

INFOMUSA

La Revue Internationale sur Bananiers et Plantains



Vol. 9 N° 1

Juillet 2000

DANS CE NUMÉRO

Isolement de champignons endophytes du bananier en Amérique centrale et évaluation de leur potentiel pour la lutte biologique contre R. similis

Réaction aux nématodes à lésions chez des bananiers résistants à la fusariose

Résistance/tolérance de matériel génétique vietnamien aux nématodes

Embryogenèse somatique en milieux liquides.

Maturation et augmentation de la germination du cultivar hybride FHIA-18 (AAAB)

Amélioration du bananier plantain FHIA-21 par mutagenèse in vitro

Résistance à la maladie de Moko chez *Musa*

Évaluation multilocale d'hybrides de la FHIA au Ghana

Enquête bananière dans la République Démocratique du Congo

Table ronde: les bananes à cuire dans la zone subtropicale

Quelle variété de bananier cultiver ?

Nouvelles des Musa

Thèses

Livres etc.

Annonces

Nouvelles de l'INIBAP

Nouvelles de PROMUSA



INFOMUSA est publié avec le soutien du Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale (CTA)



Vol. 9, N° 1

Photo de couverture :
ambulante de bananes en Inde
(S. Uma, NRCB)

Editeur :

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

Rédacteur en chef :

Claudine Picq

Comité de Rédaction :

Emile Frison, Jean-Vincent Escalant,
Suzanne Sharrock

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'enga-
ger 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 an-
glais et en espagnol.

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'en-
gagent 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.

Le programme de l'INIBAP a quatre objectifs principaux :

- organiser et coordonner un effort global de recherche sur la banane et la banane plantain vi-
sant au développement, à l'évaluation et à la dissémination de matériel génétique de *Musa*
amélioré ainsi qu'à la conservation et à l'utilisation de la diversité génétique des *Musa* ;
- promouvoir et renforcer la collaboration et le partenariat en matière de recherche sur les
bananiers au niveau national, régional et international ;
- renforcer la capacité des Systèmes nationaux de recherche agricole à conduire des re-
cherches sur la banane et la banane plantain ;
- coordonner, faciliter et appuyer la production, la collecte et l'échange d'information et de
documentation sur la banane et la banane plantain.

L'INIBAP est un programme de l'Institut international pour les ressources phytogénétiques
(IPGRI), un centre "Future Harvest".

INFOMUSA

Vol. 9, N° 1

SOMMAIRE

Isolement de champignons endophytes du bananier en Amérique centrale et évaluation de leur potentiel pour la lutte biologique contre le nématode foreur (<i>Radopholus similis</i>)	3
Évaluation de la réaction aux nématodes à lésions chez des bananiers résistants à la fusariose	6
Évaluation en serre de la résistance/tolérance de matériel génétique viêt- namien aux nématodes à galles et à lésions.....	8
Embryogenèse somatique en milieux liquides. Maturation et augmentation de la germination du cultivar hybride FHIA-18 (AAAB).....	12
Amélioration du clone hybride de bananier plantain FHIA-21 par mutagenèse <i>in vitro</i>	16
Évaluation de la résistance à la maladie de Moko (<i>Ralstonia solanacearum</i> , race 2) chez <i>Musa</i> spp.....	19
Évaluation multilocale d'hybrides de la FHIA au Ghana	20
Résultats d'une enquête bananière chez les paysans de la République Démocratique du Congo	22
Atelier sur les bananes à cuire dans la zone subtropicale	24
– L'interêt des bananes à cuire 'Topocho verde' (ABB) pour les Canaries	24
– Importance des bananes plantain et des bananes à cuire en Afrique : Débouchés pour les zones subtropicales	25
– Les bananes à cuire : classification, production et utilisations en Asie du Sud-Est	28
Quelle variété de bananier cultiver ?	31
Nouvelles des <i>Musa</i>	34
Thèses	37
Livres etc.	39
Annonces	39
Nouvelles de l'INIBAP	40
Nouvelles de PROMUSA	I-IV

Isolement de champignons endophytes du bananier en Amérique centrale et évaluation de leur potentiel pour la lutte biologique contre le nématode foreur (*Radopholus similis*)

L. Pocasangre, R.A. Sikora, V. Vilich
et R.P. Schuster

Les endophytes sont des champignons qui colonisent les tissus de plants sains pour y persister sous forme dormante ou s'étendre sous forme d'infection ne produisant pas de symptômes (Carroll 1988, Boddy et Griffith 1989, Yates *et al.* 1997). Si leur présence a pour effet de protéger les tissus de stress biotiques et/ou abiotiques, il s'agit de champignons mutualistes (Carroll 1990, Latch 1993).

Une prospection a été effectuée en Amérique centrale en janvier et février 1997 pour identifier des champignons endophytes. Les pays prospectés étaient le Honduras, le Costa Rica, le Guatemala, ainsi que Cuba dans les Caraïbes. Huit plantations de bananiers ont été visitées. On a prélevé des échantillons sur 21 cultivars de *Musa* spp., comprenant des bananiers dessert, bananiers à cuire et bananiers plantain de différents groupes génomiques : AA, AB, AAA, AAB, ABB, AAAB et AABB.

Le nématode foreur *Radopholus similis* (Cobb) Thorne est la principale espèce de nématodes parasitant les bananiers et bananiers plantain en Amérique centrale, en Afrique de l'Ouest et en Australie (Pinochet 1986, Sarah 1989, Schipke et Ramsey 1994).

Le matériel végétal traditionnel (rejets) est la première cause de l'introduction de ces nématodes dans les nouvelles plantations. Les vitroplants en sont indemnes au moment où ils sont plantés. Mais on sait qu'ils sont plus sensibles que les rejets aux attaques des nématodes et de la fusariose (Nouvelles des *Musa* 1997, Smith *et al.* 1998). Cette sensibilité des vitroplants vient peut-être du fait qu'étant produits en conditions aseptiques, ils ne portent pas de champignons mutualistes qui pourraient assainir leurs racines.

Cette étude avait pour objectif de déterminer l'incidence naturelle des champignons endophytes chez des plants sains de différents cultivars de bananiers en Amérique centrale et d'évaluer les effets de ces champignons sur le taux de reproduction de *R. similis* chez des vitroplants inoculés et non inoculés de quatre cultivars de bananiers commerciaux.

Matériel et méthodes

Pays prospectés en Amérique centrale

On a prélevé des échantillons de tissus sur des racines et des souches de bananiers dans huit plantations localisées dans trois pays d'Amérique centrale : au Costa Rica (CATIE, Turrialba et EARTH, Guacimo), au Guatemala (Tiquizate, plantation du groupe Molina) et au Honduras (FHIA, La Lima et les plantations Dole de El Rosario et La Ceiba),

ainsi qu'à Cuba dans les Caraïbes (stations expérimentales de l'IBP à Remedios et Antillas). Les cultivars échantillonnés ont été choisis en fonction de leur importance commerciale pour l'exportation et la consommation locale. Toutes les plantations prospectées pratiquaient la monoculture de la banane depuis plus de 15 ans.

Isolement des champignons endophytes

Les champignons endophytes ont été isolés dans les racines et les souches des bananiers suivant le protocole présenté à la figure 1. On a divisé les racines primaires en deux sections longitudinales qu'on a placées dans une solution à 5 % d'hypochlorite de sodium pendant 5 minutes, pour les rincer ensuite trois fois à l'eau du robinet stérile. Après les avoir placées sur du papier absorbant stérilisé en autoclave pour éliminer l'excès d'eau, on a pelé la couche externe des racines à l'aide d'un scalpel, de façon à ne conserver que les tissus internes. On a coupé ceux-ci en petits morceaux d'environ 1 à 1,5 cm de long à l'aide d'un couteau stérilisé à la chaleur. Ces petits morceaux ont été placés sur de la gélose dextrosée à la pomme de terre à 10 % contenant 150 ppm de streptomycine et de pénicilline. On a laissé ces cultures incuber à 25°C dans le noir. Une semaine plus tard, on a transféré les champignons sur de nouvelles plaques pour procéder à des tests afin de les identifier.

Sur les souches, on a isolé les champignons endophytes dans le cortex extérieur et dans le cylindre central. Après avoir divisé les souches en deux sections longitudinales, on a découpé de petits blocs de tissus d'environ 0,5-1,0 cm de long qui ont été stérilisés selon la méthode susmentionnée. L'isolement des champignons a été effectué suivant le même protocole que pour les racines.

Matériel végétal

On a produit des vitroplants de Gran Enano (AAA), Williams (AAA), Gros Michel (AAA) et FHIA-23 (AAAA) à l'aide de la méthode de multiplication de Wong (1986). Pour ce faire, on a prélevé des méristèmes de pousses latérales qu'on a repiqués sur un milieu MS (Murashige et Skoog 1962) auquel on a ajouté 30 g/l de saccharose, 2,5 mg/l de benzylaminopurine (BAP) et 0,5 mg/l d'acide indole-3-acétique (AIA). L'incubation a été effectuée à 25±2°C avec une photophase de 16 heures.

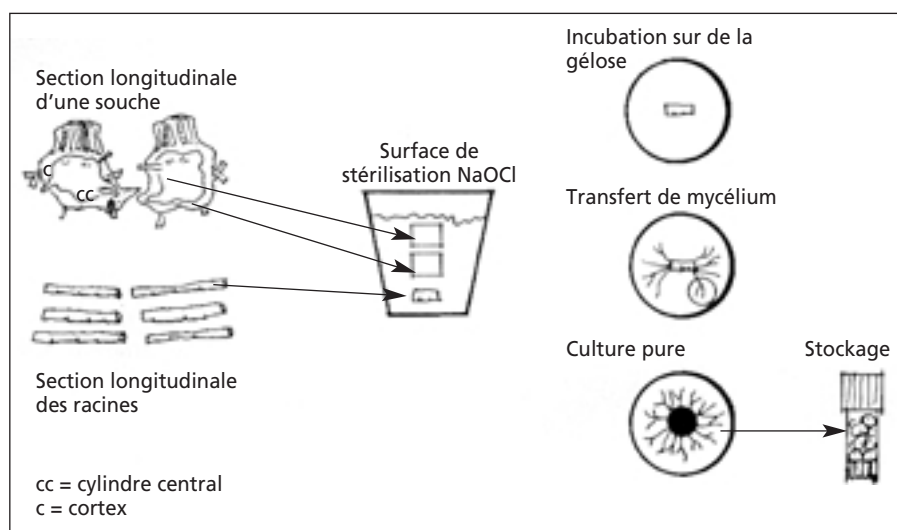


Figure 1. Protocole de stérilisation et d'isolement utilisé pour détecter des champignons endophytes dans les tissus des racines et des souches de bananiers.

Inoculation et criblage *in vivo* des champignons endophytes

On a obtenu des suspensions conidiennes selon la technique de Sun et Su (1984). Les cultures de champignons endophytes, après sept jours sur de la gélose dextrosée à la pomme de terre, ont été filtrées à travers deux épaisseurs de gaze. On a ajusté la quantité de suspension en ajoutant de la solution de Ringer, de façon à obtenir $1,2 \times 10^6$ ufc/ml. On a ensuite immergé les racines de plantules d'environ 12 cm de haut dans cette suspension conidienne pendant 5 minutes avant de les repiquer dans des pots de 650 cm³ contenant du sable stérilisé. Les témoins ont été traités avec la solution de Ringer, sans champignons endophytes. Les plantules ont été réinoculées deux semaines plus tard. On a effectué la réinoculation autour des racines de chaque plantule, en injectant 5 ml de suspension conidienne à l'aide d'une pipette dans trois trous pratiqués à la base du pseudotrunc. On a ainsi criblé 28 champignons endophytes isolés dans des racines de bananiers en Amérique centrale et à Cuba afin d'évaluer leur activité antagoniste vis-à-vis de *R. similis* chez le cultivar Gran Enano. Les isolats les plus efficaces ont été testés de nouveau sur quatre cultivars de bananiers et ont également fait l'objet d'études plus détaillées.

Source de nématodes

et procédure d'inoculation

L'inoculum de nématodes consistait en une population de *R. similis* isolée chez le cultivar Valery à Talamanca, au Costa Rica. On a multiplié les nématodes en culture monoxénique sur des rondelles de carotte (O'Bannon et Taylor 1968). Un mois après l'inoculation avec les champignons endophytes, on a inoculé les plantules avec 500 nématodes par pot. On a procédé à l'application autour des racines de chaque plantule, en injectant la suspension de nématodes à l'aide d'une pipette dans trois trous à la base du pseudotrunc.

Deux mois plus tard, on a déterminé les densités de nématodes dans le système racinaire et dans le sol. Pour extraire les nématodes des racines, on a coupé la totalité du système racinaire des plantules. On l'a ensuite coloré avec une solution à 0,1 % de fuchsine acide et broyé dans un mixeur pendant 15 secondes. Après avoir compté les nématodes dans deux aliquotes de 10 ml, on a calculé leur nombre total par système racinaire. Pour extraire les nématodes du sol, on a prélevé dans chaque pot un échantillon de 200 g de sable qu'on a placé sur un entonnoir de Baermann modifié. Au bout de deux jours, on a recueilli les nématodes à l'aide d'un tamis de 25 µm. On a calculé le nombre total de nématodes par pot après avoir procédé à un comptage dans une aliquote de 10 ml.

Analyse statistique

Dans tous les essais, on a utilisé un dispositif en blocs de Fisher. Toutes les données

Tableau 1. Nombre de champignons endophytes isolés dans les tissus de 21 cultivars de bananiers en Amérique centrale.

Pays	Racines	Cortex	Cylindre central	Total
Honduras	22	14	8	44
Guatemala	9	6	1	16
Costa Rica	15	4	2	21
Cuba	43	6	2	51
	89 (67,5 %)	30 (22,7 %)	13 (9,8 %)	132 (100 %)

Les valeurs en pourcentage indiquent la fréquence de la présence des champignons dans les différents types de tissus de bananier.

Tableau 2. Origine des champignons endophytes identifiés chez différents cultivars de bananiers en Amérique centrale.

Code du champignon	Genre du champignon	Cultivar/génome	Tissus	Site
Honduras (H)				
H-06	<i>Fusarium</i> spp.	Giant Cavendish (AAA)	cylindre central	Collection FHIA
H-07	<i>Fusarium</i> spp.	Lacatan (AAA)	racines	Collection FHIA
H-12	<i>Fusarium</i> spp.	Cavendish (AAA)	racines	Collection FHIA
H-14*	<i>Fusarium</i> spp.	Cavendish (AAA)	racines	Collection FHIA
H-15	<i>Trichoderma</i> sp.	Cavendish (AAA)	cylindre central	Collection FHIA
H-19*	<i>Fusarium</i> spp.	Bluggoe (ABB)	racines	Collection FHIA
H-20*	<i>Fusarium</i> spp.	Dwarf Cavendish (AAA)	racines	Collection FHIA
H-26*	<i>Fusarium</i> spp.	Ney Poovan (AB)	racines	Collection FHIA
H-31	<i>Verticillium</i> spp.	P.J. Buaya (AA)	cortex	Collection FHIA
H-35	<i>Fusarium</i> spp.	Gran Enano (AAA)	racines	Dole, Rosario
H-36	<i>Fusarium</i> spp.	Gran Enano (AAA)	cortex	Dole, Rosario
H-37	<i>Acremonium</i> spp.	Gran Enano (AAA)	cortex	Dole, Rosario
H-39	<i>Fusarium</i> spp.	Gran Enano (AAA)	racines	Dole, La Ceiba
H-42	<i>Fusarium</i> spp.	Gran Enano (AAA)	cortex	Dole, La Ceiba
H-43	<i>Fusarium</i> spp.	Gran Enano (AAA)	cortex	Dole, La Ceiba
Costa Rica (CR)				
CR-01	<i>Fusarium</i> spp.	Gran Enano (AAA)	racines	CATIE, Turrialba
CR-04	<i>Fusarium</i> spp.	Gran Enano (AAA)	racines	CATIE, Turrialba
CR-09	<i>Fusarium</i> spp.	Gran Enano (AAA)	racines	EARTH, Guacimo
CR-10	<i>Fusarium</i> spp.	Gran Enano (AAA)	racines	EARTH, Guacimo
CR-19	<i>Fusarium</i> spp.	Gran Enano (AAA)	cortex	EARTH, Guacimo
CR-21	<i>Acremonium</i> spp.	Gran Enano (AAA)	cortex	EARTH, Guacimo
Guatemala (G)				
G-01	<i>Fusarium</i> spp.	Gran Enano (AAA)	racines	Tiquizate
G-05	<i>Verticillium</i> spp.	Gran Enano (AAA)	racines	Tiquizate
G-08	<i>Fusarium</i> spp.	Gran Enano (AAA)	cortex	Tiquizate
G-11	<i>Fusarium</i> spp.	Gran Enano (AAA)	cortex	Tiquizate
G-12	<i>Fusarium</i> spp.	Gran Enano (AAA)	cortex	Tiquizate
Cuba (C)				
C-03	<i>Fusarium</i> spp.	FHIA-01 (AAAB)	racines	IBP, Remedios
C-09	<i>Fusarium</i> spp.	FHIA-03 (AABB)	racines	IBP, Antillas
C-13*	<i>Fusarium</i> spp.	FHIA-03 (AABB)	racines	IBP, Antillas
C-20	<i>Fusarium</i> spp.	FHIA-03 (AABB)	racines	IBP, Remedios
C-22	<i>Fusarium</i> spp.	FHIA-03 (AABB)	racines	IBP, Remedios
C-35	<i>Fusarium</i> spp.	FHIA-21 (AAAB)	racines	IBP, Remedios
C-39	<i>Fusarium</i> spp.	Gros Michel (AAA)	racines	IBP, Remedios
C-48	<i>Fusarium</i> spp.	FHIA-21 (AAAB)	racines	IBP, Remedios
C-49	<i>Fusarium</i> spp.	FHIA-21 (AAAB)	racines	IBP, Remedios

* Champignons endophytes efficaces, qui ont réduit le nombre de *R. similis*/g de racine de plus de 80 % par rapport au témoin.

ont fait l'objet d'une analyse de variance (PROC ANOVA, SAS version 6.12 pour Windows, SAS Institute, Cary, USA). Avant de procéder à l'analyse, on a transformé les nombres de nématodes au moyen du logarithme $\ln(x + 1)$. Pour comparer les moyennes, on s'est servi du test d'étendue multiple de Duncan ($P = 0,05$).

