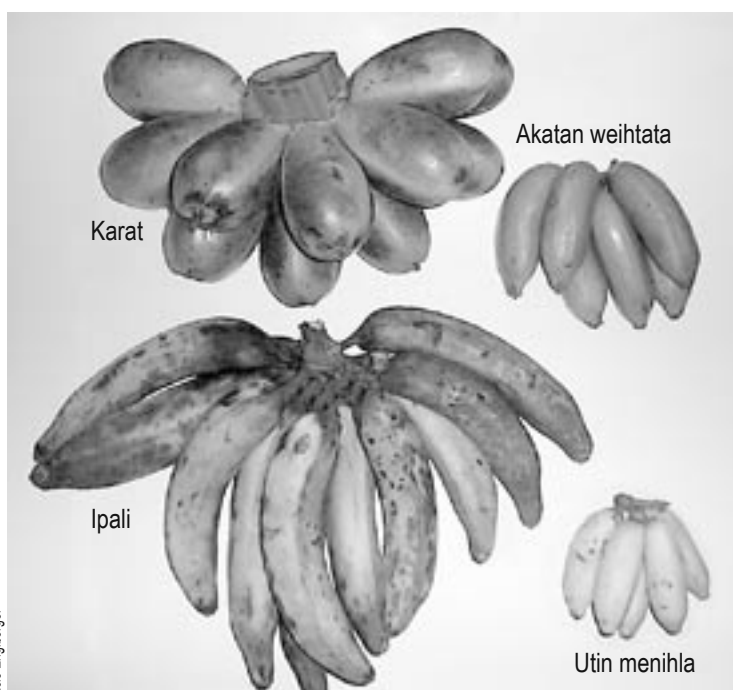
Une étude sur le contenu nutritionnel des bananes a été initiée aux EFM à cause de l'émergence d'un grave problème de CVA

chez les enfants et les femmes (Lloyd-Puryear *et al.* 1989, Centers for Disease Control and Prevention 2001, Auerbach 1994). Il est nécessaire d'identifier les sources locales d'aliments riches en vitamine A et d'en faire la promotion afin de réduire la CVA. Les cultivars locaux de bananiers, n'étant pas considérés comme riches en vitamine A, mais été analysés pour leur contenu nutritif même si certains ont la couleur jaune foncé ou orange associée aux caroténoïdes. Les caroténoïdes (provitamine A) sont des substances qui sont converties dans le corps en vitamine A et protègent de la CVA. Le β -carotène est le caroténoïde (provitamine A) qui contribue le plus à la teneur en vitamine A.

Des cultivars riches en caroténoïdes

Une approche ethnographique a été adoptée. Des entrevues ont été menées avec des informateurs clé qui nous ont aidés à identifier les cultivars les plus susceptibles, par leur couleur, à être riches en caroténoïdes (provitamine A). La couleur de la chair des fruits a été déterminée visuellement. Il a fallu beaucoup de temps pour trouver et collecter des échantillons car la plupart des cultivars de bananiers des EFM ne sont pas commercialisés et certains sont même rares. De plus, les noms des cultivars de bananiers diffèrent d'un Etat à l'autre et les gens connaissent surtout le nom dans leur langue. Il n'existe pas de liste donnant tous les noms d'un même cultivar dans les différentes langues. Nous n'avons trouvé que des listes partielles des cultivars de bananiers par Etat (Watson 1993, Merlin *et al.* 1992, Merlin et Juvik 1996, Merlin *et al.* 1996, Merlin *et al.* 1993, Sarfert 1919). Au Pohnpei, il semble que certains cultivars portent plusieurs noms.

Des échantillons (entre 2 et 16, le plus souvent 3, fruits mûrs/échantillon) ont été recueillis, congelés et transportés aux laboratoires (chaîne du froid continue). Ils ont été analysés pour leur contenu en caroténoïdes en utilisant la chromatographie en phase liquide (HPLC). Les échantillons ont été préparés crus ou cuits (au four, bouillis ou à la vapeur). Quatre laboratoires ont fait les analyses: le *Cancer Research Centre* de Hawaï à Honolulu; les laboratoires Covance à Madison, Wisconsin; l'Université du Pacifique Sud à Suva, Fiji; et *Roche Vitamins Ltd* à Bâle, Suisse. Les bananes ont été analysées pour leur contenu en β - et β -carotène, les caroténoïdes provitamine A les plus communs. Des équivalents en β -carotène (somme de la teneur en β -carotène



L. Englberger

et de la moitié en β -carotène, qui a moitié moins d'activité vitamine A que le β -carotène) ont été calculés afin de comparer le contenu total en caroténoïdes provitamine A. Il y avait moins de 10% de variabilité entre les résultats des analyses faites en double (laboratoire de Fiji). L'erreur standard de la moyenne des analyses suisses se situait entre 8.5 et 9.4%.

Des 17 cultivars de bananiers des EFM analysés, 12 avaient suffisamment de caroténoïdes (provitamine A) pour fournir la moitié des besoins recommandés en vitamine A pour une femme qui n'est ni enceinte ni en allaitement (Englberger *et al.* 2003b, Englberger *et al.* 2003a) (tableau 1). Le taux en β -carotène variait de 30 μg par ration de 100 g pour la banane à chair claire 'Usr kufafa' (AAB, Silk) à 6360 μg par ration de 100 g pour la banane orange 'Uht en yap' (Fe'i). Les teneurs en caroténoïdes augmentaient avec l'intensité de la couleur de chair.

Cinq cultivars de bananiers avaient des teneurs en β -carotène supérieures à 525 $\mu\text{g}/100\text{g}$, soit plus de 25 fois les teneurs en β -carotène trouvées dans les bananes Cavendish analysées en Amérique du Nord et en Europe (Holden *et al.* 1999, Holland *et al.* 1991).

En général, les teneurs en β -carotène augmentent avec la cuisson, étant donné que dans la nourriture cuite le solvant extrait mieux les carotènes de la matrice de l'aliment. Par contre, ceci dépend aussi du type de cuisson (un long temps de cuisson et une température élevée détruisent les caroténoïdes). Dans la présente étude, les teneurs en caroténoïdes ont augmenté

mais pas dans tous les cas. La maturité affecte également le contenu en caroténoïdes. En effet, les bananes vertes n'en contiennent que très peu.

Parmi les cultivars riches en caroténoïdes, on trouve les bananes Fe'i et d'autres bananes qui sont plutôt rares et plus difficiles à cultiver. Cependant, on a aussi trouvé d'autres cultivars communs et populaires qui étaient riches en caroténoïdes. Ceci augmente considérablement le potentiel de bananes riches en caroténoïdes dans les EFM et dans les autres régions où ces bananes pourraient pousser.

Deux cultivars de bananiers micronésiens, 'Karat' et 'Taiwang' ('Pisang kelat', AAB) ont également été analysés dans cette étude pour 9 minéraux. Les deux cultivars avaient des teneurs élevées en potassium, semblables à d'autres bananes, et 'Karat' avaient des teneurs significatives en calcium (Englberger *et al.* 2003a).

Utilisation des bananes Fe'i et autres bananes des EFM

Les bananes Fe'i de la série Australimusa sont caractérisées par des régimes érigés particuliers et par leur sève rouge (Daniells 1995, Sharrock 2000). Contrairement aux rapports qui indiquent qu'elles ne sont consommées que cuites, les bananes Fe'i 'Karat' et 'Uht en yap' sont souvent mangées mûres et crues, en plus d'être mangées mûres et cuites. La texture de 'Karat' est tendre, son goût est sucré et apprécié. Selon les informateurs, la majorité des 'Karat' sont

Tableau 1. Comparaison de cultivars de bananes mûres de Micronésie en rapport à leur contribution aux besoins quotidiens en vitamine A: 500 Equivalents Rétinol (ER) pour des femmes de 19 à 65 ans qui ne sont ni enceintes ni en allaitement; 400 ER pour des enfants de 1 à 3 ans (FAO/WHO, 2002). Source: Englberger *et al.* (2003a) et Englberger *et al.* (2003b) pour toutes les données sauf celles concernant le 'Uht mangat' (Shovic et Whistler 2001).

Noms locaux	Genome et sous-groupe	Couleur	Méthode de cuisson	N°	Labo ^b	Equivalent β -carotène $\mu\text{g}/100\text{g}$	μg ER si 1000 g ingérés/jour	μg ER si 500 g ingérés/jour	μg ER si 250 g ingérés/jour
Uht en yap/Usr kolontol	Fe'i	orange	au four	3	I, R	4960	8267	4133	2067
Usr wac	AAB, type plantain	orange	bouilli	2	I, R	2598	4330	2165	1083
Ipali (même que Usr wac es sie?)	AAB, type plantain	orange	bouilli	2	I, R	1349	2248	1124	562
Usr kuria	pas disponible	jaune	à la vapeur	1	I	892	1487	743	372
Karat/Usr kulasr	Fe'i	jaune-orange	vapeur/bouilli	3	I, R	867	1445	723	361
Usr wac es sie	AAB, type plantain	jaune-orange	vapeur	1	I	859	1431	716	358
Usr macao	AA, Lakatan	jaune-orange	bouilli	2	I, R	837	1395	698	349
Akatan/Usr lakatan	AAA, Green red	jaune	à la vapeur	1	I	773	1288	644	322
Mangat	pas disponible	jaune	cru	1	C	575	958	479	240
Usr taiwang	AAB, Pisang kelat	jaune	bouilli	1	R	490	816	408	204
Uht en kerinis	AAB, Pisang raja	jaune	cru	1	I	415	692	346	173
Usr in yeir	AAB, Popoulu	jaune	bouilli	2	I, R	390	650	325	163
Marech	pas disponible	jaune	cru	1	I	232	387	193	97
Usr apat poel/ Inasio	ABB, Bluggoe	blanc cassé	bouilli	1	R	155	258	129	65
Uht en ruk/Usr apat fusus	ABB, Saba	blanc cassé	bouilli	3	R	148	247	123	62
Usr Fiji/Uht en pihsi (Fiji)	AAB, Mysore	blanc cassé-blanc	cru	1	I	77	128	64	32
Usr kufafa/Uht menihla	AAB, Silk	blanc	cru	1	R	40	67	33	17

^a Nombre d'analyses en double d'échantillons composites qui ont permis de calculer les équivalents β -carotène.

^b I - IAS/USP, Suva, Fiji; R - Roche Vitamins, Bâle, Suisse; C - Covance Laboratories, Madison, Wisconsin, USA.

consommées crues alors que 'Uht en yap' est généralement mangée cuite.

'Karat' est la nourriture de sevrage traditionnelle au Pohnpei et il semble qu'elle ait des effets bénéfiques particuliers pour la santé. Elle est caractérisée par de très gros doigts et une chair comestible jaune foncé-orange. Bien que cette banane ait tout d'abord été identifiée simplement en tant que 'Karat', des études plus approfondies à Pohnpei montrent qu'il existe au moins deux types : 'Karat pwehu', qui a de gros doigts allongés (souvent d'un poids de 200 g) et 'Karat pako', qui possède des doigts allongés encore plus gros (souvent de 400 g). Des informateurs nous ont expliqué que 'Karat' est préparé d'une façon particulière pour les jeunes enfants. Grâce à sa peau épaisse, les doigts non pelés peuvent être pressés et leur chair attendrie sans que la peau ne se déchire. Un trou est creusé sur le haut du doigt et les enfants aiment en aspirer ainsi le contenu, un peu comme s'ils mangeaient un cornet de glace. 'Karat' a également une importante signification culturelle et est un des rares cultivars de bananiers du Pohnpei à être utilisé dans des cérémonies.

'Uht en yap' est beaucoup plus rare que 'Karat' et possède un régime caractéristique en forme de cône, de petits doigts et une chair comestible orange foncé. A l'instar des autres nourritures locales, 'Karat' est devenu rare par négligence, mais aussi parce que les variétés nouvellement introduites étaient plus faciles à cultiver. Cette banane a été analysée pour la première fois en 1998 et montrait des teneurs

élevées en caroténoïdes. Une campagne de promotion d'un an et de distribution de plants impliquant les médias, des écoles primaires et des groupes communautaires, a été lancée au Pohnpei en 1999 pour sensibiliser la population sur son contenu nutritif (Englberger 1999). Ce programme a été un succès dans la mesure où 'Karat' qui, auparavant, n'était pas trouvé sur les marchés locaux, a commencé à apparaître régulièrement après la campagne (bien que toujours en quantités limitées) (Englberger 2002). Des études de marché avant et après la campagne ainsi que des entrevues avec des informateurs clé ont montré que c'était bien la campagne qui avait provoqué l'augmentation de la production. Ceci démontre qu'une campagne de promotion d'un cultivar de bananier peut avoir un impact important sur le comportement si les savoirs et usages traditionnels sont prises en compte. De plus, grâce à l'identification de cultivars riches en vitamine A, un programme a été mis en place au Kosrae pour produire des plants issus de culture *in vitro* (Josekutty *et al.* 2002).

Bien que les bananes soient appréciées, certaines personnes dans les EFM les considèrent comme la nourriture des pauvres étant donné son abondance dans les marchés et son prix moins élevé que celui des autres aliments traditionnels. Au Pohnpei, la banane à cuire commune 'Uht en ruk' (Saba, ABB) est vendue d'ordinaire 0.55 US\$/kg, alors que le fruit de l'arbre à pain et les ignames sont vendus 1.10US\$ et 2.75US\$/kg, respectivement. Dans la plupart des magasins du Pohnpei, 'Karat' est vendu d'ordinaire 1.10US\$/kg, une indication de sa valeur et de la demande. 'Taiwang', un cultivar riche en caroténoïdes est peu considéré étant très courant. Il n'était pas commercialisé dans le passé et est souvent cultivé pour nourrir les cochons. D'un autre côté, ce cultivar est apprécié pour son goût sucré et est mis en valeur au Kosrae dans la confection plat traditionnelle, le fafa pilé. Après une courte campagne de promotion, il est maintenant commercialisé au Kosrae et au Pohnpei. En plus des bananes comestibles, il existait un cultivar cultivé traditionnellement pour sa fibre et pour fabriquer du tissu. Au Kosrae, il s'agit de 'Usr kusus' (*Musa textilis*) qui est maintenant rare. Certaines bananes sont très prisées pour leurs vertus médicinales. Les feuilles de banane occupent une place importante dans la préparation de nourriture et pour couvrir le traditionnel four en terre.

Conclusion

Cette étude a montré que certains cultivars contiennent de fortes teneurs en provitamine A et en caroténoïdes totaux, en plus de teneurs importantes en vitamine C, fibres et



Lois Englberger

potassium (Dignan *et al.* 1994). Des études épidémiologiques suggèrent que des aliments riches en caroténoïdes protègent de certaines maladies chroniques telles que le diabète, les maladies cardiovasculaires et le cancer (Ford *et al.* 1999, Bertram 2002). Les bananes micronésiennes riches en caroténoïdes peuvent donc aussi protéger de ces maladies qui représentent actuellement un problème grave aux EFM. D'autres études menées aux EFM et ailleurs sont nécessaires pour identifier d'autres cultivars riches en caroténoïdes qui pourraient améliorer la santé et qui se prêteraient à une augmentation de la production et de la consommation.

Remerciements

Nous remercions vivement les personnes aux EFM qui nous ont donné des informations relatives aux cultivars de bananiers micronésien, dont Dr Eliuel Pretrick, Adelino Lorens, Remos Livaie, Bill Raynor, Julie Timothy, Procula Jackson, et aussi Jeff Daniells, du *Queensland Department of Primary Industries*, qui nous a aidé dans la classification des bananes et a fait des commentaires sur ce manuscrit. Le *Task Force Sight and Life*, le *Thrasher Research Fund*, et le *Center for Disease Control and Prevention* ont aidé au financement de cette étude.

Références

- Auerbach S. 1994. Report of Pohnpei Child Health Survey. Résultats présentés aux Etats Fédérés de Micronésie et au "Pohnpei State Department of Health Services", aux "US Public Health Service" et "FSM Department of Health Service". Palikir, Pohnpei.
- Bertram J. S. 2002. Présentations faites au 13ième Symposium International sur les Caroténoïdes tenu à Honolulu, Hawaii, USA, 6-11 janvier 2002. *Pure and Applied Chemistry* 74(8):1369-1478.
- Centers for Disease Control and Prevention. 2001. Vitamin A deficiency among children—Federated States of Micronesia, 2000. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*, June 22, 2001. 50(24):509-12.
- Daniells J. 1995. Illustrated guide to the identification of banana varieties in the South Pacific. ACIAR Monograph No. 33. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra.
- Dignan C.A., B.A. Burlingame, J. M. Arthur, R.J. Quigley & G.C. Milligan. 1994. The Pacific Islands Food Composition Tables. South Pacific Commission, Noumea, New Caledonia.
- Englberger L. 1999. Promotion of vitamin A-rich foods in Pohnpei, Federated States of Micronesia. *Sight and Life Newsletter* 4:13-17.
- Englberger L. 2002. Promotion of vitamin A-rich foods in Pohnpei, Federated States of Micronesia: was the 1999 campaign a success? *Sight and Life Newsletter* 2:28-32.
- Englberger L., W. Aalbersberg, P. Ravi, E. Bonnin, G.C. Marks, M.H. Fitzgerald & J. Elymore. 2003a. Further analyses on Micronesian banana, taro, breadfruit and other foods for provitamin A carotenoids and minerals. *J Food Comp Anal* 16(2):219-236.
- Englberger L., J. Schierle, G.C. Marks & M. H. Fitzgerald. 2003b. Micronesian banana, taro, and other foods: newly recognized sources of provitamin A and other carotenoids. *J Food Comp Anal* 16(1):3-19.
- FAO/WHO. Human vitamin and mineral requirements. Rapport d'une consultation experte conjointe FAO/WHO, Bangkok, Thaïlande. Chapitre 7: Vitamin A. Rome, 2002.
- Ford E. S., J.C. Will, B.A. Bowman & K.M. Narayan. 1999. Diabetes mellitus and serum carotenoids: findings from the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Am J Epidemiol* 149:168-176.
- Holden J.M., A.L. Eldridge, G. R. Beecher, I.M. Buzzard, S. Bhagwat, C.S. Davis, L.W. Douglas, S. Gebhardt, D. Haytowitz & S. Schakel. 1999. Carotenoid content of U.S. foods: an update of the database. *J Food Comp Anal* 12:169-196.
- Holland B., A.A. Welch, I.D. Unwin, D.H. Buss, A.A. Paul & D.A.T. Southgate. 1991. McCance and Widdowson's The Composition of Foods. Royal Society of Chemistry and Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Cambridge, Royaume Uni.
- Josekutty P.C., T. N. Kilafwasru, R.A. George & S.S. Cornelius. 2002. Micropropagation of endangered, vitamin A-rich banana (*Musa troglodytarum*). In Importance of Plant Tissue Culture and Biotechnology in Plant Sciences, International Association for Plant Tissue culture and biotechnology. Comptes-rendus de la 7ème rencontre, University of New England Australia (Lakshmanan P., J. Smith, A. Taji, J. Williams, & R. Richard, eds) University of New England Publications Unit, Australie Armidale, NSW, Australie
- Lloyd-Puryear M., J.H. Humphrey, K.P. West, K. Anioli, J. Mahoney & D.G. Keenum. 1989. Vitamin A deficiency and anemia among Micronesian children. *Nutr Res* 9: 1007-1016.
- Merlin M., D. Jano, W. Raynor, T. Keene, J. Juvik & B. Sebastian. 1992. *Tuhke en Pohnpei*: Plants of Pohnpei. East-West Center, Honolulu, Hawaii.
- Merlin M. & J. Juvik. 1996. *Ira me Neenier non Chuuk*: Plants and their Environments in Chuuk. East-West Center, Honolulu, Hawaii.
- Merlin M., A. Kufas, T. Keene & J. Juvik. 1996. *Gidii nge Gakiyu nu Wa'ab*: Plants, People and Ecology in Yap. East-West Center, Honolulu, Hawaii.
- Merlin M., R. Taulung & J. Juvik. 1993. *Sahh Kap Ac Kain In Acn Kosrae*: Plants and Environments of Kosrae. East-West Center, Honolulu, Hawaii.
- Sarfert E. 1919 *Hamburgische Wissenschaftliche Stiftung: Ergebnisse der Suedsee-Expedition 1908-1910. Herausgegeben von Prof. Dr. G. Thilenius. II. Ethnographie: B.Mikronesien Band 4. Kusae 1. Halbband*, L. Friederichsen & Co., Hamburg.
- Sharrock S. 2000. Diversity in the genus *Musa*: focus on *Australimusa*. Annual Report 2000. The International Network for the Improvement of Banana and Plantain.
- Shovic A.C. & W.A. Whistler. 2001. Food sources of provitamin A and vitamin C in the American Pacific. *Trop Sci* 41(4):199-202.
- Watson B. 1993. Principaux cultivars bananiers dans les atolls du Pacifique. *INFOMUSA* 2(2):19-20.

L'auteur est affiliée à l'Université du Queensland en Australie et est basée en Micronésie. Adresse terrain: P.O. Box 2299, Kolonia, Pohnpei 96941. Etats fédérés de Micronésie. Courriel : nutrition@mail.fm

Epidémie de flétrissement bactérien sur le bananier en Ouganda

V. Tushemereirwe, A. Kangire, J. Smith, F. Ssekiwoko, M. Nakyanzi, D. Kataama, C. Musiitwa et R. Karyaija

En août 2001, le personnel du service d'extension agricole du district de Mukono a fait état d'une maladie présentant des symptômes de flétrissement qui se répandait rapidement dans le village de Bulyanti, en Ouganda. En réponse à cette information, une équipe de phytopathologistes de la *National Agricultural Research Organization* (NARO) ainsi que des travailleurs du service d'extension du district de Mukono ont visité la zone affectée. Parmi les agriculteurs visités, se trouvait M. Musiitwa qui avait été le premier à mentionner la maladie, et dont la plantation était la plus atteinte. Plusieurs plantations avoisinantes ont également été visitées et des évaluations de la maladie ont été effectuées. Des échantillons de tissus malades ont été prélevés pour isolement et identification de l'agent pathogène. Des échantillons ont été envoyés à CABI Bioscience au Royaume Uni pour isolement et identification de l'organisme responsable. On a demandé aux agriculteurs et aux travailleurs des services de vulgarisation de signaler toute nouvelle observation de la maladie. Ce rapport résume les activités de diagnostic de la maladie entreprises et les mesures prises pour contenir la maladie.

La maladie

Les résultats de CABI ont suggéré qu'une bactérie, *Xanthomonas campestris* pv. *musacearum*, en était l'agent causal. Les tests de pathogénicité (postulat de Koch) ont confirmé la maladie. Cette bactérie est connue pour causer le flétrissement chez *Ensete* et les bananiers en Ethiopie (Yirgou et Bradbury 1968, 1974).

La maladie a été observée à la fois sur des bananiers des hautes terres d'Afrique de l'est et des bananiers exotiques (bananes dessert et à bière), mais, du fait de la prévalence des bananiers des hautes terres, ces derniers étaient les plus affectés. Dans un champ en particulier, l'incidence a été estimée à 70%, mais certaines des plantes affectées avaient été abattues et déracinées pour essayer de contrôler la maladie et il a ainsi été difficile d'identifier les symptômes sur les plants déracinés. Malgré cela, il était évident que l'incidence de la maladie était extrêmement élevée dans certains champs.

Selon un certain nombre de fermiers interviewés, la maladie a été d'abord observée aux alentours d'octobre 2000 sur la plantation de M. Musiitwa. Par la suite, elle s'est répandue dans plusieurs plantations des zones avoisinantes. L'équipe et les paysans n'ont pas réussi à établir

comment la maladie était entrée dans la région. Elle est d'abord apparue dans une plantation de plus de sept ans, suggérant qu'elle n'avait pas été transmise avec le matériel de plantation. Les agriculteurs qui avaient ce problème ont indiqué qu'ils avaient reçu leur matériel de plantation de sources locales. Il n'a pas été possible d'établir la source de la maladie à partir de discussions avec les agriculteurs.

Symptômes externes

La maladie a principalement été observée sur des plantes ayant passé le stade de rejet demoiselle (bien que certains des rejets les plus jeunes aient présenté des symptômes) et ayant récemment fleuri. Les caractéristiques majeures de la maladie sont un jaunissement et un flétrissement complet de la plante qui commence avec les feuilles les plus périphériques, comme chez la fusariose du bananier. Cependant, contrairement à la fusariose qui n'affecte pas les cultivars d'Afrique de l'est, cette bactérie affecte tous les types de bananiers. Les fruits ont montré une décoloration de la pulpe quand ils ont été sectionnés (figure 1). Après le flétrissement, les feuilles ont tendance à tomber et la plante arrête de croître et meurt.

Des sécrétions bactériennes ont également été observées sur les feuilles. De telles sécrétions sont absentes dans le cas de la fusariose et peuvent être utilisées pour faire la distinction entre les deux maladies sur les cultivars qui sont également affectés par la fusariose (par exemple 'Pisang awak' et 'Gros Michel').

Les symptômes les plus communément observés sont le flétrissement et le mûrissement prématuré du régime, parfois moins d'un mois après son émergence. Parmi les plantes qui ont fleuri, les feuilles peuvent présenter des symptômes de flétrissement alors que le régime est encore vert, mais ces régimes finissent par mûrir et peuvent aussi pourrir.

Chez des plantes sévèrement affectées, le bourgeon mâle apparaît flétri et parfois décoloré (figure 2). La hampe du bourgeon floral montre une décoloration qui progresse de la base du bourgeon mâle vers le régime. Une sécrétion de couleur crème, typique de nombreuses infections bactériennes, peut être aperçue dans la zone la plus proche du bourgeon mâle.

Symptômes internes

Une décoloration jaune pâle a été observée dans la section transversale du corme des plantes les plus affectées. Lorsque les pseudotracas des

plantes en fleur sont sectionnés, la décoloration est beaucoup plus apparente dans la gaine centrale qui porte le régime que dans les gaines foliaires externes (figure 3a). On a observé une quantité importante de liquide suintant sur les pseudotruncs des plantes affectées. Après une nuit les sécrétions des parties sectionnées étaient devenues un liquide visqueux (figure 3b).

Lorsque l'on a sectionné les doigts d'un régime infecté, ceux-ci étaient d'une couleur brun rougeâtre. Chez les bananiers, ce symptôme est causé seulement par les maladies de type flétrissement bactérien et, en tant que tel, ce symptôme permet de faire la distinction avec les autres maladies du bananier observées auparavant en Ouganda. La pulpe était molle, comme lorsqu'elle est mûre, bien que le régime ait nécessité encore environ un mois et demi pour atteindre la maturité.