Résultats

On a isolé un total de 132 champignons endophytes à partir des 120 échantillons de

tissus de racines et de souches collectés dans la région. La fréquence des champignons était plus élevée dans les racines que dans le cortex et le cylindre central de la souche (tableau 1).

Dans tous les pays prospectés, les espèces de champignons endophytes prédominantes étaient *Fusarium* spp., qu'on a retrouvées dans tous les sites. La fréquence de *Fusarium* spp. était plus élevée dans les racines que dans le cortex et le cylindre central de la souche (tableau 2).

On a constaté différents degrés d'activité vis-à-vis de *R. similis*. Trois isolats ont causé une réduction du nombre de *R. similis*/g de racine supérieure à 90 % chez le cultivar Gran Enano, et seulement neuf des 28 isolats testés se sont montrés peu actifs avec une réduction inférieure à 30 % (tableau 3). Les isolats endophytes les plus efficaces : H-14, H-19, H-20, H-26 et C-13 ont été testés de nouveau sur les quatre cultivars de bananiers Gran Enano, Williams, Gros Michel et FHIA-23, chez lesquels ils ont réduit le nombre de *R. similis*/g de racine dans une proportion de plus de 80 % (données non présentées). Ces isolats endophytes particulièrement efficaces ont fait par ailleurs l'objet d'études plus détaillées qui ne sont pas examinées dans cet article.

Discussion

Les résultats de cette étude mettent en évidence une plus grande fréquence de champignons endophytes dans les racines que dans le cortex et le cylindre central de la souche de cultivars de bananiers commerciaux. Sur 132 champignons isolés, 89 se trouvaient dans les racines, 30 dans le cortex et 13 dans le cylindre central de la souche.

On a détecté *Fusarium* spp. dans les racines de différents cultivars de bananiers dans divers pays (Speijer 1993, Amin 1994, Schuster *et al.* 1995). Dans la présente étude, les champignons endophytes les plus fréquemment isolés étaient des souches de *Fusarium* spp. Présentes dans chacun des huit sites prospectés en Amérique centrale et à Cuba, elles ont été isolées à partir de différents cultivars, comprenant des bananiers dessert, des bananiers à cuire et des plantains appartenant à des groupes génomiques diploïdes, triploïdes et tétraploïdes. Ces résultats indiquent que les espèces de *Fusarium* sont des endophytes naturels du bananier et qu'elles ne sont pas inféodées à un cultivar ou groupe génomique particulier.

Parmi les 28 isolats de *Fusarium* spp. évalués sur le cultivar Gran Enano, on a trouvé différents degrés d'activité vis-à-vis de *R. similis*. Onze isolats ont réduit le nombre de *R. similis*/g de racine de plus de 70 %, et neuf seulement des 28 isolats testés sont apparus peu actifs avec un taux de réduction inférieur à 30 %. Ces différences d'activité s'expliquent par la plus ou moins grande aptitude du champignon à étendre son développement à l'intérieur du plant et à empêcher ainsi la pénétration des nématodes dans les racines (Pocasangre *et al.*, non publié). Hallmann et Sikora (1996) ont observé que des souches non pathogènes de *Fusarium oxysporum* étaient les champignons endophytes les plus efficaces vis-à-vis des nématodes parasites des plantes. Ils ont également constaté que les métabolites toxiques produits par *Fusarium oxysporum* avaient une action extrêmement efficace sur les parasites sédentaires, mais moins efficace sur les endoparasites migrants.

Tableau 3. Classement de 28 isolats de *Fusarium* spp. d'après leur effet sur la reproduction de *Radopholus similis* chez le cultivar Gran Enano (AAA).

Degré d'activité	Nombre d'isolats	% des isolats
effet négatif	2	7
< 30 %	7	25
30-50 %	3	11
50-70 %	5	18
71-90 %	8	28
> 90 %	3	11
Total	28	100

Les valeurs en pourcentage indiquent la réduction du nombre de *R. similis* par rapport au témoin.

Les résultats de cette recherche laissent à penser qu'on pourrait utiliser les champignons endophytes pour renforcer les vitroplants à la suite de la micropropagation, durant la phase critique de l'acclimatation, et pour réduire les applications initiales de pesticides à ce stade. Il reste nécessaire d'étudier la persistance de cet effet de lutte biologique chez les plants adultes.

Remerciements

Les auteurs remercient Dr Phil Rowe (FHIA, Honduras), Dr Roberto Young (Dole, Honduras), Dr Panfilo Tabora (EARTH, Costa Rica), M. Amnon Ronen (Galitec, Guatemala) et Dr Juan Pérez Ponce (IBP, Cuba) qui les ont aidés à organiser la collecte des échantillons dans les plantations de bananiers. Ils expriment également leur reconnaissance à M. Miguel Dita (M.Sc.), M. Yelenys Capo (M.Sc.) (IBP, Cuba) et Dr Mauricio Rivera (FHIA, Honduras) pour leur assistance technique et la mise à disposition de laboratoires pour isoler les champignons. Cette recherche était financée par le Service allemand d'échanges universitaires (DAAD) et la *Standard Fruit Company* (Dole, Honduras). ■

Références

- Amin N. 1994. Untersuchungen über die Bedeutung endophytischer Pilze für die biologische Bekämpfung des wandernden Endoparasiten *Radopholus similis* (Cobb) Thorne an Bananen. Ph.D. Thesis, University of Bonn, 112 pp.
- Boddy L. & G.S. Griffith. 1989. Role of endophytes and latent invasion in the development of decay communities in sapwood of angiospermous trees. *Sydowia* 41: 41-73.
- Carroll G.C. 1988. Fungal endophytes in stems and leaves: from latent pathogen to mutualistic symbiotic. *Ecology* 69: 2-9.
- Carroll G.C. 1990. Fungal endophytes in vascular plants: Mycological research opportunities in Japan. *Trans. Mycol. Soc. Japan* 31: 103-116.
- Hallmann J. & R.A. Sikora. R.A. 1996. Toxicity of fungal endophyte secondary metabolites to plant parasitic nematodes and soil-borne plant pathogenic fungi. *European Journal of Plant Pathology* 102: 155-162.
- Latch G.C.M. 1993. Physiological interactions of endophytic fungi and their hosts. Biotic stress tolerance imparted to grasses by endophytes. *Agri-*

culture, *Ecosystems and Environments* 44: 143-156.

- Murashige T. & F. A. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Plant Physiology*, 15:473-497.
- Nouvelles des *Musa*. 1997. Amérique latine et Caraïbes. *INFOMUSA* 6 (2): 52-57.
- O'Bannon J. H. & A.L. Taylor. 1968. Migratory endoparasitic nematodes reared on carrot discs. *Phytopathology* 58: 385.
- Pinochet J. 1986. A note on nematode control practice on bananas in Central America. *Nematropica* 16(2): 197-203.
- Sarah J-L. 1989. Banana nematodes and their control in Africa. *Nematropica* 19(2): 199-217.
- Schipke L.G. & M.D. Ramsey. 1994. Control of banana burrowing nematode (*Radopholus similis*) by fenamiphos applied through micro-irrigation in North Queensland. *Austr. J. of Experim. Agric.* 34: 109-114.
- Schuster R.P., R.A. Sikora & N. Amin. 1995. Potential of endophytic fungi for the biological control of plant parasitic nematodes. *Med. Fac. Landbouww. University of Gent* 60/3b: 1947-1952.
- Smith M. K, A.W. Whiley, C. Searle, P.W. Langdon, B. Schaffer & K. C. Pegg. 1998. Micropropagated bananas are more susceptible to *Fusarium* wilt than plant grown from conventional material. *Aust. J. Agric. Res.* 49: 1133-1139.
- Speijer P.R. 1993. Interrelationships between *Pratylenchus goodeyi* Sher & Allen and strains of non-pathogenic *Fusarium oxysporum* Schl. Emd. Snyder & Hans. in roots of two banana cultivars. Ph. D. Thesis, University of Bonn, 200 pp.
- Sun E.J. & H.J. Su. 1983. Rapid method for determining differential pathogenicity of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* using banana plantlets. *Trop. Agric.* 61(1): 7-8.
- Wong W.C. 1986. *In vitro* propagation of banana (*Musa* spp.) : Initiation, proliferation and development of shoot-tip culture on defined media. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 6: 159-166.
- Yates I.E., C.W. Bacon & D.M. Hinton. 1997. Effects of endophytic infection by *Fusarium moniliforme* on corn growth and cellular morphology. *Plant Diseases* 81: 723-728.

Les auteurs travaillent à l'*Institute of Plant Pathology, Soil-Ecosystem Phytopathology Section, University of Bonn*, Nussallee 9, D-53115 Bonn, Allemagne.

Évaluation de la réaction aux nématodes à lésions chez des bananiers résistants à la fusariose

R. Stoffelen, R. Verlinden,
J. Pinochet, R. Swennen
et D. De Waele

La fusariose ou maladie de Panama, causée par *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc), est présente dans la plupart des zones de production bananière du monde et affecte beaucoup de génotypes de bananiers importants. Ce champignon vivant dans le sol colonise le xylème de la plante hôte, provoquant des occlusions vasculaires et une décoloration brun rougeâtre. Les feuilles tournent au jaune vif, flétrissent et s'affaissent sur le pseudotrunc (Ploetz 1994). Aucun fongicide n'agit efficacement contre l'agent pathogène, qui peut survivre très longtemps dans le sol. Quand un champ est infecté, il est impossible d'y cultiver des génotypes sensibles pendant une période pouvant aller jusqu'à 30 ans.

Dans le cadre de la phase II du Programme international d'évaluation des *Musa* (IMTP), on a évalué la résistance d'hybrides améliorés de bananiers et de plantains à la fusariose (Orjeda 1998). Grâce à ces essais, on dispose aujourd'hui de plusieurs sources de résistance à cette maladie fongique (Shepherd *et al.* 1994, Pires de Matos *et al.* 1998, Orjeda *et al.* 1999, Tang et Hwang 1999).

Les bananiers et les bananiers plantain ne sont pas seulement attaqués par des champignons, mais aussi par d'autres agents pathogènes comme les nématodes, parmi lesquels *Radopholus similis*, *Pratylenchus coffeae*, *Pratylenchus goodeyi*, *Helicotylenchus multicinctus* et *Meloidogyne* spp. sont les espèces les plus communes et les plus dévastatrices (Gowen et Quénehervé 1990). Dans les champs infestés de nématodes, les pertes causées par la réduction de la croissance des plants, l'allongement de la phase végétative, la diminution de la taille des régimes, la chute des plants et la moindre longévité de la plantation peuvent atteindre des niveaux très élevés.

L'objectif de cette étude consistait à évaluer 10 génotypes de *Musa* résistants ou moyennement résistants à la fusariose identifiés dans le cadre de l'IMTP, afin de déterminer leur résistance aux nématodes causant des lésions sur les racines, *R. similis* et *P. coffeae*. On a inclus dans ces essais trois génotypes de référence sensibles à la fusariose, 'Gros Michel', 'Williams' et 'Bluggoe' (Jones 1994). La résistance de ces génotypes à *P. goodeyi* et *Meloidogyne* spp. a été éva-

luée précédemment par Pinochet *et al.* (1998). Dans cette étude, on a suivi la méthodologie décrite par Speijer et De Waele (1997).

Matériel et méthodes

Préparation des plants

On a repiqué des vitroplants dans des pots en plastique d'un litre contenant du sol sablo-limoneux stérilisé en autoclave. Les pots ont été placés dans une serre à une température ambiante de 20-27°C, sous photophase de 12 heures. Ils ont été arrosés selon les besoins et fertilisés avec une solution hydroponique toutes les trois semaines après l'inoculation des nématodes.

Préparation de l'inoculum

Les populations de *R. similis* et *P. coffeae* utilisées dans ces essais ont été isolées à l'origine dans des racines infectées d'un cultivar de bananier 'Valery' (groupe AAA) provenant de Talamanca, au Costa Rica, pour *R. similis* et d'un cultivar de plantain (groupe AAB) provenant de Kade, au Ghana, pour *P. coffeae*. Ces nématodes ont été cultivés en conditions monoxéniques sur des rondelles de carotte à 28°C dans le noir (Moody *et al.* 1973, Pinochet *et al.* 1995). On a ajusté la quantité d'inoculum de façon à pouvoir injecter une suspension contenant à peu près 1 000 oeufs et nématodes vermiformes vivants dans trois trous pratiqués dans le sol autour des racines de chaque plant.

Évaluation de la résistance de la plante hôte

On a inoculé les plants avec les nématodes après quatre semaines d'acclimatation. L'extraction a été effectuée huit semaines après l'inoculation chez les plants inoculés avec *R. similis* et deux semaines plus tard chez les plants inoculés avec *P. coffeae*, ce nématode ayant un cycle biologique plus long. On a broyé un sous-échantillon de 15 g de racines fraîches à l'aide d'un mixeur pendant deux périodes de 10 secondes séparées par une pause de 5 secondes. Puis on a passé les nématodes sur des tamis de 250, 106 et 40 µm. Dans la suspension contenant les nématodes recueillis sur le tamis de 40 µm, on a prélevé une aliquote de 6 ml et procédé au comptage à l'aide d'un microscope binoculaire.

Dispositif expérimental et analyse des données

Les génotypes ont été répartis en deux lots incluant chacun 'Grande Naine' (groupe

AAA) comme cultivar de référence sensible. On a effectué quatre essais successifs pour déterminer la réponse des génotypes des deux lots à *R. similis* et *P. coffeae*. Dans chaque essai, on a utilisé un dispositif en blocs de Fisher avec huit répétitions par génotype. Les nombres de nématodes ont été transformés au moyen du logarithme $\log_{10}(x+1)$ avant d'être soumis à une analyse de variance. On a séparé les moyennes à l'aide du test de Tukey à $P \leq 0,05$.

Résultats

Radopholus similis

Dans le lot n° 1, on a observé des différences significatives de sensibilité à *R. similis* (tableau 1). Chez les deux accessions de 'Pisang Jari Buaya' et chez 'Yangambi Km5', le nombre de nématodes était significativement plus bas que chez le cultivar de référence sensible 'Grande Naine'. Le nombre de nématodes récupérés par système racinaire étant inférieur au nombre contenu dans l'inoculum, les accessions de 'Pisang Jari Buaya' ITC0312 et ITC0690, ainsi que 'Yangambi Km5', peuvent être considérées comme résistantes à *R. similis*. La sensibilité des génotypes 'Gros Michel', 'FHIA-01' et 'Bluggoe' n'était pas significativement différente de celle de 'Grande Naine'.

Tous les génotypes du lot n° 2 – 'PA 03.22', 'PV 03.44', 'P. lilin', 'Saba', 'GCTCV 215', 'GCTCV 119' et 'Williams' – se sont révélés statistiquement aussi sensibles à *R. similis* que 'Grande Naine' (tableau 1). Seul 'PA 03.22' contenait un nombre de nématodes significativement plus faible que celui de 'Williams'.

Pratylenchus coffeae

Tous les génotypes des lots n° 1 et 2 se sont révélés statistiquement aussi sensibles à *P. coffeae* que 'Grande Naine', le cultivar de référence sensible (tableau 1). Dans le lot n° 1, on a enregistré le plus grand nombre de nématodes par système racinaire chez 'Bluggoe'. Ce cultivar s'est montré significativement plus sensible que tous les autres génotypes de ce lot, excepté 'Grande Naine'. Dans le lot n° 2, on a récupéré le plus grand nombre de nématodes par système racinaire chez 'Saba', qui était significativement plus sensible que tous les autres génotypes de ce lot, y compris 'Grande Naine' (tableau 1).

Discussion

Sur les 14 génotypes de *Musa* évalués, trois ont fait preuve de résistance à *R. similis* : les accessions de 'Pisang Jari Buaya' ITC0312 et ITC0690, ainsi que 'Yangambi Km5'. La résistance de ces génotypes à *R. similis* avait déjà été signalée précédemment (Wehunt *et al.* 1978, Pinochet et Rowe 1979, Price 1994, Fougain et Gowen 1998). Les deux premiers appartiennent au sous-groupe 'Pisang Jari

Tableau 1. Reproduction des nématodes chez 10 génotypes résistants et trois génotypes sensibles à la fusariose et chez le cultivar de référence 'Grande Naine', mesurée huit semaines (*R. similis*) et 10 semaines (*P. coffeae*) après l'inoculation.

Accession	Réaction à la fusariose	Code ITC	Nombre de <i>R. similis</i> par système racinaire	Nombre de <i>P. coffeae</i> par système racinaire
Lot n° 1			P_i = 1 006 œufs et nématodes vermiformes	P_i = 1 004 œufs et nématodes vermiformes
Pisang Jari Buaya	résistant	0312	673 a	1 673 a
Yangambi Km5	résistant	1 123	792 a	1 724 a
Pisang Jari Buaya	résistant	0690	999 a	1 374 a
Gros Michel	sensible	1 122	2 513 ab	1 392 a
FHIA-01	résistant	0504	3 790 bc	1 585 a
Bluggoe	sensible	0643	9 786 c	4 590 B
Grande Naine		1 256	6 761 bc	2 082 ab
Lot n° 2			P_i = 926 œufs et nématodes vermiformes	P_i = 1 178 œufs et nématodes vermiformes
PA 03.22	résistant	1 261	4 987 A	9 530 B
PV 03.44	résistant	1 262	8 400 AB	6 298 AB
Pisang lilin	résistant	0001	10 857 AB	8 731 AB
Saba	résistant	1 138	12 754 AB	27 817 C
GCTCV 215	résistant	1 271	13 156 AB	4 454 A
GCTCV 119	résistant	1 282	14 686 AB	8 278 AB
Williams	sensible	0570	23 216 B	12 936 B
Grande Naine		1 256	14 686 AB	9 601 AB

ITC = Centre de transit de l'INIBAP; P_i = population initiale.

Pour l'analyse, on a transformé les données au moyen du logarithme $\log_{10}(x+1)$. Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne présentent pas de différence significative (test de Tukey, P ≤ 0,05).

Buaya', qui se compose de variétés diploïdes AA dont plusieurs se montrent résistantes ou moins sensibles à *R. similis* (Wehunt *et al.* 1978). Nos observations sur la résistance de deux accessions de 'Pisang Jari Buaya' provenant de deux sites différents (accession ITC0312 de Malaisie, accession ITC0690 d'Indonésie) confirment de nouveau la résistance de ce génotype à *R. similis*. L'utilisation de 'Pisang Jari Buaya' dans le programme d'amélioration génétique de la *Fundación Hondureña de Investigación Agrícola* (FHIA) au Honduras a abouti à l'homologation de l'hybride commercial 'FHIA-01' (AAAB) (Rowe et Rosales 1993). Des études récentes ont montré que 'FHIA-01' était doté d'une résistance partielle à *R. similis* quand l'évaluation portait sur des plants de 3 à 4 mois issus de souches. En revanche, les plants issus de culture *in vitro* se sont révélés aussi sensibles à *R. similis* que les cultivars de référence sensibles (INIBAP 1998). Nos résultats confirment que les plants de 'FHIA-01' issus de culture *in vitro* ne sont pas résistants à ce nématode, au moins durant les huit semaines suivant l'inoculation.

'Yangambi Km5', seconde source de résistance à *R. similis*, est une variété triploïde AAA collectée en République démocratique du Congo. Bien qu'ayant une fertilité mâle et femelle, cette variété n'est pas utilisée dans les programmes d'amélioration parce que ses descendances produisent systématiquement des feuilles anormales et/ou des régimes érigés ou semi-érigés.

Dans des évaluations antérieures, 'Gros Michel' s'était montré moins sensible à *R. similis* que le cultivar sensible 'Poyo' (groupe AAA) (Mateille 1992, Price 1994).

Dans la présente étude, la réponse de 'Gros Michel' n'était pas claire, le nombre de nématodes par système racinaire ne différait pas significativement de celui du cultivar de référence sensible 'Grande Naine' et de celui des accessions résistantes de 'Pisang Jari Buaya' et de 'Yangambi Km5'.

Aucun des 14 génotypes de *Musa* évalués dans cette étude n'a fait preuve de résistance à *P. coffeae*. Cela confirme des résultats précédents quant à la sensibilité de 'Pisang Jari Buaya' à ce nématode (Pinochet et Rowe 1978, INIBAP 1998). Une résistance partielle a été observée antérieurement chez 'Yangambi Km5' après inoculation, tant de la part des vitroplants que des plants issus de souches (INIBAP 1998). Pourtant, dans la présente étude, 'Yangambi Km5' s'est montré aussi sensible à *P. coffeae* que le cultivar de référence 'Grande Naine'.

Toutes les sources de résistance à *F. oxysporum* f. sp. *cubense*, à l'exception de 'Pisang Jari Buaya' et de 'Yangambi Km5', sont extrêmement sensibles à *R. similis* aussi bien qu'à *P. coffeae*. Des criblages effectués par Pinochet *et al.* (1998) ont révélé que tous ces génotypes étaient également sensibles à *Meloidogyne javanica* et *M. incognita* et, à l'exception de 'Yangambi Km5', constituaient de bons hôtes pour *P. goodeyi*. Si l'on cultive ces génotypes dans des champs infestés par ces nématodes, il faut s'attendre à des pertes de rendement.

Remerciements

Les auteurs remercient feu P. Speijer (IITA, Ouganda) et J.-L. Sarah (CIRAD-AMIS) qui ont fourni les populations de nématodes, et I. Van den Houwe (Centre de transit de

l'INIBAP) qui a mis le matériel génétique de *Musa* à leur disposition. Une assistance technique a été apportée par J. Reynders de la Katholieke Universiteit Leuven (K.U.Leuven). Cette recherche était financée par le Programme d'amélioration des bananiers (Fonds commun pour les produits de base/FAO/Banque mondiale) et la K.U.Leuven. Elle a été effectuée dans le cadre du Groupe de travail sur la nématologie du Programme mondial pour l'amélioration des *Musa* (PROMUSA). ■

Références

- Fogain R. & S.R. Gowen. 1998. Yangambi Km 5 (*Musa* AAA, Ibota subgroup) a possible source of resistance to *Radopholus similis* and *Pratylenchus coffeae*. *Fundamental and Applied Nematology* 21: 75-80.
- Gowen S.R. & P. Quénehervé. 1990. Nematode parasites of bananas, plantains and abaca. Pp. 431-460 in *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. (M. Luc, R.A. Sikora & J. Bridge, eds.). CAB International, Wallingford, Royaume-Uni.
- INIBAP. 1998. INIBAP Annual Report 1997. INIBAP, Montpellier, France.
- Jones D.R. 1994. International *Musa* Testing Programme Phase II. Pp. 23-31 in *The Improvement and Testing of Musa: a Global Partnership*. (D.R. Jones, ed.). INIBAP, Montpellier, France.
- Mateille T. 1992. Comparative development of three banana-parasitic nematodes on *Musa acuminata* (AAA group) cvs Poyo and Gros Michel *in vitro*-plants. *Nematologica* 38: 203-216.
- Moody E.H., B.F. Lownsberry & J.-M. Ahmed. 1973. Culture of the root-lesion nematode *Pratylenchus vulnus* on carrot disks. *Journal of Nematology* 5: 225-226.
- Orjeda G. 1998. Évaluation de la résistance des bananiers aux cercosporioses et à la fusariose. Guides techniques INIBAP 3. IPGRI, Rome, Italie; INIBAP, Montpellier, France; CTA, Wageningen, Pays-Bas.
- Orjeda G., J.V. Escalant & N. Moore. 1999. Phase II du Programme international d'évaluation des *Musa* (IMTP): synthèse du rapport final et des résultats. *INFOMUSA* 8(1): 3-10.
- Pinochet J. & P.R. Rowe. 1978. Reaction of two banana cultivars to three different nematodes. *Plant Disease Reporter* 62: 727-729.
- Pinochet J. & P.R. Rowe. 1979. Progress in breeding for resistance to *Radopholus similis* on bananas. *Nematropica* 9: 76-78.
- Pinochet J., C. Fernandez, & J.-L. Sarah. 1995. Influence of temperature on *in vitro* reproduction of *Pratylenchus coffeae*, *P. goodeyi*, and *Radopholus similis*. *Fundamental and Applied Nematology* 18: 391-392.
- Pinochet J., M.C. Jaizme, C. Fernandez, M. Jaumot and D. De Waele. 1998. Screening bananas for root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) and lesion nematode (*Pratylenchus goodeyi*) resistance for the Canary Islands. *Fundamental and Applied Nematology* 21: 17-23.
- Pires de Matos A., M. de Freitas Borges, S. de Oliveira e Silva, Z.J. Maciel Cordiero & S. de Moraes Andrade. 1998. Reaction of banana genotypes to *Fusarium wilt* (*Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*)

- under field conditions in Brazil. Pp. 311-319 in *Memorias XIII Reunión ACORBAT*, Guayaquil, Ecuador, 23-27 Noviembre, 1998. (Arizaga, ed.). CONABAN, Guayaquil, Equateur.
- Ploetz R.C. 1994. *Fusarium* wilt and IMTP Phase II. Pp. 57-69 in *The Improvement and Testing of Musa: a Global Partnership*. (D.R. Jones, ed.). INIBAP, Montpellier, France.
- Price N.S. 1994. Field trial evaluation of nematode susceptibility within *Musa*. *Fundamental and Applied Nematology* 17 : 391-396.
- Rowe P. & F. Rosales. 1993. Amélioration de diploïdes à la FHIA et création de la variété Goldfinger (FHIA-01). *INFOMUSA* 2(2): 9-11.
- Shepherd K., J.L.L. Dantas & S. de Oliveira e Silva. 1994. Breeding Prata and Maça cultivars in Brazil. Pp. 157-168 in *The Improvement and Testing of Musa: a Global Partnership*. (D.R. Jones, ed.). INIBAP, Montpellier, France.
- Speijer P. & D. De Waele. 1997. Évaluation du matériel génétique de *Musa* pour la résistance aux nématodes. *Guides techniques INIBAP* 1. IPGRI, Rome, Italie; INIBAP, Montpellier, France; CTA, Wageningen, Pays-Bas.
- Tang C.Y. & S.C. Hwang. 1999. Performance de clones de bananiers sous la pression de la fusariose à Taiwan. *INFOMUSA* 8(1): 10-12.
- Wehnt E.J., D.J. Hutchinson & D.I. Edwards. 1978. Reaction of banana cultivars to the burrowing nematode (*Radopholus similis*). *Journal of Nematology* 10: 368-370.

Ruth Stoffelen, Raf Verlinden, Rony Swennen et Dirk De Waele travaillent au *Laboratory of Tropical Crop Improvement*, Katholieke Universiteit Leuven (K.U.Leuven), K. Mercierlaan 92, 3001 Heverlee, Belgique. Jorge Pinochet travaille chez *Agromillora Catalana S.A.*, El Rebato, s/n, 08739 T. M. Subirats, Espagne.

Ressources génétiques

Evaluation précoce de la tolérance aux nématodes

Évaluation en serre de la résistance/tolérance de matériel génétique viêt-namien aux nématodes à galles et à lésions

I. Van den Bergh, D. De Waele, Ho Huu Nhi, Duong Thi Minh Nguyet, Nguyen Thi Tuyet et Doan Thi Thanh

Le Viêt-nam, étant situé dans le centre d'origine des bananiers, offre d'excellentes conditions pour la production bananière. Parmi les cultures fruitières de ce pays, la banane se classe au premier rang par le volume brut de production et les superficies exploitées (Vinh et Quy 1995). Elle est cultivée principalement pour la consommation locale.

Au cours d'une mission de prospection effectuée en 1994-1995 au Viêt-nam, plus de 80 génotypes et espèces sauvages ont été collectés (Khoi et Valmayor, 1995). On a procédé à une caractérisation préliminaire de ce matériel, qui a permis d'identifier 64 génotypes distincts et neuf espèces sauvages (INIBAP 1997). Ces génotypes ont été placés dans une collection au champ à l'Institut de recherches fruitières de Phu Ho (province de Vinh Phu) et dans une collection *in vitro* à l'Institut national des sciences agricoles (INSA) de Hanoi. On a également envoyé une partie de ce matériel au Centre de transit de l'INIBAP à Louvain (Belgique) pour l'inclure dans la collection internationale de bananiers.

Il convient à présent d'évaluer la performance générale de ce matériel, ainsi que sa résistance/tolérance aux maladies et aux ravageurs. Dans l'étude qui est présentée ici, on a criblé les principaux génotypes afin de déterminer leur résistance/tolérance à *Meloidogyne* spp., nématodes formant des galles sur les racines primaires et secondaires des plants (De Waele et Davide 1999), et à *P. coffeae*, nématodes à l'origine de lésions qui en-

traînent la nécrose et la réduction du système racinaire des plants (Stoffelen *et al.* 1999).

Matériel et méthodes

Deux essais ont été effectués avec *Meloidogyne* spp. et deux autres avec *P. coffeae*. Le matériel testé est présenté au tableau 1. Au total, on a criblé 19 génotypes de bananiers viêt-namiens et deux génotypes reçus du Centre de transit de l'INIBAP. On a inclus comme génotypes de référence 'Yangambi Km5', 'Gros Michel' et 'Grand Nain', qui sont respectivement hautement résistant à *R. similis*, moyennement résistant à *R. similis* et non résistant à tous les nématodes (Speijer et De Waele 1997).

Dans tous les essais, on a utilisé des vitro-plants. Après multiplication et culture sur milieu de Murashige et Skoog (1962), on a repiqué les plantules dans des bacs remplis de sable stérilisé, en les traitant plusieurs fois au fongicide Daconil. Après deux à trois semaines, on a transféré les plants dans des pots en plastique de 12 cm de diamètre remplis d'un mélange de terreau stérilisé et d'humus. On les a de nouveau traités au Daconil, ainsi qu'avec de l'insecticide Suprathion, Ortus, Trebon ou Dipterex. On a arrosé les plants selon les besoins et appliqué à deux reprises une solution nutritive.

Au bout de six à 14 semaines, on a sélectionné au hasard 20 plants de chaque génotype, qu'on a plantés dans un dispositif en blocs de Fisher. Chez chaque génotype, on a infesté 10 plants avec 4 000 juvéniles et œufs de *Meloidogyne* spp. obtenus à partir de racines de tomate broyées au mixeur, ou avec 1 000 nématodes vermiformes de *P. coffeae* obtenus à partir de rondelles de carotte broyées au mixeur (O'Bannon et Taylor

1968). Les 10 plants restants ont servi de témoins.

On a récolté les plants 11 à 15 semaines après l'inoculation et enregistré diverses données afin d'évaluer les dégâts causés par les nématodes (mesure de la tolérance/sensibilité des génotypes) et la reproduction des nématodes (mesure de la résistance/non-résistance des génotypes).

En suivant la méthode décrite par Speijer et De Waele (1997), on a enregistré les données suivantes :

Paramètres généraux : hauteur de plant (cm), poids des parties aériennes (g), poids du système racinaire (g), nombre de feuilles érigées, circonférence à la base du pseudotrunc (cm).

Données concernant la reproduction des nématodes : nombre de femelles ovipares de *Meloidogyne* spp. sur la section de cinq morceaux de racines de 10 cm de long, nombre de nématodes pour 10 g de racines, nombre de nématodes par système racinaire.

Données concernant les dégâts sur les racines : racines mortes (%), racines portant des galles de *Meloidogyne* spp., indice de nécrose racinaire (%) due à *P. coffeae*.

Pour extraire les nématodes, on a utilisé la méthode de broyage-tamissage.

On a procédé à l'analyse statistique des résultats à l'aide du logiciel SPSS 9.0 pour Windows. Pour les populations normales, on a fait une analyse de variance, en séparant les moyennes à l'aide du test de la plus haute différence significative de Tukey. Pour les populations non normales, on a utilisé le test des rangs non paramétrique de Kruskal-Wallis pour analyser les données et l'on a séparé les moyennes à l'aide de la méthode de KW-Bonferroni. Le niveau de confiance combiné pour l'ensemble des tests par paires est d'au moins 0,95 (coefficient de confiance combiné $\alpha = 0,05$).

Résultats et discussion

Meloidogyne spp.

Paramètres généraux

Dans le premier essai, l'infestation par *Meloidogyne* spp. a entraîné une augmenta-

Tableau 1. Liste des génotypes évalués.

Nom	Groupe	Code VN	Code ITC	<i>Meloidogyne</i> spp. <i>P. coffeae</i>			
				1998	1999	1998	1999
'Tay But'	AA	VN1-001	ITC1367	✓		✓	✓
'Ngu Tien'	AA	VN1-004	ITC1420	✓		✓	
'Com Lua'	AA	VN1-117	ITC1421		✓		✓
'Ngu Thoc'	AA	VN1-017	ITC1358		✓		✓
'Tien'	AA	VN1-075	ITC1368			✓	
'Tieu Mien Nam'	AA	VN1-120	ITC1370	✓			✓
'Tieu Xanh'	AAA	VN1-006	ITC1406	✓		✓	
'Tieu Cao'	AAA	VN1-042	ITC1376	✓		✓	
'Tieu Vua Trang'	AAA	VN1-064			✓		✓
'Ben Tre'	AAA	VN1-065	ITC1410		✓		
'Cao Hong'	AAA	VN1-079	ITC1407	✓		✓	✓
'Man'	AAB	VN1-035	ITC1379		✓		✓
'Com Chua'	AAB	VN1-116	ITC1380		✓		✓
'Xiem Mat'	AAB	VN1-141	ITC1425	✓		✓	
'Voi'	AAB	VN1-144	ITC1381	✓		✓	
'Tay'	ABB	VN1-012	ITC1426		✓		
'Gao'	ABB	VN1-015	ITC1357	✓		✓	
'Ngop Lun'	ABB	VN1-024		✓		✓	
'Ngop Cao'	ABB	VN1-025	ITC1364		✓		✓
'FHIA-23'	AAAA		ITC1265	✓		✓	
'Kluai Hom Khom'	AAA		ITC0527	✓		✓	
'Yangambi Km 5'	AAA		ITC1123	✓		✓	✓
'Gros Michel'	AAA		ITC1122		✓		✓
'Grand Nain'	AAA		ITC1256		✓		✓

tion du poids du système racinaire et une diminution du nombre de feuilles érigées. On n'a constaté aucun effet sur la hauteur de plant, le poids des parties aériennes et la circonférence du pseudotrunc. Dans le deuxième essai, l'infestation par *Meloidogyne* spp. n'a exercé aucun effet sur les paramètres généraux qui étaient mesurés (tableau 2).

Reproduction des nématodes

Dans le premier essai, on n'a constaté aucune différence dans le nombre de nématodes chez les différents génotypes. Dans le deuxième essai, il n'y a pas eu de différences dans le nombre de femelles ovipares et le nombre de nématodes pour 10 g de racines entre les différents génotypes, mais on a enregistré des différences significatives dans le nombre de nématodes par système racinaire. Celui-ci était significativement plus faible chez 'Ngu Thoc' que chez 'Tieu Vua Trang', 'Com Chua' et 'Ben Tre' (tableau 3).