Distribution

Une enquête réalisée en janvier 2002 a révélé que dans le district de Mukono, la maladie était encore restreinte à un rayon de 5 km autour de la ferme dans laquelle la maladie a été identifiée pour la première fois. On a demandé

aux employés des services de vulgarisation des zones avoisinantes d'être à l'affût de l'apparition de la maladie dans d'autres zones. En juin 2003, la maladie a été signalée dans plus de 15 sous-comtés des districts de Kayunga, Lira, Apac et Kaberamaido – tout le nord du Mukono (nord et nord-est de l'Ouganda). On a spéculé que la maladie pourrait avoir pénétré le Mukono depuis les districts du nord de l'Ouganda.

D'après Yirgou et Bradbury (1974), la transmission à longue distance de la maladie est favorisée par :

- Les outils agricoles tels que machettes et couteaux de taille. Les outils contaminés transmettent les bactéries par les blessures faites aux racines et aux parties aériennes lors de la culture.
- Le mouvement de matériel végétal infecté (rejets, régimes, feuilles).
- La contamination des parties du corps (mains et pieds) des agriculteurs.
- Les insectes qui butinent le nectar des fleurs.
- Les animaux qui se déplacent entre plantes infectées et plantes saines.
- L'eau qui se déplace dans un sol infecté.

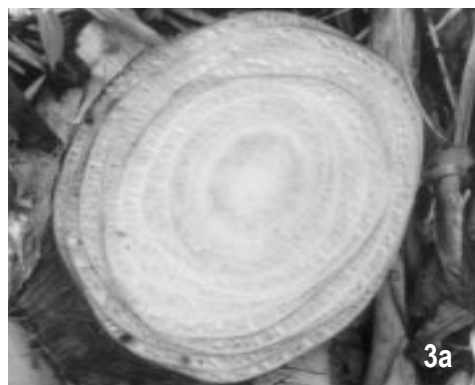


Figure 1. Doigts sectionnés sur des régimes affectés par la maladie.

Figure 2. Section transversale d'un bourgeon mâle affecté (gauche) et sain (droite).

Figure 3. Apparence interne d'un pseudotrunc : a) décoloration jaune pâle, immédiatement après la coupe; b) sécrétion bactérienne caractéristique, trois jours plus tard.

- g) Les éclaboussures de l'eau de pluie et le vent.
On pense que la pluie aggrave la propagation de la maladie au sein d'une plantation pendant la saison des pluies.

Recommandations

Il a été recommandé que des mesures générales soient mises en place pour prévenir la dissémination de ce flétrissement bactérien. Ces mesures incluent les actions suivantes :

Détruire et éliminer les plantes infectées

Les plantes infectées doivent être détectées suffisamment tôt et détruites. La destruction doit être complète afin de ne pas permettre la repousse.

Désinfecter les outils utilisés sur la plantation

Lorsque la maladie est détectée dans une plantation, les outils (machettes, couteaux à tailler/outils pour effeuiller, etc.) doivent être désinfectés avant d'être réutilisés sur d'autres plantes.

Éviter d'utiliser le matériel végétal provenant de champs infectés

Les maladies systémiques et transmises par le sol, telles que ce flétrissement du bananier, sont principalement transmises par du matériel végétal infecté. Il est recommandé que les agriculteurs évitent de planter des rejets de plantations (zones) où la maladie a été repérée. En fait, l'échange de rejets au sein de la zone doit être fortement découragé.

Éliminer les bourgeons mâles

Il a été rapporté que les insectes disséminent la bactérie lorsqu'ils visitent les fleurs de bananiers.

Il est recommandé d'enlever le bourgeon mâle en brisant le rachis qui le soutient dès que la dernière main du régime émerge.

Empêcher les animaux de rôder dans les champs infectés

Les animaux transmettent la maladie d'une plante à l'autre lorsqu'ils se déplacent. Il est conseillé aux agriculteurs de les tenir à l'écart des plantations.

Remplacer les bananiers par d'autres espèces cultivées

Les plantations fortement infectées doivent être remplacées par d'autres cultures.

Mesures de quarantaine

Il a été noté que le danger de voir cette maladie se disséminer dans le pays est très élevé si des mesures pour la contenir ne sont pas prises immédiatement. Des mesures de quarantaine locale ont été recommandées pour suppléer aux mesures de gestion suggérées ci-dessus. On s'est appuyé sur la sensibilisation des agriculteurs à la maladie et leur participation pour établir et mettre en place les mesures de contrôle pour contenir la maladie.

Références

- Yirgou D. & J.F. Bradbury. 1968. Bacterial wilt of Ensete (*Ensete ventricosum*) incited by *Xanthomonas musacearum*. *Phytopathology* 58:111-112.
- Yirgou D. & J.F. Bradbury. 1974. A note on wilt of banana caused by the Ensete wilt organism, *Xanthomonas musacearum*. *EA Agricultural and Forestry Journal* 40:111-114.

W. Tushemereirwe, A. Kangire, F. Ssekiwoko et M. Nakyanzi travaillent au Kawanda Agricultural Research Institute, NARO, Ouganda, **J. Smith** travaille à CABI Bioscience, Grande Bretagne, **D. Kataama** travaille au service de vulgarisation du district de Mukono, C. Musiitwa est agriculteur et **R. Karyaija** travaille au Ministère de l'agriculture, de l'industrie animale et des pêches.

Nématodes

Recensement des populations de nématodes dans les jardins de bananiers en Afrique du Sud et au Swaziland

M. Daneel, N. Dillen, J. Husselman, K. De Jager et D. De Waele

En Afrique du Sud, environ 280 000 tonnes de bananes Cavendish sont produites commercialement par an sur approximativement 16 000 ha de terres. Peu d'information existe sur la culture du bananier dans les jardins des particuliers des zones rurales. Nous avons donc conduit une étude préliminaire dans la principale région productrice de bananes des zones rurales d'Afrique du Sud et du Swaziland voisin, afin de collecter des données de référence sur les variétés de *Musa* cultivées ainsi que sur les principaux ravageurs et

maladies qui y sont associés. Seuls les résultats concernant les nématodes sont rapportés ici.

Matériel et méthodes

L'étude a été menée d'août à octobre 2000. Six régions ont été échantillonnées : le Venda dans la partie nord de la province du Limpopo; Bushbuck Ridge dans la partie sud de la province du Limpopo; Komatipoort, Nelspruit et Barberton dans la province du Mpumalanga, le nord du Kwazulu-Natal; le sud du Kwazulu-Natal et la partie sud de la province Eastern Cap (anciennement le Transkei) frontalière avec

le sud du Kwazulu-Natal. Au Swaziland, des échantillons ont été prélevés dans la région du Lowveld, qui comprend les parties sud et est du pays (figure 1).

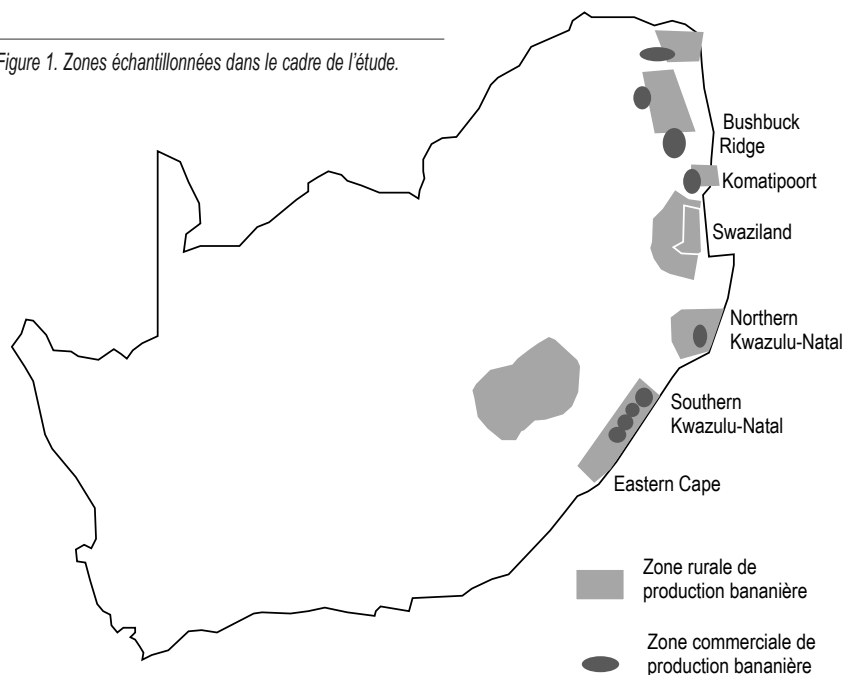
Les variétés de bananiers cultivées dans les jardins ont été identifiées et la présence d'autres cultures a aussi été notée. Les bananiers identifiés ont été examinés afin de détecter des signes de maladie. A chaque site, un échantillon de terre et de racines a été prélevé sur chacune des variétés (généralement deux variétés) suivant la méthodologie décrite par Speijer et De Waele (1997). L'indice de nécrose racinaire et l'indice de galle ont été estimés sur les racines. Au laboratoire, les nématodes ont été extraits des échantillons de terre et de racines en utilisant la méthode par flottation (Jenkins 1964) et ont été comptés.

Résultats et discussion

Les variétés de *Musa* le plus souvent cultivées étaient 'Pisang awak' (ABB) et les bananiers Cavendish (AAA) (tableau 1). 'Pisang awak' était toujours présent en plus grand nombre que les bananiers Cavendish, excepté dans la province Eastern Cape et dans le sud du Kwazulu-Natal. Sous les tropiques, 'Pisang awak' est une banane à cuire et à bière alors que dans la zone subtropicale, comme en Afrique du Sud, ses fruits sont suffisamment sucrés pour être mangés sans cuisson. Comparé aux bananes Cavendish, le fruit de 'Pisang awak' a un goût plus acide et ne peut être mangé que lorsqu'il est totalement mûr. Seul un nombre très limité de bananiers plantains (AAB) ont été trouvés.

Dans 93% des jardins échantillonnés, les bananiers étaient cultivés dans un système de culture mixte ; les 7% restants étaient des monocultures. Par ordre d'importance décroissant, les autres arbres fruitiers présents étaient le manguier, le papayer, l'avocatier, le citronnier, le goyavier, le pêcher et le mûrier. Les autres cultures observées étaient la canne à sucre, le manioc, des légumes et quelques céréales. L'étude ayant été menée en hiver, ce sont surtout des légumes qui ont été observés : tomates, épinards, citrouille, patate douce et choux. Dans les systèmes de cultures traditionnelles, les légumes sont cultivés en hiver et les céréales en été. Les avocatiers étaient très abondants dans la région du Bushbuck Ridge. Les pêchers, avocatiers et goyaviers ont rarement été trouvés dans la partie nord du Kwazulu-Natal. En général, les cultivateurs avaient soit des manguiers soit des citronniers, sauf sur un site où les deux espèces d'arbres ont été trouvées. Dans la province Eastern Cape et dans le Swaziland, peu de légumes ont été trouvés, contrairement aux autres régions. Les arbres fruitiers ne sont pas très sensibles aux nématodes alors que la plupart des légumes cultivés le sont fortement. Nous n'avons pas

Figure 1. Zones échantillonnées dans le cadre de l'étude.



prélevé d'échantillons de nématodes sur les légumes et autres arbres fruitiers mais d'autres études dans ces mêmes régions indiquent des niveaux d'infestation élevés dans les légumes (Fourie *et al.* 2002).

Les communautés rurales dépendent souvent de la récolte de leurs jardins pour leur sécurité alimentaire. Ces cultures sont surtout cultivées pour une consommation personnelle et seul le surplus est vendu pour générer un revenu. Ceci est également le cas pour les bananes.

La pénurie d'eau constitue la contrainte majeure pour la production de bananes dans les jardins. Dans un tiers des sites visités et environ 80% des sites de la province Eastern Cape et du sud du Kwazulu-Natal, l'eau de pluie constituait la seule source d'eau. Le tableau 2 montre la pluviométrie annuelle ainsi que le nombre de jours de pluie dans les régions étudiées. Contrairement aux tropiques, la pluie est limitée à une période de 3 à 4 mois en Afrique du Sud. L'irrigation est pratiquement inexistante dans les jardins et souvent l'eau doit être transportée sur de longues distances. Bien que les températures

Tableau 1. Variétés de *Musa* cultivées dans des jardins d'Afrique du Sud et du Swaziland et nombre d'échantillons de nématodes prélevés par région

Région et nombre de jardins étudiés	Variétés de <i>Musa</i>			Nombre d'échantillons de sol/racines par région
	Pisang awak (ABB)	Cavendish (AAB)	Bananiers plantain (AAB)	
Venda (25)	24	6	–	30
Bushbuck Ridge (21)	21	7	1	33
Komatipoort (11)	8	5	2	15
Nelspruit et Barberton (6)	4	–	–	6
Northern Kwazulu-Natal (19)	14	10	1	29
Eastern Cape et sud du Kwazulu-Natal (23)	16	19	3	38
Swaziland (7)	5	2	–	7

maximales coïncident avec les mois les plus humides (d'octobre à février), la période de sécheresse est trop longue pour obtenir une croissance optimale des bananiers. Les zones à plus forte pluviométrie sont la province Eastern Cap et le sud du Kwazulu-Natal, suivi de Bushbuck Ridge et de Venda.

D'après Robinson (1993), la croissance optimale des bananiers se situe lorsque la température minimale excède 18°C. La température requise s'étale sur 6 mois dans le Venda et le nord du Kwazulu-Natal, sur mois dans le Komatipoort, et sur 4 mois dans la province Eastern Cape et le sud du Kwazulu-Natal (tableau 2). Des nématodes ont été recueillis dans pratiquement tous les échantillons de terre et de racines (tableau 3).

Tableau 2. Données météorologiques dans les régions étudiées en Afrique du Sud

Région	Nombre d'années de données	Pluio-métrie annuelle (mm)	Nombre de jours de pluie par an	T _n	M	T _x
Venda	19	958,6	64,9	10,2	6	29,5
Bushbuck Ridge	25	1020	77,1	10,2	2	27,9
Komatipoort	25	659,9	46,3	9,0	5	32,0
Nelspruit et Barberton	70	775,6	62,3	6,5	3	29,2
Northern Kwazulu-Natal	22	665,8	52,7	7,6	6	31,7
Province Eastern Cape et sud du Kwazulu-Natal	21	1240	90,6	12,7	4	27,0

T_n = température quotidienne minimale de l'air;

M = nombre de mois avec une température minimale supérieure à 18°C;

T_x = température quotidienne maximale de l'air.

Tableau 3. Fréquence de la présence de nématodes parasites associés aux bananiers cultivés dans les jardins d'Afrique du Sud et Swaziland

Nématodes	% d'échantillons de sol avec des nématodes	n	% d'échantillons de racines avec des nématodes	n	Région
<i>Meloidogyne</i> spp.	96,3	152	93,8	147	Toutes
<i>Helicotylenchus</i> spp.	96,3	152	93,2	146	Toutes
<i>Radopholus similis</i>	3,7	0	8,9	1	BBR
		0		1	K
		6		12	N KZN
<i>Pratylenchus coffeae</i>	7,6	5	3,2	0	BBR
		0		1	V
		2		1	S
		5		3	EC & S KZN
<i>Rotylenchulus</i> spp.	4,4	4	1,2	0	K
		1		0	S
		2		2	BBR
<i>Paratrichodorus</i> spp.	7,0	11	-	-	EC & S KZN
<i>Criconeimoides</i> spp.	5,7	4	-	-	K
		3			N KZN
		2			EC & S KZN
<i>Tylenchus</i> spp.	1,9	3	-	-	EC & S KZN
<i>Aphelenchoides</i> spp.	8,9	4	-	-	K
		1			BBR
		5			N KZN
		4			EC & S KZN
<i>Paratylenchus</i> spp.	0,6	1	-	-	EC & S KZN

n: nombre d'échantillons avec des nématodes

V=Venda, BBR=Bushbuck Ridge, K=Komatipoort, N KZN=Barberton dans la province de Mpumalanga, nord du Kwazulu-Natal; S=Swaziland; EC & S KZN= sud du Kwazulu-Natal et sud de la province Eastern Cape (anciennement le Transkei) bordant le sud du Kwazulu-Natal.

Les nématodes à galle (*Meloidogyne* spp.) et spiralés (*Helicotylenchus* spp.) ont été trouvés dans plus de 90% des échantillons de racines examinés alors que *Radopholus similis* ne l'a été que dans environ 9% et *Pratylenchus coffeae* dans seulement 3%. Toutefois, dans le nord du Kwazulu-Natal, *R. similis* a été trouvé dans 40% des échantillons de racines (12 sur 29) alors que dans le Swaziland et la province Eastern Cape/ sud du Kwazulu-Natal, *P. coffeae* a été trouvé dans 14.3% (1 sur 7) et 7.7% (3 sur 38) des échantillons, respectivement.

Le tableau 4 présente les densités moyennes des populations de nématodes avec les valeurs minimales et maximales pour les quatre espèces de nématodes parasites les plus importantes observées dans les racines des variétés de *Musa* échantillonnées. Les densités de populations de *Meloidogyne* spp. et de *Helicotylenchus multicinctus* avaient tendance à être très élevées alors que celles de *R. similis* et de *P. coffeae* étaient en général très basses. Les densités de populations de nématodes n'étaient pas différentes entre 'Pisang awak' et les bananiers Cavendish, montrant que ces deux variétés sont fortement sensibles à ces espèces de nématodes. Là où les bananiers 'Pisang awak' et Cavendish étaient cultivés ensemble, les racines de 'Pisang awak' présentaient un système racinaire plus sain comparé à celui des Cavendish. Toutefois, ceci n'était apparemment pas dû à une différence dans le nombre de nématodes mais plutôt aux racines plus épaisses de 'Pisang awak'. Chez les bananiers plantain, les densités de nématodes étaient élevées excepté dans le nord du Kwazulu-Natal où le nombre de *Meloidogyne* spp. et d'*Helicotylenchus multicinctus* dans les racines était faible. Dans aucun des sites, l'indice de nécrose racinaire n'était supérieur à 10, ce qui peut être expliqué par la faible fréquence et la faible abondance de *R. similis* et *P. coffeae*.

Les conditions climatiques des régions d'Afrique du Sud telles que le Venda et le nord du Kwazulu-Natal sont favorables à la production de bananes dans des jardins, surtout lorsque les particuliers ont accès à l'irrigation (comme dans le nord du Kwazulu-Natal). Vu que le maïs est l'aliment de base préféré et que les gens ne savent pas préparer les bananes à cuire, il y a peu de demande pour ce genre de bananes en Afrique du Sud. Toutefois, au vu des déficiences alimentaires chroniques dans les zones rurales d'Afrique du Sud, la promotion de la culture et de la consommation de bananes à cuire pourraient être un bon moyen pour réduire ces manques et améliorer la sécurité alimentaire. Toutefois, une culture plus intense pourrait provoquer des dégâts plus importants dus aux nématodes à galle, ceux-ci étant présents en fortes densités sur les bananiers d'Afrique du Sud. Le problème des *Meloidogyne* pourrait être aggravé par la culture mixte de bananiers et de légumes,

ces derniers étant d'excellents hôtes pour ces nématodes.

Références

Fourie H., M.J. Schoeman, M.B. Mtshali, C. Leswif, H.F. Riekert & A.H. Mc Donald. 2002. The challenge towards integrated control of root-knot nematodes for developing agriculture in South Africa. Fourth International Congress of Nematology, 8-13 juin 2002, Tenerife, Iles Canaries, Espagne.

Jenkins W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. Plant Disease Report 48:692.

Robinson J.C. 1993. Handbook of banana growing in South Africa. Dynamic Ad, Nelspruit, Afrique du Sud. 128pp.

Speijer P.R. & D. De Waele. 1997. Evaluation du matériel génétique de *Musa* pour la résistance aux nématodes. Guides techniques INIBAP 1. INIBAP, Montpellier, France. 42pp.

Tableau 4. Densité de population moyenne (min-max), indice de galle (IG) et indice de nécrose racinaire (INR) des nématodes les plus courants trouvés dans les jardins de bananiers d'Afrique du Sud et du Swaziland

Région	Cultivar	Nématodes par 100 g de racines				IG	INR
		H. m.	M. spp.	R. s.	P. c.		
Venda	P. awak (n=24)	5517 (167-21 670)	5570 (167-21 670)	7 (0-170)	0	8,1	3,6
	Cavendish (n=6)	4139 (170-13 170)	9500 (1000-29 330)	10 (0-170)	0	12,3	2,7
Bushbuck Ridge	P. awak (n=25)	17 923 (3500-33 330)	8893 (330-44 670)	7 (0-167)	0	2,9	6,6
	Cavendish (n=7)	21 677 (0-105 390)	6830 (830-30 770)	0	0	0,9	6,5
	Plantains (n=1)	18 167	7500	0	0	0	3,4
Komatipoort	P. awak (n=7)	4403 (670-9330)	5523 (330-7000)	0	233 (0-830)	2,7	5,5
	Cavendish (n=5)	1600 (170-3670)	13 667 (1170-37 670)	0	0	3,4	2,5
	Plantains (n=3)	3167 (170-8000)	25 167 (1170-37 670)	57 (0-170)	0	8,3	1,3
Nelspruit and Barberton	P. awak (n=2)	483 (167-800)	7383 (3167-11 600)	0	0	4,5	3,6
	Cavendish (n=4)	4500 (0-10 833)	375 (0-833)	0	0	1,4	8,5
Northern Kwazulu-Natal	P. awak (n=14)	9460 (0-55 790)	10 920 (750-24 066)	504 (0-4690)	0	4,5	2,9
	Cavendish (n=11)	5843 (0-47 000)	5490 (0-25 830)	1197 (0-11670)	0	1,1	3,8
	Plantains (n=4)	667 (0-2500)	917 (0-2170)	0	0	0,8	1,7
Eastern Cape and southern Kwazulu-Natal	P. awak (n=16)	9787 (500-46 500)	4973 (0-28 000)	0	187 (0-300)	4,6	6,4
	Cavendish (n=19)	6346 (500-44 286)	2962 (0-25 000)	0	43 (0-670)	2,7	4,2
	Plantains (n=3)	5223 (667-14 330)	23 723 (500-68 500)	0	0	6,3	2,7
Swaziland	P. awak (n=5)	5267 (0-17 670)	1767 (0-6000)	0	133 (0-670)	5,0	4,0
	Cavendish (n=2)	108 (0-217)	1250 (0-2500)	0	0	2,5	10,4

P. awak=Pisang awak; H. m.=*Helicotylenchus multicinctus*; M. spp.=*Meloidogyne* spp.; R. s.=*Radopholus similis*; P. c.=*Pratylenchus coffeae*.

M. Daneel, J. Husselman et K. De Jager travaillent à l'Institute for Tropical and Subtropical Crops - Agricultural Research Council, Private Bag X11208, Nelspruit 1200, Afrique du Sud.

N. Dillen et D. De Waele travaillent au Laboratory of Tropical Crop Improvement, Katholieke Universiteit Leuven, Kasteelpark Arenberg 13, 3001 Leuven, Belgique.

Influence de la fréquence du désherbage sur la performance de la variété Basrai (AAA)

C.D. Badgujar, S.M. Dusane et S.S. Deshmukh

Parmi les pratiques culturales qui affectent la culture des bananiers, un désherbage inadéquat est l'un des facteurs qui limitent le plus la croissance et le rendement. Des désherbages fréquents sont réalisés par les agriculteurs pour contrôler les mauvaises herbes. La phase végétative (1 à 6 mois après la plantation) est la période la plus critique. Le contrôle des mauvaises herbes pendant cette période améliore le rendement et l'efficacité des engrais (Chadha 1999). Hemeng *et al.* (1994) ont rapporté qu'un désherbage à des intervalles de quatre semaines produisait un nombre de feuilles significativement plus élevé, une circonférence du pseudotrunc et un poids de régime maximaux. Cependant, la rareté et le coût élevé de la main d'œuvre, du fait de la compétition avec l'industrie, limitent l'intensité de désherbage. Cette étude a été effectuée pour évaluer l'effet d'une absence de désherbage durant certaines périodes, afin de minimiser le coût d'une telle pratique.

Matériels et méthodes

L'essai a été réalisé entre 1995 et 1998 à la *Banana Research Station* de l'université agricole Mahatma Phule, Jalgaon, dans le cadre du projet de recherche coordonné national sur les fruitiers tropicaux. Le cultivar 'Basrai' (AAA) a été planté en juin de chaque année sur des parcelles de 6 m x 6 m. Au total, il y avait 32 parcelles (8 traitements et 4 répétitions) contenant 25 plants chacune. L'espacement entre les plants était de 1,5 x 1,5 m. Le dispositif expérimental utilisé était un dispositif en blocs de Fisher.

T₁ : pas de désherbage (témoin)

T₂ : désherbage continu (parcelle maintenue sans mauvaises herbes, par bêchage et arrachage manuel, pendant le cycle de culture)

T₃ : désherbage à la main

T₄ : pas de désherbage jusqu'au 3^{ème} mois

T₅ : pas de désherbage jusqu'au 6^{ème} mois

T₆ : désherbage jusqu'au 3^{ème} mois, puis après le 6^{ème} mois

T₇ : désherbage jusqu'au 6^{ème} mois, puis après le 9^{ème} mois

T₈ : désherbage jusqu'au 9^{ème} mois, puis après le 12^{ème} mois.

Les plants ont reçu de l'engrais de manière uniforme : 200:40:200 g de N:P:K par plant. Les paramètres de croissance et de rendement ont été enregistrés. Les données sur trois ans ont été rassemblées pour l'analyse statistique.

Résultats et discussion

Des impacts significatifs des traitements de désherbage ont été observés sur tous les

paramètres agronomiques évalués. Les plantes les plus hautes, au pseudotrunc le plus gros, au nombre total de feuilles le plus élevé, au nombre de jours à la floraison et à la récolte le plus faible, au plus grand nombre de mains par régime, aux plus longs et plus gros doigts, et aux régimes les plus lourds ont été observés dans le traitement T₂ qui a été le plus intensément désherbé (tableau 1). Il était suivi par les traitements T₃ (désherbage manuel) et T₈ (désherbage jusqu'au 9^{ème} mois, et après le 12^{ème} mois). Maintenir le témoin généralement libre de mauvaises herbes (T₁) a résulté en une augmentation de 47% du rendement par rapport au groupe témoin et produit un rapport coût/bénéfice de 0,05. Le deuxième meilleur traitement (désherbage manuel) a permis une augmentation de 34% du rendement et un rapport coût/bénéfice de 0,08 (tableau 2).

Des résultats similaires ont été rapportés par Patel *et al.* (1999) concernant l'influence de différentes fréquences de désherbage sur la croissance et le rendement du cultivar 'Basrai'. Durgadevi et Sathiamoorthy (1996) ont rapporté des résultats sur l'influence de l'infestation par les mauvaises herbes sur la croissance des bananiers, qui montraient une augmentation de 18% du poids des régimes lorsque les plants étaient désherbés jusqu'au 9^{ème} mois, laissés sans désherbage jusqu'au 12^{ème} mois puis maintenus libres de mauvaises herbes. Ces auteurs ont rapporté une perte de rendement de 54,7% en absence de désherbage.