Dégâts sur les racines

Il n'y a eu aucune différence dans les taux de racines mortes des différents génotypes. En revanche, on a enregistré, dans les deux essais, des différences significatives dans le taux de racines portant des galles. Dans le premier essai, celui-ci a été significativement plus faible chez 'Yangambi Km5' que chez 'Voi'. Dans le deuxième essai, il a été significativement plus faible chez 'Man', 'Ngu Thoc' et 'Tay' que chez 'Ben Tre' (tableau 3).

Discussion

Dans le premier essai, les galles formées par *Meloidogyne* spp. expliquent sans doute l'augmentation du poids du système racinaire chez les plants infestés. Dans le deuxième essai, le taux moyen de racines portant des galles était nettement inférieur à celui du premier essai (0,8 contre 2,4), ce qui pourrait expliquer que l'infestation par *Meloidogyne* spp. n'a pas affecté le poids des racines. Le nombre de fe-

melles ovipares, le nombre de nématodes pour 10 g de racines et le nombre de nématodes par système racinaire étaient également plus faibles dans le deuxième essai que dans le premier (tableau 3). C'est peut-être la raison pour laquelle l'infestation par *Meloidogyne* spp. n'a pas influé sur le nombre de feuilles érigées dans le deuxième essai.

Dans le premier essai, tous les génotypes ont fait preuve du même degré de résistance/non-résistance à *Meloidogyne* spp. D'après les résultats du deuxième essai, il semble que 'Ngu Thoc' présente une certaine résistance à *Meloidogyne* spp., tandis que 'Tieu Vua Trang', 'Com Chua' et 'Ben Tre' apparaissent dépourvus de résistance à ces nématodes. Toutefois, ces résultats ne sont pas véritablement convaincants et devront être confirmés.

Dans les deux essais, on a enregistré des différences significatives dans le taux de racines portant des galles, ce qui indique des différences de tolérance/sensibilité à *Meloidogyne* spp. entre les génotypes. 'Yangambi Km5', 'Man', 'Ngu Thoc' et 'Tay' ont semblé faire preuve d'une certaine tolérance à l'activité de *Meloidogyne* spp. Cependant, chez 'Ngu Thoc', le faible taux de galles pourrait aussi s'expliquer par le faible nombre de nématodes présents dans les racines. Quant à 'Voi' et 'Ben Tre', il apparaît qu'ils sont extrêmement sensibles aux galles de *Meloidogyne* spp.

P. coffeae

Paramètres généraux

Dans le premier essai, l'infestation par *P. coffeae* a causé une diminution de la hauteur de plant et du poids des parties aériennes. On n'a constaté aucun effet sur le poids du système racinaire, le nombre de feuilles érigées et la circonférence du pseudotrunc. Dans le deuxième essai, la présence de *P. coffeae* n'a eu aucun effet sur les paramètres généraux qui étaient mesurés (tableau 4).

Reproduction des nématodes

Dans le premier essai, le nombre de nématodes était plus faible chez 'Yangambi Km5' et 'Tieu Xanh' que chez 'Ngop Lun' et 'Voi'. Dans le deuxième essai, 'Ngop Cao' était le

Tableau 2. *Meloidogyne* spp. : paramètres généraux.

	Hauteur de plant (cm)		Poids des parties aériennes (g)		Poids des racines (g)		Nb de feuilles érigées		Circonférence du pseudotronc (cm)	
Essai de 1998	A		B		C		D		E	
Non infesté par <i>Meloidogyne</i> spp.	27,6	a	81,8	a	28,3	a	6,7	b	8,2	a
Infesté par <i>Meloidogyne</i> spp.	27,8	a	79,0	a	31,6	b	6,2	a	8,3	a
Essai de 1999	F		G		H		I		J	
Non infesté par <i>Meloidogyne</i> spp.	28,2	a	117,2	a	52,6	a	5,7	a	10,5	a
Infesté par <i>Meloidogyne</i> spp.	27,5	a	112,8	a	54,7	a	5,7	a	10,4	a

A, D, E, I, J : les données n'ont pas été transformées pour l'analyse.

B, F, H : pour l'analyse, on a transformé les données au moyen du logarithme $\log_{10}x$. Les données non transformées sont présentées dans ce tableau.

C, G : pour l'analyse, on a transformé les données avec la racine carrée. Les données non transformées sont présentées dans ce tableau.

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne présentent pas de différence significative d'après le test de Tukey (A, B, C, F, G, H) ou de KW-Bonferroni (D, E, I, J) à $\alpha = 0,05$.

Tableau 3. *Meloidogyne* spp. : résultats de l'évaluation des dégâts et de la reproduction des nématodes.

Nom	Groupe	Racines mortes (%)		Racines portant des galles ⁽¹⁾		Femelles ovipares ⁽²⁾		Nématodes pour 10 g de racines	Nématodes par système racinaire	
Essai de 1998		A		B		C		D	E	
'Tay But'	AA	2,2	a	2,0	ab	4,3	a	7 057	a	17 036
'Ngu Tien'	AA	0,9	a	1,7	ab	3,6	a	7 039	a	21 385
'Tieu Mien Nam'	AA	1,5	a	2,2	ab	3,9	a	7 813	a	21 626
'Tieu Xanh'	AAA	5,4	a	2,4	ab	4,0	a	8 579	a	17 448
'Tieu Cao'	AAA	2,0	a	2,8	ab	3,6	a	5 896	a	21 918
'Cao Hong'	AAA	7,4	a	2,6	ab	3,6	a	6 552	a	23 213
'Xiem Mat'	AAB	2,2	a	2,7	ab	3,5	a	8 003	a	30 107
'Voi'	AAB	3,1	a	2,9	b	4,5	a	8 699	a	26 333
'Gao'	ABB	2,0	a	2,8	ab	4,0	a	3 676	a	14 185
'Ngop Lun'	ABB	2,0	a	2,6	ab	3,9	a	4 939	a	15 870
'FHIA-23'	AAAA	4,3	a	2,6	ab	3,9	a	5 252	a	17 688
'Kluai Hom Khom'	AAA	2,2	a	2,3	ab	4,0	a	4 213	a	11 835
'Yangambi Km 5'	AAA	2,5	a	1,4	a	3,6	a	6 707	a	21 371
Total		2,9		2,4		3,9		6 493		19 990
Essai de 1999		F		G		H		I	J	
'Com Lua'	AA	4,5	a	0,8	ab	1,0	a	3 320	a	14 096
'Ngu Thoc'	AA	1,8	a	0,4	a	0,5	a	1 431	a	6 317
'Tieu Vua Trang'	AAA	0,0	a	1,5	ab	1,3	a	4 368	a	28 154
'Ben Tre'	AAA	0,0	a	1,9	b	1,7	a	4 056	a	18 630
'Man'	AAB	0,0	a	0,2	a	0,2	a	2 347	a	12 020
'Com Chua'	AAB	0,0	a	0,6	ab	0,5	a	3 052	a	27 297
'Tay'	ABB	0,0	a	0,4	a	0,2	a	1 308	a	7 252
'Ngop Cao'	ABB	0,0	a	1,0	ab	0,5	a	2 508	a	14 403
'Gros Michel'	AAA	0,0	a	0,7	ab	0,8	a	1 468	a	7 163
'Grand Nain'	AAA	0,0	a	0,5	ab	1,0	a	2 360	a	9 260
Total		0,7		0,8		0,8		2 661		15 039

A, B, C, F, G, H : les données n'ont pas été transformées pour l'analyse.

D, E, I, J : pour l'analyse, on a transformé les données au moyen du logarithme $\log_{10}(x + 1)$. Les données non transformées sont présentées dans ce tableau.

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne présentent pas de différence significative d'après le test de Tukey (D, E, I, J), de Duncan (J) ou de KW-Bonferroni (A, B, C, F, G, H) à $\alpha = 0,05$.

(1) = aucune galle; 1 = traces d'infestation avec quelques petites galles; 2 = < 25 % de racines portant des galles; 3 = 25 - 50 % de racines portant des galles; 4 = 50 - 75 % de racines portant des galles; 5 = > 75 % de racines portant des galles.

(2) = aucune masse d'œufs; 1 = 1 - 2 masses d'œufs; 2 = 3 - 10 masses d'œufs; 3 = 11 - 30 masses d'œufs; 4 = 31 - 100 masses d'œufs; 5 = > 100 masses d'œufs.

seul génotype présentant un nombre élevé de nématodes (tableau 5).

Dégâts sur les racines

On n'a observé aucune différence dans le taux de racines mortes des différents génotypes. En ce qui concerne l'indice de nécrose racinaire, on n'a détecté des différences significatives que dans le premier essai, où il était significativement plus bas chez 'Yangambi Km5' que chez 'Ngop Lun' (tableau 5).

Discussion

Dans le deuxième essai, le nombre de nématodes trouvés dans les racines était très faible chez pratiquement tous les plants, ce qui pourrait expliquer qu'on n'ait pas constaté de différences dans les paramètres généraux des plants infestés et des plants non infestés.

'Ngop Lun', 'Voi' et 'Ngop Cao' se sont montrés dépourvus de résistance à *P. coffeae*. Dans le premier essai, 'Yangambi Km5' et 'Tieu Xanh' se sont caractérisés par le plus faible nombre de nématodes de cette espèce; mais il ne faudrait pas en conclure trop hâtivement que ces génotypes sont résistants à *P. coffeae* car, dans le deuxième essai, le nombre de nématodes trouvés dans les racines de 'Yangambi Km5' ne différait pas si-

gnificativement de celui du génotype de référence non résistant 'Grand Nain'. Dans les deux essais, les nématodes étaient peu nombreux chez pratiquement tous les plants.

Dans le premier essai, la présence d'un nombre élevé de nématodes dans les racines a coïncidé avec un niveau de dégâts élevé, et *vice versa*. Les faibles niveaux de dégâts enregistrés dans le deuxième essai ne peuvent être attribués à la tolérance des génotypes, mais s'expliquent probablement par le fait que le nombre de nématodes était faible chez presque tous les plants. 'Ngop Cao' est le seul génotype chez lequel la présence d'un nombre significativement plus élevé de nématodes dans les racines n'a pas entraîné de dégâts significatifs.

Conclusion

Meloidogyne spp.

L'infestation par *Meloidogyne* spp. peut provoquer une augmentation du poids du système racinaire et une diminution du nombre de feuilles érigées, mais des recherches plus approfondies devront être effectuées pour confirmer cette observation. On n'a constaté aucun effet de ces nématodes sur la hauteur de plant, le poids des parties aériennes et la circonférence du pseudotrunc.

Il semble que 'Ngu Thoc' fasse preuve d'une certaine résistance à *Meloidogyne* spp., et que

'Tieu Vua Trang', 'Com Chua' et 'Ben Tre' soient dépourvus de résistance à ces nématodes.

'Yangambi Km5', 'Man', 'Ngu Thoc' et 'Tay' tolèrent apparemment les galles de *Meloidogyne* spp., tandis que 'Voi' et 'Ben Tre' se montrent extrêmement sensibles.

P. coffeae

L'infestation par *P. coffeae* peut entraîner une diminution de la hauteur de plant et du poids des parties aériennes, mais il faudra de nouveaux essais pour confirmer cette observation. On n'a enregistré aucun effet de ce nématode sur le poids du système racinaire, le nombre de feuilles érigées et la circonférence du pseudotrunc.

'Ngop Lun', 'Voi' et 'Ngop Cao' sont dépourvus de résistance à *P. coffeae*. En revanche, 'Yangambi Km5' et 'Tieu Xanh' semblent dotés d'une certaine résistance.

'Ngop Cao' et 'Yangambi Km5' sont les seules sources potentielles de tolérance à *P. coffeae* qui ont été identifiées dans ces essais.

Il s'avère nécessaire de poursuivre les recherches et les criblages. Étant donné que les quantités de nématodes trouvées dans le système racinaire étaient généralement très faibles, même chez le génotype de référence non résistant 'Grand Nain', il serait intéressant de vérifier la pathogénicité (potentiel

de reproduction et de dégâts) de la population de *P. coffeae* utilisée dans cette expérimentation.

Remerciements

Cette recherche a été effectuée grâce à l'aide financière du Réseau international pour l'amélioration de la banane et de la banane plantain (INIBAP), de l'Agence flamande de coopération au développement et d'assistance technique (VVOB), du Conseil interuniversitaire flamand (VLIR) et de l'*Australian Centre for International Agricultural Research* (ACIAR). ■

Références

De Waele D. & D. Davide. 1999. Nématodes à galle des bananiers et plantains, *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949, *Me-*

loidogyne javanica (Treub, 1885) Chitwood 1949. Parasites et ravageurs des *Musa* : fiche technique n° 3. INIBAP, France. 4 pp.

INIBAP. 1997. Networking banana and plantain : INIBAP Annual Report 1996. INIBAP, Montpellier, France. 60pp.

Khoi N.D. & R. Valmayor. 1995. Collecte, caractérisation, évaluation et conservation du matériel génétique indigène de *Musa* au Viêt-nam. INFO-MUSA 4 (1) : 3-4.

Murashige T. & F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* 15 : 473-497.

Neter J. *et al.* 1990. Applied linear statistical models (3rd edition). Irwin, USA, 1181pp.

O'Bannon J.H. & A.L. Taylor. 1968. Migratory endoparasitic nematodes reared on carrot discs. *Phytopathological Notes* : 385.

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

Stoffelen R. *et al.* 1999. Criblage de bananiers de Papouasie-Nouvelle-Guinée vis-à-vis des nématodes à lésions et des nématodes à galle. INFO-MUSA 8 (1) : 12-15.

Vinh D.N. & T.D. Quy. 1995. Banana production in Vietnam : constraints and potential. Pp. 51-57 *in* Vietnam : banana production, biotechnology and diversity : Report of an international workshop (George P. *et al.*, eds). Banana Improvement Project.

D. De Waele travaille au Laboratory of Tropical Crop Improvement, Katholieke Universiteit Leuven (K.U.Leuven), K. Mercierlaan 92, 3001 Heverlee, Belgique. Les autres auteurs travaillent à l'Institut national des sciences agricoles (INSA), Van Dien, Thanh Tri, Hanoi, Viêt-nam.

Tableau 4. *P. coffeae* : paramètres généraux.

	Hauteur de plant (cm)		Poids des parties aériennes (g)		Poids des racines (g)		Nb de feuilles érigées		Circonférence du pseudotrunc (cm)	
Essai de 1998	A		B		C		D		E	
Non infesté par <i>P. coffeae</i>	22,4	<i>b</i>	52,7	<i>b</i>	16,6	<i>a</i>	6,5	<i>a</i>	6,7	<i>a</i>
Infesté par <i>P. coffeae</i>	21,3	<i>a</i>	47,2	<i>a</i>	15,4	<i>a</i>	6,4	<i>a</i>	6,5	<i>a</i>
Essai de 1999	F		G		H		I		J	
Non infesté par <i>P. coffeae</i>	30,9	<i>a</i>	124,7	<i>a</i>	57,0	<i>a</i>	5,5	<i>a</i>	8,2	<i>a</i>
Infesté par <i>P. coffeae</i>	30,6	<i>a</i>	119,4	<i>a</i>	53,2	<i>a</i>	5,4	<i>a</i>	8,1	<i>a</i>

A, B, G, H : pour l'analyse, on a transformé les données avec la racine carrée. Les données non transformées sont présentées dans ce tableau.

C : pour l'analyse, on a transformé les données avec la racine cubique. Les données non transformées sont présentées dans ce tableau.

F : pour l'analyse, on a transformé les données au moyen du logarithme log₁₀x. Les données non transformées sont présentées dans ce tableau.

D, E, I, J : les données n'ont pas été transformées pour l'analyse.

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne présentent pas de différence significative d'après le test de Tukey (A, B, C, F, G, H) ou de KW-Bonferroni (D, E, I, J) à α = 0,05.

Tableau 5. *P. coffeae* : résultats de l'évaluation des dégâts et de la reproduction des nématodes.