Malgré le coût élevé de la main d'œuvre, cela vaut la peine d'assurer un désherbage continu tout au long du cycle de croissance.

Références

- Chadha K.L. 1999. An overview on banana production in India. National seminar on banana production, post harvest technology and export, 15-16 Oct, 1999. Organized by APEDA, Delhi and National motitite of post harvest, Technology, Maharashtra State.
- D. Durgadevi & S. Sathiamoorthy. 1996. Influence of weeding treatment on yield of Banana. Conference on challenges for banana production and utilization in 21st century. 24-25 Sept 1996, Trichy, Inde.
- Hemeng O.B., K. Adu Tulie, D.K Yeboah & R.S.B. Ferries. 1994. Effect of weeding frequency on growth and yield of plantain. *MusAfrica* 10:4-5.
- Patel C.B., A.N. Patel & A.R. Patel. 1999. Influence identification of critical stages of weeding and their influence on yield of banana cv. Basrai. Paper presented at a National seminar on technological advancement in banana production handling and processing management. 27-28 March 1999.

Les auteurs travaillent à la
Banana Research Station,
Mahatma Phule Agriculture
University, Jalgaon-425 001, Inde.

Tableau 1. Effet des différentes fréquences de désherbage sur les performances agronomiques du cultivar 'Basrai' (moyenne des données sur trois ans, de 1995 à 1998)

	Hauteur du pseudotrunc (cm)	Circonférence du pseudotrunc (cm)	Nombre de feuilles par plant	Nombre de jours à la floraison	Nombre de jours à la récolte	Nombre de mains par régime	Longueur des doigts (cm)	Circonférence des doigts (cm)	Poids des régimes (kg)
T1	147,6d	59,0c	30,3b	320c	428c	6,7c	18,5c	9,9	11,8e
T2	164,9a	69,2a	32,6a	265a	362a	9,2a	21,9a	11,2a	17,3a
T3	159,5b	64,7a	31,3a	289b	386a	8,8a	21,3a	10,9b	16,1b
T4	154,6c	62,4b	30,7b	307b	411b	7,5b	19,5b	10,3e	13,3d
T5	151,2c	57,3c	30,3b	321c	420b	7,2c	18,8c	9,7g	11,9e
T6	153,0c	62,0b	30,3b	293b	395b	8,1b	20,2b	10,6d	14,3c
T7	154,7c	64,0a	30,7b	284a	383a	8,0b	20,5b	10,8c	14,9c
T8	157,6b	64,9a	31,2a	287a	384a	8,7a	21,4a	10,9b	15,8b
ES	1,2	1,8	0,5	7,7	8,6	0,3	0,4	0,1	0,4
DC	3,3	5,6	1,5	23	26	0,7	1,2	0,1	1,1

T₁ : pas de désherbage (témoin)

T₂ : désherbage continu (parcelle maintenue sans mauvaises herbes, par bêchage et arrachage manuel, pendant le cycle de culture)

T₃ : désherbage à la main

T₄ : pas de désherbage jusqu'au 3^{ème} mois

T₅ : pas de désherbage jusqu'au 6^{ème} mois

T₆ : désherbage jusqu'au 3^{ème} mois, puis après le 6^{ème} mois

T₇ : désherbage jusqu'au 6^{ème} mois, puis après le 9^{ème} mois

T₈ : désherbage jusqu'au 9^{ème} mois, puis après le 12^{ème} mois

ES : Erreur standard

DC : Différence critique P=0.05

Tableau 2. Effet du désherbage et sur le rendement et les performances économiques de bananiers de la variété 'Basrai'

	Rendement (T/ha)	% de changement par rapport au traitement sans désherbage (%)	Rendement supplémentaire par rapport au traitement sans désherbage (TM)	Revenu supplémentaire par rapport au traitement sans désherbage (Rs)	Coût additionnel du traitement (Rs/ha)	Rapport coût/bénéfice
T1	52,3					
T2	76,8	46,9	24,5	613 350	2857	0,05
T3	71,7	37,1	19,4	48 475	3700	0,08
T4	59,1	12,9	6,8	16 925	2800	0,16
T5	52,9	1,3	0,7	1 700	1400	0,83
T6	63,8	11,5	11,5	28 700	4300	0,12
T7	66,2	26,5	13,9	34 700	4300	0,12
T8	70,1	34,1	17,8	44 575	3700	0,08

Voir tableau 1 pour le détail des traitements

Coût de la main d'œuvre : 30 Rs, coût du bêchage : 500 Rs/ha, prix des bananes : 2500 Rs/t.

Efficacité comparée de diverses méthodes de contrôle des mauvaises herbes chez le cv. 'Basrai' (AAA)

C.D. Badgujar, S.M. Dusane et S.S. Deshmukh

Lutte contre les mauvaises herbes

Les faibles rendements peuvent être dus à de nombreux facteurs dont l'un des plus importants est la gestion inadéquate des mauvaises herbes. La façon la plus courante de lutter contre cette contrainte est le désherbage manuel fréquent, mais il est souvent repoussé jusqu'à ce que des dommages importants aient déjà été faits aux plantes. Le coût, la difficulté du travail ainsi que l'absence de main d'œuvre pendant la haute saison sont certains des désavantages du désherbage manuel. Cependant, la plantation d'une espèce à croissance rapide telle que le niébé entre les rangs et son incorporation dans le sol à l'initiation de la floraison, suivies par un deuxième semis de niébé, permettent d'empêcher le développement des mauvaises herbes.

L'avantage du contrôle chimique contre les mauvaises herbes est qu'il est plus efficace pendant la période critique de croissance des

plantes et permet de réduire la perte d'engrais et d'augmenter le rendement avec un coût minimal d'intrants. L'efficacité de l'application du Glyphosate et de la succession de deux cultures de niébé incorporée dans le sol a été rapportée (Durgadevi et Sathiamoorthy 1996, Anon. 2000). Panta et Revista (1992) ont également observé l'effet bénéfique du Glyphosate pour contrôler les mauvaises herbes, et Durgadevi et Sathiamoorthy (1996) celui du Gramoxone à 1.8 kg/ha. Cette étude a été menée pour comparer l'efficacité de ces méthodes de contrôle des mauvaises herbes.

Matériel et méthodes

Sept traitements, avec quatre répétitions par traitement, ont été comparés à la *Banana Research Station*, Mahatma Phule Krishi Vidyapeeth, Jalgaon, entre 1995 et 1998. Les caractéristiques du sol du site expérimental

étaient : pH=8,1 à 8,4, EC=038 à 0,40 mmhos/cm, N disponible=240 à 250, P₂O₅=19,5 à 21,0, et K₂O=652 à 710 kg/ha. La variété locale de niébé a été semée. Le cultivar de bananier 'Basrai' (AAA) a été planté chaque année en juin, sur des parcelles de 6 m × 6 m. Au total, il y avait 32 parcelles (8 traitements répétés 4 fois) contenant 25 plants chacune. L'espacement entre les plants était de 1,5 m × 1,5 m. Le dispositif expérimental était un dispositif en blocs de Fisher. Les traitements étaient les suivants :

- T₁ : désherbage à la main
- T₂ : niébé cultivé entre les rangs de bananiers et incorporé dans le sol
- T₃ : incorporation des deux récoltes de niébé dans le sol
- T₄ : Gramoxone à 1,8 L/ha, 2 à 3 applications selon l'importance des mauvaises herbes
- T₅ : Glyphosate à 2 L/ha, puis Gramoxone à 1,8 L/ha
- T₆ : Glyphosate à 2 L/ha puis Glyphosate à 1,0 L/ha
- T₇ : gestion intégrée des mauvaises herbes (T₂ + bêchage et désherbage manuel)

Les plantes ont reçu de l'engrais de manière uniforme (200:40:200 g N:P:K par plant). Les paramètres de croissance et de rendement ont été mesurés. Les données de trois ans ont été regroupées pour l'analyse statistique.

Résultats et discussion

Le tableau 1 montre que les valeurs les plus élevées pour la hauteur et la circonférence du pseudotrunc et le nombre total de feuilles par plant ont été enregistrés avec le traitement

intégré des mauvaises herbes (T₇). Le deuxième meilleur résultat était obtenu avec T₃, soit le traitement comprenant l'incorporation des deux récoltes de niébé dans le sol. Les durées les plus courtes jusqu'à la floraison et la récolte ont également été enregistrées avec ce traitement, suivi par le traitement intégré des mauvaises herbes. Les valeurs les plus élevées du nombre de mains, du nombre de doigts par régime, de longueur des doigts, de circonférence des doigts et de poids des régimes ont été enregistrées avec le traitement intégré des mauvaises herbes, suivi par T₃. Aucune différence significative n'a été enregistrée entre les traitements chimiques de contrôle des mauvaises herbes. Le poids de régimes le plus élevé a été enregistré avec le Gramoxone à 1,8 L/ha (T₄), suivi du traitement avec Glyphosate à 2 L/ha + Glyphosate à 1 L/ha (T₆).

Les rendements les plus élevés ont été observés avec le traitement intégré des mauvaises herbes suivi par T₃. Les résultats de ces essais sont comparables à ceux observés par Chadha (1999), ainsi que Durgadevi et Sathiamoorthy (1992). Le bénéfice net par hectare le plus élevé a été obtenu avec le traitement intégré des mauvaises herbes (tableau 2), suggérant ainsi que c'était la méthode la plus efficace. Le meilleur traitement suivant était T₃.

Références

- Anonyme. 2000. Report on chemical weed management from RAU, Pusa; XIth Biennial report of AICFIP-2000 held at MPKV, Rahuri. 5-8 Jan. 2000.
- Chadha K.L. 1999. An overview on banana production in India. National seminar on banana production,

Tableau 1. Effet de divers traitements de contrôle des mauvaises herbes sur les performances agronomiques du cultivar 'Basrai' (moyenne de trois ans, 1995-1998).

	Hauteur du pseudotrunc (cm)	Circonférence du pseudotrunc (cm)	Nombre de feuilles par plant	Nombre de jours à la floraison	Nombre de jours à la récolte	Nombre de mains par régime	Nombre de doigts par régime	Longueur des doigts (cm)	Circonférence des doigts (cm)	Poids des régimes (kg)
T1	150,8c	57,7d	29,0c	295a	400a	8,0b	132,1b	19,9c	10,63c	14,03
T2	158,6b	62,6b	30,9b	296a	377c	8,3b	136,3b	20,4b	11,26b	15,28
T3	161,5a	65,4a	31,2a	277b	376c	8,8a	142,0a	20,9a	12,01a	16,70
T4	157,7b	61,0b	30,0b	299a	403a	8,1b	126,3c	20,1c	11,75b	14,90
T5	154,3b	61,4b	29,9b	290a	380b	7,9b	131,5b	20,1c	11,10c	14,43
T6	151,7c	59,6c	29,3c	293a	319d	8,2b	129,4c	20,2b	11,21c	14,65
T7	165,8a	66,5a	31,7a	282b	382b	9,1a	143,5a	21,2a	12,03a	17,63
ES	2,2	0,7	0,4	10,5	16,5	0,2	3,5	0,2	0,26	0,42
DC	6,8	2,0	1,1'	32,4	50,7	0,5	10,6	0,6	0,79	1,28

T₁ : désherbage à la main

T₂ : niébé cultivé entre les rangs de bananiers et incorporé dans le sol

T₃ : incorporation de deux récoltes de niébé dans le sol

T₄ : Gramoxone à 1,8 L/ha, 2 à 3 application selon l'importance des mauvaises herbes

T₅ : Glyphosate à 2 L / ha, puis Gramoxone à 1,8 L / ha

T₆ : Glyphosate à 2 L / ha, puis Glyphosate à 1,0 L / ha

T₇ : gestion intégrée des mauvaises herbes (T₂ + bêchage et désherbage manuel)

ES : Erreur standard

DC : Différence critique à P=0.05

Tableau 2. Effet du désherbage sur le rendement et les performances des bananiers 'Basrai'

Traitement	Rendement (TM/ha)	Coût total (Rs)	Revenu/ha (Rs)	Revenu net/ha (Rs)
T1	62,4	46 188	155 900	109 712
T2	67,9	45 911	169 725	123 814
T3	73,8	47 591	184 425	136 834
T4	66,2	44 737	165 550	120 813
T5	64,1	44 771	160 325	115 554
T6	65,1	44 789	162 750	117 961
T7	78,4	48 188	195 875	147 687

Voir tableau 1 pour le détail des traitements.

Cout journalier de la main d'oeuvre : 30 Rs ; cout du bêchage : 500 Rs/ha; prix de bananes : 2500 Rs/T

post harvest technology and export. 15-16 Oct. 1999. Maharashtra State, Inde.

Durgadevi D. & S. Sathiamoorthy. 1996. Effect of cultural practices and weedicides on weed control in banana. Conference on challenges for banana production and

utilization in 21st century. 24-25 Sept. 1996, Trichy, Inde.

Panta G. & P.N.B. Revista. 1992. Weed management, ECU, SPA, 1992, 23 (Abstract UP 959738)

Les auteurs travaillent à la
Banana Research Station,
Mahatma Phule Agriculture
University, Jalgaon-425 001, Inde.

Méthode par intégration pour estimer la surface foliaire totale du bananier

Surface foliaire

D. W. Turner

Une méthode qui permettrait de mesurer la surface foliaire totale de bananiers de façon rapide et exacte serait largement utilisée. Kumar *et al.* (2002) ont proposé une méthode de ce type, basée sur la mesure de la superficie de la troisième plus jeune feuille et le nombre de feuilles présentes sur la plante.

Dans un premier temps, mon but est de démontrer que la portée du « nouveau facteur » proposé par Kumar *et al.* (2002) est limitée par les hypothèses sur lesquelles il est basé. Je propose ensuite une méthode par intégration qui requiert la mesure de deux feuilles mais évite les problèmes que je perçois dans la méthode du nouveau facteur. Pour finir, et afin d'illustrer mon propos, les deux méthodes sont comparées en utilisant une même série de données afin de montrer la marge d'erreur à laquelle on peut s'attendre en utilisant l'une ou l'autre de ces équations.

Méthode du nouveau facteur

Kumar *et al.* (2002) ont proposé l'équation suivante pour estimer la surface foliaire totale d'une plante :

$$SFT = L \times La \times 0,80 \times N \times 0,662 \quad (1)$$

où SFT est la surface foliaire totale de la plante, N le nombre total de feuilles (mais aussi le numéro de la feuille la plus jeune lorsque les feuilles sont numérotées de la plus âgée (feuille 1) à la plus jeune (feuille N) comme c'est le cas dans cette publication), L et La sont la longueur et la largeur de la troisième feuille la plus jeune (S_{N-3}), et 0,80 est le facteur de proportionnalité proposé par Murray (1960). Le nouveau facteur est le coefficient qui porte la valeur de 0,662. Afin de dériver le nouveau facteur, Kumar *et al.* (2002) ont utilisé 25 plantes sur lesquelles ils ont mesuré S_{N-3} et N pour calculer, à l'aide du facteur 0,80, la surface foliaire totale estimée. Ils ont mesuré la surface foliaire totale réelle (S_m) en utilisant un appareil de mesure de la surface foliaire. Pour chacune des 25 plantes, le rapport entre la surface foliaire totale réelle et la surface foliaire totale estimée a été calculé et la moyenne de ces valeurs a donné le nouveau facteur 0,662. Ce nouveau facteur a ensuite été utilisé pour

calculer la surface foliaire totale de chacune des 25 plantes qui avaient été utilisées pour dériver le nouveau facteur et, comme on pouvait l'espérer, les auteurs ont trouvé un très bon accord entre les valeurs estimées et réelles.

Etant donné que le nouveau facteur de 0,662 est dérivé d'un cas isolé, son utilisation dans d'autres situations pourrait entraîner des estimations incorrectes de la surface foliaire d'une plante. Le nouveau facteur est également déterminé par la relation entre la taille de la troisième feuille la plus jeune et les autres feuilles, et on peut s'attendre à ce que cette relation change durant le développement de la plante. Kumar *et al.* (2002) non seulement reconnaissent que la taille des feuilles varie au cours du développement mais ajoutent que le nouveau facteur a été introduit pour prendre en compte ce fait.

Mathématiquement, le nouveau facteur est dérivé de $(S_m/N)S_{N-3}$ dans lequel S_m/N est la moyenne arithmétique de la superficie de chaque feuille. Par conséquent, le calcul du nouveau facteur suppose que l'accroissement de la surface foliaire de feuille en feuille pendant le développement de la plante est linéaire, la moyenne arithmétique étant utilisée pour le dériver. Cependant, si l'on trace la courbe de l'accroissement de la surface foliaire en fonction du numéro de la feuille pendant le développement de la plante (figure 1.15 dans Stover et Simmonds 1987), cette courbe montre que l'accroissement de la superficie n'est pas linéaire mais exponentiel pendant au moins 75% du cycle végétatif de la plante. La phase exponentielle s'arrête à la feuille 30, après quoi les feuilles sont de tailles semblables jusqu'à la feuille 42.

Le nouveau facteur sera influencé par la nature exponentielle de l'accroissement de la surface foliaire, le nombre de feuilles utilisées dans le calcul et le stade de développement de la plante. Si le nouveau facteur est calculé avec les feuilles qui sont dans la phase de croissance exponentielle, il passera de 1,2 à 0,4 lorsque le nombre de feuilles utilisées dans le calcul passe de 3 à 30. Si, par contre, le nouveau facteur est calculé à partir des feuilles ayant atteint la phase maximale, sa valeur sera de 1,0 et le nombre

de feuilles prises en compte n'aura aucun effet. Etant donné que les traitements tels que l'apport d'engrais ou l'irrigation auront également une influence sur le système foliaire, la valeur du nouveau facteur devrait également varier. Par conséquent, l'utilisation d'une valeur unique pourrait donner des résultats trompeurs.

Une méthode fiable d'estimation de la surface foliaire d'une plante devrait tenir compte 1) de la nature exponentielle de l'accroissement de la surface foliaire d'une feuille à l'autre, 2) du fait que le taux d'accroissement se stabilise, et 3) du nombre variable de feuilles.

Méthode par intégration

Si la superficie de chaque feuille dans une séquence ontogénique donnée s'accroît exponentiellement, la courbe décrivant la superficie de chaque feuille en fonction du numéro de la feuille devient linéaire après transformation logarithmique de la surface foliaire. Ceci est décrit par l'équation :

$$S_n = S_0 e^{Rn} \quad (2)$$

où S_n est la superficie de la $n^{\text{ième}}$ feuille, S_0 est la superficie de la feuille initiale dans la séquence, R est le taux relatif d'accroissement qui quantifie l'accroissement en superficie d'une feuille à l'autre. R est calculé comme suit :

$$R = (\ln S_N - \ln S_i) / (N - 1) \quad (3)$$

où S_N est la superficie de la plus jeune feuille et S_i la superficie de la feuille verte la plus ancienne de la plante.

Afin d'estimer la surface foliaire de deux feuilles quelconques d'une même plante, l'aire sous la courbe de l'équation (2) peut être déterminée par l'intégration par rapport à N :

$$S_{i..N} = S_i [(\exp(RN) - \exp(Ri)) / R] \quad (4)$$

$S_{i..N}$ est l'intégration des surfaces foliaires entre la feuille i , la feuille la plus âgée au moment de la mesure, et la feuille la plus jeune N . S_i est la superficie de la feuille la plus âgée de la plante. Lors de l'utilisation de la méthode par intégration, il est nécessaire de mesurer les superficies S_i et S_N et de connaître N pour calculer la valeur de R . La feuille i peut être égale à 1 et N représente le nombre de feuilles vertes sur la plante.

R est susceptible de varier avec des facteurs tels que le cultivar, l'approvisionnement en eau et en éléments nutritifs, l'environnement ou le stade de développement de la plante. Etant donné que R est estimé pour chaque plante, l'effet d'un traitement expérimental sur R est automatiquement pris en compte dans l'estimation de la surface foliaire totale. La méthode par intégration est donc adaptative. La méthode par intégration et celle du nouveau facteur proposée par Kumar *et al.* (2002) peuvent maintenant être comparées.

Test de la méthode par intégration

La série de données utilisée pour comparer les deux méthodes est en fait une reconstruction simulée des données de la figure 1.15 de Stover et Simmonds (1987). La feuille 1 a été fixée arbitrairement à 100 cm² et la superficie de chaque feuille a été augmentée de 20% par rapport à la feuille précédente. D'où :

$$S_n = S_{n-1} + 0.2(S_{n-1})dN \quad (5)$$

Pour les feuilles 31 à 42, la superficie a été fixée à 17 000 cm² par feuille.

La superficie totale de n'importe quelle série de feuilles entre 1 et 42 a été additionnée afin d'obtenir la superficie réelle. Ceci équivaut à mesurer les superficies de chaque feuille présente sur une plante et à les additionner. Les estimations de la superficie avec le nouveau facteur et la méthode par intégration ont été comparées à la superficie réelle. La différence entre la superficie réelle et la superficie obtenue avec chaque méthode a ensuite été exprimée en pourcentage (figures 1a et 1b).

Dans la figure 1a, l'effet d'augmenter le nombre de feuilles prises en compte dans le calcul de la surface foliaire totale a été évalué en commençant avec les trois premières feuilles et en finissant par l'inclusion des feuilles 1 à 42. Par exemple, dans le calcul avec le nouveau facteur, la troisième feuille la plus jeune serait la feuille 1, lorsque seulement trois feuilles sont prises en compte, et la 40^{ième} feuille lorsque les 42 feuilles sont prises en compte. Le numéro de la troisième feuille la plus jeune augmente lorsque N augmente. Cette approche nous permet de voir comment chaque méthode réagit à un nombre différent de feuilles. Ces calculs dépassent largement le nombre maximum de feuilles susceptibles d'être trouvées sur le terrain.

Dans la figure 1b, le nombre de feuilles a été fixé à 14, ce qui est le nombre moyen de feuilles dans la population utilisée par Kumar *et al.* (2002) lors de la dérivation du nouveau facteur et, ce faisant, le nombre susceptible de fournir la « meilleur » estimé pour cette méthode. Des suites de 14 feuilles consécutives ont été sélectionnées en ajoutant une pour avancer la séquence et en soustrayant une pour garder le nombre de feuille constant à 14. La première séquence comprend donc les feuilles 1 à 14 et la dernière, les feuilles 29 à 42. Pour chaque situation, la superficie réelle ainsi que les superficies estimées par les méthodes du nouveau facteur et par intégration ont été calculées sur une feuille de calcul d'Excel®.

Dans la phase d'accroissement exponentiel de la surface foliaire, et lorsque le nombre de feuilles incluses dans l'estimation augmentait de 3 à 42, la méthode du nouveau facteur a initialement sous-estimé la surface foliaire totale de près

de 50% (figure 1a). Les estimations se sont rapprochées de la superficie réelle jusqu'à être similaires lorsque N était égal à 13 et 14 feuilles. Au fur et à mesure que le nombre de feuilles augmentait, la méthode du nouveau facteur a surestimé la surface foliaire jusqu'à atteindre sa plus grande divergence à la fin de la phase exponentielle, soit 31 feuilles. La raison de cette tendance est l'évolution de la divergence entre la valeur du nouveau facteur, fixée à 0,662, et sa valeur réelle, qui décroît de 1,2 à 0,4 lorsque le nombre de feuilles augmente. Etant donné que les feuilles 30 à 42 sont de la même taille, le fait qu'elles aient été incluses dans le calcul a ramené le nouveau facteur vers 0,662, ce qui a eu comme effet de rapprocher les estimations de la surface foliaire aux valeurs réelles.

La méthode par intégration s'est avérée plus précise que la méthode du nouveau facteur, surtout dans la phase exponentielle. Elle a sous-estimé la surface foliaire réelle d'environ 20% lorsque N était égal à 3 (figure 1a) mais au fur et à mesure que le nombre de feuilles augmentait, la méthode par intégration s'est rapprochée de la superficie réelle avec des résultats similaires à 6 et 7 feuilles. Au fur et à mesure que le nombre de feuilles s'approchait de 29, la méthode par intégration a surestimé la superficie réelle de moins de 10%. La méthode par intégration était plus à même d'estimer la surface foliaire totale et a permis d'être plus proche de la superficie réelle car elle tient compte du changement de R lorsque le nombre de feuilles augmente (figure 1a). Après la phase exponentielle, le fait d'inclure des feuilles qui ne s'accroissent plus exponentiellement en superficie d'une feuille à l'autre a changé l'estimation de R et les estimations de la superficie ont divergé de la superficie réelle.

Lors du développement complet de 14 feuilles, les deux méthodes ont surestimé la surface foliaire mais la méthode par intégration s'est avérée plus proche des valeurs réelles, surtout pendant la phase exponentielle (figure 1b). Encore une fois, le fait d'ajouter des feuilles au-delà de la phase exponentielle, provoque des divergences quelle que soit la méthode. La méthode par intégration a donné de meilleures estimations que la méthode du nouveau facteur car elle prend en compte le changement exponentiel de la surface foliaire pendant l'ontogenèse de la plante et que le calcul de R est basé sur les feuilles mesurées.