Nom	Groupe	Racines mortes (%)		Indice de nécrose		Nématodes	Nématodes par système	
				racinaire (%)		pour 10 g de racines		racinaire
Essai de 1998		A		B		C		D
‘Tay But’	AA	1,7	<i>a</i>	1,9	<i>ab</i>	94	<i>ab</i>	114 <i>abc</i>
‘Ngu Tien’	AA	0,9	<i>a</i>	0,6	<i>ab</i>	146	<i>ab</i>	208 <i>abc</i>
‘Tien’	AA	1,8	<i>a</i>	1,9	<i>ab</i>	93	<i>ab</i>	174 <i>abc</i>
‘Tieu Xanh’	AAA	4,5	<i>a</i>	0,3	<i>ab</i>	65	<i>a</i>	69 <i>ab</i>
‘Tieu Cao’	AAA	0,0	<i>a</i>	0,9	<i>ab</i>	129	<i>ab</i>	221 <i>abc</i>
‘Cao Hong’	AAA	0,0	<i>a</i>	0,3	<i>ab</i>	124	<i>ab</i>	313 <i>abc</i>
‘Xiem Mat’	AAB	1,4	<i>a</i>	0,9	<i>ab</i>	344	<i>ab</i>	648 <i>abc</i>
‘Voi’	AAB	7,1	<i>a</i>	12,8	<i>ab</i>	2297	<i>b</i>	2894 <i>bc</i>
‘Gao’	ABB	1,7	<i>a</i>	2,2	<i>ab</i>	2031	<i>ab</i>	3890 <i>abc</i>
‘Ngop Lun’	ABB	1,0	<i>a</i>	8,7	<i>b</i>	2840	<i>b</i>	5027 <i>c</i>
‘FHIA-23’	AAAA	0,7	<i>a</i>	1,7	<i>ab</i>	393	<i>ab</i>	658 <i>abc</i>
‘Kluai Hom Khom’	AAA	0,0	<i>a</i>	1,2	<i>ab</i>	601	<i>ab</i>	577 <i>abc</i>
‘Yangambi Km 5’	AAA	0,0	<i>a</i>	0,1	<i>a</i>	29	<i>a</i>	42 <i>a</i>
Total		1,4		2,3		662		1093
Essai de 1999		E		F		G		H
‘Tay But’	AA	0,0	<i>a</i>	0,0	<i>a</i>	60	<i>ab</i>	247 <i>ab</i>
‘Com Lua’	AA	0,0	<i>a</i>	0,2	<i>a</i>	28	<i>a</i>	115 <i>a</i>
‘Ngu Thoc’	AA	1,8	<i>a</i>	0,5	<i>a</i>	28	<i>a</i>	153 <i>a</i>
‘Tieu Mien Nam’	AA	0,0	<i>a</i>	0,2	<i>a</i>	16	<i>a</i>	75 <i>a</i>
‘Tieu Vua Trang’	AAA	2,9	<i>a</i>	0,7	<i>a</i>	48	<i>ab</i>	228 <i>ab</i>
‘Cao Hong’	AAA	0,0	<i>a</i>	0,8	<i>a</i>	72	<i>ab</i>	425 <i>ab</i>
‘Man’	AAB	0,0	<i>a</i>	0,0	<i>a</i>	16	<i>a</i>	121 <i>a</i>
‘Com Chua’	AAB	0,0	<i>a</i>	0,3	<i>a</i>	16	<i>a</i>	109 <i>a</i>
‘Ngop Cao’	ABB	0,0	<i>a</i>	0,7	<i>a</i>	534	<i>b</i>	2886 <i>b</i>
‘Yangambi Km 5’	AAA	3,8	<i>a</i>	0,0	<i>a</i>	12	<i>a</i>	46 <i>a</i>
‘Gros Michel’	AAA	0,0	<i>a</i>	0,0	<i>a</i>	20	<i>a</i>	105 <i>a</i>
‘Grand Nain’	AAA	0,0	<i>a</i>	1,6	<i>a</i>	36	<i>a</i>	118 <i>a</i>
Total		0,7		0,4		75		390

Dans une même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne présentent pas de différence significative d'après le test de KW-Bonferroni à α = 0,05.

Embryogenèse somatique en milieux liquides. Maturation et augmentation de la germination du cultivar hybride FHIA-18 (AAAB)

R. Gomez Kosky, T. Gilliard,
L.A. Barranco
et M. Reyes

La production annuelle de bananes et de bananes plantain est estimée à environ 88 millions de tonnes (FAO 1999), une des plus fortes productions alimentaires mondiales après le riz, le maïs et le blé (INIBAP 1997).

Cette culture est sérieusement menacée par bien des problèmes phytosanitaires comme la cercosporiose noire (*Mycosphaella fijiensis* Morelet), la maladie de Panama ou fusariose (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*), les viroses dues au bunchy top (BBTV-Banana Bunchy Top Virus) ou la mosaïque en tirets (BSV-Banana Streak Virus) et les nématodes, qui provoquent d'énormes pertes en rendement. Tout ceci augmente les coûts de production et la nécessité de développer de nouvelles variétés se fait de jour en jour plus pressante.

Depuis 1984, la FHIA (*Fundación Hondureña de Investigación Agrícola*) a développé un vaste programme de recherche d'hybrides résistants à la cercosporiose noire. Parmi eux, le cultivar FHIA-18 (AAAB) qui présente, en plus de sa tolérance à la maladie, un bon comportement au champ et de très bonnes qualités agronomiques, est aujourd'hui l'un des principaux à être cultivé à Cuba.

Le but du présent travail était de mettre au point, dans le cadre de l'embryogenèse somatique du bananier, un milieu de culture liquide permettant la maturation des embryons somatiques, d'augmenter les pourcentages de germination actuellement atteints et de déceler l'apparition d'éventuelles variations somaclonales au cours du sevrage des plants.

Matériel et méthodes

Formation des suspensions cellulaires

On a utilisé comme matériel végétal des fleurs mâles immatures d'influences du cultivar hybride FHIA-18 (AAAB). Ces dernières ont été récoltées directement sur la plante à environ 20-30 cm de la dernière fleur femelle. Les bourgeons mâles ont été ensuite taillés à 10 cm de l'apex et on a éliminé les bractées pour les réduire à des tronçons de 3 cm, prêts à être transférés au laboratoire.

Ceux-ci ont été désinfectés avec de l'alcool à 70 % (v/v) pendant 15 min. Puis, sous loupe binoculaire, on en a extrait 14 mains ou rangs

de fleurs, parmi les plus proches du méristème floral, que l'on a placés, du 5^{ème} au 12^{ème}, dans des fioles contenant le milieu d'induction MA₁ proposé par Escalant *et al.* (1994) pour la formation de cal.

C'est grâce aux cultures hautement embryogéniques d'embryons somatiques, issus des cals formés en cinq mois à partir des mains, que l'on a pu initier les suspensions cellulaires. Pour cela, on a employé le milieu MA₂ proposé par Bieberach (1995).

Environ 150-200 mg de poids frais d'amas d'embryons somatiques ont été placés dans des Erlenmeyers de 25 ml contenant de 2 à 3 ml de milieu, lesquels ont été ensuite maintenus sur agitateur orbital à 90 rpm, à 27 °C et à l'obscurité permanente.

Au bout de 15 jours, on a filtré les suspensions cellulaires ainsi formées sur tamis métalliques de 500 µm. Les différentes études réalisées au cours de ce travail ont été faites sur ces filtrats de suspensions cellulaires.

Les repiquages se sont succédés tous les 15 jours conformément au protocole établi par Escalant *et al.* (1994). On a évalué la croissance cellulaire par la méthode du volume de cellules sédimentées (VCS) proposée par Schoof (1997). Pour cela, on a utilisé des tubes coniques gradués de 15 ml dans lesquels on a placé des aliquotes de 15 ml de suspension cellulaire. Après 5 minutes de décantation, on a mesuré le volume de cellules sédimentées. A chaque repiquage, on a ajusté la concentration cellulaire finale à 3 % et ce indépendamment de la capacité totale de l'Erlenmeyer utilisé.

Formation des embryons somatiques

Pour obtenir des embryons somatiques, on a employé le milieu de culture modifié de Schenck et Hildebrandt (1962) : sels minéraux SH; vitamines de Murashige et Skoog (1962), extrait de malt à 100 mg/l, L-glutamine à 100 mg/l, L-proline à 230 mg/l, acide naphthalène acétique (ANA) à 0,2 mg/l, kinétine à 0,05 mg/l, lactose à 10 g/l, zéatine à 0,05 mg/l, saccharose à 45 g/l, pH 5,3.

On a étudié l'influence de la concentration initiale sur la formation d'embryons somatiques. Pour cela, on a testé quatre poids frais d'amas cellulaires : 50, 100, 250 et 500 mg, pour 25 ml de milieu. L'évaluation du nombre d'embryons formés a été faite au bout de 15 puis de 30 jours de mise en culture en prenant plusieurs échantillons de 1 ml de suspension cellulaire, après agitation des Erlenmeyers pendant quelques secondes.

Il y a eu quatre répétitions par essai dans des Erlenmeyers de 250 ml, les conditions de culture étant identiques à celles décrites au paragraphe précédent.

Multiplication secondaire des embryons somatiques

Le but de l'expérimentation était de déterminer l'effet de la densité de l'inoculation initiale sur la multiplication secondaire des embryons somatiques en milieu liquide agité. Pour cela, on a employé le milieu basique MS complété par 0,3 mg de 6 benzyl amino purine (6-BAP), 1 mg d'acide indol acétique (AIA), 3 % de saccharose, avec un pH de 5,3 avant autoclavage. On a testé trois densités d'inoculation d'embryons somatiques au stade globulaire : 0,2 ; 0,4 et 0,6 g de poids frais dans 25 ml de milieu avec cinq répétitions pour chaque densité dans des Erlenmeyers de 250 ml. Au 60^{ème} jour de mise en culture, on a pesé les différents essais sur balance analytique. On a évalué le nombre d'embryons formés en plaçant plusieurs échantillons d'embryons somatiques de 1 g de poids frais dans des boîtes de Pétri de 5 cm de diamètre contenant un mélange d'eau et de phytigel. Après solidification du mélange, on a effectué le comptage à la loupe binoculaire. De plus, on a mesuré les embryons à la règle graduée au dos de la boîte.

Maturation des embryons somatiques

Pour mener à bien la maturation des embryons somatiques obtenus, on a essayé trois concentrations différentes : 400, 800 et 1 000 mg de poids frais d'embryons somatiques au stade globulaire pour 30 ml du milieu de Murashige et Skoog (1962) modifié : sels MS, vitamines MS, biotine à 1,0 mg/l, 6-BAP à 0,5 mg/l, AIA à 2,0 mg/l, saccharose à 45 mg/l, de pH 5,8, placés dans des Erlenmeyers de 250 ml maintenus sous agitation à 90 rpm, à 27 °C et à l'obscurité permanente.

On a évalué la maturation toutes les semaines. Pour cela, on a prélevé des échantillons et, en les observant à la loupe binoculaire, on a pu déceler le moment où les embryons parvenaient à maturité en visualisant les changements de leur aspect morphologique.

Germination

Pour les différents essais qui suivent, on a utilisé des systèmes d'immersion temporaire RITA de 500 ml contenant chacun 200 ml de milieu liquide et maintenus en phytotrons à

25 ± 2°C, en lumière fluorescente de 40 µm. m⁻².s⁻¹, avec un photopériodisme de 16 heures et une fréquence d'immersion d'une minute trois fois par jour (Escalant *et al.* 1994).

Pour parvenir à faire germer les embryons somatiques matures, on a suivi les trois protocoles ci-dessous.

Action du Biobras-6 (homologue du brasinostéroïde) sur la germination en milieu semi-solide

On a appliqué les cinq traitements suivants :

Traitement	Description
T1	Témoin (milieu de germination, Escalant <i>et al.</i> 1994)
T2	6-BAP + AIA + 0,005 mg/l de Biobras-6
T3	6-BAP + AIA + 0,010 mg/l de Biobras-6
T4	0,005 mg/l de Biobras-6
T5	0,010 mg/l de Biobras-6

On a placé 20 embryons dans des flacons de culture contenant 30 ml de milieu que l'on a maintenus en chambre de croissance, en lumière solaire de 50 à 62,5 µm. m⁻².s⁻¹ et à 27 ± 2°C. Dans ce protocole, on a utilisé des échantillons pris au hasard et 15 répétitions par traitement. On a évalué le nombre d'embryons ayant formé une plantule complète par comptage au bout de 45 jours de mise en culture.

Action du Biobras-6 sur la germination en systèmes d'immersion temporaire RITA

Dans ce protocole, on a testé l'effet de deux concentrations de Biobras-6 (0,005 et 0,01 mg/l) sur la même densité d'inoculation initiale d'embryons (0,5 g).

Action de la densité de l'inoculum initial d'embryons somatiques sur la germination

Dans ce troisième protocole, on a étudié quatre concentrations initiales : 0,3; 0,5; 0,7 et 1,0 g d'embryons somatiques dans un milieu MS basique complétement par 0,5 mg/l de 6-BAP, 2,0 mg/l d'AIA et la meilleure concentration de Biobras-6 déterminée par l'expérimentation précédente. On a utilisé trois RITA par traitement, contenant un milieu MS (1962) complétement par 0,5 mg/l de 6-BAP, 2,0 mg/l d'AIA et 30 g/l de saccharose, de pH 5,8.

On a fait conjointement le contrôle de l'expérimentation en préparant des bocaux de verre de 250 ml contenant 20 embryons somatiques et 30 ml d'un milieu semi-solide (phytagel à 2 g/l) de même composition que celui des RITA. On a procédé à 12 répétitions dans les mêmes conditions de culture. L'ensemble des bocaux et des RITA a été réparti sur rayonnages en chambre de croissance, à 50-62,5 µm. m⁻².s⁻¹ de lumière solaire et à 27 ± 2°C. Dans les deux expérimentations, on a évalué l'initiation de la germination au bout du 7^{ème} jour de mise en culture et on a

compté le nombre total de plantules formées par traitement au bout de 40 jours.

Dès que les plantules sont apparues dans les RITA, on les a transférées dans des fioles de culture de 250 ml contenant 30 ml d'un milieu composé de sels MS, de 3 % de saccharose, solidifié par 6 g/l d'Agar et de pH 5,8 avant autoclavage; et ce afin qu'elles poursuivent leur croissance encore pendant un mois en chambre de culture à la lumière naturelle.

Etude morphologique comparative entre plants issus d'organogénèse ou d'embryogénèse somatique

On a sevré les plantules de 4 à 5 cm issues d'embryogénèse somatique en les plantant dans des plateaux de polyuréthane de 50 alvéoles sur un substrat artificiel formé d'un mélange de casting et de zéolite (3:1). On les a arrosées pendant 2 minutes trois fois par jour en micro aspersion. Parallèlement, on a planté un autre lot de 200 plantes obtenues par multiplication *in vitro* de bourgeons axillaires. Au bout de 50 jours et sur 50 plantes choisies au hasard dans chacun des deux lots, on a observé les caractères quantitatifs suivants : hauteur de la plante, longueur et largeur de la 2^{ème} feuille, longueur du pétiole, distance entre la 2^{ème} et la 3^{ème} feuille et pourcentage de survie ainsi que des caractères qualitatifs comme la couleur du pseudo-tronc et celle du limbe.

Résultats et discussion

Réalisation des suspensions cellulaires

On a généré des suspensions cellulaires embryogéniques du cultivar hybride FHIA-18 (AAAB) en utilisant comme explant initial des embryons somatiques au stade globulaire. Au dixième jour de culture des suspensions cellulaires, on a constaté la formation de pro embryons et celle de cellules embryogéniques, petites et sphériques, au cytoplasme dense contenant des grains d'amidon.

Des observations similaires ont été rapportées par Cote *et al.* (1996) à propos de suspensions cellulaires issues de fleurs mâles du

cultivar Grande naine (AAA). Ces suspensions étaient formées, en phase de multiplication, d'un grand nombre de cellules sphériques isolées se divisant activement et d'amas cellulaires hétérogènes, irréguliers, translucides ou non. Ceci concorde aussi avec les observations faites par De Vries *et al.* (1996) sur suspensions cellulaires de carotte. Les caractéristiques cellulaires qui précèdent sont considérées comme un indicateur de la condition embryogénique de la suspension cellulaire (Williams et Maheswaram 1986). D'autres études de suspensions cellulaires de *Musa* ont confirmé la présence de corps protéiques et d'amidon dans les cellules des amas embryogéniques (Sannasgala 1989, Bieberach 1995).

Pendant les deux premiers mois de culture, les suspensions cellulaires ont présenté des changements de composition : la quantité d'amas cellulaires augmentait alors que celle des cellules isolées diminuait jusqu'à atteindre des valeurs pratiquement négligeables. Ces amas embryogéniques, de taille variant de 80 à 300 µm, ont fini par représenter 80 à 95 % des suspensions cellulaires.

Dans ce milieu de culture, les suspensions ont d'ailleurs pu arriver à prendre une consistance épaisse, directement liée à l'équilibre cellule/volume du milieu.

Formation des embryons somatiques

A partir du 15^{ème} jour de culture, des structures granuleuses composées de pro embryons et d'embryons somatiques au stade globulaire ont commencé à apparaître dans le milieu de formation d'embryons, au fond des Erlenmeyers. L'analyse des résultats des différentes densités d'inoculation testées dans le cadre de la formation d'embryons somatiques en milieu liquide montre des différences significatives entre les divers traitements, que ce soit à 15 ou à 30 jours de culture.

Les meilleurs résultats ont été obtenus avec la densité de 100 mg/25 ml où se sont formés 1883 embryons somatiques au stade

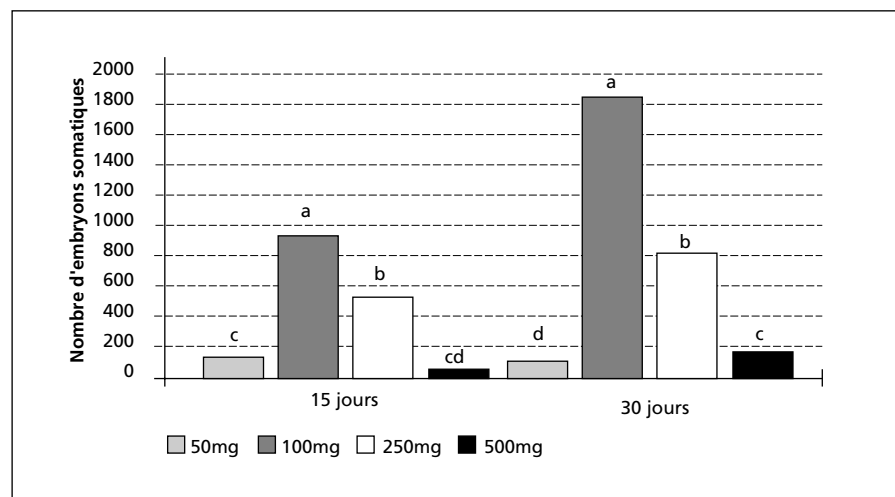


Figure 1. Influence de la densité de l'inoculum sur la formation des embryons somatiques du cultivar FHIA-18 (AAAB) en 15 et 30 jours de culture.

*des lettres différentes représentent des différences significatives pour Duncan p < 0,005%.

globulaire par ml de suspension en 30 jours (figure 1).

D'autres auteurs ont constaté de meilleurs résultats encore en ce qui concerne le nombre d'embryons somatiques formés mais sur des cultivars différents et en plaçant 1 ml de suspension cellulaire en milieu semi-solide (Bieberach 1995, Cote *et al.* 1996, Grapin *et al.* 1998).