Aucune des deux méthodes ne tient compte du plateau où les feuilles sont de la même taille. La méthode par intégration suppose un accroissement exponentiel de la surface foliaire pendant toute l'ontogenèse mais elle peut être adaptée au cas d'un accroissement linéaire en mesurant deux feuilles, ce qui en fait une méthode plus adaptative que celle du nouveau facteur. Si le changement dans l'ontogenèse

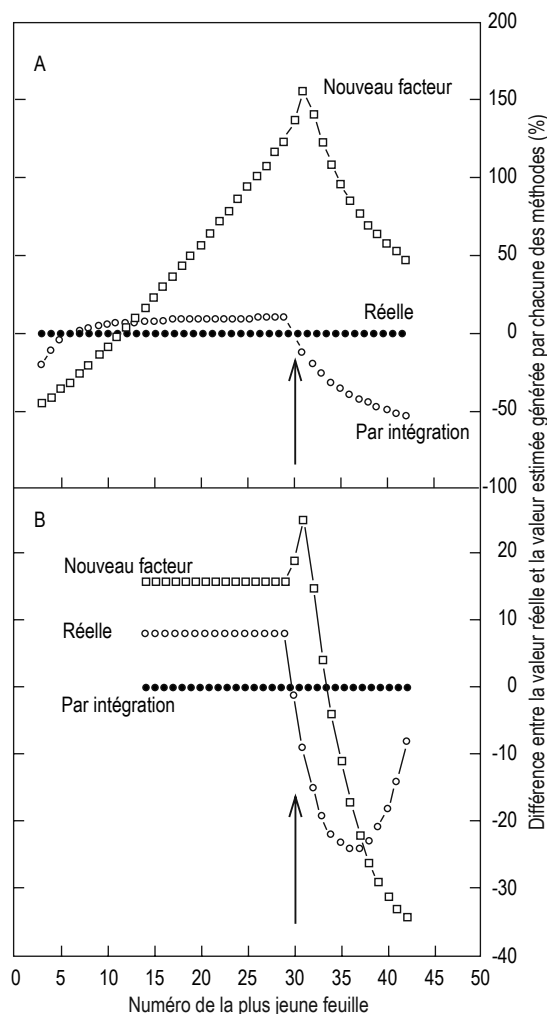


Figure 1. Comparaison entre la surface foliaire totale réelle d'un bananier et les estimations produites par la méthode du nouveau facteur et celle par intégration. Les sous et surestimations de la surface foliaire totale sont exprimées en pourcentage. La phase exponentielle d'accroissement de surface foliaire va de la feuille 1 à la feuille 30. De la feuille 31 à la feuille 42, les feuilles sont de la même taille. A) Le nombre de feuilles incluses dans le calcul varie et correspond au numéro de la plus jeune feuille. B) Le nombre de feuilles incluses dans le calcul est constant à 14 mais cette sélection se déplace de la feuille 14 à la feuille 42.

peut être détecté, le nombre de feuilles dans la phase plateau peut être compté et leur surface totale ajoutée aux estimations de la méthode par intégration. Pour ce faire, il suffit d'ajouter l'équation suivante à l'équation (4) :

$$S_{i,N} = S_i[(\exp(RN_e) - \exp(Ri))/R] + S_p N_p \quad (6)$$

où, si S_p est la superficie de la première feuille de la phase plateau, seules deux feuilles ont besoin d'être mesurées comme précédemment. N_e est le nombre de feuilles incluses dans la phase exponentielle et N_p est le nombre de feuilles dans la phase plateau.

Références

- Kumar N., V. Krishnamoorthy, L. Nalina & K. Soorianathasundharam. 2002. A new factor for estimating total leaf area in banana. *INFOMUSA* 11(2): 42-43.
- Murray D.B. 1960. The effect of deficiencies of the major nutrients on growth and leaf analysis of the banana. *Trop. Agric. (Trinidad)* 37:97-106.
- Stover R.H. & N. W. Simmonds. 1987. Bananas. (3rd edition) Longman, Londres, Royaume Uni.

Remerciements

L'auteur remercie ses collègues pour leurs commentaires et le réviseur de ce texte.

L'auteur travaille à la School of Plant Biology, Faculty of Natural and Agricultural Sciences, The University of Western Australia, 35 Stirling Highway, Crawley WA 6009, Australie.

Performance de cultivars introduits sous différentes conditions de culture dans le nord-ouest du Nicaragua

S. Coessens, M. Tshiunza, M. Vargas, E. Tollens et R. Swennen

Depuis 1997, l'*Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua* (UNAN) avec l'appui du *Vlaamse Vereniging voor Ontwikkelingshulp en Technische Bijstand* (VVOB) et de la compagnie Bananic, en partenariat avec 20 programmes nationaux et internationaux, teste et distribue de nouveaux cultivars de bananiers et bananiers plantain dans le nord-ouest du Nicaragua. Cette intervention vise à améliorer la sécurité alimentaire des agriculteurs les plus démunis. La stratégie et le mode opératoire de cette intervention ont été décrits dans Dens *et al.* (2002). A ce jour, 16 cultivars et hybrides améliorés ('Rose', FHIA-01, FHIA-02, FHIA-03, FHIA-17, 'Pelipita', 'Pisang Ceylan', 'Pisang lidi', 'Pisang mas', TMBx 1378, TMBx 5295, TMPx 1621, TMPx 4479, TMPx 7002, TMPx 7152 et 'Yangambi km5') ont été introduits. De plus, 68 700 vitroplants ont été produits localement et distribués à plus de 1000 petits et moyens producteurs.

Les objectifs de l'étude dont découle cette publication étaient 1) de déterminer les principaux systèmes de production agricole des petits et moyens producteurs dans la zone étudiée et l'importance des cultivars traditionnels dans chaque système, 2) d'évaluer les performances des cultivars introduits et 3) de tirer des leçons concernant les facteurs les plus importants pour l'introduction réussie d'un nouveau cultivar, afin de pouvoir orienter les collaborations futures avec les agriculteurs (Coessens 2002).

Typologie des systèmes de production

Les critères de classification utilisés dans cette étude sont 1) l'activité principale de l'agriculteur, c'est-à-dire la production végétale ou animale, 2) la provenance de l'eau utilisée dans la production : irrigation ou eau de pluie et 3) l'objectif de production

de l'agriculteur, subsistance ou commercial. Les huit systèmes de production qui suivent sont classés en fonction de l'origine de l'eau, de l'activité la plus importante de l'agriculteur et de la principale destination de sa production. L'importance des bananiers et bananiers plantain est présentée de façon synthétique dans le tableau 1.

L'étude s'est limitée aux 252 fermes qui avaient reçu de nouveaux cultivars sous forme de vitroplants en 2000. Elles se trouvent dans la région du Léon-Chinandega, où la pluviométrie annuelle varie entre 1142 mm et 1927 mm pendant une période de 6 mois. (MAGFOR 1999).

Système de production commerciale de bananier plantain irrigué (SP1)

Dans ce système, la production de bananiers et bananiers plantain représente la principale activité agricole, pratiquée généralement en monoculture. Les cultures bénéficient d'un apport en eau par aspersion ou irrigation par gravité grâce à des motopompes. On trouve ce système dans les plaines et dans les zones où la nappe phréatique se situe en moyenne à 9 m de profondeur. Les plantations de bananiers sont généralement situées le long ou à côté de routes goudronnées étant donné que les fruits sont en général destinés aux marchés locaux. La superficie moyenne plantée de bananiers et bananiers plantain est de 1,3 ha ce qui représente 32% de la superficie totale de la ferme, tandis que la densité moyenne est de 1474 plantes à l'hectare. Ce système est pratiqué par peu d'agriculteurs (2%) sans doute du fait des coûts élevés de l'irrigation et de la main d'œuvre. En effet, non seulement la main d'œuvre familiale est-elle nécessaire, mais de la main d'œuvre temporaire et permanente est également requise pour entretenir la ferme. On trouve également dans ce système le maïs, le riz, des légumes, la canne à sucre et le sorgho. Les agriculteurs possèdent également des bovins et/ou du petit bétail.

Tableau 1. Typologie des différents systèmes de production et importance des bananiers et des bananiers plantain

Système de production	Activité principale	Principale source en eau	Objectif de production	Proportion des cultivateurs (%)	Superficie moyenne allouée aux bananiers et bananiers plantain (ha/cultivateur)	Densité moyenne de bananiers et bananiers plantain (plants/ha)
SP1	bananier plantain	irrigation	commercial	2,0	1,3	1474
SP2	bananier plantain	pluie	commercial	1,6	1,3	1448
SP3	autres cultures	irrigation	commercial	5,2	0,4	703
SP4	bétail	irrigation	commercial	3,6	0,6	1147
SP5	autres cultures	irrigation	subsistance	7,1	0,1	1020
SP6	autres cultures	pluie	commercial	32,1	0,4	463
SP7	bétail	pluie	commercial	8,3	0,2	715
SP8	autres cultures	pluie	subsistance	40,1	0,1	500

Système de production commercial de bananier plantain non irrigué (SP2)

Ce système est semblable au SP1 mis à part que la production de bananes et bananiers plantain dépend uniquement de l'eau de pluie. On rencontre ce système de production dans les plaines, les vallées de l'intérieur et dans les zones humides, où la nappe phréatique se situe à environ 4 m de profondeur. La superficie moyenne des terres destinées aux bananiers et bananiers plantain, cultivés surtout en monoculture, est de 1,3 ha (11% des terres cultivées), avec une densité moyenne de 1448 plantes/ha. Comme dans le cas du SP1, seuls quelques cultivateurs (1,6%) pratiquent ce système et utilisent principalement de la main d'œuvre familiale et temporaire. Du maïs et du riz sont également cultivés, surtout pour la consommation personnelle.

Système de production irrigué avec autres cultures commerciales (SP3)

Dans ce système, l'irrigation est la principale ressource en eau des différentes cultures destinées en majorité à la vente. Ce système se trouve dans les plaines et les zones dont la nappe phréatique est en moyenne à 10 m. Seulement 5,2% des cultivateurs le pratique et ils sont aidés par une main d'œuvre familiale ainsi que temporaire et permanente. L'irrigation dépend de motopompes et de pompes à corde (irrigation par gravité).

Les cultures irriguées sont surtout des aliments de base tels que le maïs, le riz, les haricots, le sorgho et certains légumes. On trouve également dans ce système d'autres cultures telles que le manioc et le soja. Quelques cultivateurs irriguent de petites parcelles de bananiers et bananiers plantain, parfois cultivés en association avec des légumes ou des petits arbres fruitiers. La superficie moyenne allouée aux bananiers et bananiers plantain est de 0,4 ha, soit 6% des terres cultivées, à une densité moyenne 703 plants/ha. Ces cultivateurs possèdent également quelques vaches.

Système de production irrigué avec élevage commercial (SP4)

Dans ce système, la production animale constitue la principale activité pratiquée avec de la main d'œuvre est familiale et de la main d'œuvre temporaire et permanente. Ces cultivateurs possèdent à la fois des bovins destinés à être vendus et du petit bétail pour leur propre consommation. Ce système est pratiqué dans les plaines et dans les zones où la profondeur moyenne de la nappe phréatique est de 9 m.

En plus de la production animale, ces agriculteurs cultivent du maïs, du riz, des haricots, des légumes, du sésame, des bananes et des bananiers plantain (en monoculture ou associées à des légumes) ; ils utilisent un arrosage par aspersion ou une irrigation au goutte à goutte.

Certains cultivateurs pratiquent également des activités agro-forestières. La superficie moyenne plantée de bananiers et bananiers plantain est de 0,6 ha, ce qui représente 2% des terres cultivées, à une densité moyenne de 1147 plants/ha.

Système de production irrigué avec cultures de subsistance (SP5)

Ce système comprend des cultivateurs (7,1%) qui ont recours à l'irrigation et à la main d'œuvre familiale pour produire des cultures destinées à leur consommation personnelle. On trouve ce système dans des zones moins accessibles, sur des collines et dans des régions sèches (période sèche prononcée de 20 à 30 jours consécutifs sans pluie pendant la saison des pluies, surtout en juillet-août, MAGFOR 1999). La nappe phréatique est à une profondeur moyenne de 13 m. Les principales cultures dans ce système sont le maïs, le sorgho, le manioc, les légumes, le sésame et quelques fois les bananes et bananiers plantain (en association avec des légumes). Les légumes, cultivés sur une superficie moyenne de 0,1 ha, sont les principales cultures irriguées dans ce système. La superficie moyenne destinée aux bananiers et bananiers plantain est de 0,1 ha et représente environ 7% de la superficie totale cultivée. La densité moyenne est de 1020 plants/ha.

Système de production non irrigué avec cultures commerciales (SP6)

L'eau de pluie est ici la principale source en eau pour la production de cultures commerciales. Ce système est pratiqué par de nombreux cultivateurs (32,1%) qui utilisent principalement une main d'œuvre familiale et temporaire. Ce système est trouvé dans des zones qui sont d'une accessibilité, d'une humidité et d'une topographie variables et où la profondeur moyenne de la nappe phréatique est de 27 m. Les principales cultures dans ce système sont le maïs, le riz, le manioc, le soja et les légumes. Les récoltes sont vendues à la ferme où dans des marchés urbains. Quelques agriculteurs cultivent également des bananes plantain et des bananes en tant que culture secondaire, en association avec des légumes, pour leur consommation personnelle. La superficie moyenne destinée aux bananiers plantains et bananiers est de 0,4 ha, soit 4% de la superficie totale cultivée, avec une densité moyenne de 463 plants/ha.

Système non irrigué avec élevage commercial (SP7)

La production de bétail est la principale activité de ce système. Elle est pratiquée par environ 8,3% des agriculteurs qui utilisent une main d'œuvre familiale, temporaire et permanente. La nappe phréatique est à une profondeur moyenne de 22 m. Les activités secondaires sont constituées par la culture du maïs, du riz et des légumes, associée parfois à celle des bananes et bananiers plantain. La superficie moyenne utilisée pour la culture des

Tableau 2. Performance de bananiers et bananiers plantain introduits selon différents systèmes de production (SP)

Système de production	Survie (%)	Récolte (%)	Perte (%)
SP1*	79	50	21
SP2	61	55	39
SP3*	60	33	40
SP4*	89	41	11
SP5*	67	27	33
SP6	29	15	71
SP7	41	25	59
SP8	27	12	73
Moyenne	46	23	54

* Irrigués

Figure 1. Performance des plants introduits en fonction de la source en eau.

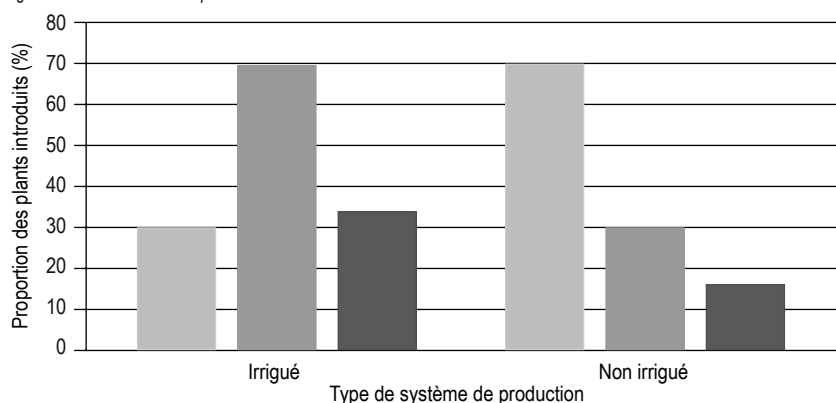


Figure 2. Performance des plants introduits en fonction du système d'approvisionnement en eau.

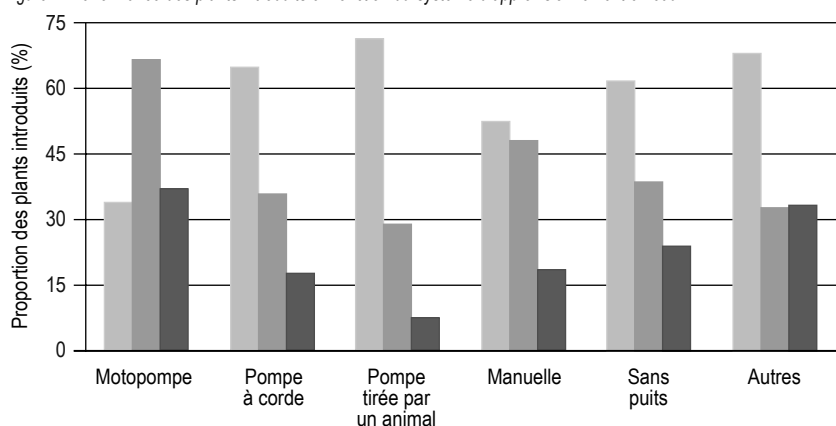
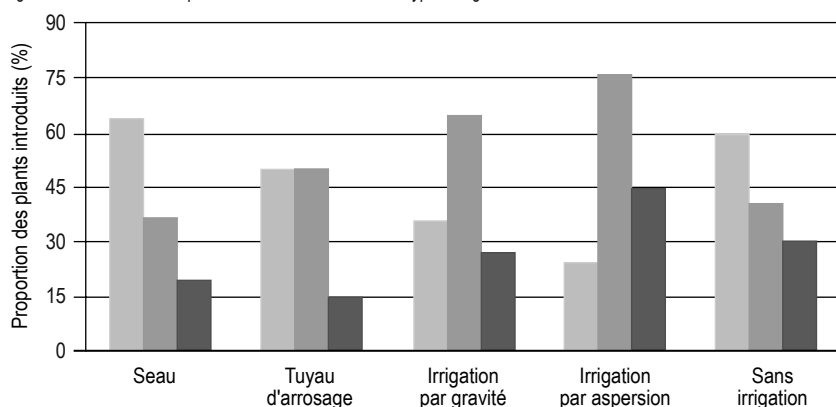


Figure 3. Performance de plants introduits en fonction du type d'irrigation.



bananiers et bananiers plantain est de 0,2 ha, ce qui ne représente que 1% des terres cultivées. La densité moyenne est de 715 plants/ha.

Système non irrigué avec cultures de subsistance (SP8)

Ce système, pratiqué par la majorité des cultivateurs (40,1%), utilise une main d'œuvre familiale. On le trouve dans des zones moins accessibles et moins favorables, sur des collines et dans des régions où la nappe phréatique se situe à une profondeur moyenne de 25 m. La pluie constitue la principale ressource en eau utilisée dans la production des cultures (principalement du maïs) destinées en général à une consommation personnelle. Ces cultivateurs possèdent également du petit bétail pour leur propre consommation. Les autres cultures mineures de ce système peuvent être le riz, les légumes, le sésame, le sorgho, les haricots, le manioc, des fruits, et les bananes et bananes plantain (généralement cultivées en association). La superficie moyenne destinée aux bananiers et bananiers plantain est de 0,1 ha, soit 3% des terres cultivées, avec une densité moyenne de 500 plants/ha. Dans ce système, les cultivateurs travaillent souvent comme ouvriers salariés pour d'autres agriculteurs ou dans des activités non agricoles.

Evaluation à la ferme des cultivars introduits

La survie et la récolte des cultivars de bananiers ont été évaluées une année et demie après avoir été distribués. La proportion de plants ayant survécu est le nombre de plants en croissance et ayant été récoltés par rapport au nombre de plants introduits ou donnés. La proportion de plants récoltés est le nombre de plants récoltés par rapport au nombre de plants introduits ou donnés. Des 14 000 plants plantés dans 252 parcelles, 23% ont été récoltés, 23% n'avaient pas fini leur croissance et 54% avaient été perdus à cause de la sécheresse, des dégâts dus au vent et aux animaux ou à cause de raisons inconnues. Le nombre moyen de plants par parcelle était de 56, avec un minimum de 10 et un maximum de 400.

La proportion de bananiers et bananiers plantain introduits ayant survécu ou ayant été récoltés a varié d'un système de production à l'autre et était supérieure lorsque la culture était irriguée (tableau 2 et figure 1). Dans les systèmes irrigués, les taux de survie et de production varient avec le type d'irrigation pratiqué. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec les motopompes et les systèmes d'arrosage par gravité et par aspersion,

Legendes des figures 1 à 5.

- Plants perdus
- Plants ayant survécu
- Plants récoltés

qui augmentent l'apport en eau (figures 2 et 3). Les bananiers et bananiers plantain exigent de grandes quantités d'eau et sont très sensibles aux changements hydriques du sol. Lors d'une journée ensoleillée, un bananier va consommer en moyenne 20 L d'eau (Belalcázar 1991). De plus, il a du mal à absorber l'eau d'un sol qui se dessèche ; il est donc impératif de maintenir une forte humidité dans le sol. L'importance de l'eau dans la survie des bananiers et des bananiers plantain est mise en évidence par les résultats obtenus dans des terreaux comparativement à d'autres types de sols (tableau 3). En effet, les terreaux ont un bon drainage, ce qui fait que l'eau est plus accessible aux plantes que dans d'autres types de sols. Les sols sableux se dessèchent rapidement alors que les sols argileux ne libèrent pas facilement leur eau.

La proportion de plantes perdues dépend également de la localisation de la parcelle par rapport aux bâtiments. Les parcelles établies dans les cours de fermes ont plus souffert des dommages infligés par le petit bétail que celles situées en plein champ (tableau 3). Finalement, la survie des bananiers a été supérieure chez les agriculteurs ayant reçu du projet le plus grand nombre de vitroplants (figure 4). Ceci est probablement dû au fait que ces agriculteurs, ayant demandé un nombre plus important de plants, étaient également les plus motivés à tester le nouveau matériel génétique. La figure 5 illustre cette constatation, mais montre aussi que les cultivateurs qui avaient le plus de bananiers et bananiers plantain au départ ont eu davantage de résultats positifs car ils travaillaient dans des conditions de cultures plus propices aux bananiers et bananiers plantains (climat, fertilité du sol, ravageurs et maladies, marché, etc.).

Conclusion

Des bananiers et bananiers plantain ont été trouvés dans tous les systèmes de production mais n'étaient prédominants que dans deux d'entre eux (SP1 et SP2) ce qui représente 3,6% de la population étudiée. Ces résultats suggèrent que, dans tous les systèmes de production décrits dans cette région, une extension de la culture des bananiers est possible et que la diversité des systèmes de culture doit être prise en compte avant toute intervention au niveau de la ferme.

En tenant compte de ceci, les résultats de l'évaluation sur site des cultivars introduits indiquent que pour réussir l'introduction et la production de nouveaux matériels génétiques dans cette région relativement sèche, plusieurs facteurs primordiaux doivent être pris en compte : accès à l'eau, utilisation de champs (et non pas cour de ferme) et type de sol. L'étude montre l'importance dans les premiers stades de l'introduction de ces nouveaux matériels,

Table 3. Performance de bananiers et bananiers plantain introduits d'après le type de sol et l'emplacement du champ (distance de la maison)

	Survie (%)	Récolte (%)	Perte (%)
<i>Type de sol</i>			
Sable	41	32	59
Sable-terreau	46	19	54
Terreau	53	28	47
Argile-terreau	50	23	50
Argile	24	10	76
<i>Emplacement du champ</i>			
Proche de la maison (cour)	42	17	58
Lointain (dans un champ)	57	30	43

Figure 4. Performance des plants introduits en fonction du nombre de vitroplants reçus.

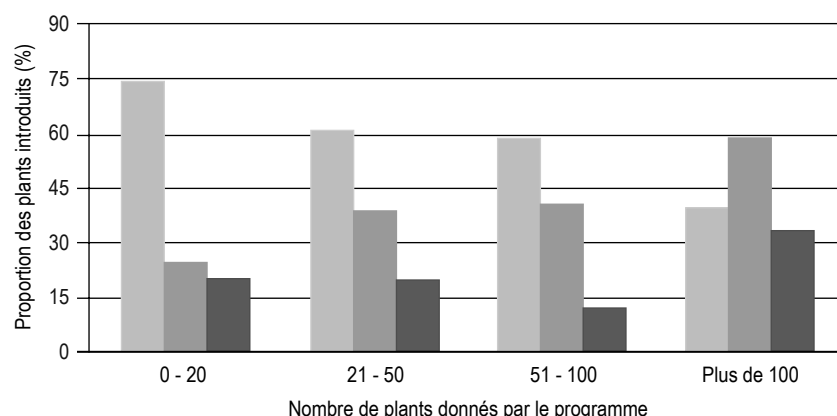
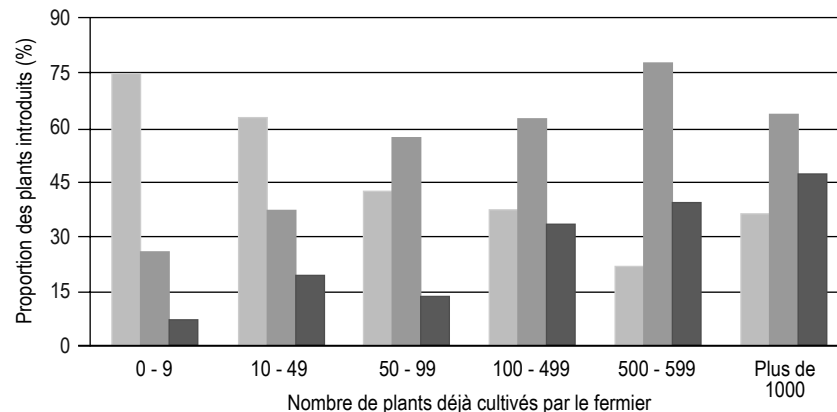


Figure 5. Performance de plants introduits en fonction du nombre de plants de bananiers et bananiers plantain déjà cultivés par le fermier.



d'impliquer les agriculteurs qui cultivent déjà des bananiers et des bananiers plantain.

Remerciements

Les auteurs remercient Magaly Ruiz, Bismark Rodriguez et Kristien De Waele pour leur contribution à la collecte et l'analyse des données. Les auteurs sont également reconnaissants à l'UNAN pour leur aide logistique, au VVOB pour le salaire de S.C. et à la compagnie Bananic pour son aide financière. Nous remercions également le Centre de Transit de l'INIBAP à la KULeuven pour avoir fourni du matériel génétique de

S. Coessens et M. Vargas travaillent à la Facultad de Ciencias, Iglesia la Merced 1/2 C al N, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, Nicaragua, courriel : vitro@unanleon.edu.ni, **M. Tshiunza** est un économiste agronome, Augustus Vanhooftstraat 4, 3050 Oud-Heverlee, Belgique, courriel : mtshiunza@hotmail.com

E. Tollens et R. Swennen
travaillent à la Faculty of
Agricultural and Applied Biological
Sciences, Katholieke Universiteit
Leuven, Kasteelpark Arenberg
13, B-3001 Leuven, Belgique,
courriels :
Eric.Tollens@agr.kuleuven.ac.be
et Rony.Swennen@agr.kuleuven.
ac.be respectivement.

bananiers et de bananiers plantain indexés pour
les virus.

Références

- Belalcázar S. 1991. Cultivo del plátano en el trópico,
Manual de Asistencia Técnica N°50. CRDI Canada,
INIBAP-LAC, ICA Colombie.
- Coessens S. 2002. Estudio de Impacto del Proyecto
Musaceae VVOB – UNAN-León, Nicaragua, Capítulo
I, II, III, UNAN-León, Nicaragua.
- Dens K., M. Vargas, G. Matton, S. Coessens, I.
Van Houwe & R. Swennen. 2002. Introduction et
multiplication de bananiers et bananiers plantain
améliorés au Nicaragua et distribution aux agriculteurs.
INFOMUSA 11:44-47.
- De Waele K. 2001. Raréfaction des ressources hydriques
et systèmes de production agricoles de la région de
León-Chinandega, Nicaragua. Les Musaceae, une
solution à la crise? CNEARC Montpellier, France.
- Fresco L. 1986. Cassava in shifting cultivation: a systems
approach to agricultural technology development in
Africa. Royal Tropical Institute, Amsterdam.
- MAGFOR. 1999. Regionalización Biofísica para el
Desarrollo Agropecuario, departamento León y
Chinandega, Nicaragua.

Hybrides de bananiers plantain

Caractérisation de la croissance et de la production de quelques hybrides et cultivars de bananiers plantain en Colombie

John Wilians Herrera M. et Manuel Aristizábal L.