Le diamètre des embryons somatiques obtenus à partir des suspensions cellulaires de FHIA-18 varie de 0,5 à 1,2 mm, soit $0,86 \pm 0,25$ mm en moyenne. Leur poids varie de 0,65 à 0,90 mg selon l'étape de développement où ils se trouvent, soit $0,73 \pm 0,16$ mg en moyenne. Bieberach (1995) décrit des résultats très semblables bien que sur d'autres cultivars de bananier.

Multiplication secondaire des embryons somatiques

On a vérifié que la concentration initiale a bien un effet sur la multiplication des embryons somatiques dans le milieu de culture MS modifié car des différences significatives entre les divers traitements sont apparues tant au niveau du poids frais que du nombre d'embryons au bout de 60 jours de culture. Avec une concentration initiale de 0,6 g/25 ml de milieu, on a réalisé une augmentation de 42 fois le poids frais initial en 60 jours tout en obtenant la formation du plus grand nombre d'embryons complets (tableau 1). C'est la première fois que cela a pu être réalisé pour le bananier, en milieu liquide et sous agitation.

Il faut noter qu'avec la densité la plus basse (0,2 g/25 ml), on a favorisé la maturation des embryons somatiques mais qu'il y a eu peu de multiplication. Une fois encore, il n'est plus à démontrer l'importance de déterminer une concentration d'inoculation adaptée à chaque étape du processus d'embryogenèse.

Il est important de souligner que de l'embryogenèse en cascade peut avoir lieu en l'absence d'une auxine exogène, c'est ce que l'on appelle auto embryogenèse ou prolifération ou propagation massive (Meckle *et al.* 1995). Les embryons au stade globulaire se multiplient en cascade, chacun formant quatre à six nouveaux embryons somatiques et ainsi de suite. Les embryons somatiques peuvent se former à partir de la base des cellules épidermiques du premier embryon (Escalant *et al.* 1994). Ce processus peut se poursuivre indéfiniment et permettre ainsi la multiplication d'embryons somatiques dans des bioréacteurs au lieu d'employer des suspensions cellulaires.

Gómez *et al.* (2000, sous presse) ont obtenu la multiplication en cascade des embryons somatiques du cultivar Grande naine (AAA) en milieu liquide agité. Dans leur cas, la densité de poids frais d'embryons somatiques qui a été la plus performante se trouve être la plus basse : 0,1 g. Ceci confirme l'influence du génotype dans les processus *in*

Tableau 1. Action de la concentration initiale d'inoculation sur la multiplication des embryons somatiques du cultivar hybride FHIA-18 (AAAB) au 60^{ème} jour de culture.

Densité de l'inoculation (g/l)	Nombre total d'embryons somatiques	Poids frais (g)
0,2	1 200 d*	18,65 d
0,4	4 550 c	15,50 c
0,6	16 680 a	25,00 a
0,8	9 450 b	12,35 b

*des lettres différentes montrent des différences significatives pour la preuve de Dunett C avec $p < 0,05$ %.

Tableau 2. Effet du Biobras-6 sur la germination des embryons somatiques en milieu semi-solide.

Traitement	Description	Nombre d'embryons germés	Pourcentage de germination
T1	Témoin	80	27 cd*
T2	6-BAP + AIA +0,005 mg/l de Biobras-6	107	37 b
T3	6-BAP + AIA +0,010 mg/l de Biobras-6	122	41 a
T4	0,005 mg/l de Biobras-6	100	33 c
T5	0,010 mg/l de Biobras-6	100	33 c

*des lettres différentes indiquent des différences significatives statistiquement pour $P < 5\%$.

vitro et suppose la mise au point de méthodes adaptées à chaque cultivar étudié.

Escalant *et al.* (1994) ont été les premiers à réaliser la multiplication secondaire d'embryons somatiques du cultivar Grande naine (AAA) mais dans un système d'immersion temporaire. Leurs coefficients de multiplication sont très semblables à ceux présentés ici. Cependant, ils n'ont atteint le même niveau qu'au bout d'un laps de temps plus important (six mois).

Maturation des embryons somatiques

Deux des densités initiales étudiées ont eu un résultat favorable dans cette expérimentation en milieu liquide agité. Pour la densité de 800 mg, on a observé une maturation rapide des embryons somatiques, en seulement 15 jours, avec 30 % d'embryons arrivés à complète maturité. Pour la densité de 400 mg cependant, on a réussi une meilleure synchronisation de la maturation dans le temps, car 70 % des embryons sont arrivés à maturité; mais plus tardive puisque cela a pris 22 jours.

Pour la densité de 1 000 mg, il n'y a pas eu de maturation : la plupart des embryons sont restés au stade globulaire. Ce résultat montre la relation étroite qui existe entre la densité initiale d'embryons et le processus de maturation. Cela indique aussi qu'il y a une plus grande accumulation de substances de réserves et moins de multiplication en utilisant des densités basses, de l'ordre de 400 mg comme ici. Dans la littérature consultée, il n'est pas fait mention de ce phénomène car, une fois formés, les embryons somatiques au stade globulaire sont immédiatement transférés sur un milieu de germination où l'on obtient de faibles pourcentages de réussite et ce, avec un plus grand temps de latence.

Germination

Action du Biobras-6 en milieu de culture semi-solide

Dans cette première expérimentation, on a constaté que la plus grande quantité d'em-

bryons ayant germé apparaît avec les traitements T2 et T3, combinant le Biobras-6 avec l'AIA et le 6 BAP, car ils présentent des différences significatives par rapport aux autres traitements et au témoin. Leurs pourcentages de germination sont respectivement de 37 et de 41 %. Ces résultats démontrent l'effet stimulant du Biobras-6 sur la germination (tableau 2) lorsqu'il agit en synergie avec le mélange des régulateurs destinés à augmenter la germination. Le meilleur traitement est le T3 pour lequel on a rajouté 0,01 mg/l de Biobras-6. Des travaux réalisés par Rayas *et al.* (1999) sur la calogénèse montrent que deux produits analogues au brasinostéroïde, le DAA-6 (Biobras-6) et le MH-5, ont également eu un effet favorable sur la croissance et la qualité des cals, en particulier les concentrations de 0,01 mg/l de Biobras-6 et de 0,1 mg/l de MH-5. La comparaison de la germination des embryons somatiques en milieu semi solide avec celle en système d'immersion temporaire montrent que ce dernier procédé est plus efficace tant sur le plan du temps de latence que sur celui du pourcentage de réussite de la germination.

Action du Biobras-6 sur la germination des embryons somatiques en système d'immersion temporaire RITA

Les résultats obtenus dans cette deuxième expérimentation, où les embryons somatiques ont été mis à germer en système d'immersion temporaire RITA, montrent un plus grand pourcentage de germination, avec des différences significatives par rapport aux autres traitements, lorsqu'on a utilisé une concentration de Biobras-6 de 0,01 mg/l. Le nombre d'embryons ayant germés avec ce traitement est de 600 ce qui porte le pourcentage de germination à 85 %, de 15 % supérieur à celui atteint sans Biobras-6 (figure 2).

L'emploi du Biobras-6 en culture *in vitro* a déjà donné de bons résultats sur la germination d'embryons somatiques de papaye

(Posada 1995). Et, selon Nuñez (1996), les brasinostéroïdes interagissent en forte synergie avec les auxines. D'autre part, ils peuvent agir avec les gibbérellines soit comme des auxines soit comme des gibbérellines ou des cytokinines.

En comparant avec l'essai précédent en milieu semi-solide, on constate que le système d'immersion temporaire joint à l'action régulatrice du Biobras a amélioré l'ontogenèse des embryons somatiques de façon positive.

En effet, la formation de bourgeons est une des difficultés majeures de l'embryogenèse somatique de beaucoup d'espèces, y compris des conifères (Tautorius *et al.* 1992, Lelu *et al.* 1994) ou de l'hévéa (Michaux-Ferrière *et al.* 1992, Etienne *et al.* 1997). Cet obstacle peut être surmonté par l'emploi des systèmes d'immersion temporaire. L'impact positif de ce type de dispositif paraît être lié à la façon dont est utilisé le milieu liquide. En effet, ils permettent de cumuler les avantages de l'immersion permanente en évitant les problèmes de vitrification et de manque d'oxygène et ceux de l'immersion partielle sur support inerte (Roberts et Smith 1990) en palliant l'inefficacité de l'absorption et en réduisant les manipulations.

Dans les systèmes d'immersion temporaire, la superficie du matériel végétal dans sa totalité est en contact uniforme avec les nutriments du milieu, même quand il n'est pas immergé, car une fine pellicule de milieu adhère par capillarité au tissu végétal. Cette pellicule est insuffisante pour inhiber les échanges gazeux et sa composition chimique se renouvelle à chaque immersion. L'aération est également améliorée puisque chaque immersion régénère aussi le milieu ambiant (Teisson et Alvard 1995). De plus, il se produit une agitation du matériel végétal de brève durée. L'ensemble de ces éléments a permis la germination d'embryons somatiques de diverses espèces (*Citrus*, *Musa*, *Coffea*), ce qui était jusqu'alors impossible en Erlenmeyers ou en bio réacteurs (Teisson et Alvard 1995), ces derniers étant plus complexes, moins faciles à manipuler et plus onéreux que les RITA (Etienne *et al.* 1997).

Il faut noter que l'usage des RITA a également permis d'éviter l'oxydation des embryons somatiques du cultivar FHIA-18 (AAAB). Bieberach (1995) rapporte des résultats similaires sur d'autres cultivars, dont la plupart des embryons somatiques ont commencé à germer dès le 7^{ème} jour de mise en culture. On a pu constater le même phénomène avec d'autres systèmes d'immersion temporaire constitués par des récipients de 10 l (compagnie Nalgène) dans lesquels 65,5 à 73 % des embryons (500 à 800 par récipient) ont germé (Gómez, informations non publiées).

Les systèmes d'immersion temporaire favorisent donc un développement plus conséquent et synchronisé des embryons somatiques, également décrit par Etienne *et al.* (1997) sur *Hevea brasiliensis* (Mull

Tableau 3. Action de la densité d'inoculation initiale sur la germination d'embryons somatiques du cultivar hybride FHIA-18 (AAAB) au 30^{ème} jour de culture.

Densité d'inoculation (g)	Nombre d'embryons initiaux	Nombre d'embryons germés (X ± ET)	Pourcentage de germination
0,3	750	320 ± 14,1	45 b*
0,5	750	600 ± 16,7	85 a
0,7	1050	402 ± 14,3	26 bc
1,0	1500	260 ± 12,3	17 c
Témoin	300	43 ± 7,71	14 c

*Des lettres différentes représentent des différences statistiquement significatives pour Dunette C à 0,5 % près.

Arg) et Cabasson *et al.* (1997) sur *Citrus deliciosa* (Ten).

Action de la densité d'inoculation initiale d'embryons somatiques sur la germination en système d'immersion temporaire RITA

La meilleure densité est de 0,5 g, densité pour laquelle on a obtenu le plus fort pourcentage de germination (85 %). Dans tous les cas de figure, les pourcentages sont de loin très supérieurs à celui du témoin (tableau 3). Ce sont quelques uns des plus élevés jamais atteints pour la germination d'embryons somatiques de bananier et de bananier plantain. Ceci peut être dû à divers facteurs, parmi lesquels les effets positifs de l'immersion temporaire et l'action favorable du régulateur le Biobras-6, décrits précédemment et, bien entendu, le génotype. Jusqu'à aujourd'hui, aucune information spécifique n'a été rapportée à propos de la germination d'embryons somatiques du cultivar hybride FHIA-18 (AAAB).

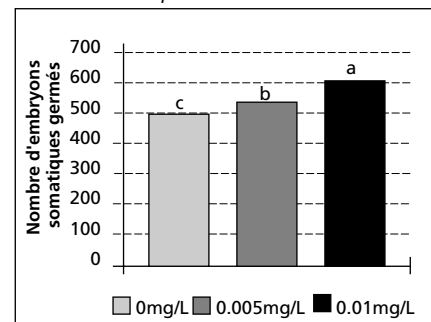
Les pourcentages connus de germination d'embryons somatiques au sein du genre *Musa* oscillent de 0,45 à 80 % selon les génotypes et les milieux de culture (Bieberach 1995, Cote *et al.* 1996, Schoof 1997, Grapin *et al.* 1998).

A ce jour, les plus hauts pourcentages de germination sont ceux obtenus par Escalant *et al.* (1994) qui ont employé aussi les systèmes d'immersion temporaire mais sur d'autres cultivars de bananier.

Etude morphologique comparative entre plants issus d'organogenèse et ceux en cours de sevrage provenant d'embryogenèse somatique

Les résultats obtenus ne montrent pas de différences entre les deux lots de plants provenant soit d'organogenèse, soit d'embryogenèse somatique si ce n'est la taille supérieure

Figure 2. Effet du Biobras-6 sur la germination des embryons somatiques en système d'immersion temporaire RITA



*des lettres différentes montrent des différences statistiquement significatives pour P < 5 %.

développée par ceux d'origine embryogénique (tableau 4). On n'a pas non plus rencontré dans les deux populations de plants atypiques tels que des variants nains géants ou mosaïque (Sandoval *et al.* 1997). Ces résultats concordent avec ceux de Cote *et al.* (1999) qui, travaillant sur des suspensions cellulaires du cultivar Grande naine (AAA) et comparant les plants nés de cette technique avec ceux obtenus par organogenèse traditionnelle, n'ont pas noté entre eux de différences morphologiques au champ.

Cela ne veut d'ailleurs pas dire qu'il n'y a pas de variations somaclonales mais seulement qu'il n'a pas été possible de les détecter à ce stade de développement. Sandoval *et al.* (1997) font remarquer qu'on ne peut détecter de toute façon à ce stade là qu'environ 60 % de variations somaclonales. Ils suggèrent donc de poursuivre les évaluations au champ sur plusieurs générations afin de couvrir un cycle de développement. D'autre part, Schoof (1999) signale jusqu'à 97 % de variations somaclonales chez les plants issus des suspensions cellulaires de la variété Williams, variations apparemment dues à la technique des « scalps » employée où de très fortes concentrations de 6-BAP sont utilisées.

Tableau 4. Comparaison entre plants du cultivar hybride FHIA-18 (AAAB) obtenus soit par embryogenèse somatique soit par organogenèse.

Type de morphogenèse	Longueur du pétiole (cm)	Longueur de la 2 ^{ème} feuille (cm)	Largeur de la 2 ^{ème} feuille	Distance entre les feuilles 2 et 3 (cm)	Hauteur de la plante (cm)
Organogenèse (bourgeons axillaires)	1,95± 0,19 a*	13,22± 0,7 a	6,68± 0,6 a	1,90± 0,2 a	6,60± 0,4 b
Embryogenèse somatique	1,86± 0,12 a	13,90±, 62 a	7,10± 0,4 a	1,91± 0,2 a	7,30± 0,6 a
Moyenne ± ETi	1,90 ± 0,15	13,55 ± 0,67	6,90 ± 0,53	1,9 ± 0,2	6,95 ± 0,54
CV	0,13	0,21	0,13	0,15	0,3

*Des lettres différentes représentent des différences significatives pour P < 5%.

Au Laboratoire de Cultures Tropicales de l'Université Catholique de Leuven (INIBAP 1997), ont été constatés 100 % de variations somaclonales chez des plants provenant de suspensions cellulaires du cultivar Grande naine (AAA), parmi lesquelles les variations les plus fréquentes à six mois sont le nanisme et les feuilles épaisses et déformées.

Remerciements

Au Dr Jean-Vincent Escalant pour la correction de ce travail. ■

Références

- Bieberach C. 1995. Embryogénese somática y regeneración de plantas en cultivares de *Musa* sp. Tesis para optar al grado de *Magister Scientiae*. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 84 pp.
- Cabasson C., D. Alvard, D. Dambier, P. Ollitrault & C. Teisson. 1997. Improvement of citrus somatic embryo development by temporary immersion. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 50 : 33-37.
- Cote F., R. Domergue, S. Monmarson, J. Schwendiman, C. Teisson & J.V. Escalant. 1996. Embryogenic cell suspensions from the male flower of *Musa* AAA cv. Grand Naine. *Physiologia Plantarum* 97 : 285-290.
- Cote F., R. Domergue, M. Fellet & C. Dubois. 1999. Performance au champ de plants de bananiers issus de suspensions cellulaires embryogènes (*Musa* AAA cv. Grande Naine). *INFOMUSA* 8 (1) : XII.
- De Vries S.C., H. Booij, J. Cordewener, F.A. Van Angelen, A. De Jong, A. Van Kammen, F. Loschiavo, G. Schellekens, P. Sterk & H. Terzi. 1996. Developmental mutants and extracellular proteins in carrot somatic embryogenesis. Pp. 22-23 in *ADEBIO*, International Symposium of Biotechnology for Major Crops.
- Escalant J.V., C. Teisson & F. Cote. 1994. Amplified somatic embryogenesis from male flowers of triploid banana and plantain cultivars (*Musa* spp.). *In Vitro Plant Cell. and Dev. Biol.* 30 : 181-186.
- Etienne H., N. Lartaud, M. Michaux-Ferrière, P. Carron, M. Berthouly & C. Teisson. 1997. Improvement of somatic embryogenesis in *Hevea brasiliensis* (Mull. Arg.) using the Temporary Immersion Technique. *In Vitro Plant Cell. and Dev. Biol.* 33 : 81-87.
- FAO. 1999. Boletín Trimestral de Estadística. 12 (34).
- Grapin A., J.-L. Ortiz, R. Domergue, J. Babeau, S. Monmarson, J.V. Escalant, C. Teisson & F. Cote. 1998. Obtention de cals embryogènes, initiation de suspensions cellulaires embryogènes à partir de fleurs immatures mâles et femelles de *Musa*. *INFOMUSA* 7 (1) : 13-15.
- Gómez R., J.V. Escalant, M. Reyes, L. Posada & M. Freire. 2000. Embriogénese somática en medio líquido en *Musa* (AAA) cv. Gran Enano. *CORBANA (in press)*.
- INIBAP 1997. Annual report. International Network for the Improvement of Banana and Plantain. Montpellier, France.
- Lelu *et al.* 1994. An improved method for somatic plantlet production hybrid lanch (Larix X leptoeuropaea) in somatic embryo maturation. Part 1. *Plant Cell Tissue Organ. Cult.* 36 : 07-115.
- Michaux-Ferrière N. & J. Schwendiman. 1992. Histology of somatic embryogenesis. Pp. 247-259 in *Reproductive Biology and Plant Breeding* (Y. Dattée, C. Dumas & A. Gallais, eds). Springer-Verlag, Berlin.
- Merkle S.A., W.A. Parrott & B.S. Flinn. 1995. Morphogenic aspects of somatic embryogenesis. pp. 155-203 in *In vitro Embryogenesis in Plant* (T.A. Thorpe, ed.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- Murashige T. & F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* 15 : 473-497.
- Núñez V.M. 1996. Los brasinoesteroides y su actividad biológica. INCA. La Habana, Cuba.
- Posada L. 1995. Desarrollo de la embriogénese somática en la Fruta Bomba (*Carica papaya* L.). Trabajo de diploma. Universidad Central de Las Villas. 47pp.
- Rayas A., M. García & R. Landa. 1999. Efecto del *Biobras-6* en la organogénesis la malanga (*Xanthosoma* spp.). Libro de resúmenes cortos, Vº Coloquio Internacional de Biotecnología Vegetal. Ediciones GEO, La Habana, Cuba.
- Roberts A.V. & E.F. Smith. 1990. The preparation *in vitro* of chrysanthemum for transplantation to soil. I. Protection of roots by cellulose plugs. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 21 : 129-132.
- Sandoval J.A., L. Pérez & F. Cote. 1997. Estudio morfológico y de la estabilidad genética de plantas variantes de banano (*Musa* AAA cv. Gran Enano). Etapas de cultivo *in vitro*, aclimatación y campo. *CORBANA* 22 (48) : 41-60.
- Sannasgala K. 1989. *In vitro* somatic embryogenesis in *Musa*. Ph.D. thesis, K.U.Leuven, Belgium 189pp.
- Schenk R.U. & A.C. Hildebrandt. 1972. Medium and techniques for induction and growth of monocotyledonous and dicotyledonous plant cell culture. *Canadian Journal of Botany* 50 : 199-204.
- Schoof H. 1997. The origin of embryogenic cells in *Musa*. *Dissertationes de Agricultura*. Catholic University of Leuven, Belgium. 258pp. + anexos.
- Schoofs H., B. Panis, H. Strosse, A. Moyo, J. Lopez, N. Roux, J. Colezel & R. Swennen. 1999. Difficultés rencontrées pour établir et maintenir des suspensions cellulaires morphogènes de bananier et pour régénérer des plants par embryogénese somatique. *INFOMUSA* 8 (2) : 3-7
- Tautorus T.E., M.M. Lulsdorf, S.I. Kikcio & D.I. Dunsatan. 1992. Bioreactor culture of *Picea mariana* Mill. and the species complex *Picea glauca-engelmannii* somatic embryos. Growth parameters. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 38 : 46-51.
- Teisson C. & D. Alvard. 1995. A new concept of plant *in vitro* cultivation liquid medium : temporary immersion. Pp. 105-110 in *Current issues in plant molecular and cellular biology* (M. Terri, R. Cella & A. Falavigna, eds). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.
- Williams E. G. & G. Maheswaran. 1986. Somatic embryogenesis : Factors influencing coordinated behaviour of cells as an embryonic group. *Annals of Botany* 57 : 443-462.

Rafael Gómez Kosky et Maritza Reyes travaillent à l'Institut de Biotecnología de las Plantas, Universidad Central de Las Villas. Santa Clara, Cuba, e-mail : rgkosky@uclv.etcscu.cu; Terrence Gilliard au Ministerio de Agricultura de Santa Lucia et Luis Antonio Baranco à l'Universidad de Las Tunas, Las Tunas, Cuba.

Amélioration

Variabilité induite

Amélioration du clone hybride de bananier plantain FHIA-21 par mutagenèse *in vitro*

I. Bermúdez, P. Orellana,
J. Pérez Ponce, J. Clavero, N. Veitia,
C. Romero, R. Mujica
et L. García R.

La cercosporiose noire (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) est actuellement la maladie la plus destructive au monde pour les bananiers et les bananiers plantain.

Depuis son apparition à Cuba en novembre 1990, elle est devenue la maladie fongique la plus répandue dans les plantations du pays.

La solution la plus adaptée pour réduire les dommages causés par cette maladie dévastatrice est de développer des variétés résistantes. Depuis 1984, la FHIA (*Fundación Hondureña de Investigación Agrícola*) a développé un vaste programme de recherches

d'hybrides résistants parmi lesquels on trouve le bananier de type 'French Plantain' FHIA-21 (AAAB), résistant à la fusariose, et dont les fruits de bonnes taille et qualité permettent d'obtenir un haut rendement mais qui possède un port est trop élevé.

L'emploi d'agents mutagènes combinés aux techniques de la biotechnologie permettent d'intensifier la variabilité génétique afin d'améliorer certains caractères agrono-

miques comme la fructification, le rendement, la qualité et la résistance aux agents pathogènes et aux maladies (Ho *et al.* 1993, 1994). De plus, les techniques de cultures tissulaires facilitent l'induction, la sélection et la diffusion des mutants.

La culture de bourgeons *in vitro* a déjà été utilisée pour induire des mutations sur plusieurs génotypes de *Musa*, de différents niveaux de ploïdie et de différentes combinaisons des génomes *acuminata* (A) et *balbisiana* (B) (Novak *et al.* 1986).

Le travail présenté ici a été réalisé dans le cadre des biotechnologies appliquées actuellement à l'amélioration génétique, avec pour objectifs :

- de sélectionner des variants somaclonaux à port bas parmi des populations irradiées du clone FHIA-21,
- d'en étudier le comportement face à la cercosporiose noire.

Matériel et méthodes

On a introduit tout d'abord le matériel végétal au laboratoire pour le multiplier ensuite *in vitro* selon le protocole décrit par Orellana *et al.* (1991). On a induit la formation de bourgeons multiples en plaçant les apex dans un milieu MS (1962) complété par du 6 benzyle aminopurine (6-BAP) à 20 mg/l; de l'acide indolacétique (AIA) à 0,65 mg/l et du saccharose à 30 g/l, avec un pH de 5,8. Puis, pour induire la variabilité, les bourgeons ont été soumis à des doses de 25 Gy de rayonnement Gamma provenant de la désintégration du C⁶⁰. Ensuite, on a procédé à cinq repiquages jusqu'à régénérer environ 10 000 vitroplants qui ont été sevrés en serre pendant 45 jours avant d'être transplantés au champ à la station expérimentale de Remedios. Pendant tout le temps du développement de la plantation, un travail agricole minimum a été fourni, sans applications de fongicides, pour pouvoir observer la réponse des plants à une pression naturelle.

Les évaluations ont consisté à sélectionner les plants présentant des caractères positifs au champ et à étudier la variabilité de la population. On a relevé la hauteur de la plante (en formant trois groupes de niveau), le diamètre du pseudotrunc; le nombre total de feuilles, le nombre de feuilles nécrosées par la cercosporiose noire à la formation du régime puis lors de la récolte, le nombre de mains et de doigts du régime (trois groupes de niveau), la longueur du doigt central de la deuxième et de l'avant dernière mains. Les lignées présentant des caractéristiques positives ont été plantées, à raison de cinq plants par lignée, sur la même station expérimentale, de façon à réaliser une étude clonale par comparaison avec le clone original. Les lignées les plus prometteuses ont été transférées *in vitro* de manière à en augmenter la population et à les étudier dans d'autres environnements.

Le travail s'est déroulé selon le schéma suivant (figure 1).

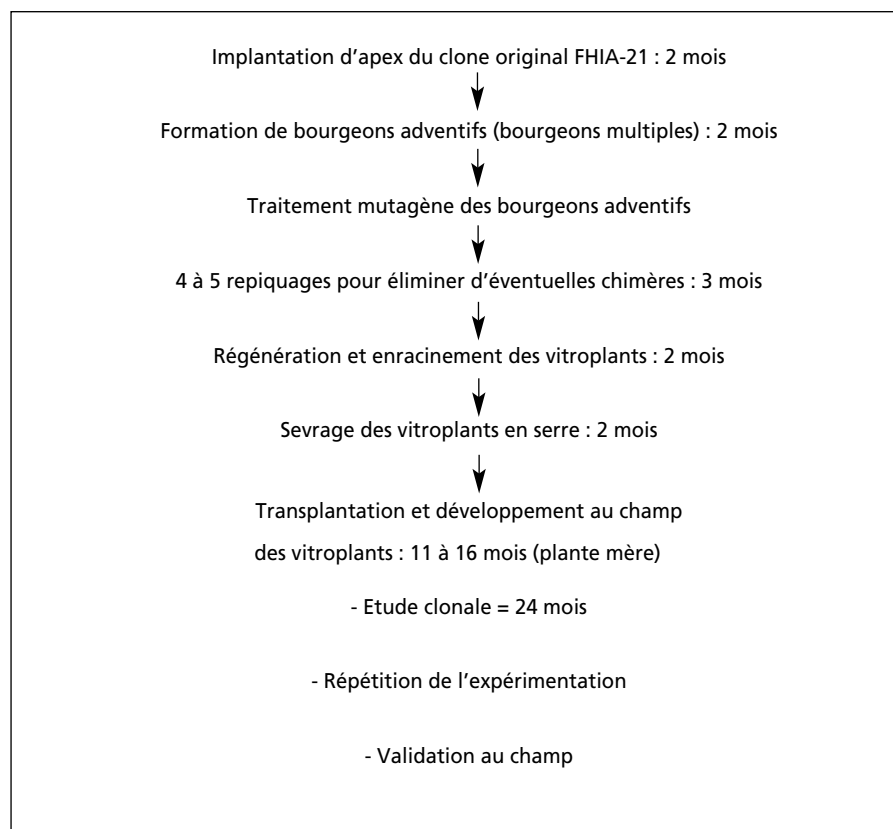


Figure 1. Schéma d'amélioration de l'hybride FHIA-21 par mutation.

Résultats et discussion

Les évaluations ont montré une grande variabilité du matériel végétal en ce qui concerne la hauteur de la plante, le diamètre du pseudotrunc, le nombre total de feuilles, les changements au niveau du régime et l'impact de la cercosporiose noire, ce qui montre bien l'efficacité de la combinaison agent mutagène/culture de tissus. Novak *et al.* (1990) ont obtenu des résultats similaires au cours d'un programme d'amélioration par mutation de clones du genre *Musa*.

On a tout particulièrement constaté un fort taux de variation quant à la hauteur du plant, comme le montre le tableau 1.

Les résultats du tableau 1 montrent que l'environnement a une influence bien marquée sur l'une et l'autre des populations. En effet, la hauteur normale du clone original FHIA-21, pendant le premier cycle reproductif, varie de 250 à 300 cm. En outre, on a

trouvé dans le lot irradié, parmi les plantes au port le plus bas, plusieurs variants possédant d'autres changements favorables tels que la taille du doigt, la forme du régime et la structure foliaire, très différentes de celles du clone original. Car les objectifs de ce travail n'étaient pas de rechercher seulement des plantes à port bas mais aussi de tenir compte de tout un ensemble de caractères positifs supplémentaires puisque force est de constater que les fréquences de variation de hauteur sont très semblables dans les deux lots irradiés, sélectionnés ou non. Et il est important de souligner que bien des clones de bananiers et de bananiers plantain n'ont pas, au cours de leur premier cycle reproductif, la taille qu'ils atteignent aux cycles suivants.

On a aussi noté de grandes variations du nombre de doigts (tableau 2) sur la totalité de la population où 59,86% des plantes portent des régimes en comptant plus de

Tableau 1. Variation de la hauteur des plantes durant le 1^{er} cycle reproductif.

Niveaux de hauteur (cm)	Nombre de plants sélectionnés	Fréquence de variation (%)
Matériel irradié sélectionné		
100-250	41	38,30
251-300	61	57,00
>300	5	4,70
Total	107	100,00
Matériel irradié non sélectionné		
100-250	103	35,76
251-300	169	58,68
>300	16	5,55
Total	288	100,00

Tableau 2. Variation du nombre de doigts par régime durant le 1^{er} cycle reproductif.

Variation du nombre de doigts	Nombre de plantes	Fréquence (%)
Matériel irradié sélectionné		
jusqu'à 40 doigts	21	20,00
de 41 à 60 doigts	24	22,80
plus de 60 doigts	60	57,10
Matériel irradié non sélectionné		
jusqu'à 40 doigts	16	10,08
de 41 à 60 doigts	43	29,25
plus de 60 doigts	88	59,86

Tableau 3. Variations phénotypiques observées par rapport au clone original sur les plantes sélectionnées au cours du 1^{er} cycle reproductif.

Nombre de plantes observées	Port bas Type faux corne possible	Doigts les plus longs	Doigts courts et fins	Doigts petits et droits	Résistance élevée à la cercosporiose noire	Fréquence totale (%)
1 024	4	10	20	12	3	4,78

Tableau 4. Valeurs des moyennes et des écarts entre les relevés selon les populations.

Population	Valeurs moyennes				Écarts			
	Hauteur du pseudo tronc (cm)	Diamètre du pseudo tronc (cm)	Nombre de mains	Nombre de doigts	Hauteur (cm)	Diamètre du pseudo tronc (cm)	Nombre de mains	Nombre de doigts
Matériel irradié non sélectionné	270,71	48,48	6,61	68,78	25,40	6,29	6,19	18,83
Matériel irradié sélectionné	250,44	47,91	6,40	67,59	25,94	5,25	1,04	20,78

60/ fréquence maintenue chez les plantes sélectionnées (57,1%).

Beaucoup d'auteurs ont remarqué que la fréquence des variations phénotypiques et/ou morphologiques (stature de la plante, couleur des feuilles), physiologiques (croissance et multiplication des rejets, durée de floraison, maturation des fruits) et agronomiques (qualités du régime) varie de 3 à 40% chez les plantes de première génération, en fonction de leur génotype et des doses de radiation utilisées (Novak *et al.* 1990).

La fréquence des variations phénotypiques sur les 1 024 premières plantes observées est de 4,78%. Elles font apparaître quatre variants somaclonaux qui pourraient être de type Faux corne bien que deux d'entre eux soient sensibles à la cercosporiose noire (tableau 3).

La comparaison des valeurs moyennes et des écarts entre les relevés de la population sélectionnée et ceux de la population totale montre que la population dans son ensemble a une hauteur supérieure à celle de la population sélectionnée (tableau 4). En revanche, le nombre moyen de mains par régime est aux alentours de 6 dans les deux cas. Dans la plupart des cas également, les plantes ont en moyenne plus de 60 doigts par régime. Ceci confirme la corrélation positive existant entre la hauteur d'une plante et le nombre total de doigts par régime.

A l'analyse, les valeurs des écarts de la population montrent que la hauteur et le nombre de doigts sont les paramètres les plus variables, comme on l'a déjà signalé.

Parmi les plantes sélectionnées, on en a distingué cinq qui présentaient le meilleur profil, en intégrant différents caractères

(tableau 5) et qui réagissaient diversement à la cercosporiose noire.

En ce qui concerne la hauteur des plantes, on a constaté des différences significatives: entre les lignées elles-mêmes mais aussi entre les lignées et le clone original FHIA-21. Les lignées IBP 24-14 et IBP 47-4 ont les valeurs les plus basses. Cependant, ces dernières ont aussi des résultats inférieurs aux autres lignées et au témoin en ce qui concerne quelques caractères agronomiques importants (nombre de doigts par régime, poids du régime). De plus, elles développent un régime de type Faux corne alors que les autres et le témoin possèdent un régime de type French. En revanche, les lignées IBP 14-23 et IBP 17-13, d'une hauteur significativement plus basse que le témoin FHIA-21, ont un bon comportement agronomique pour les autres indicateurs de rendement. Ceci les rend très prometteuses pour la sélection de plantes à port bas chez cet hybride.

Il faut souligner qu'il y a eu une forte attaque généralisée de la cercosporiose noire contre le témoin FHIA-21, qui n'a pu produire des doigts complètement développés, ce qui contredit les rapports ayant conclu à sa haute résistance (Cote *et al.* 1994).

Conclusions

Pendant le premier cycle reproductif (plante mère), la fréquence générale de variation du matériel irradié de l'hybride FHIA-21 a été de 4,78%. Les caractères les plus variables sont la hauteur de la plante et le nombre de doigts par régime entre autres variations morphologiques. Les caractères les plus stables sont le diamètre du pseudotrunc et le nombre de mains du régime.

Bien que l'hybride FHIA-21 ait un régime de type French, on a rencontré quelques variants produisant un régime de type Faux corne dont la morphologie générale est très différente du clone original.

La majeure partie de la population étudiée a été fortement affectée par la cercosporiose noire, bien que l'on ait sélectionné des plantes parvenues à la récolte avec plus de trois feuilles actives. ■

Références

Cote F., F. Rosales, P. Rowe & C. Rivera. 1994. Reacción a Sigatoka negra y comportamiento agronomico de plátanos híbridos (AAAB) sometidos a

Tableau 5. Paramètres de croissance évalués sur les lignées sélectionnées.