En Colombie, la culture du bananier plantain
(*Musa* AAB) a une grande importance sur
le plan social, économique et alimentaire.
On y cultive des variétés adaptées aux
températures qui prévalent à diverses altitudes :
Hartón (*Musa* cv. AAB) entre 0 et 1000 mètres
au-dessus du niveau de la mer, 'Dominico
hartón' (*Musa* cv. AAB) entre 1000 et 1400 m
et Dominico (*Musa* cv. AAB) entre 0 et 2000
m (Belalcázar *et al.* 1998). Ces bananiers sont
cultivés sur 400 000 hectares et produisent 2 970
000 tonnes de bananes par an dont 96% sont
consommées sur place et 4% exportées (Lescot
et Grisales 1992).

Entre 1992 et 1998, le rendement moyen
est passé de 7,2 à 6,8 t/ha, soit une diminution
annuelle moyenne de 0,8%, principalement due
à des maladies comme la maladie des raies
noires (causée par *Mycosphaerella fijiensis*
Morelet) et la maladie de Sigatoka (causée par
Mycosphaerella musicola Leach) (CCI 1999).
Ces maladies représentent la principale menace
au niveau mondial pour les plantations de
bananiers et de bananiers plantain (ICA 1996).

'Dominico hartón' est très sensible à ces
maladies. Etant donné qu'on ne dispose pas
encore de variant résistant de ce cultivar, on
cultive depuis quelques années des hybrides
résistants. Cependant, on n'a pas procédé à
une évaluation systématique de leur croissance,
de leur développement et de leur production
(ICA 1996). C'est le cas des hybrides de la
FHIA (*Fundación Hondureña de Investigación
Agrícola*), dont certains possèdent des
rendements supérieurs au matériel végétal
traditionnel (16,7 t/ha contre 6,7 t/ha) (CCI 1999)
mais dont les performances agronomiques
n'ont pas été évaluées de manière appropriée
(Belalcázar *et al.* 1998). L'absence de ce type

de données limite leur potentiel d'utilisation
en tant qu'alternative dans les plantations
commerciales.

L'objectif du travail présenté ici a été d'évaluer
le comportement agronomique des bananiers
plantain 'África' (*Musa* cv. AAB), 'Dominico
hartón', 'FHIA-20' et 'FHIA-21' dans les conditions
écologiques de la région de Santagueda
(Caldas) afin de déterminer la variété présentant
le meilleur potentiel de production.

Matériel et méthodes

L'étude s'est déroulée à la ferme Montelindo,
propriété de l'Université de Caldas, située
dans la municipalité de Palestina (Caldas), à
5°05' de latitude Nord et 75°40' de longitude
Ouest, 1050 m d'altitude, avec une température
moyenne de 22,8°C, une humidité relative de
76%, des précipitations annuelles de 2100 mm
et des sols d'origine volcanique de classe Typic
Distrandept.

Des parcelles de 25 plantes chacune ont été
établies selon un dispositif en randomisation
totale comprenant 5 répétitions. Il y avait 2 m
entre les plantes et 3 m entre les rangées.
Chaque parcelle était délimitée par le cultivar
'Dominico hartón' afin de disposer d'une source
abondante d'inoculum. On a utilisé des plantules
de 'FHIA-20' et de 'FHIA-21', données par la
FHIA et issues de culture *in vitro*, que l'on a
multipliées au laboratoire de culture de tissus de
l'Université de Caldas.

Les pratiques agronomiques suivantes ont
été appliquées quand elles étaient nécessaires :
fertilisation, élimination des rejets, des pointes
de feuilles nécrosées, du matériel séché sur le
pseudotrunc et du bourgeon mâle, effeuillage,
ensachage et contrôle des mauvaises herbes.
Au moment de la plantation, 1 kg de compost

FHIA-20.



à base de cendres de canne à sucre, 3 g de Carbofuran, 10 g de MgO et 3 g de Borax ont été administrés. La fertilisation a été effectuée en trois fois à quatre mois d'intervalle en commençant par 200 g de NH_4NO_3 + KCl (1:1) par plant, puis Cumba (15-4-23-4) et enfin NH_4NO_3 + KCL (1:1). Aucun fongicide n'a été appliqué.

Au moment de la floraison, les mesures suivantes ont été prises : hauteur des plantes, diamètre mesuré à 1 m du sol des pseudotruncs, nombre de feuilles émises, nombre de feuilles fonctionnelles à la floraison (c'est-à-dire érigées et possédant plus de 75% de surface foliaire verte) ainsi que le nombre de jours écoulés jusqu'à la floraison. Au moment de la récolte, le nombre de feuilles fonctionnelles, le nombre de jours écoulés entre la floraison et la récolte, le nombre de jours écoulés jusqu'à la récolte, le nombre total de doigts, le nombre de doigts de la première et de la seconde mains, le poids de la première et de la seconde mains, le poids total du régime, le diamètre, la longueur et le poids du doigt central de la seconde main, ont été notés.

Une analyse de variance a été effectuée avec le modèle PROC MIXED du programme statistique SAS (*Statistical Analysis System*). Les données ont été transformées par la formule : $0,05 + \sqrt{x}$. On a utilisé le test de Tukey à 5% de probabilité pour séparer les moyennes.

Résultats et discussion

Caractéristiques de croissance et de développement

On a observé des différences significatives entre 'FHIA-20' et les autres bananiers en ce qui concerne la hauteur des plantes et le diamètre du pseudotrunc. On a retrouvé la même situation entre 'FHIA-21' et 'Dominico hartón' pour le diamètre du pseudotrunc. La hauteur des plantes et le diamètre du pseudotrunc chez 'FHIA-20', 'FHIA-21', 'África' et 'Dominico hartón' se sont stabilisés vers les semaines 43, 51, 39 et 43, respectivement, démontrant la précocité de 'África'. 'Dominico hartón' et 'FHIA-21' ont présenté le plus grand nombre de feuilles émises, avec des moyennes de 37 et 36 feuilles, respectivement, tandis que 'África' avait le plus

petit nombre de feuilles émises, ce que l'on peut associer son cycle végétatif court (tableau 1).

'FHIA-20' avait le nombre de feuilles fonctionnelles à la floraison le plus élevé. 'Dominico hartón' avait le nombre de feuilles fonctionnelles la récolte le plus bas bien qu'il ait eu le nombre le plus élevé de feuilles émises et soit arrivé à la floraison avec un bon nombre de feuilles fonctionnelles (tableau 1). Avec le temps, 'FHIA-20' a maintenu un nombre de feuilles fonctionnelles supérieur à celui des autres matériels, ce qui est probablement dû à des différences de réactivité face à la maladie des raies noires, de longévité foliaire ou encore de taux d'émission foliaire. En général, les matériels ont gardé un nombre élevé de feuilles fonctionnelles jusqu'à la floraison, ce qui suggère que l'effeuillage et l'élimination des pointes de feuilles nécrosées aident à maintenir la surface foliaire fonctionnelle. Le nombre de feuilles fonctionnelles au cours du temps est fonction des taux d'émission et d'abscission foliaires, lesquels leur tour déterminent le nombre de feuilles que la plante peut garder au moment de la floraison (Aristizábal *et al.* 1988) dès l'instant qu'elle n'a pas souffert de sécheresse, de maladies ou de dénutrition.

Dans la zone d'étude, la maladie des raies noires est un facteur biotique permanent. Castaño-Zapata (communication personnelle) a observé que, dans cette même zone, la sévérité de la maladie au moment de la récolte était de 27% pour 'FHIA-20', 58% pour 'FHIA-21' et 98% pour 'Dominico hartón'. Ainsi, bien que les hybrides aient aussi perdu des feuilles pendant la phase de remplissage du régime, leur capacité de résistance à la maladie et la plus grande taille des feuilles individuelles ont fait que la surface foliaire nécrosée a été moindre pour eux que pour 'Dominico hartón'. Ce comportement est associé également au faible rendement du cultivar local, tel que l'avait conclu Martínez (1984) qui avait noté qu'il fallait un minimum de huit feuilles au moment de la floraison pour atteindre des rendements élevés, dans la mesure où on s'assure que ces feuilles sont fonctionnelles lors du remplissage du régime. Ce qui précède reflète l'incidence de la perte

África



Tableau 1. Caractéristiques de croissance et de développement des bananiers plantain étudiés dans la région de Santagueda (Colombie). Moyenne et min-max (n=125)

	Hauteur de la plante (m)	Diamètre du pseudotrunc (cm)	Nombre de jours à la floraison	Nombre de jours à la récolte	Nombre de feuilles émises	Nombre de feuilles fonctionnelles à la floraison	Nombre de feuilles fonctionnelles à la récolte
FHIA-20	3,7 a (3,3-4,2)	23 a (19-28)	300b (252-406)	423 b (350-504)	35 ab (29-44)	12 a (9-14)	3 c (0-7)
FHIA-21	3,3 b (3-3,9)	19 c (17-21)	355 a (308-434)	462 a (406-518)	36 ab (29-40)	9 bc (6-10)	4 a (0-5)
África	3,4 b (3,1-3,7)	18 bc (15-21)	274 c (238-336)	367 c (336-420)	32 b (27-37)	8 c (2-11)	3 ac (0-6)
Dominico hartón	3,4 b (3,1-3,7)	17 b (16-19)	303 b (266-350)	411 b (378-434)	37 a (33-41)	9 b (6-10)	1 b (0-3)

* Les valeurs moyennes dans la même colonne suivies par des lettres différentes présentent des différences significatives d'après le test de comparaison des moyennes de Turkey à 5% de probabilité.



Dominico hartón.

des feuilles fonctionnelles après la floraison sur le faible rendement du cultivar 'Dominico hartón', telle que rapportée par Cayón et Bolaños (1999). Le nombre de feuilles fonctionnelles la récolte constitue un bon indicateur de résistance ou de sensibilité à la maladie des raies noires ; il existe en effet une corrélation positive entre ce paramètre et le poids du régime (Álvarez 1997).

'FHIA-21' a été le plus lent à fleurir et à pouvoir être récolté, suivi en cela par 'FHIA-20', 'Dominico hartón' et 'jfrica'. Le remplissage du régime a été le plus lent pour 'FHIA-20' et le plus rapide pour 'jfrica'. L'analyse de l'ensemble des valeurs a montré que la variabilité la plus importante concernait le nombre de jours à la floraison et la récolte tandis que la hauteur de la plante présentait la plus faible variation.

Caractéristiques du régime

Les valeurs les plus grandes du poids total du régime ont été obtenues chez les hybrides. Elles dépassaient de manière significative celles du cultivar local (tableau 2) probablement du fait des conditions environnementales et, plus spécialement, de leur tolérance vis-à-vis de la maladie des raies noires. En particulier, 'FHIA-20' a fait preuve du meilleur comportement agronomique obtenant les valeurs significativement les plus élevées pour les variables caractérisant le rendement, à l'exception du diamètre, de la longueur et du poids du doigt central de la seconde main, dont les valeurs les plus élevées correspondent à la variété 'jfrica'. En moyenne, 'FHIA-21' avait des doigts significativement plus courts que ceux des autres cultivars, entre lesquels il n'est d'ailleurs pas apparu de différences significatives pour cette même variable.

Bien que le matériel local soit sensible à la maladie des raies noires et à la maladie de Sigatoka et que, de ce fait, son rendement ne soit pas le meilleur, son comportement agronomique se situe dans la fourchette des niveaux définis pour la zone cafetière (Arango 1987).

En général, les hybrides ont produit les régimes possédant le plus grand nombre de doigts, mais c'est le paramètre qui a présenté le plus fort taux de variation, contrairement à ce que l'on a observé chez 'jfrica' et 'Dominico hartón'. De la même façon, le poids total du régime a montré la plus petite variabilité chez les variétés locales contrairement aux hybrides, bien que chez ces derniers, l'on ait enregistré des poids de régime supérieurs à 33 kg (tableau 2).

Références

- Álvarez J. 1997. Introduction, étude, multiplication et dissémination d'hybrides FHIA à Cuba. *INFOMUSA* 6(2):10-14.
- Arango L.G. 1987. Producción de plátano 'Dominico hartón' (*Musa* AAB) en diferentes densidades de siembra. *Cenicafé*, pp. 16-23.
- Aristizábal L.M., L.R. Rodríguez & J.G. Taborda. 1988. Análisis del crecimiento y producción del plátano (*Musa* AAB cv. Dominico) en función del clima. Manizales, Universidad de Caldas. 38pp.
- Belalcázar S., J.A. Valencia & M.I. Arcila. 1998. Conservación y evaluación de la colección colombiana de musáceas. Pp.1-20 in Seminario Internacional Sobre Producción de Plátano. Memorias (M.J. Giraldo, S. Belalcázar, D.G. Cayón, eds). INIBAP, Montpellier, Francia; CORPOICA, SENA, Comité de Cafeteros de Colombia, Armenia, Colombia.
- Blomme G., R. Swennen, A. Tenkouano, R. Ortiz & D. Vuylsteke. 2001. Estimation du développement des racines à partir des caractéristiques des parties aériennes chez les bananiers et les bananiers plantain (*Musa* spp). *INFOMUSA* 10(1):15-17.
- Cayón G. y M. Bolaños. 1999. Impact de la défoliation sur la répartition des éléments minéraux d'un régime de bananes du clone 'Dominico hartón' (*Musa* AAB Simmonds). *INFOMUSA* 8(2):30-32.
- Corporación Colombia Internacional. CCI. 1999. Boletín Informativo Julio-Septiembre. 6pp.
- Instituto Colombiano Agropecuario. ICA. 1996. Cultivo del plátano. Investigación básica. Resultados. Armenia (Quindío). 115pp.
- Lescot T. & F. Grisales. 1992. Guías para el mejoramiento y sostenimiento de la producción de plátano en la zona cafetera central. *Cenicafé. Avances Técnicos* No. 188. 8pp.
- Martínez G.A. 1984. Determinación del área mínima foliar en plátano en el trópico húmedo. *Revista ICA* 19(2): 183-187.

Les auteurs sont respectivement Ingénieur agronome, Assistant de recherche et Professeur titulaire au Departamento de Fitotecnia, Universidad de Caldas, PO Box 275, Manizales, Colombie.

Tableau 2. Caractéristiques du régime au cours du premier cycle d'évaluation des bananiers plantain étudiés dans la région de Santagueda (Colombie). Moyenne et min-max (n=125)

	Nombre de doigts de la 1 ^{ère} main	Poids de la 1 ^{ère} main (kg)	Nombre de doigts de la 2 ^{ème} main	Poids de la 2 ^{ème} main (kg)	Nombre total de doigts	Poids du doigt central de la 2 ^{ème} main (g)	Longueur du doigt central de la 2 ^{ème} main (cm)	Diamètre du doigt central de la 2 ^{ème} main (cm)	Poids total (kg)
FHIA-20	19 a	8,9 a (5,8-12,2)	16 a	7,2 a (4,8-9,2)	103 a (70-148)	502 a	25,8 a	4,8 b	40,0 a (25,7-49,2)
FHIA-21	16 b	3,4 b (1,9-5,8)	13 b	2,8 c (1,4-5,1)	74 b (53-114)	235 b	17,9 b	3,4 c	17,0 b (10,2-33,1)
África	7 d	4,3 bc (1,9-6,9)	7 d	3,7 b (2,0-4,7)	25 c (14-30)	513 a	26,4 a	5,5 a	14,8 b (12,8-20,4)
Dominico hartón	11 c	5 c (2,6-6,4)	10 c	4,1 b (2,1-5,5)	45 c (23-57)	446 a	25,9 a	5 ab	19,2 b (12,1-26,3)

* Les valeurs moyennes dans la même colonne suivies par des lettres différentes présentent des différences significatives d'après le test de comparaison des moyennes de Turkey à 5% de probabilité.

La maladie de Sigatoka (causée par *Mycosphaerella musicola* Leach) et la maladie des raies noires (causée par *Mycosphaerella fijiensis* Morelet) sont les maladies les plus importantes du bananier et du bananier plantain. Il existe deux types de résistance aux maladies : 1) la résistance spécifique ou verticale où l'hôte empêche l'installation du parasite en restreignant le processus infectieux (Nelson 1977a). Ce type de résistance peut être introduit relativement facilement dans les cultivars et ses effets sont évidents ; c'est l'une des raisons pour lesquelles elle est utilisée en amélioration génétique (Castaño-Zapata 2002). 2) la résistance non spécifique ou horizontale où l'hôte empêche la colonisation et la croissance du parasite alors que l'infection a déjà eu lieu (Nelson 1977a). Ce type de résistance est relativement difficile à introduire en raison de la complexité de sa transmission génétique et de sa régulation par plusieurs gènes (Castaño-Zapata 2002).

La Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) a mis au point des hybrides résistants aux principales maladies. Par exemple, 'FHIA-21' est un bananier plantain résistant à la maladie des raies noires, et 'FHIA-01' et 'FHIA-17' sont des bananiers respectivement résistant et tolérant à la maladie des raies noires (FHIA 1993). Cette étude visait à obtenir de l'information sur la résistance aux maladies causées par *M. fijiensis* et *M. musicola* des hybrides 'FHIA-01', 'FHIA-17' et 'FHIA-21', et des cultivars 'Gros Michel' et 'Dominico hartón'.

Matériel et méthodes

La phase contrôlée s'est déroulée sur la ferme de Montelindo, dans une pépinière équipée d'un brumisateur à commande TC-1800 LX II. La réponse aux maladies a été évaluée après inoculation artificielle de *Paracercospora fijiensis* et *Pseudocercospora musae*, les anamorphes respectifs de *M. fijiensis* et *M. musicola*.

Des feuilles nécrosées ont été maintenues pendant 48 h dans des sacs en plastique afin de favoriser la décharge des ascospores (Du Pont 1982). Après cette incubation, chaque feuille a été découpée en 5 morceaux d'environ 4 cm², numérotés de 1 à 5 et attachés à un papier filtre de 9 cm de diamètre. Chaque papier filtre a été immergé dans de l'eau pendant 5 min avant et placé dans le couvercle d'une boîte de Pétri contenant de l'agar à 3%, en veillant à ce que

la face inférieure des feuilles nécrosées soit placée face à la gélose (Mateus *et al.* 1987).

Les ascospores se sont déchargés pendant une heure et leur localisation a été observée au microscope optique composé (Du Pont 1982). On a indiqué sur le milieu l'endroit où se trouvaient les ascospores et chacun d'entre eux a été transféré dans une boîte de Pétri sur un milieu PDA (pomme de terre, dextrose et agar 39 g/L d'eau). Les cultures monosporiques ont été incubées pendant 20 jours, à 25°C en obscurité complète dans un incubateur DIES modèle D 39, afin d'obtenir du mycélium. Celui-ci a été transféré dans un tube à essais contenant 1 ml d'eau distillée stérile et agité pendant 1 minute pour le fragmenter. Ensuite, 0,5 ml de cette suspension a été prélevée et étalée uniformément dans des boîtes de Pétri contenant un milieu de culture gélosé V-8 (100 ml de jus de légumes V-8; 0,2 g de CaCO₃; 20 g d'agar/L d'eau, à pH 6) (Mourichon *et al.* 1987, Beveraggi *et al.* 1992). Les cultures ont été mises à incuber à 20°C, pendant deux semaines sous une lumière permanente, afin de stimuler la production de conidies des deux champignons (Romero et Sutton 1997).

Une fois que les deux champignons identifiés, des suspensions conidiales destinées aux inoculations ont été préparées en ajoutant 5 ml d'eau distillée stérile aux boîtes de Pétri contenant le milieu gélosé V-8. Un balayage a été effectué à la surface du milieu gélosé afin de dégager les conidies et la suspension a été filtrée à travers un morceau de gaze. Du Tween 80 (0,02 %) et de la gélatine (Royal) (1%) ont été ajoutés à cette suspension filtrée pour améliorer la distribution et l'adhérence des conidies sur les surfaces foliaires. La concentration de la suspension a été déterminée par deux lectures à l'aide d'un hémocytomètre de marque Nikon et ajustée à la concentration de 5 x 10³ conidies par ml d'eau (Jacome et Schuh 1993).

L'inoculation a été réalisée deux mois après la plantation sur la face inférieure de la plus jeune feuille déroulée, lorsque les plantules avaient développé trois à quatre feuilles (Mourichon *et al.* 1987). Un asperseur DeVilbiss No 15, à une pression constante de 2 kg/cm², a été utilisé pour appliquer une couche uniforme de gouttelettes sur la surface foliaire. Les aspersions ont été effectuées à 20-25 cm de la feuille (Jacome et Schuh 1993). Les plantules ont été recouvertes pendant 48 heures de sacs en plastique transparent de 70 cm x 50 cm, formant de la sorte une chambre humide destinée à favoriser

la germination des conidies et l'installation du mycélium (Jacome et Schuh 1993, Orjeda 1998).

A partir du troisième jour suivant l'inoculation, les variables suivantes ont été notées de façon hebdomadaire : la période d'incubation, soit le nombre de jours entre l'inoculation et l'apparition des premiers symptômes ; la période d'évolution des symptômes, soit le nombre de jours entre l'apparition des premiers symptômes et le stade de la tache au centre nécrosé ; la durée de développement de la maladie, soit le nombre de jours entre l'inoculation et l'apparition des taches nécrosées matures sur la feuille ; et le taux de développement de la maladie (r), déterminé par l'équation :

$$r = \frac{1}{t_1 - t_0} \left(\text{Log}_e \frac{X_1}{1 - X_1} - \text{Log}_e \frac{X_0}{1 - X_0} \right)$$

Où : t_1 = temps final, t_0 = temps initial, X_1 = sévérité finale et X_0 = sévérité initiale (Castaño-Zapata 2002).

Des plants dérivés de plantules *in vitro* des hybrides 'FHIA-01', 'FHIA-17' et 'FHIA-21' ont été plantés en champ pour évaluation. L'étude s'est déroulée sur la ferme Montelindo de l'université de Caldas située dans la municipalité de Palestina, dans la région de Santágueda, à une altitude de 1050 mètres, une température moyenne de 24°C, une précipitation annuelle de 2200 mm et une humidité relative de 86%. 'Dominico hartón' et 'Gros Michel' ont été utilisés comme témoins. 'FHIA-01', 'FHIA-17', 'FHIA-21' et 'Gros Michel' ont été plantés dans des parcelles contenant 25 plantes (5 x 5) distribuées au hasard à une distance de 2 m x 3 m les uns des autres. 'Dominico hartón' a été planté autour des parcelles à distance égale. Après le troisième mois, des évaluations hebdomadaires ont été réalisées afin de noter le nombre de feuilles fonctionnelles à la floraison et à la récolte, et l'indice d'infection (II) selon l'équation :

$$II = \frac{\sum nb}{(N - 1) T} \times 100$$

dans laquelle n = le nombre de feuilles pour chaque degré de l'échelle, b = le degré de l'échelle, N = le nombre de degré de l'échelle (7) et T = le nombre total de feuilles évaluées (Guzmán et Romero 1996, Orjeda 1998).

Les populations de *Pseudocercospora musae* et *Paracercospora fijiensis* ont été déterminées suivant la méthode d'Aguirre *et al.* (1998). Cinq plantes par génotype ont été évaluées à intervalle de 15 jours à partir du troisième mois

après la plantation jusqu'à la récolte. Le poids du régime a également été noté.

L'effet sur le développement des champignons des conditions environnementales (température maximale, minimale et moyenne, humidité relative et précipitations) a été analysé.

Résultats et discussion

La période d'incubation de *M. fijiensis* a été de 18 jours chez 'FHIA-01' et 15,3 jours chez 'FHIA-17', significativement plus longue que celle du témoin 'Gros Michel' (tableau 1). Les résultats étaient similaires avec *M. musicola*. La période d'évolution des symptômes et la durée de développement de la maladie chez 'FHIA-01' et 'FHIA-17' étaient supérieures à 55 jours, soit le double de celles observées chez 'Gros Michel'.

Les périodes d'incubation des deux champignons ont duré plus de 15 jours chez 'FHIA-21', soit des périodes significativement plus longues que celles observées sur 'Dominico hartón' (tableau 1). La période d'évolution des symptômes et la durée de développement de la maladie étaient plus courtes avec *M. musicola* qu'avec *M. fijiensis*, mais plus longues que celles observées sur 'Dominico hartón'.

La comparaison des taux de développement des deux maladies chez les hybrides avec ceux du témoin confirme que 'FHIA-01' et 'FHIA-17' sont résistants aux deux champignons (tableau 1).

'FHIA-01', 'FHIA-17' et 'FHIA-21' ont présenté des différences significatives en ce qui concerne le nombre de feuilles fonctionnelles à la floraison et la récolte par rapport à 'Gros Michel' et à 'Dominico hartón' (tableau 2). Ces derniers sont arrivés au moment de la récolte sans aucune feuille fonctionnelle, ce qui a eu une incidence significative sur le poids des régimes.

'FHIA-01' et 'FHIA-17' possédaient au moment de la récolte cinq feuilles fonctionnelles ce qui leur a permis d'obtenir un bon poids pour leurs régimes (tableau 2). Ceci confirme la relation positive qui existe entre le nombre de feuilles fonctionnelles et le poids du régime.

'FHIA-21' n'a pas exprimé son potentiel génétique en raison de problèmes pathologiques dus à des agents autres que les champignons. Guzmán et Castaño-Zapata (2001) ont démontré que cet hybride est très sensible aux nématodes. De même, Merchán (1996) a souligné sa sensibilité au virus de la mosaïque en tirets (BSV).

Pendant la phase végétative, la floraison et la récolte, 'FHIA-01' et 'FHIA-17' ont obtenu des indices d'infection très semblables alors que 'Gros Michel' présentait un indice d'infection à la récolte atteignant une valeur de 90 (tableau 2).

Par comparaison avec 'Dominico hartón', la réponse relative à l'indice d'infection de 'FHIA-21' a été plus favorable pendant la phase

Tableau 1. Période d'incubation (PI) de *Mycosphaerella fijiensis* et *M. musicola*, période d'évolution (PE) des symptômes, durée du développement (DD) et le taux de développement de la maladie (r) chez les hybrides FHIA et les témoins. (Moyenne de 5 répétitions et 5 plantes)

	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>				<i>Mycosphaerella musicola</i>			
	PI	PE	DD	r	PI	PE	DD	r
FHIA-01	18,0 a	59,5 a	77,5 a	0,21	15,3 a	56,3 a	71,6 a	0,25
FHIA-17	15,3 b	57,4 a	72,7 b	0,22	14,0 a	55,8 a	69,8 a	0,21
Gros Michel	8,2 c	23,0 b	31,2 c	0,71	9,7 b	25,6 b	35,3 b	0,56
FHIA-21	18,6 a	50,0 a	68,7 a	0,21	15,5 a	45,8 a	61,3 a	0,23
Dominico hartón	10,0 b	32,0 b	42,0 b	0,59	11,7 b	35,2 b	46,8 b	0,30

Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes selon le test de comparaison multiple de Tukey à 5% de probabilité.

végétative et la floraison. Ces différences se sont accentuées au moment de la récolte: 'FHIA-21' a atteint une valeur de 58, contre 100 pour le témoin. Pourtant, ces matériels n'ont pas présenté de différence significative quant au poids de leurs régimes (tableau 2).

Chez 'FHIA-01' et 'FHIA-17', on a détecté une population moindre de conidies de *P. fijiensis* (tableau 2), ce qui corrobore le fait que ces hybrides sont résistants à la maladie des raies noires. En revanche, on a observé chez 'Gros Michel' la plus grande population de conidies de *P. fijiensis*, ce qui confirme sa sensibilité élevée à la maladie des raies noires.

Comparé à 'Dominico hartón', 'FHIA-21' a présenté un plus petit nombre de conidies de chaque champignon. Les populations de conidies observées sur les deux témoins démontrent que la maladie des raies noires a été plus agressive que la maladie de Sigatoka à l'endroit où a eu lieu l'expérimentation (tableau 2).

Une relation entre les facteurs climatiques et l'évolution des courbes de développement de chacune des maladies a été mise en évidence (valeurs de corrélation de l'indice d'infection avec la température et les précipitations de $r = 0,68^{**}$ et de $r = 0,81^{**}$, respectivement). Quand la température minimum et les précipitations cumulées hebdomadaires augmentaient, la sévérité des maladies s'est accrue et vice versa.

Références

Aguirre M., J. Castaño-Zapata, J.A. Valencia, L.E. Zuluaga & C. Arce. 1998 Interacción de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet y *M. musicola* Leach en siete genotipos

de *Musa* sp., en un área límite de expansión de la Sigatoka negra en la zona cafetera colombiana. Pp. 192-220 in Memorias del Seminario Internacional sobre Producción de Plátano. CORPOICA, Armenia, Colombia.

Beveraggi A., X. Mourichon & G. Salle. 1992. Study of host-parasite interactions in susceptible and resistant bananas inoculated with *Cercospora fijiensis*, pathogen of black leaf streak disease. Pp. 171-192 in International Symposium on Genetic Improvement of Bananas for Resistance to Diseases and Pests (J. Ganry, ed.). CIRAD, Montpellier, France.

Castaño-Zapata J. 2002 Principios básicos de fitoepidemiología. Centro Editorial Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. 396pp.

Du Pont. 1982. Sigatoka negra y amarilla. Técnicas mejoradas para manejo e identificación. Du Pont Latin América, Coral Gables, Florida, USA. 17pp.

Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. Programa de banano y plátano. 1993. Informe Anual. 23pp.

Guzmán O. & J. Castaño-Zapata. 2001. Reconocimiento de nematodos fitopatógenos en plátano Dominico hartón (*Musa* AAB Simmonds), Africa, FHIA-20 y FHIA-21 en la granja Montelindo, municipio de Palestina, Caldas. Manizales. Universidad de Caldas. FITOTECNIA No. 58, 2pp.

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.

Jacome L.H. & W. Schuh. 1993. Spore production and artificial inoculations techniques for *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. Trop. Agric. (Trinidad) 70 (1): 33-38.

Mateus J., M. Mayorga & B. Ramírez. 1987. Guía de laboratorio para el diagnóstico de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*). ICA, Colombia. 27pp.

Merchán V. M. 1996. Prevención y manejo de la Sigatoka negra. ICA. Manizales 30pp.

Mourichon X., J. Carlier & E. Fouré. 1997. Les cercosporioses. Maladies des *Musa* - fiche technique n° 8. INIBAP, Montpellier, France. 4pp.

Les auteurs travaillent à la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Apartado Aéreo 275. Manizales, Colombia. Courriels: molit@colombia.com et cafolios@cumanday.ucaldas.edu.co

Tableau 2. Nombre de feuilles fonctionnelles à la floraison (NFFF) et à la récolte (NFFR), indice d'infection pendant la phase végétative (V), à la floraison (F) et la récolte (R), densité des conidies et poids du régime (PR) d'hybrides FHIA et de témoins en condition de champ. (Moyenne de 5 répétitions et 5 plantes)

	NFFF	NFFR	Indice d'infection			Conidies/cm ²		PR (kg)
			V	F	R	<i>Paracercospora fijiensis</i>	<i>Pseudocercospora musae</i>	
FHIA-01	11b	5 a	33 c	32 c	41 c	11 c	29 b	36.3 a
FHIA-17	15 a	5 a	38 b	37 b	48 b	19 b	28 b	24.7 b
Gros Michel	8 c	0 b	46 a	44 a	90 a	85 a	45 a	15.8 c
FHIA-21	9 a	3 a	41 b	38 b	58 b	29 b	24 b	18.2 a
Dominico hartón	7 b	0 b	52 a	43 a	100 a	72 a	30 a	16.9 a

Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes selon le test de comparaison multiple de Tukey à 5% de probabilité.

Mourichon X., D. Peter & M.F. Zapater. 1987. Inoculation expérimentale de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet sur de jeunes plantules de bananiers issues de culture *in vitro*. Fruits 42(4):195-198.

Orjeda G. 1998 Evaluation de la résistance des bananiers aux cercosporioses et à la fusariose.

Guides techniques INIBAP 3. INIBAP, Montpellier, France. 63pp.

Romero R. & T. Sutton. 1997. Reaction of four *Musa* genotypes at three temperatures to isolates of *Mycosphaerella fijiensis* from different geographical regions. Plant Disease 81(1):1-5.

Effet de la méta-topoline sur la propagation du bananier plantain en bioréacteur à immersion temporaire

M. Escalona, I. Cejas, J. González-Olmedo, I. Capote, S. Roels, M. J. Cañal, R. Rodríguez, J. Sandoval et P. Debergh

Culture de tissus

La propagation de masse commerciale est généralement limitée aux cultures à valeur ajoutée en raison des coûts associés aux techniques *in vitro* conventionnelles qui exigent une main d'œuvre importante. Des progrès ont été réalisés en matière d'automatisation avec le développement des bioréacteurs à immersion temporaire, mais les coûts doivent encore diminuer et le taux de survie des plantules de haute qualité augmenté avant que cette technologie ne soit largement adoptée.

Il a été montré que l'immersion temporaire stimulait la multiplication des pousses. Par exemple, Lorenzo *et al.* (1998) ont multiplié par six le taux de multiplication des plantules chez *Saccharum* spp., alors qu'Escalona *et al.* (1999) ont observé un accroissement du taux de multiplication de cultures d'apex d'*Ananas comosus* de 300% et 400% par rapport aux taux observés en milieu liquide et sur milieu solide, respectivement.

La cytokinine N⁶-benzyladénine (BA), également connue sous le nom de BAP, est souvent utilisée dans les systèmes de micropropagation. Cependant, dans les systèmes à immersion temporaire, les taux de multiplication du bananier plantain se sont avérés inférieurs à ceux d'autres plantes. Un composant des tissus végétaux, la N⁶-(3-hydroxy benzyl) adénine, connue sous le nom de méta-topoline, a été utilisée avec différentes plantes pour induire la prolifération de bourgeons axillaires (Holub *et al.* 1998), mais son utilisation pour la culture de tissus de *Musa* n'a pas été rapportée. Dans cette étude, l'effet des deux cytokinines sur le taux de multiplication du bananier plantain 'CEMSA 3/4' (*Musa* cv. AAB) cultivé dans un système à immersion temporaire a été comparé.

Matériels et méthodes

Les bioréacteurs à immersion temporaire avaient un volume de 250 ml. Leur description a été faite par Escalona *et al.* (1999). Des plantules du bananier plantain 'CEMSA 3/4' ayant subi trois cycles de culture sur un milieu semi-

solide (Murashige et Skoog 1962) additionné de 4,44 µmol/l de BA ont été utilisées comme matériel de départ.

Les feuilles et les racines ont été enlevées sur 5 plantules qui ont été coupées longitudinalement pour supprimer la dominance apicale, formant ainsi un total de 10 explants par bioréacteur. Le milieu de culture (20 ml/explant) contenait les sels et les vitamines de MS (Murashige et Skoog 1962), 3% de saccharose et diverses concentrations de BAP et de méta-topoline. Les concentrations employées étaient 1.33, 2.22, 4.44, 13.3 et 22.2 µmol/L. Trois bioréacteurs ont été inoculés par traitement, et chaque traitement a été répété deux fois, pour un nombre total de 60 explants inoculés par traitement.

Le pH a été ajusté à 5,8 avant autoclavage à 121°C et 1,2 kg/cm² pendant 30 minutes. Les plantules ont été immergées pendant 4 minutes toutes les 3 heures. Les cultures ont été placées à 25°C sous des tubes fluorescents à lumière froide (30-40 µmol m⁻² s⁻¹) avec une photopériode de 16 heures de lumière. Après 28 jours de culture, toutes les plantules et les bourgeons ont été comptés et le nombre obtenu divisé par le nombre initial de plantules inoculées (5) pour obtenir le taux de multiplication. La hauteur des plantules et le nombre de racines par plantule ont également été déterminés. Une ANOVA multifactorielle a été réalisée, suivie par un test de plus petite différence significative. Sauf indication contraire, les données présentées correspondent aux moyennes des résultats.

Résultats et discussion

Une analyse de variance à deux facteurs sur le type de cytokinines et leur concentration montre que l'utilisation de la méta-topoline a produit des taux de multiplication significativement plus élevés. La concentration optimale pour la multiplication était de 4,44 µmol/L (figure 1). Le taux de multiplication était significativement plus faible à la concentration de BA la plus élevée, par rapport à la même concentration de méta-topoline. Les concentrations élevées

de méta-topoline ne semblent pas inhiber la multiplication.

Les résultats concernant la hauteur des plantules après 28 jours sont présentés à la figure 2. La taille des plantules n'a pas augmenté après cette période. Les concentrations BAP et de méta-topoline de 13,3 et 22,2 $\mu\text{mol/L}$ ont significativement réduit la hauteur des plantules. La concentration de méta-topoline la plus basse (13,3 $\mu\text{mol/L}$) ont produit des plantules significativement plus longues et un nombre de racines par plantule plus élevé.

Les résultats présentés dans cet article sont en accord avec les observations de Werbrouck *et al.* (1996) et de Strnad *et al.* (1997) qui ont montré que la méta-topoline est plus active que la BA pour stimuler la formation de plantules.

Bien que les cytokinines inhibent généralement le développement des racines, nos résultats montrent que l'utilisation de faibles concentrations de BA et de méta-topoline n'a pas diminué le nombre de racines par plantule (figure 3). Un rapport racine/plantule plus élevé a été observé chez des vitroplants de pomme de terre cultivés sur un milieu de culture contenant une faible concentration de méta-topoline (Baroja-Fernández *et al.* 2002). Les auteurs ont observé l'initiation de racines latérales après l'addition de cette cytokinine. L'absence d'effet sur la croissance des racines *in vitro* a également été observée par Werbrouck *et al.* (1996) chez *Spathiphyllum floribundum*, ce qui indique la possibilité d'un traitement commercial pour améliorer l'établissement des plantules transplantées.

D'après certains auteurs, l'effet stimulant de la méta-topoline sur la croissance des plantules n'est observé qu'à de très faibles concentrations. Les plantules cultivées avec une concentration élevée (0,5 mg/L) développent un cal basal et ne produisent pas de racines (Baroja-Fernández *et al.* 2002). Dans nos essais, la concentration de méta-topoline la plus élevée a inhibé la formation de racines, mais aucun cal n'a été observé à la base de la plantule.

Des plantules de bananier plantain prêts à être acclimatés doivent avoir les caractéristiques suivantes : elles doivent avoir une longueur supérieure à 2,5 cm, avoir plus de trois feuilles et une circonférence de plus de 0,5 cm. Les plantules traitées avec de la méta-topoline à des concentrations de 1,33 à 4,44 $\mu\text{mol/L}$ avaient ces caractéristiques, et, en conséquence, ne nécessitaient pas de phase d'élongation en bioréacteur avant acclimatation (Figure 4).

Les essais sur l'effet de la méta-topoline pendant la phase d'acclimatation ainsi que sur la variation somaclonale et les performances des bananiers plantain en champ sont en cours à la *Corporación Bananera Nacional* (CORBANA) au Costa Rica.

Figure 1. Effet de la BA et de la méta-topoline sur le taux de multiplication moyen de 'CEMSA 3/4' calculé sur la base de 5 plantules inoculées, chacune ayant été divisée en 2 avant d'être placées dans le bioréacteur (n=60). Des lettres différentes indiquent des différences significatives à un niveau de 5%, selon le test de plus petite différence significative.

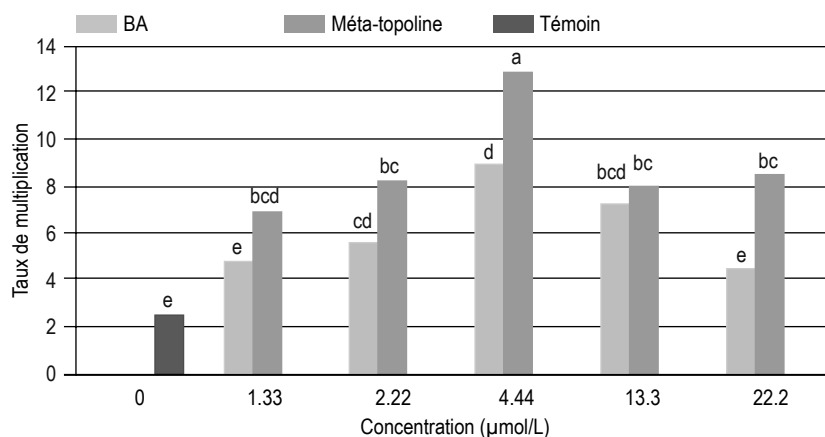


Figure 2. Effet de la BA et de la méta-topoline sur la longueur des plantules. Des lettres différentes indiquent des différences significatives à un niveau de 5%, selon le test de plus petite différence significative.

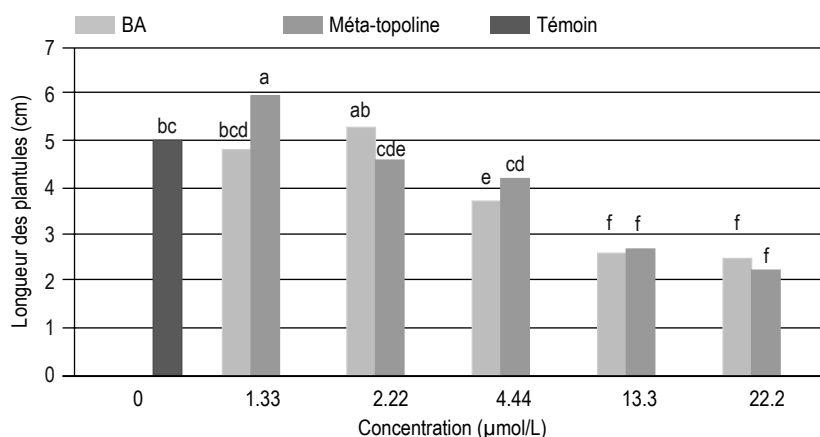


Figure 3. Effet de la BA et de la méta-topoline sur le nombre de racines par plantule. Des lettres différentes indiquent des différences significatives à un niveau de 5%, selon le test de plus petite différence significative.

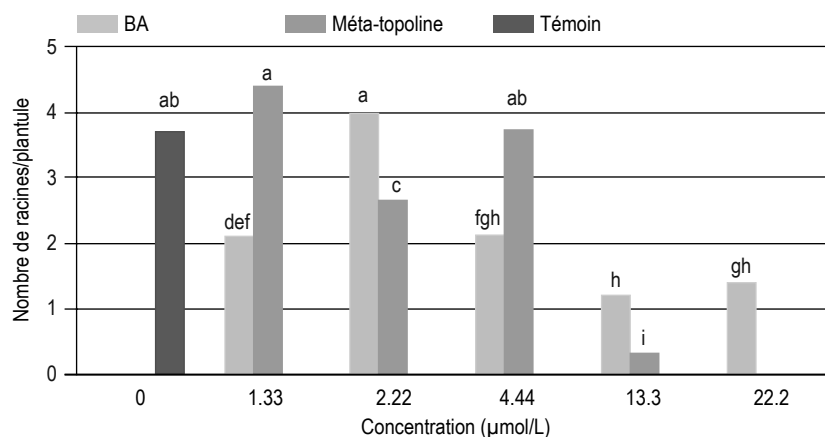
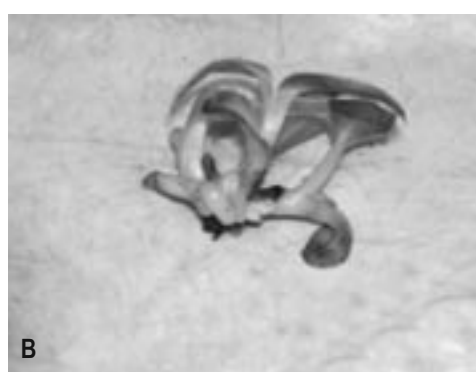


Figure 4. Plantules de bananier plantain après culture en bioréacteur en présence de 4.44 $\mu\text{mol/L}$ de A) BA et B) meta-topoline.



M. Escalona, I. Cejas, J. González-Olmedo et I. Capote travaillent au Bioplant Center, Ciego de Avila, Cuba ; **S. Roels et P. Debergh** au Dept. of Plant Production, Université de Gent, Belgique ; **M. J. Cañal et R. Rodríguez** au Depto. de Biología y Organismos de Sistemas, Université d'Oviedo, Espagne et **J. Sandoval** à CORBANA, Costa Rica.

Remerciements

Ce travail a été financé par la Commission européenne (projet INCO, contrat ICA4-CT-2001-10063).

Références

- Baroja-Fernandez E., H. Aguirreola, J. Martinkova, J. Hanus & M. Strnad. 2002. Aromatic cytokinins in micropropagated potato plants. *Plant Physiol. Biochem.* 40:217-227.
- Escalona M., J. C. Lorenzo, B. González, M. Daquinta, C. G. Borroto, J. González, & Y. Desjardines. 1999. Pineapple micropropagation in temporary immersion systems. *Plant Cell Rep.* 18(9):743-748.
- Lorenzo J. C., B. González, M. Escalona, C. Teisson, P. Espinosa & C. G. Borroto. 1998. Sugarcane shoot formation in an improved temporary immersion system. *Plant. Cell. Tiss. Org. Cult.* 54:197-200.
- Holub J., J. Hanus, D. Hanke & M. Strnad. 1998. Biological activity of cytoninins derived from Ortho- and M beta - Hydroxybenzyladenine. *Plant Growth Regulation.* 26:109-115.
- Murashige T. & F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15:473-497.
- Strnad M., J. Hanus, T. Vanek, M. Kaminek, J. Ballantine, B. Fusell, & D. Hanke. 1997. Meta-topolin, a highly active aromatic cytokinin from Poplar leaves (*Populus x Canadensis* Moench., cv. Robusta) *Phytochemistry.* 45 (2):213-218.
- Werbrouck S., M. Strnad, H. Van Onckelen & P. Debergh. 1996. Meta-topolin, an alternative to benzyladenine in tissue culture? *Physiologia Plantarum* 98:291- 297.

Le point sur...

Biologie et lutte intégrée contre le charançon du bananier

Le charançon du bananier, *Cosmopolites sordidus* (Germar), est le plus important insecte ravageur des bananiers et bananiers plantain (*Musa* spp.). Les larves pénètrent le corme, réduisant ainsi l'absorption des nutriments et la stabilité de la plante. Une attaque dans des parcelles de bananiers nouvellement plantées peut conduire à une perte totale de la récolte. Dans les champs établis, les dommages causés par le charançon peuvent conduire à une réduction du poids du régime, à la mort de la touffe et à une vie réduite des plantations. Les dommages et les pertes de rendement tendent à augmenter avec le temps.

Un article sur la biologie et gestion intégrée du charançon du bananier, *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae), écrit par Clifford S. Gold de l'Institut international d'agriculture tropicale (IITA), Jorge E. Pena de l'université de Floride et Eldad B. Karamura du bureau régional de l'INIBAP en Ouganda a été publié dans *Integrated Pest Management Reviews* (6:79-155, 2001). Cet article fait le point de la recherche sur la taxonomie, la distribution, la biologie, l'état du ravageur, les méthodes d'échantillonnage et la lutte intégrée contre le charançon du bananier.

Les caractéristiques principales de la biologie du charançon incluent son activité nocturne, sa longévité, sa mobilité limitée, sa faible fécondité et le faible taux de croissance de ses populations. Les adultes vivent à l'état libre et sont souvent associés avec les touffes et les résidus de coupe. Ils sont attirés vers leurs hôtes par des substances volatiles, spécialement à la suite de dommages causés au corme de la plante. Les mâles produisent des phéromones d'agrégation qui sont attractives pour les deux sexes. Les œufs sont pondus dans le corme ou la partie inférieure du pseudotrunc. Les stades immatures se déroulent tous dans la plante hôte, principalement dans le corme. La biologie du charançon crée des problèmes d'échantillonnage et rend son contrôle difficile. La plupart du temps, le suivi des charançons se fait par piégeage des adultes, des méthodes de marquage et de recapture et l'évaluation des dommages causés aux plantes récoltées ou mortes.

Le statut de ravageur du charançon et les options de contrôle reflètent le type de bananier cultivé et le système de production. Les bananiers plantain et les bananiers d'altitude sont plus susceptibles au charançon que les bananiers dessert ou à bière.

Les systèmes de production bananière vont des jardins aux grandes plantations pour l'exportation, en passant par des petites plantations avec intrants réduits. Les options de contrôle intégré des charançons du bananier incluent la gestion de l'habitat (gestion de la culture), la lutte biologique, la résistance des plantes hôtes, la lutte botanique et (dans certains cas) chimique.

La lutte culturale a été largement recommandée mais les données démontrant son efficacité sont limitées. Les pratiques les plus importantes sont l'utilisation de matériel de plantation sain dans de nouvelles parcelles, les méthodes phytosanitaires (spécialement la destruction des résidus), les méthodes agronomiques pour améliorer la vigueur des plantes et la tolérance aux attaques des charançons, et, probablement, le piégeage. Les plants issus de culture de tissus, lorsqu'ils sont disponibles, procurent aux fermiers du matériel exempt de charançons. Les rejets peuvent être nettoyés en les parant, en les traitant à l'eau chaude et/ou avec des applications d'entomopathogènes, de neem ou de pesticides. Aucune de ces méthodes n'assure l'élimination des charançons. Les charançons adultes peuvent aussi venir d'autres plantations. Il en résulte que les bénéfices liés à l'utilisation de matériel sain sont limités à quelques cycles de production. Des inventaires en champ suggèrent que les faibles populations de charançons pourraient être associées à l'application intense de mesures phytosanitaires ; cependant, des études définitives sur la gestion des résidus et le statut des ravageurs sont nécessaires. Le piégeage des charançons adultes au moyen de pièges placés sur le pseudotrunc ou le come peut réduire les populations de charançons, mais les besoins en matériel et en main d'œuvre ne sont pas compatibles avec les ressources de nombreux paysans. L'utilisation de méthodes de piégeage améliorées avec des phéromones est en cours d'étude. La combinaison de l'utilisation de matériel de plantation sain, de mesures phytosanitaires et du piégeage devrait sans doute permettre un contrôle au moins partiel du charançon du bananier.

Les méthodes classiques de lutte biologique contre charançon du bananier qui utilisent ses

ennemis naturels originaires d'Asie se sont soldées par des échecs. La plupart des ennemis naturels connus des arthropodes sont des prédateurs opportunistes et généralistes qui ont une efficacité limitée. Il a été rapporté qu'à Cuba, les fourmis myrmicine avaient permis de lutter contre le charançon, mais leurs effets ailleurs sont inconnus. La lutte microbienne, qui utilise des champignons et des nématodes entomopathogènes, semble plus prometteuse. On connaît des souches efficaces d'agents microbiens, mais des systèmes de production de masse et de distribution qui seraient rentables économiquement doivent encore être développés.

La résistance des plantes hôtes offre une autre voie prometteuse. On connaît de nombreux clones résistants tels que 'Yangambi km5', 'Calcutta 4' et 'Pisang awak'. La résistance est le plus souvent basée sur une antibiose qui conduit à la non éclosion des œufs ou au non développement des larves. L'amélioration du bananier est un processus lent et difficile. Les recherches actuelles explorent l'amélioration génétique par l'utilisation de techniques biotechnologiques, y compris l'introduction de gènes étrangers.

Le neem a également démontré un certain potentiel pour lutter contre le charançon du bananier. Des études sur l'utilisation d'autres plantes pour lutter contre ce ravageur n'ont pas produit de résultats positifs. La lutte chimique contre le charançon du bananier demeure une méthode courante et efficace pour les grands producteurs, mais reste au-delà des possibilités des agriculteurs aux ressources limitées. Cependant, le charançon a montré qu'il pouvait devenir résistant à un grand nombre de produits chimiques.

En résumé, la lutte culturale demeure l'approche la plus à la portée des petits producteurs dont les ressources sont limitées. Une combinaison de plusieurs pratiques culturales devrait pouvoir réduire la pression exercée par le charançon. Parmi les méthodes en cours d'étude, la lutte microbienne, la résistance des plantes hôtes et le neem semblent être les plus prometteuses.

L'impact de variétés améliorées de bananiers sur les moyens de subsistance en Afrique de l'Est

Contrairement aux principales cultures de base, la grande majorité des variétés de bananiers cultivées dans le monde sont le fruit de la sélection opérée par les cultivateurs et ne proviennent pas d'un programme de sélection. Au cours des vingt dernières années, et pour la première fois, de nouvelles variétés améliorées ont été mises à disposition des agriculteurs. Contrairement aux autres cultures, ce sont les

petits producteurs qui, à travers le monde entier, adoptent ces nouvelles variétés, et non les producteurs qui produisent des bananes pour le marché international. En Afrique de l'Est, les variétés améliorées sont parvenues aux petits producteurs grâce aux systèmes nationaux de recherche agricole (SNRA), à des ONG ou dans le cadre de projets de développement. Par exemple, le projet de développement

Le point sur...

communautaire de la Kagera (KCDP) a estimé à 2 500 000 le nombre de rejets de bananiers distribués dans le cadre du KCDP dont le but consistait à distribuer des variétés améliorées dans le District de la Kagera en Tanzanie (KCDP 2003).

En évaluant et en prédisant les effets des variétés améliorées, les organisations peuvent intervenir de façon plus efficace afin d'améliorer les moyens de subsistance et en conséquence réduire la pauvreté. Cependant, se donner de tels objectifs pour étudier l'impact est un réel défi. La banane étant essentiellement une culture de subsistance, les fluctuations du marché et l'augmentation du revenu ne peuvent être les seuls critères utilisés pour étudier la banane. Les effets de l'adoption de nouvelles variétés sur le revenu global de la famille est difficile à mesurer, le bananier étant une culture pérenne traditionnellement mélangée aux cultures annuelles qui fournit de la nourriture et des revenus parmi d'autres. La contribution du bananier au bien-être de la famille est complexe car il peut être utilisé de diverses manières et est souvent géré par plusieurs membres d'une même famille.

De plus, on a réalisé que les études sur l'impact des technologies avaient des lacunes ce qui a amené des changements dans la façon dont ce type d'étude est mis en œuvre. Les chercheurs menant des études d'impact, se posent des questions tel que : qui tirera profit de l'étude d'impact et comment ? Posons-nous les bonnes questions avec la bonne méthodologie pour comprendre quelle est l'incidence sur la pauvreté ? Comment s'assurer de la participation de toutes les personnes qui devraient être impliquées ? Sous quels auspices politiques et institutionnels les impacts positifs des bananiers améliorés peuvent-ils être maintenus dans le temps ?

Une approche nouvelle

Une équipe composée de partenaires nationaux (en Ouganda, la *National Agricultural Research Organization* (NARO) et l'Université de Makerere, et en Tanzanie, l'*Agricultural Research and Development Institute* (ARDI) et l'Université de Sokoine) ainsi que des partenaires internationaux, l'*International Food Policy Research Institute* (IFPRI), l'INIBAP et l'Institut international d'agriculture tropicale (IITA) ont entrepris un projet de quatre ans afin de mesurer l'impact des variétés améliorées sur les moyens de subsistance en Ouganda et en Tanzanie. Jusqu'à aujourd'hui, ce projet a reçu le soutien de l'*United States Agency for International Development* (USAID), de la fondation Rockefeller et du Fonds international pour le développement agricole (FIDA).

Ce projet se distingue par l'adoption d'une combinaison d'approches incluant :

- l'incorporation des résultats dans un processus d'apprentissage et de changement institutionnel (*Institutional Learning And Change*, ILAC) pour les partenaires nationaux et internationaux ainsi que pour les autres ;
- l'intégration de facteurs sociologiques, économiques et biologiques ;
- le soutien au développement, au niveau national, d'une capacité à évaluer l'impact plus particulièrement en sociologie de l'agriculture ;
- la recherche de réponse aux questions concernant la pauvreté en abordant les moyens de subsistance durables (*Sustainable Livelihoods*, SL) (pour plus d'information sur le sujet, voir le site internet <http://www.livelihoods.org>).

Le projet vise à fournir aux chercheurs et aux vulgarisateurs travaillant sur la banane une information détaillée leur permettant de définir les priorités de recherche, sélectionner les traits et pedigree génétique les plus prometteurs, coordonner les efforts de recherche, identifier et cibler les cultivateurs qui profiteraient le plus des résultats et définir les meilleurs moyens de diffuser les bananes améliorées.

Afin d'atteindre ces buts, le projet combine des études économiques et sociologiques approfondies sur un échantillon de 800 foyers, avec des entrevues de groupes des diverses communautés et la projection des impacts nationaux et régionaux à l'aide d'un modèle de l'IFPRI sur l'évaluation dynamique de la recherche pour la gestion (*Dynamic Research Evaluation for Management*, DREAM) et à d'autres modèles économiques (pour plus d'information, consultez le site Internet <http://www.ifpri.org/themes/grp01/dream/dream.htm>). De plus, depuis le début du projet, les instituts impliqués ont, petit à petit, préparé le terrain pour l'appropriation des résultats. En d'autres termes, cette étude d'impact ne finira pas au fond d'un tiroir mais fournira une base à partir de laquelle améliorer les efforts en recherche et développement et les accorder au problème de la pauvreté.

Travail en cours

Bien qu'une partie de la recherche économique avait déjà débuté, le projet a vraiment démarré en 2002, lors d'un atelier de planification à Kampala, en Ouganda. Des chercheurs en sociologie, économie et agriculture ont été réunis afin de planifier la mise en place du projet en utilisant l'approche des moyens de subsistance durables (SL), et de développer les outils de recherche et les questions à poser (voir ci-après). A cette même occasion, l'idée a également été émise de former un comité de pilotage composé d'une équipe de cadres supérieurs émanant des

institutions impliquées qui servirait de guide et de courroie de transmission au travers de laquelle les résultats seraient utilisés pour bonifier les efforts futurs d'amélioration et de dissémination des bananiers. Le comité de pilotage a été formé et a eu sa première réunion à Kampala en octobre 2003 pendant laquelle il a passé en revue le processus de recherche et les progrès accomplis et ébauché le plan de communication sur les avancées du projet pour les institutions participantes.

Principales questions de recherche

Quelles sont les voies les plus appropriées pour la dissémination des technologies (organisation et forme, vulgarisateurs ou système de diffusion)?

Les voies de dissémination peuvent être caractérisées par rapport à l'implication du gouvernement, du secteur privé et des ONG ainsi que des associations de cultivateurs ou se faire spontanément de cultivateur à cultivateur. Si aucun autre facteur ne change, les voies de dissémination peuvent être comparées par rapport à l'efficacité relative de la diffusion du matériel génétique et des groupes atteints. Ces voies sont également susceptibles d'être différentes suivant la façon dont les bénéfices tirés de l'adoption de nouveau matériel génétique sont distribués parmi les membres de la communauté. Dans le contexte ougandais, les réformes récentes visant à décentraliser les services de vulgarisation et à les rendre responsables envers les communautés, vont sans doute influencer sur les voies de dissémination.

Quels cultivateurs sont les plus susceptibles d'adopter les nouvelles variétés et quels facteurs économiques, sociologiques et politiques influencent leur décision?

Les ménages agricoles diffèrent au niveau de leur richesse sociale, naturelle et économique mais aussi de la perception qu'ils ont du monde qui les entoure, ce qui englobe les bananiers et leurs particularités. Le résultat est influencé par le contexte dans lequel le cultivateur prend des décisions. Une grande partie de l'étude cible les ménages agricoles, les caractéristiques de leurs ressources économiques, sociales et naturelles et la perception positive ou négative qu'ont les chefs de famille sur les particularités des différentes variétés de bananiers et de leur vulnérabilité face aux ravageurs et maladies.

Des modèles économétriques sont utilisés pour identifier les facteurs susceptibles d'influencer de manière significative la décision des cultivateurs d'adopter des types de bananiers définis par les descripteurs taxonomiques, et pour établir les profils des cultivateurs et des communautés les plus aptes à les adopter. Une précision taxonomique lors de la récolte des données

permet à ceux qui établissent les modèles de prédire l'adoption de technologies, telles que les variétés transgéniques résistantes à la maladie des raies noires et d'analyser les compromis avec d'autres caractéristiques. L'étude sociologique s'intéresse en détail aux liens entre la santé, l'apport de travail et le développement du savoir-faire et des connaissances associées à l'adoption de nouvelles variétés et des technologies associées. Les effets des réseaux sociaux et l'implication des membres du ménage dans les institutions communautaires sur l'adoption des variétés et autres pratiques de gestion sont également à l'étude.

Quel est l'impact probable des technologies sur les moyens de subsistance des petits producteurs ?

Le cadre SL encourage un élargissement de la notion de pauvreté et à prendre en compte les changements au niveau des biens mais aussi la vulnérabilité à la pauvreté et les processus qui influencent celle-ci. Alors que l'approche économétrique permet de prédire l'impact de l'adoption de variétés améliorées en fonction de paramètres statiques tels que la taille de la ferme, le revenu et le niveau de richesse, l'approche par les moyens de subsistance enrichit la compréhension de ces catégories et suit leur évolution dans le temps. D'autres impacts sur les moyens de subsistance, telles que le réinvestissement dans les secteurs sociaux, financiers, humains ou naturels ou la réduction de la vulnérabilité, peuvent aussi être pris en compte dans une approche des moyens de subsistance. Les impacts sont considérés séparément pour les différents groupes sociaux, incluant les ménages dont les niveaux de pauvreté/richeesse sont différents, mais aussi les hommes et les femmes d'un même ménage. Par exemple, une variété utilisée dans la production de bière génère-t-elle des revenus supplémentaires pour les hommes ou les femmes selon le type de ménage et contribue-t-elle au bien-être du ménage ?

Quel est l'impact économique attendu des technologies en fonction des politiques nationales et comment se répartissent les bénéfices nets entre les différents groupes sociaux?

L'analyse au niveau régional et national sera effectuée avec l'aide de DREAM, le modèle *ex ante* de surplus économique de l'IFPRI, afin de mesurer les bénéfices des interventions technologiques et politiques. Les données de l'analyse ont été définies par les parties intéressées et des scientifiques et les données de base du marché ont déjà été compilées par l'IFPRI pour la banane en Ouganda.

Les résultats peuvent être présentés de différentes façons, par exemple au travers des domaines de stratification caractérisés par le sexe, le système de production bananière, la

densité de population et l'accès au marché. Au fur et à mesure que les résultats de l'analyse au niveau de la ferme émergent, les hypothèses sur l'adoption et les technologies des simulations initiales seront mises à jour et de nouvelles analyses seront effectuées.

Les résultats serviront d'apport au processus de mise en place des priorités technologiques telles que définies par la culture et ses caractéristiques. Différents scénarios décrivant les technologies en fonction du contexte commercial et politique seront simulés de façon interactive afin de mettre en valeur les meilleures options. Afin de considérer ces critères, il est nécessaire de calculer : le taux de retour de l'investissement en recherche, la valeur des bénéfices sociaux et privés relatifs aux risques encourus, la part des bénéfices revenant aux consommateurs, aux producteurs commerciaux et aux petits producteurs ou les compromis en matière d'efficacité et d'égalité. Les effets estimés sur l'industrie bananière peuvent être suivis à travers d'autres secteurs de l'économie, au niveau national et régional et avec d'autres modèles économiques.

De quelle façon l'évaluation des impacts, utilisant ces approches innovatrices, augmente-t-elle la capacité des institutions impliquées à mieux cibler leur travail afin de réduire la pauvreté ?

La principale question est de chercher à savoir comment le processus d'évaluation, mené de manière participative et multidisciplinaire, peut améliorer les performances des organisations impliquées. Le concept d'apprentissage et de changement institutionnel (ILAC) a été défini comme étant « le processus de réflexion et de recadrage des connaissances qui résulte en un changement de comportement et une performance améliorée » (Blackshaw 2003). Dans la pratique, l'application de l'ILAC nécessite une meilleure définition des améliorations

spécifiques des performances recherchées et une identification des organisations impliquées.

Dans la présente étude, l'amélioration des performances est recherchée dans le domaine qui permet à la recherche sur la banane de réduire la pauvreté. Le cadre SL fournit un modèle théorique des différentes dimensions sensées contribuer à la diminution de la pauvreté. Une approche ILAC incorporée dès le départ dans le dispositif expérimental permettra aux organisations participantes d'utiliser les résultats de cette recherche pour définir les priorités futures et planifier les modalités de recherche et de développement en ce qui a trait à la banane. La stratégie globale de l'ILAC inclut (basé sur Patton 1996) :

- une formation de l'équipe de recherche sur l'approche SL et les méthodologies et approches interdisciplinaires,
- une sensibilisation des employés et des gestionnaires des organisations participantes et une incorporation de leurs idées dans la conception du projet,
- un apprentissage actif selon lequel les chercheurs travaillant sur l'amélioration de la banane et leurs organisations sont activement impliqués dans le processus d'évaluation,
- une approche interdisciplinaire dans le domaine de la planification et du développement des résultats,
- des ateliers de travail réunissant les organisations participantes et les responsables des politiques afin de discuter des implications des résultats de recherche, en tirer des conclusions et, plus important encore, se mettre d'accord sur un plan d'action en matière de recherche et développement sur la banane,
- des documents d'information pour atteindre un public plus large dans les pays participants.

Les projets individuels menés par les étudiants sur l'évaluation des impacts des bananes améliorées sur les moyens de subsistance en Afrique de l'Est

- Fredrick Bagamba. Accès au marché et production de bananes en Ouganda.
- Mgenzi Byabachwezi Said. Lien entre la façon dont les cultivateurs perçoivent les ravageurs et maladies et l'adoption des cultivars améliorés de bananes dans la région de la Kagera en Tanzanie.
- Svetlana Edmeades. Particularités des variétés et comment elles sont prises en compte dans le cadre des modèles de production au niveau des ménages.
- Jackson Nkuba. Evaluation des impacts des cultivars de bananes améliorées sur les moyens de subsistance des cultivateurs de banane dans la région de la Kagera en Tanzanie.

- Enid Katungi. Capital social et adoption de technologies sur les petites exploitations. Un exemple de gestion de la technologie pour les bananes améliorées en Ouganda.
- Anthony Begumisa. Impact de la malaria sur la main-d'œuvre dans la production de bananes améliorées.
- Musimbi Jimmy. Une étude de cas dans la région centrale de l'Ouganda sur le lien entre le sexe et l'adoption de cultivars de bananes améliorées.
- Sulaiman Kato. Impact de l'amélioration de la banane sur le capital humain en Ouganda.
- Xavier Nsabagasani. Technologie de production de la banane et moyens de subsistance des cultivateurs.
- William Mongi. Impact sociologique de la banane améliorée sur les moyens de subsistance en Tanzanie.

L'équipe de recherche a été constituée en 2003. Sous la direction de scientifiques de l'INIBAP et de l'IFPRI, six étudiants de PhD et quatre étudiants de MA, dont un seul n'est pas originaire de l'Afrique de l'Est (voir encadré), font partie intégrante du projet. Le travail de terrain est en cours et l'intégration entre les différentes disciplines au travers des réunions et ateliers de travail, qui ont permis une meilleure compréhension du vocabulaire de chacun et fourni un cadre commun pour une approche rationnelle de la recherche dans les différentes disciplines, a déjà porté des fruits.

Un accord sur le partage des données a été établi entre les partenaires afin de permettre l'utilisation des données en cours d'acquisition, tout en protégeant le droit des étudiants à publier thèses et articles scientifiques. Des activités visant à sensibiliser les institutions participantes et de la communauté agricole quant aux buts du

projet sont en cours d'élaboration. Les résultats des différentes études seront progressivement disponibles dans les deux prochaines années et une analyse sera présentée aux parties intéressées. Par la suite, l'attention sera portée sur le comité de pilotage et les instituts participants afin d'assimiler à partir de cette analyse les principales leçons à retenir et à utiliser pour rendre plus efficace la recherche sur la banane.

Références

- Blackshaw U. 2003. Institutional Learning and Change in the CGIAR: A managerial perspective on institutional learning and learning organizations. Presented to a CGIAR workshop on ILAC, February 2-4, 2003. IFPRI, Washington, DC.
- KCDP 2003. Impact of superior banana varieties (SBVs) in Kagera. Kagera Community Development Programme. Bukoba. Tanzania.

Ce projet est réalisé en partenariat par NARO, ARDI, l'université Makerere, l'université Sokoine, IITA, IFPRI et INIBAP. Pour plus de renseignements, contacter Charlotte Lusty (c.lusty@cgiar.org).

Jean Champion (1922 - 2003)

In memoriam

Figure emblématique du monde de la recherche sur bananiers, Jean Champion nous a quittés le 3 septembre dernier à l'âge de 81 ans. Depuis les années 50, il avait consacré sa carrière à cette plante et à sa culture. Pour lui il s'agissait tout à la fois d'un véritable engagement et d'une immense passion. Tous ceux qui ont eu à côtoyer le monde de la banane, quelle que soit leur spécialité ou leur approche des problèmes, ont en mémoire son œuvre inestimable.

Jean Champion est né à Nancy le 21 juin 1922. Après des études d'agronomie à l'Institut Agronomique de Nancy, il a fait partie de ces chercheurs qui ont voulu renforcer leurs connaissances en taxonomie et génétique en suivant une formation spécialisée de l'ORSTOM dans ce domaine, ce qui lui a valu de passer par la prestigieuse Ecole Normale Supérieure où étaient donnés les cours de cytogénétique. De là a probablement émergé son profil d'agronome - taxonomiste - généticien qu'il saura mettre pleinement au service de cette plante qu'il aimait tant, le bananier.

Il a ensuite fait partie de l'équipe de Guinée à l'institut qui devait devenir le Cirad. De 1948 à 1958, il y a exercé la fonction de responsable scientifique de l'équipe agronomie. Après la Guinée, il a arpenté les terrains de Côte d'Ivoire, du Cameroun, de Guadeloupe et de Martinique. Au cours de cette période, le bananier a constitué son sujet de travail privilégié.



A son retour en France, il a été chef du programme bananier pendant plus de vingt-cinq ans. On se souviendra de ses visites sur le terrain prodiguant critiques et conseils avec beaucoup de pertinence et de bon sens.

Les nombreuses publications qu'il nous a léguées témoignent de la richesse de ses travaux. Deux ouvrages ont tout particulièrement marqué sa carrière et constitué indéniablement un héritage d'une très grande valeur au point

qu'ils constituent toujours aujourd'hui des repères très précieux pour de nombreux chercheurs. Il s'agit de l'ouvrage « Le bananier » publié en 1963 et de l'ouvrage « Les bananiers et leur culture, botanique et génétique » qui représente une référence dans le monde de la taxonomie du bananier.

Travailleur infatigable, Jean Champion a su susciter de nombreuses vocations. Pour beaucoup d'entre nous, il a été un véritable guide non seulement dans le domaine scientifique, mais aussi dans sa vision des relations avec les partenaires et de la coopération internationale. Il a fait partie de ceux qui ont lancé des initiatives de coopération régionale dans la zone Caraïbe, en Amérique Latine et en Afrique.

Il faisait également partie du groupe d'experts qui, en décembre 1983, à la demande du

Centre de recherche pour le développement international du Canada, ont porté l'INIBAP sur les fonds baptismaux. Il a été membre du Conseil d'administration fondateur de ce réseau international. Même après être officiellement parti à la retraite en 1984, il continuait à être présent à nos côtés, animé toujours par la même passion.

De par ses travaux, son expertise et sa vision, Jean Champion a marqué l'histoire de la banane, en particulier en Afrique de l'Ouest et du Centre et dans les Antilles françaises. Tous ceux qui ont connu Jean Champion se souviendront de ses qualités professionnelles et humaines, empreintes à la fois d'une très grande rigueur, de beaucoup de modestie et de générosité. Au-delà de l'héritage scientifique qu'il nous a légué, il nous laisse le souvenir d'un grand humaniste.

Jacky Ganry

Thèse

Effet des mesures phytosanitaires et dommages associés aux populations de charançon du bananier *Cosmopolites sordidus* (Germar)

Michael Masanza

Thèse de doctorat présentée à l'Université de Wageningen, Wageningen, Pays-Bas, septembre 2003

Le bananier est une plante importante pour la sécurité alimentaire dans la région des Grands Lacs d'Afrique de l'Est, mais le charançon du bananier (*Cosmopolites sordidus*) est une des principales contraintes qui affectent sa production. Une revue des options disponibles a démontré qu'aucune stratégie n'a été efficace pour lutter contre ce ravageur (Chapitre 1). Les stratégies de lutte culturales, telles que les mesures phytosanitaires, forment la première ligne de défense contre ce ravageur, et sont à la portée des petits producteurs d'Afrique de l'Est dont les ressources sont limitées. Dans cette thèse, nous rapportons l'effet de mesures phytosanitaires sur les populations de *C. sordidus* et les dommages qu'ils causent dans les champs des agriculteurs. Ceci permet de mieux comprendre les mécanismes selon lesquels les résidus de récolte peuvent être manipulés pour lutter contre ce ravageur.

Des essais ont été menés en laboratoire, en Ouganda, au *Kawanda Agricultural Research Institute* (KARI), afin de déterminer dans quelle mesure *C. sordidus* est attiré et accepte des résidus de récolte d'âges différents (Chapitre 2). Dans le premier essai, les études se sont

concentrées sur des résidus de type et d'âge différents de 'Nabusa', un bananier des hauts terres (groupe génomique AAA-EA) susceptible au charançon. Les cormes ont attiré 65% des charançons testés, les pseudotruncs 30% tandis que 5% n'ont pas réagi. Les femelles ont pondu un nombre plus élevé d'œufs sur les cormes jeunes que sur les cormes âgés. Dans le second essai, les mêmes paramètres ont été mesurés avec des résidus de clones choisis en fonction de leur niveau de résistance et de tolérance aux dégâts causés par le charançon. Les cormes étaient plus attractifs pour les adultes que les pseudotruncs et les pédoncules floraux, à l'exception des résidus frais des clones résistants. Les pseudotruncs étaient plus attractifs que les pédoncules floraux, à quelques exceptions près. Le nombre d'œufs par femelle n'a pas varié en fonction du clone mais en fonction de l'âge des résidus. Le nombre d'œufs par femelle était plus élevé sur les pédoncules floraux que sur les cormes et les pseudotruncs. Les valeurs les plus élevées ont été observées sur les pédoncules floraux les plus âgés.

Dans le Chapitre 3, nous présentons les résultats des essais réalisés en Ouganda dans une station de recherche et à la ferme, et qui avaient pour but d'étudier l'effet de la gestion des résidus de récolte sur l'attaque, la ponte et

la distribution de *C. sordidus* dans des résidus de récolte et des plantes en croissance. La ponte et la distribution ont été évaluées par échantillonnage destructif sur des résidus sur pied et couchés d'âges différents. Des données similaires ont été collectées dans des champs de bananiers assainis à trois intensités différentes. Dans le premier essai, la ponte s'est produite sur des résidus jusqu'à 120 jours après la récolte, mais elle a principalement eu lieu entre 0 et 30 jours. L'infestation par le charançon a varié parmi les clones de bananiers. Au cours du second essai, les niveaux de ponte sur les résidus sur pied n'étaient pas significativement affectés par l'âge. Les niveaux de ponte sur les résidus couchés de quatre semaines étaient deux fois plus élevés que sur les résidus de deux semaines, alors que le nombre de larves sur les résidus de huit semaines était trois fois plus élevé que sur les résidus de deux semaines. Le nombre de pupes n'a pas varié, quel que soit l'âge des résidus sur pied ou couchés. Le nombre d'adultes dans les résidus sur pied ou couchés âgés de 16 semaines était deux fois plus élevé que chez des résidus âgés de deux semaines.

Dans le troisième essai, les champs d'agriculteurs dans lesquels une intensité élevée d'assainissement a été maintenue avaient 50% d'œufs en moins par résidu que ceux des champs dont l'intensité était faible. Le nombre d'immatures par résidu était 50% plus élevé sur les cormes que sur les pseudotroncs. Les larves étaient trois fois plus nombreuses à une faible intensité d'assainissement par rapport à une intensité élevée. Il y avait six fois plus de pupes par résidu à une faible intensité d'assainissement qu'à une intensité élevée. Les résidus dans les champs où l'intensité d'assainissement était élevée abritaient 50% moins d'adultes que ceux des champs où l'intensité d'assainissement était faible. Ces résultats suggèrent que l'arrachage et le dépeçage des cormes après la récolte constituent un moyen efficace et pratique pour détruire les stades immatures du ravageur.

La question se pose de savoir si *C. sordidus* complète son cycle dans les résidus. Nous avons réalisé à Kawanda, en Ouganda, des essais en laboratoire pour mesurer le succès de l'éclosion de *C. sordidus* et la survie des larves sur des résidus de bananier d'âges différents (Chapitre 4). Lorsque nous avons inséré des œufs âgés de moins de 24 heures dans des cormes de 4 âges différents du cultivar sensible 'Kisansa' (*Musa* AAA-EA), les taux d'éclosion étaient de 66% dans les résidus frais, et de 67, 64 et 58% dans les résidus modérément âgés, âgés et très âgés respectivement. Afin d'évaluer la survie des immatures, des larves âgées de moins de 24 heures ont été placées sur des cormes de rejets et sur des résidus de récolte du même cultivar, 'Kisansa', dans des chambres de culture

individuelles. Le nombre de survivants a été enregistré à intervalles de trois jours jusqu'à l'émergence des adultes. La proportion de survivants 48 jours après éclosion a été de 12% sur les rejets baïonnette, de 10% sur les rejets demoiselle et de 7% sur les plantes en fleur ; après 51 jours, elle était de 12, 8 et 5% sur des cormes frais, âgés et très âgés, respectivement. La durée de développement larvaire et la date moyenne d'émergence des adultes a augmenté avec l'âge de la plante et des résidus de récolte. L'âge des résidus de récolte n'a pas affecté le poids des adultes mais les femelles avaient un poids plus élevé que les mâles. Ces résultats impliquent que les résidus frais offrent à *C. sordidus* une meilleure nutrition que les vieux résidus.

L'une des pratiques culturales pour lutter contre *C. sordidus* consiste à couvrir après la récolte les souches de bananiers avec de la terre. L'effet de cette pratique sur les niveaux de ponte chez *C. sordidus* a été étudié à Sendusu, au KARI et dans le district de Ntungamo, dans le sud-ouest de l'Ouganda (Chapitre 5). Dans le premier essai, nous avons évalué les niveaux de ponte dans un système comprenant des plantes en croissance et des résidus. La ponte a augmenté sur les rejets baïonnette, atteignant un pic un à sept jours après la récolte, décroissant par la suite. Dans le second essai, mené dans des champs d'agriculteurs, les cormes ont reçu 70% des œufs et les pseudotroncs 30%. La zone située entre 5 et 10 cm sous le collet a reçu 27% des œufs, la zone située entre 0 et 5 cm au-dessus du collet 30% et celle située entre 5 et 10 cm au-dessus du collet 0,3%. Les œufs restants (43%) ont été pondus entre 0 et 5 cm sous le collet. L'effet de la hauteur des souches et de leur recouvrement a été évalué à la fois pendant les saisons sèche et humide à Kawanda, près de Kampala, et à Ntungamo, dans le sud-ouest du pays. Le seul fait de tailler les souches au niveau du sol n'a eu aucun effet sur la ponte. Le fait de recouvrir les souches après la récolte a réduit la ponte pendant la saison humide, mais pas pendant la saison sèche.

Hormis le fait de recouvrir les souches de bananiers, il est souvent recommandé d'enlever les cormes et les pseudotroncs après la récolte, afin de réduire les populations de charançons et les dégâts qu'ils engendrent. Une étude à la ferme de l'effet de l'assainissement des cultures sur les populations de *C. sordidus* et les dégâts des cormes a été menée dans le district de Ntungamo (Chapitre 6). Les fermiers ont appliqué des mesures d'assainissement dont l'intensité peut être grossièrement définie comme faible, modérée et élevée. Les méthodes de conservation du sol, telles que la réalisation de bourrelets en terre, le paillage et l'application de fumier ont été traitées comme des co-variantes. Une augmentation de l'intensité d'assainissement

de faible à élevé a significativement réduit de 52 000 à 13 000/ha la densité des populations de charançons adultes et de 41% les dégâts faits aux cormes après trois ans et augmenté de 10% la circonférence des plants, de 13% la hauteur des plants à la floraison et d'environ 70% le rendement. Il y avait une faible relation entre la densité des populations de *C. sordidus* et les dégâts causés aux plantes. Le passage d'une intensité faible à une intensité élevée a réduit les dégâts sur les cormes. Cette étude a démontré le potentiel élevé de l'assainissement des cultures pour lutter contre les populations de *C. sordidus* et pour réduire les dommages causés aux bananiers.

L'étude à la ferme a été compliquée par une diminution du nombre de fermiers et des changements dans la gestion au fil du temps. Nous avons donc réalisé un essai contrôlé à Kawanda, dont les résultats sont présentés au Chapitre 7. Nous avons évalué dans des parcelles isolées de jeunes bananiers, l'effet de l'élimination des résidus de récolte sur les populations de charançons, les dégâts qu'ils causent, ainsi que l'incidence des arthropodes et des nématodes, qui sont des ennemis naturels des bananiers. Une population fermée de charançons du bananier signifie qu'il n'y a aucune émigration ou immigration entre les parcelles. Nous avons infesté des parcelles de bananiers isolées avec 5 à 10 charançons et un complexe de 3000 nématodes par plant. Au début de la récolte, nous avons soumis les parcelles à des niveaux d'assainissement faible, modéré et élevé. Des niveaux d'assainissement élevé ont réduit jusqu'à 40% les résultats du piégeage et jusqu'à 43% la population de charançons. Cependant, les attaques de charançons sur les plantes sur pied a augmenté, diminuant jusqu'à 34% le rendement. L'assainissement des cultures a semblé réduire les populations de nématodes mais pas les dégâts. La croissance des plantes n'a pas été affectée jusqu'au quatrième cycle de production, au cours duquel on a noté une réduction de 10% de la circonférence des plants et de 6% de leur hauteur dans les parcelles soumises à un assainissement élevé, par rapport aux plantes cultivées dans les parcelles où le niveau d'assainissement était faible. La circonférence et la hauteur des plants ont augmenté avec le cycle de production. L'élimination totale des résidus de récolte a permis une réduction par un facteur trois des arthropodes, mais elle n'a pas affecté la ponte totale sur les plantes en croissance. Dans les parcelles de jeunes bananiers avec des populations fermées de charançons, l'élimination des résidus de récolte a semblé exposer les plantes en croissance à des attaques accrues des charançons.

Un résumé de nos résultats sur la biologie et l'écologie de *C. sordidus* est présenté au Chapitre 8. La place des mesures phytosanitaires dans un

schéma de lutte intégrée comprenant d'autres stratégies de lutte est discutée. Les conclusions de cette thèse peuvent être résumées comme suit :

- Les cormes de bananiers sont plus attractifs pour *C. sordidus* que les pseudotracas et d'autres parties de la plante.
- Découper les résidus de récolte et les étaler au sol pour qu'ils sèchent permet de réduire les populations de *C. sordidus* et les dégâts causés aux cultures.
- En plus de maintenir à un faible niveau les populations de *C. sordidus* dans les champs, l'assainissement pourrait permettre de supprimer l'incidence des nématodes.
- *C. sordidus* peut boucler son cycle vital dans les résidus de récolte et, en conséquence, les agriculteurs devraient faire de leur mieux pour nettoyer les plantations de bananiers afin de réduire les populations de charançons.
- L'idée que les mesures phytosanitaires exigent plus de main d'œuvre est peut-être valable, mais de nombreux petits cultivateurs de notre étude ont adopté cette méthode et ont ainsi réussi à réduire les populations de charançons et les dégâts qu'ils engendrent, améliorant ainsi les rendements.
- Les bénéfiques sont plus nombreux si les mesures sont adoptées au niveau de la communauté.
- L'élimination complète de tous les résidus de récolte dans les jeunes parcelles de bananiers peut exposer les plantes sur pied à des attaques accrues.
- Les mesures phytosanitaires ne permettent pas un contrôle complet des populations. Elles doivent donc être combinées avec d'autres méthodes qui réduisent ou préviennent l'augmentation du nombre des charançons, telles que le contrôle biologique et la plantation de cultivars résistants afin d'obtenir un contrôle durable de *C. sordidus*.

Perspectives d'avenir

- Etant donné que l'essai à la station de recherche a été pratiqué avec la même pression de charançons, il serait bénéfique de réaliser un tel essai avec des pressions différentes afin d'évaluer l'effet des mesures phytosanitaires.
- Des études sur la migration des charançons entre plantations de bananiers pourraient être nécessaires pour permettre de conseiller les communautés d'agriculteurs sur les meilleures mesures phytosanitaires.
- Une analyse coût/bénéfice serait utile pour recommander une intensité d'assainissement particulière aux petits agriculteurs.
- L'impact des mesures phytosanitaires sur un petit nombre d'arthropodes ennemis du bananier doit être évalué, afin de déterminer si l'assainissement des cultures améliore ou diminue l'efficacité de la lutte biologique.

Analyse de l'infestation par les nématodes et de la fertilité du sol comme contraintes à la productivité d'un système de production basé sur la banane en Ouganda

Mariana Rufino

Thèse de MSc en biologie végétale présentée à l'Université de Wageningen, Pays-Bas, septembre 2003

Les baisses de rendement des bananiers des hautes terres de l'Afrique de l'Est ont été attribuées à l'épuisement des sols en nutriments, aux ravageurs, aux maladies et à plusieurs facteurs socio-économiques. Parmi ces facteurs, les nématodes et la fertilité des sols ont été identifiés comme étant des contraintes biophysiques critiques pour la productivité. Il semblerait que les nématodes affectent négativement l'absorption de nutriments par la plante et, par conséquent, réduisent le rendement.

L'objectif de ce travail était d'étudier le lien entre les dégâts infligés au système racinaire par les nématodes et l'état nutritionnel du bananier, dans les champs d'agriculteurs, et son incidence sur la productivité de la récolte. De plus, l'étude devait identifier les contraintes principales à la productivité des cultures de bananiers dans l'environnement biophysique.

Une enquête a été menée dans trois régions contrastées de l'Ouganda où les rendements ont montré des tendances différentes ces dernières années : Bamunanika et Kisekka situés dans le centre de l'Ouganda et Ntungamo situé au sud-ouest de l'Ouganda. Des données ont été recueillies sur l'infestation par les nématodes, leurs dégâts aux racines, l'état nutritionnel de la culture, la fertilité du sol et le rendement.

Radopholus similis était l'agent responsable des dégâts aux racines à Bamunanika et Kisekka, alors qu'à Ntungamo, c'était *Pratylenchus goodeyi*. Une analyse des lignes de bordure a montré que la concentration en potassium (K) des feuilles était largement affectée lorsque les dégâts aux racines étaient

supérieurs à 35%. Mais en règle générale, de tels dégâts étaient rares dans les trois sites. Les concentrations critiques en K dans le sol étaient plus élevées pour le rendement maximum que pour la concentration maximum dans les feuilles, ce qui suggère que les feuilles ne devraient pas être utilisées pour estimer le besoin en fertilisants du bananier à cuire.

Dans les sols sableux de Ntungamo, le pH était la contrainte majeure à la productivité du système en même temps que le faible apport en nutriments et les dégâts aux racines causés par *P. goodeyi*. Malgré cela, les meilleurs rendements ont été obtenus sur ce site. Apparemment, les limites imposées par les propriétés chimiques du sol et les dégâts causés par les nématodes ont été en partie compensés par les apports organiques importants. Le rendement moyen était de 21,2 t de bananes à l'hectare.

À Bamunanika, les contraintes principales à la productivité étaient les sols sableux dont le ratio C/N était élevé, les dégâts aux racines causés par *R. similis*, une mauvaise gestion de la culture (prolifération de mauvaises herbes, pas de paillis) et la culture intercalaire de plantes pérennes (café et arbres à ombrage). Les facteurs responsables de la diminution de rendement ainsi que le faible apport en matière organique de l'extérieur ont fait que la productivité à ce site était extrêmement faible. Le rendement moyen était de 3,2 t de bananes à l'hectare.

Les contraintes majeures à la productivité des bananiers à Kisekka étaient les dégâts causés par les nématodes et la mauvaise gestion. Le rendement était en moyenne de 13,8 t de bananes à l'hectare. Les possibilités d'améliorer le rendement paraissaient être beaucoup plus importantes à ce site car la fertilité du sol n'était pas le facteur le plus limitant.

Distribution spatiale et effet des nématodes sur le système racinaire et le statut nutritionnel de bananiers en Ouganda

Herbert A. L. Talwana

Thèse de doctorat soumise à la Katholieke Universiteit Leuven, Leuven Belgique, mars 2002

En Afrique, les bananes des hautes terres représentent 75% de la production et environ 20% de la production mondiale de bananes. En Ouganda, 85% des bananes produites proviennent des hautes terres d'Afrique de l'Est. Les bananiers sont cultivés entre 1000 et 2000 m d'altitude. Toutefois, la production de bananes est en diminution en Ouganda à cause de l'interaction entre des facteurs abiotiques et biotiques, parmi lesquels une fertilité des sols en déclin et la présence de nématodes parasites des plantes. Tous les cultivars de bananiers sont sensibles aux nématodes qui seuls, ou en association avec d'autres facteurs, représentent des contraintes majeures à la production bananière dans toutes les régions productrices de bananes.

Dans les hautes terres d'Afrique de l'Est, les nématodes parasites des plantes sont reconnus comme étant parmi les principaux ravageurs des bananiers mais de nombreuses questions concernant leur rôle dans le déclin de la production de bananes demeurent sans réponse. Par exemple, l'endroit exact où ces nématodes se nourrissent dans le système racinaire n'est pas encore connu, à savoir si les différentes espèces se nourrissent de parties différentes, si les dégâts causés par ces nématodes dépendent du site de l'infection et si les différences dans le développement des racines observées entre génotypes de *Musa* ont une influence sur les nématodes et leur alimentation. De plus, en réduisant la croissance des racines et leur rôle dans la plante, les nématodes peuvent avoir un impact sur le statut nutritionnel de la plante. A l'inverse, le statut nutritionnel du sol aurait également un impact sur l'infection par les nématodes et sur les dégâts causés, ceux-ci étant plus sévères lorsque les éléments nutritifs minéraux sont déficients. Par conséquent, manipuler la nutrition minérale du bananier pourrait s'avérer être important comme outil de gestion des nématodes et pour limiter leurs dégâts.

Cette étude a été initiée avec les objectifs suivants: (1) décrire la distribution spatiale des populations de *Radopholus similis*, *Pratylenchus goodeyi*, *Helicotylenchus multicinctus* et

Meloidogyne spp. et les dégâts qu'ils provoquent dans le système racinaire des bananiers sous les conditions qui prévalent dans les hautes terres, (2) quantifier l'infection par les nématodes, leurs dégâts aux racines et la croissance de la plante, (3) vérifier l'influence de l'espèce de nématode sur la sévérité des dégâts sous les conditions des hautes terres, et (4) explorer la relation entre l'infection par les nématodes, leurs dégâts et la nutrition de la plante sous les conditions des hautes terres. Les résultats montrent que les populations de nématodes sont distribuées de façon aléatoire tout au long des racines primaires alors que leurs dégâts sont plus marqués dans les zones proches du corme que le long des racines primaires. Ce résultat était indépendant du cultivar et de la zone de production, ce qui laisse supposer que lorsque l'on évalue les génotypes sélectionnés pour leur résistance aux nématodes, n'importe quelle section d'une racine primaire peut servir à la reproduction des nématodes.

Les caractéristiques des racines de bananier jouent un rôle important dans l'infection par les nématodes et les dégâts qu'ils causent. Le nombre et la grosseur des racines est un facteur critique dans la tolérance des plantes vis à vis des nématodes. Des plantes avec plus de racines et/ou de vigueur sont moins affaiblies par les nématodes. Cependant, la pathogénicité du nématode semble plus importante dans la détermination de l'intensité de l'infection et des dégâts causés. Cette étude a également montré que l'infection de bananiers par les nématodes diminue l'absorption des nutriments et leur distribution dans les tissus du bananier. Le fait d'ajouter des nutriments au sol, en tant que mesure de lutte contre les nématodes du bananier, réduit l'infection par les nématodes et leur reproduction, mais cet effet dépend de l'espèce de nématodes et du type de nutriment. Donc, pour éviter un déclin rapide du rendement chez les bananiers des hautes terres d'Afrique de l'Est, la principale mesure serait d'encourager une croissance vigoureuse des racines (par exemple avec des paillis ou par l'application d'engrais) et/ou par l'élimination des facteurs qui réduisent leur croissance et leur développement, c'est à dire, les nématodes, une température élevée du sol et les charançons.

Incidence des nématodes parasites sur le bananier plantain (*Musa* spp. AAB) au Nigeria et leur effet sur l'état des racines, la croissance des plantes et le rendement

Monisade Omolara Rotimi

Thèse de Doctorat présentée au Laboratoire d'amélioration des plantes tropicales, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, le 3 novembre 2003. Les recherches ont été conduites à l'IITA-Onne, sous la supervision scientifique de feu Paul Speijer, et financées par la GTZ (Allemagne), la DGCD (Belgique) et l'IITA.

Onze espèces de nématodes parasites des plantes sont associées au bananier plantain dans le sud du Nigeria. Ces espèces sont, par ordre décroissant de fréquence d'occurrence : *Helicotylenchus multicinctus*, *Hoplolaimus pararobustus*, *Pratylenchus coffeae*, *Radopholus similis*, et *Meloidogyne* spp. (juvéniles du second stade). Les autres espèces de nématodes incluent *Helicotylenchus dihyssera*, *Pratylenchus zaeae*, *Pratylenchus brachyurus*, *Rotylenchulus reniformis*, *Scutellonema* et *Criconeimoides* spp. que l'on trouve sur moins de 5% des sites. Les résultats suggèrent que *P. coffeae*, suivi par *R. similis* sont les contraintes biotiques majeures pour la production de bananes plantain dans le sud du Nigeria. On s'attend à ce que ces nématodes causent des pertes plus élevées que la maladie des raies noires et le charançon du bananier.

Un essai multifactoriel à la ferme a été mis en place à Obrikom, au sud-est du Nigeria, afin d'évaluer l'influence d'un paillis de résidus de régimes de palmier à huile sur la croissance des bananiers plantain (*Musa* AAB, cv. 'Agbagba') en présence de nématodes parasites des plantes. La croissance végétative des plantes a été améliorée par le paillis. La croissance et le rendement du bananier plantain 'Agbagba' en présence de nématodes ont ensuite été évalués en présence et en absence d'un paillis de copeaux de bois. L'essai a été mis en place à la High Rainfall Station de l'Institut international

d'agriculture tropical (IITA) à Onne, dans le sud-est du Nigeria. Le paillis a amélioré la croissance des plantes et a permis une meilleure production de rejets. Les plants paillés ont été récoltés 115 jours avant les plants non paillés. Les dégâts causés par les nématodes ont réduit le rendement de 46% chez les plantes paillées et de 54% chez les plantes non paillées. La chute des plants a été observée sur 23% des plantes paillées et 16% des plantes non paillées. Le type de gestion (paillage) adopté a déterminé la prédominance d'une espèce dans une population mélangée de nématodes.

Un essai en pot a été réalisé à Onne afin d'évaluer la différence de susceptibilité aux nématodes entre de jeunes plants des cultivars de bananier plantain 'Agbagba' (un False horn) et 'Obino l'ewai' (un French). Le nombre total de nématodes était positivement corrélé avec la nécrose racinaire chez les deux cultivars. De plus, *Meloidogyne* spp. et *H. multicinctus* étaient positivement corrélés avec la formation de galles sur les racines du cultivar 'Obino l'ewai', alors que *R. similis* l'était également avec la formation de galles sur les racines du cultivar 'Agbagba'. Nos résultats suggèrent que parmi les cultivars de bananier plantain, il y a une variation dans la susceptibilité aux nématodes et dans l'expression des symptômes. Les effets des nématodes sur la croissance et le rendement des deux cultivars ont donc été comparés dans un essai au champ avec paillis. Les nématodes ont causé une diminution du rendement de 48% chez 'Agbagba' et de 51% chez 'Obino l'ewai'. Nous concluons que les nématodes causent en moyenne une baisse de 50% du rendement chez les bananiers plantain au Nigeria et en moyenne des pertes de 20% due à la chute des plants portant des régimes immatures. Dans un concept de gestion intégrée, le paillage est une pratique intéressante pour gérer les nématodes des bananiers plantain.

Evaluation de la virulence de *Steinernema carpocapsae* et de *Heterorhabditis bacteriophora* sur les stades de développement du charançon du bananier *Cosmopolites sordidus*

Le charançon du bananier, *Cosmopolites sordidus* (Germar), est l'un des principaux ravageurs provoquant des dégâts à cette culture. Des nématodes entomopathogènes (NEP) appartenant aux genres *Steinernema* et *Heterorhabditis* sont des ennemis naturels du charançon et pourraient être introduits dans les programmes de lutte intégrée de cet insecte. Le but de ce travail a été d'évaluer la virulence de deux NEP, *Steinernema carpocapsae* et *Heterorhabditis bacteriophora*, sur des adultes et des larves de dernier stade du charançon du bananier.

L'essai biologique a consisté à infecter des individus répartis dans des boîtes à cupules contenant du papier filtre avec des concentrations de 10, 100 et 1000 juvéniles infectieux /25µl. Toutes les 12 heures, on a enregistré le nombre d'individus morts par boîte jusqu'à 120 heures pour les larves et 228 heures pour les adultes. Les insectes morts ont été placés en chambre sèche pour favoriser le développement des nématodes à l'intérieur de l'insecte puis en chambre "blanche" pour l'émergence des juvéniles infectieux. Les variables suivantes ont été évaluées : mortalité aux stades adulte et

larvaire, multiplication des juvéniles infectieux et temps requis pour l'émergence.

Dans les conditions de l'évaluation, aussi bien les larves que les adultes se sont montrés sensibles à l'attaque des juvéniles infectieux de chaque NEP mais ont réagi différemment à l'augmentation des doses. Une symptomatologie d'infection et une multiplication des juvéniles infectieux typiques de chacune des deux espèces de NEP ont clairement été mises en évidence chez les larves. Des conditions intrinsèques comme la niche écologique limitée de l'insecte et la forte humidité dans les cornes du bananier plantain, favorables à la survie des nématodes, ainsi que la mortalité enregistrée aux faibles concentrations de juvéniles infectieux et la capacité de ces derniers à se développer tout particulièrement chez les larves font de ces deux espèces de NEP un outil prometteur pour la lutte contre le charançon du bananier en champ.

Source : Paula A. Sepúlveda C., Alberto Soto G. et Juan C. López N de l'Université de Caldas, Manizales, Colombie. Courriels : sepulveda_cano@yahoo.com, alberto364@hotmail.com et juancarlos.lopez@cafedecolombia.com

Analyse des résidus du pseudotrunc de 'Valery' et 'Grande naine'

En Colombie, dans les zones d'Uraba Antioqueño et Magdalena se pratique la culture fruitière de la banane des variétés 'Valery' et 'Grande naine'. Onze pour cent de la plante est composé de fruits qui répondent aux normes d'exportation tandis que 89% sont des résidus organiques non utilisés. Ces résidus se divisent en deux catégories : les résidus fibreux (rachis, feuille et pseudotrunc) et les résidus non fibreux (fruit et bourgeon mâle). Ces résidus sont susceptibles de fournir des produits dérivés qui pourraient éventuellement se traduire par une valorisation complète du bananier.

Le résidu évalué dans cette étude est le pseudotrunc des variétés 'Valery' et 'Grande naine' de la zone d'Uraba Antioqueño. Ces variétés étaient considérées comme homogènes, d'où l'absence d'évaluation spécifique à

chacune. Les fibres végétales du pseudotrunc ont été extraites grâce à un système mécanique. La fibre ainsi que les résidus obtenus pendant le processus d'extraction ont été analysés afin de déterminer leur potentiel d'utilisation. La fibre a été lavée pour enlever toutes les matières végétales existantes sur sa surface. Les produits employés pour le lavage ont été : l'eau du robinet, le sulfate d'aluminium hydraté à 1% et 5% et un détergent non ionisé à 1% et 5%. Les lavages les plus efficaces ont été obtenus avec le sulfate d'aluminium hydraté à 5% et l'eau du robinet étant donné qu'ils ont permis d'enlever une grande quantité de matériel végétal et ont peu modifié la couleur.

La fibre est principalement composée de cellulose (68%) et d'autres composants comme l'hémicellulose (10%), la lignine (9%),

les pectines, qui sont solubles dans l'eau, les graisses et les cires (13%). Ceci nous permet de croire à la possibilité de produire à partir de la fibre des papiers spéciaux (par ex. des poches de thé, peau de saucisses, papier filtre) et aussi les dérivés de la cellulose (par ex. carboxyméthyle cellulose, rayonne, cellophane). Des tests chimiques ont établi que les fibres possèdent, entre autres, une bonne résistance aux substances alcalines et à l'humidité. Des tests mécaniques ont mis en évidence la possibilité d'utiliser les fibres dans le secteur textile et l'emballage.

L'analyse des résidus générés pendant le processus d'extraction des fibres a permis de déterminer qu'ils peuvent être utilisés pour générer une grande quantité de produits (par ex. aliments pour animaux, farine et compost), étant donné leur concentration élevée en fibre (25% du poids sec), des extraits libres d'azote (48% du poids sec) et des minéraux (N : 0,6% du poids sec, P : 0,1% du poids sec et K : 10% du poids sec).

Source : A. Gaviria et P. Gañán*

*Grupo de Investigación en Nuevos Materiales de la Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombie. Courriel : frojo@upb.edu.co

Présence de *Meloidogyne incognita* sur *Ensete superbum*

Nouvelles des *Musa*

La famille des Musaceae comprend deux genres, *Musa*, qui contient toutes les variétés cultivées et *Ensete*, qui inclut six espèces. *Ensete superbum* est une espèce sauvage de bananier ornemental à graines qui est communément planté dans des parcs, sur des sites de barrages et dans des jardins botaniques où l'humidité et la pluviométrie sont élevées (Figure 1).

Des observations réalisées en juin 2002 lors de la cartographie de la prévalence et la distribution de nématodes parasites sur les bananiers de la partie méridionale du Tamil Nadu ont révélé un jaunissement inhabituel et une croissance réduite chez des plants d'*E. superbum* au barrage de Pechiparai, au Tamil Nadu, en Inde.

Des échantillons de racines et de sol ont été prélevés dans la rhizosphère d' *E. superbum* et les échantillons ont été analysés selon la méthode de Hussey et Barker (1973). La quasi-totalité du système racinaire était parasitée par un nématode produisant une galle, qui a été identifiée comme étant *Meloidogyne incognita* (Kofoid et White, 1919) Chitwood, 1949.

L'observation des masses d'œufs produits par le nématode à galle a révélé la présence du parasite *Paecilomyces lilacinus* (Figure 2) qui a déjà été rapporté comme un pathogène potentiel des œufs des nématodes à galle (Jatala 1986).



Figure 1



Figure 2

Figure 1. *Ensete superbum* au barrage de Pechiparai Dam au Tamil Nadu

Figure 2. *Paecilomyces lilacinus* colonisant les œufs de *Meloidogyne incognita*

Cette étude représente la première mention du parasitisme de *M. incognita* sur *E. superbum* en Inde.

Source : P. Sundararaju, I. Cannayane et S. Sathiamoorthy du Crop Protection Laboratory, National Research Centre for Banana, Tiruchirapalli – 620 102, Inde.

Références

Hussey R.S. & K.R. Barker. 1973. A comparison of methods of collecting inocula for *Meloidogyne* spp., including a new technique. Plant Dis. Re. 57:1025-1028.

Jatala P. 1986. Biological control of plant-parasitic nematodes. Annual Review of Phytopathology. 24: 453-89.

Bloc-notes

Nouvelles dates pour le Congrès sur la banane

Le congrès international sur *Musa* : la recherche au service de l'amélioration des moyens de subsistance, annoncé pour mai 2004 à Kuala Lumpur, se tiendra des 6 au 9 juillet 2004 à Penang, en Malaisie.

La date limite pour le paiement des réservations d'hôtel et des frais d'inscription est le 1^{er} mars 2004. Pour plus de renseignements, consultez notre site web ou contactez Karen Lehrer au siège de l'INIBAP à Montpellier (k.lehrer@cgiar.org).



**Toute l'équipe
d'INIBAP
vous souhaite
une heureuse
année 2004 !**

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

Strosse H., R. Domergue, B. Panis, J.V. Escalant et F. Côte. 2003. Suspensions cellulaires embryogènes de bananiers et bananiers plantain (A. Vézina et C. Picq, eds). Guides techniques INIBAP 8. INIBAP, Montpellier, France.

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. INIBAP, Montpellier, France.

INIBAP 2003. Networking bananas and plantains: Annual Report 2002.

Parutions récentes

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.

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.

A paraître

Strategy for the International *Mycosphaerella* Genomics Consortium: Report of a meeting held in Merida, Mexico, 18-22 August 2003.



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
Courriel : inibap@cgiar.org
Fax : (33) 467 61 03 34
Directeur : **Dr Richard Markham**
Courriel : r.markham@cgiar.org
Coordinateur, Amélioration génétique de *Musa* :
Dr Jean-Vincent Escalant
Courriel : j.escalant@cgiar.org
Coordinateur, Génomique et conservation des ressources génétiques de *Musa* : **Dr Nicolas Roux**
Courriel : n.roux@cgiar.org
Coordinateur, Agroécosystèmes et recherche de valeur ajoutée pour les filières de production : **Dr Charles Staver**
Courriel : charles.staver@cgiar.org
Coordinatrice, Information et communication :
Claudine Picq
Courriel : c.picq@cgiar.org
Responsable MGIS : **Elizabeth Arnaud**
Courriel : e.arnaud@cgiar.org
Comptable : **Emmanuel Gonnord**
Courriel : e.gonnord@cgiar.org

• Bureau Régional pour l'Amérique latine et les Caraïbes

Coordinateur régional : **Dr Franklin E. Rosales**
Expert associé, transfert de technologies :
Dr Luis Pocasangre
Expert associé, nématologie : **Thomas Moens**
C/o CATIE
Apdo 60-7170 Turrialba, Costa Rica
Tel/Fax : (506) 556 2431
Courriel : inibap@catie.ac.cr

• Bureau Régional pour l'Asie et le Pacifique

Coordinateur régional : **Dr Agustín Molina**

Expert associé, transfert de technologies :

Dr Inge Van Den Bergh
C/o IRRM Rm 31, GS Khush Hall
Los Baños, Laguna 4031
Philippines
Fax: (63-49) 536 05 32
Courriel : 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
Courriel : inibap@camnet.cm

• Bureau Régional pour l'Afrique orientale et australe

Coordinateur régional : **Dr Eldad Karamura**
Expert associé, transfert de technologies : Dr Guy Blomme
P.O. Box 24384
Kampala, Ouganda
Fax: +(256-41) 28 69 49
Courriel : 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
Courriel : ines.vandenhouwe@agr.kuleuven.ac.be