Code de la lignée	Hauteur de la plante (cm)	Périmètre du pseudotrunc	TFF*	TFR**	Cycle plantation/récolte (mois)	Nombre de doigts	Poids du régime (kg)	Périmètre du doigt central*** (cm)	Longueur externe doigt central (cm)
IBP 14-23	281,6b	54,2a	12,0a	6,2b	11,6c	83,2b	14,08b	3,4a	22,8a
IBP 17-13	282,5b	47,5b	10,5ab	9,0a	13,0a	64,0c	14,5b	2,75bc	20,0a
IBP 50-5	294,8ab	57,4a	11,4ab	4,6b	11,6c	100,0a	21,08a	3,40a	23,6a
IBP 24-14	236,0c	45,4b	9,4b	5,0b	13,0a	45,0d	5,15c	3,1abc	19,6a
IBP 47-4	215,0d	36,8c	7,0c	4,4b	12,8ab	57,2cd	5,98c	2,62c	19,6a
Témoin (FHIA-21)	302,8a	56,6a	9,8ab	6,6b	11,8bc	105,0a	13,8b	3,32ab	22,0a
E.T.(x)	±0,26	±0,14	±0,67	±0,69	±0,30	±0,69	±0,45	±0,16	±0,90

* TFF : Total des feuilles à la floraison, ** TFR : Total des feuilles à la récolte, *** Doigt central de la main centrale.
Des lettres identiques dans une même colonne indiquent qu'il n'y a pas de différences significatives pour p<0,05.

desmane. Memorias XI Reunión ACORBAT. San José, Costa Rica: 339-405.

Ho Y.W., Y.P. Tan & C. Mak. 1993. Micropropagation for commercial production of plantings materials with special reference to banana. *In*: Proceedings of a Seminar on The Fruits Industry in Malaysia, Jahor Bham, Malaysia.

Ho Y.W., C. Mak & Y.P. Tan. 1994. Strategies in the improvement of banana cultivars for commercial scale cultivation. Pp. 71-82 *in* Proceedings of International Planters Conference, Kuala Lumpur, Malaysia.

Novak F.J., R. Afza, V. Phadivibulya, T., Hermelin, H. Brunner & B. Donini. 1986. Micropropagation and radiation sensibility in shoot tip cultures of banana and plantain. Pp. 439 *in* Nuclear techniques and *in vitro* culture for plant improvement. IAEA, Vienna, Austria.

Novak F.J., R. Afza, M. Van Duren & M.S. Omar. 1990. Mutation induction by gamma irradiation of *in vitro* cultured shoot tips of banana and plantain (*Musa* cvs.). Tropical Agriculture (Trinidad) 67: 21-28.

Orellana P.P., J. Pérez, D. Agramonte, R. Gómez, E. Jimenez, S. Martinez, E. Almaguer & R. Gómez. 1991. La micropropagación del plátano a escala comercial en Cuba. ACEVIC. Boletín Científico 3(3): 29-38.

Les auteurs travaillent à l'Institut de Biotecnología de Las Plantas (IBP), UCLV, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Ressources génétiques

Résistance des diploïdes au Moko

Évaluation de la résistance à la maladie de Moko (*Ralstonia solanacearum*, race 2) chez *Musa* spp.

S. de Oliveira e Silva,
S. de Mello Vêras, L. Gasparotto,
A. Pires de Matos, Z. Maciel Cordeiro
et B. Boher

La maladie de Moko, causée par la race 2 de *Ralstonia* (*Pseudomonas*) *solanacearum* (Smith), provoque le flétrissement des feuilles de bananier en commençant par les plus jeunes, ainsi que la nécrose du cigare. Les fruits immatures des plants infectés prennent une couleur jaunâtre et leur pulpe exhibe une pourriture sèche. Lorsque l'infection se produit avant la floraison, elle entraîne un développement anormal du régime dont les fruits pourrissent avant de mûrir, quand le régime n'est pas carrément absent. La maladie de Moko se diffuse sous l'action des insectes, par l'intermédiaire de sol infecté ou par le contact des racines. Ces caractéristiques, ainsi que l'absence de cultivar résistant et la nature rudimentaire des pratiques culturales, font de cette maladie une sérieuse contrainte pour la production bananière (Buddenhagen 1961, Stover 1972, Takatsu 1986, Matos *et al.* 1996).

La race 2 de *R. solanacearum* a été signalée pour la première fois au Brésil dans la région de l'Amazonie, dans l'État d'Amapá (Tokeshi 1976). Actuellement, elle est également présente dans les États de l'Amazonas, de Para et d'Acre, tous situés dans cette même région (Takatsu 1986). D'après les diagnostics, le nombre de plantations affectées par la souche A de cette race n'a cessé de progresser dans la région au cours des dernières années (Matos *et al.* 1996, Pereira *et al.* 1997).

Plusieurs gènes récessifs contribuent à la résistance des bananiers à la maladie de Moko (Vakilii 1965, Rowe et Richardson 1975). Stover (1972) a mis en évidence divers

degrés de sensibilité à cette maladie chez les cultivars de bananiers. D'après ses résultats, le cultivar Pelipita (ABB) est extrêmement résistant à l'agent pathogène, ce qui fait apparaître la résistance génétique comme une option viable pour lutter contre la maladie de Moko dans les régions où les techniques de production sont rudimentaires (Jones 1995).

Pourtant, on n'a réussi à identifier aucun cultivar résistant parmi le matériel suivant, qui a été testé dans un sol naturellement infecté : tétraploïdes (AAAB) tels que PV03-44, JV03-15, PA03-22, Pioneira ; triploïdes (AAA) Caipira, Nam, Nanica, Nanica, (AAB) Pacovan, Prata, Prata Anã, Mysore, Thap Maeo, Ouro da Mata ; plantains (AAB) Pacovi, Pacovan, Bluggoe et (ABB) Figo (Silva *et al.* 1998).

L'objectif de cette étude consistait à évaluer la réaction de 31 génotypes diploïdes (AA) à l'inoculation de la race 2 de *R. solanacearum*, en vue de sélectionner des cultivars résistants qui puissent être utilisés comme géniteurs mâles dans le programme d'amélioration des bananiers du Centre national de recherche sur le manioc et les cultures fruitières tropicales (CNPMP) de l'Embrapa.

Matériel et méthodes

On a évalué un total de 31 génotypes diploïdes (AA) – 21 diploïdes naturels et 10 hybrides – provenant de la banque de matériel génétique de bananier du CNPMP située à Cruz das Almas, dans l'État de Bahia. L'essai a été effectué en serre à l'Embrapa Amazonie occidentale (CPAA), dans la municipalité de Manaus, dans l'État de l'Amazonas (nord du Brésil), où la maladie de Moko est endémique.

On a inoculé huit plants de chaque diploïde avec le Biovar 1 de la race 2 de *R. solanacearum*, en injectant 1 ml de suspension

bactérienne à une concentration de 10^8 ufc/ml dans le pseudotrunc, à 10 cm de la surface du sol.

Les symptômes externes ont été évalués à intervalles d'une semaine sur la base de l'échelle suivante :

- absence de symptômes
- nécrose du cigare
- jaunissement de 2-3 feuilles
- cassure du pétiole
- mort du plant.

Les plants dépourvus de symptômes huit semaines après l'inoculation ont été considérés comme résistants à la maladie de Moko.

Résultats et discussion

Six semaines après l'inoculation, les plants ont commencé à exhiber des symptômes externes caractéristiques de la maladie de Moko. Tous les plants exprimant des symptômes externes présentaient aussi la décoloration vasculaire typique de l'infection par la race 2 de *R. solanacearum*. Ces résultats montrent l'efficacité de la technique d'inoculation utilisée pour évaluer ces génotypes diploïdes.

Les diploïdes naturels Berlin, Buitenzorg, Fako Fako, Jambi, Jaran, Jari Buaya, Khai, Khi Maeo, Lidi, Microcarpa, NBA 14, NBF 9, N° 118, Ouro, P. Serum, Pipit, Pa Phathalung, Tongat, Tambi et Zebrina et les hybrides 1304-04, 1318-01, 422306, F3P4, M-48 et M-61 se sont montrés sensibles au Biovar 1 de la race 2 de *R. solanacearum*. En revanche, les hybrides diploïdes (AA) F2P2, 131901, 1741-01 et SH3362, ainsi que Babi Yadevana, cultivar diploïde de Nouvelle-Guinée, ont fait preuve de résistance à l'agent pathogène. Quelques caractéristiques de ces cinq génotypes résistants sont présentées au tableau 1.

Bien qu'on n'ait encore identifié aucune résistance à la maladie de Moko chez des variétés commerciales triploïdes ou tétraploïdes (Vakilii 1965, Silva *et al.* 1998), les résultats présentés ici montrent qu'il existe une variabilité génétique parmi les génotypes de bananiers diploïdes (AA) qui ont exprimé une résistance à la race 2 de *R. solanacearum*.

La détection de cette résistance chez des diploïdes ouvre la possibilité de créer des variétés commerciales résistantes à la maladie de Moko à l'aide des techniques d'amélioration conventionnelles. Étant donné qu'on n'a évalué jusqu'à présent qu'un petit nombre de

Tableau 1. Quelques caractéristiques des génotypes de bananiers diploïdes (AA) résistants à la maladie de Moko. Embrapa Amazonie occidentale, Manaus, Amazonas (Brésil), 1998.

Génotype ¹	Hauteur de plant	Nb de doigts/régime	Longueur des doigts (cm)	Réaction aux maladies ²		
				Fusariose	Cercosporiose jaune	Cercosporiose noire
Babi Yadefana	Faible	60	12	-	S	-
F ₂ P ₂	Moyenne	96	12	-	-	-
1319-01	Moyenne	200	13	R	R	-
1741-01	Moyenne	112	14	-	R	-
SH3362	Élevée	192	15	-	-	S

¹ Babi Yadefana : cultivar de Nouvelle-Guinée; F₂P₂ : hybride d'Équateur; 1319-01 : croisement entre Malaccensis x (Tjau Lagada, sélection 01; 1741-01 : croisement entre Jari Buaya x hybride (Calcutta x Madang); SH3362 : hybride du Honduras.

² R : résistant; S : sensible.

génotypes, on peut espérer que la poursuite des évaluations permettra d'identifier de nouvelles sources de résistance. ■

Références

- Buddenhagen I.W. 1961. Bacterial wilt of bananas: History and known distribution. *Tropical Agriculture* 38: 107-121.
- Jones D.R., ed. 1995. The improvement and testing of *Musa* : a global partnership. First Global Conference of the International *Musa* Testing Program, La Lima, Honduras, 2730/04/1994. Réseau international pour l'amélioration de la banane et de la banane plantain, Montpellier, France. 303pp.

- Matos A.P. de, S. de O. Silva & J.C.R. Pereira. 1996. Doenças da bananeira no Médio Solimões, Amazonas: Moko, Mal-do-panamá e Sigatoka amarela. Informativo SBF, Brasília 15(4).
- Pereira J.C.R., A.F. da S. Coelho, S. De M. Veras & L. Gasparotto. 1997. Levantamento da incidência e prevalência de doenças vasculares da bananeira no Estado do Amazonas. Relatório Final. MA/Sedag, Manaus. 15pp.
- Rowe P.R. & D.L. Richardson. 1975. Breeding bananas for disease resistance, fruit quality and yield. SIATSA. Bull. 2. Tropical Agriculture Research Service, La Lima, Honduras.
- Silva S. De O., A.P. de Matos, J.C.R. Pereira, P.E. Meissner Filho, D.C. Costa & Z.J.M. Cordeiro.

1998. Actividades del Programa de Mejoramiento de Banano en Embrapa Yuca y Frutales. Informe Final del Proyecto IPGRI/AM-0694-96. Embrapa-CNPMP, Cruz das Almas. 25pp.

Stover R.H. 1972. Banana, plantain and abaca diseases. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, Royaume-Uni.

Takatsu A. 1986. Riscos e consequências da disseminação do Moko para outras regiões do Brasil. Pp. 54-59 in Simposio sobre Moko da bananeira, Manaus, AM 1984. Anais. Embrapa-CNPMP, Documento 19. Embrapa – CNPMP, Cruz das Almas, BA.

Tokeshi H. & M.L.R. Duarte. 1976. Moko no Território Federal do Amapá. *Suma Phytopathologica*, São Paulo 2(3): 224-229.

Vakilii N.G. 1965. Inheritance of resistance in *Musa acuminata* to bacterial wilt caused by the tomatato race of *Pseudomonas solanacearum*. *Phytopathology* 55: 12061209.

S. de Oliveira e Silva, A. Pires de Matos et Z.J. Maciel Cordeiro sont respectivement généticien et phytopathologistes à l'Embrapa Mandioca e Fruticultura, C. Postal 007, CEP 44380 000, Cruz das Almas, BA, Brésil (courrier électronique du premier auteur : ssilva@cnpmpf.embrapa.br). S. de Mello Vêras travaille à l'Embrapa/CNPq, C. Postal 219, CEP 69048.660, Manaus, AM, Brésil. L. Gasparotto est phytopathologiste à l'Embrapa Amazonia Occidental, C. Postal 219, CEP 69048.660, Manaus, AM, Brésil. Et Bernard Boher est agronome à l'INPA, C. Postal, 478, CEP 69011-970, Manaus, AM, Brésil.

Ressources génétiques

Evaluation au Ghana

Évaluation multilocale d'hybrides de la FHIA au Ghana

B.M. Dzomeku, B. Banful,
A.A. Ankoma, D. Yeboah
et S.K. Darkey

La banane et la banane plantain (*Musa* spp.) occupent une place de premier plan parmi les denrées amylacées au Ghana, où elles sont consommées à la fois comme aliment énergétique et comme dessert. La banane plantain contribue pour environ 13,1 % au produit intérieur brut agricole et sa consommation annuelle par habitant (85 kg) est supérieure à celle d'autres denrées de base telles que le maïs et l'igname. La banane et la banane plantain constituent également une source importante de revenus pour les populations rurales (Ortiz et Vuylsteke 1996).

Cependant, leur production est affectée par la pression croissante de ravageurs et de

maladies. Parmi celles-ci, la plus notoire est la cercosporiose noire (*Mycosphaerella fijiensis*). Cette maladie fongique a été observée pour la première fois au début des années 80 à Assin-Fosu, dans la région centrale du Ghana. Depuis lors, elle s'est répandue dans toutes les régions productrices de plantain de ce pays. Elle cause des pertes de rendement significatives, allant de 20 à 50 %. Dans des conditions très sévères, ces pertes peuvent même atteindre 80 % (Hemeng et Banful 1994).

On peut lutter contre la cercosporiose noire à l'aide de fongicides, mais le coût de ces produits est prohibitif. En outre, ils ont des effets préjudiciables sur un écosystème fragile. C'est pourquoi la méthode de lutte la plus viable consiste à utiliser des hybrides dotés à la fois d'un potentiel de rendement élevé et d'une bonne résistance à la maladie.

En 1994, le *Crops Research Institute* a introduit des hybrides tétraploïdes de *Musa* de

la *Fundación Hondureña de Investigación Agrícola* (FHIA, Honduras) qui sont dotés de résistance/tolérance à la cercosporiose noire : le bananier dessert FHIA-01, le bananier à cuire FHIA-03 et le French plantain FHIA-21. Cette introduction a eu lieu dans un contexte où tous les cultivars locaux étaient sensibles à la maladie.

Matériel et méthodes

Des vitroplants de FHIA-21 et FHIA-01 ont été reçus de la FHIA pour cette évaluation. On les a acclimatés sous abri pendant six semaines avant de les planter dans des parcelles.

Les essais ont été établis dans trois sites : Fumesua dans la région Ashanti, Assin-Fosu dans la région centrale et Bunso dans l'est du pays. Ces sites ont été choisis en fonction de la diversité des types de sols et de la sévérité de la cercosporiose noire. On a utilisé un dispositif en blocs de Fisher avec trois répétitions. Pour amender le sol, on a appliqué 3 kg de fumier de volaille au moment de la plantation. L'espacement était de 3 m x 2 m (1667 plants/ha).

On a évalué la sévérité de la maladie à l'aide de l'échelle de 1 à 10 de Stover, en faisant les observations sur la troisième feuille.

Tableau 1. Rendement et paramètres agronomiques sélectionnés de FHIA-21 à la récolte, 1997-1999 (Fumesua, Bunso et Assin-Fosu).

	Fumesua				Bunso				Assin Fosu			
	1997	1998	1999	Moyenne ET	1997	1998	1999	Moyenne ET	1997	1998	1999	Moyenne ET
Hauteur de plant à la récolte (cm)	270,0	268,2	269,0	269,1 (0,2)	247,0	258,0	256,4	253,8 (7,8)	238,8	244,0	239,0	240,6 (1,9)
Hauteur du plus grand rejet (cm)	195,0	156,0	148,0	166,3 (140,5)	135,0	125,0	115,5	121,5 (21,1)	145,0	134,0	136,2	138,4 (7,5)
Nombre de rejets	4,0	4,0	6,0	4,7 (0,3)	4,0	5,0	4,0	4,5 (0,1)	2,8	5,0	4,0	3,9 (0,3)
Nombre de feuilles à la floraison	14,0	13,0	12,0	13,7 (0,2)	12,0	13,0	14,0	13,0 (0,2)	11,3	13,0	14,0	12,8 (0,4)
Nombre de feuilles à la récolte	6,0	7,0	6,0	6,3 (0,1)	8,0	8,0	7,0	7,8 (0,1)	8,0	7,0	7,0	7,3 (0,1)
Rendement (t/ha)	41,7	38,4	39,2	39,8 (0,7)	30,3	32,4	35,7	33,7 (1,6)	35,3	37,4	38,5	37,1 (0,6)
Circonférence du pseudotrunc (cm)	55,0	56,0	55,2	55,4 (0,1)	57,0	55,0	44,0	49,8 (10,9)	53,8	51,6	47,3	50,9(2,4)
Nombre de mois jusqu'à la floraison	11,4	11,6	11,3	11,4 (0,0)	11,5	11,3	11,8	11,5 (0,0)	11,1	11,4	11,3	11,3(0,0)
Nombre de mois jusqu'à la récolte	14,9	15,3	15,1	15,1 (0,0)	15,2	14,9	15,2	15,1 (0,0)	14,5	14,8	14,7	14,7 (0,0)
Nombre de mains/régime	8,0	7,0	8,0	7,7 (0,1)	8,0	7,0	8,0	7,7 (0,1)	7,0	8,0	7,0	7,3 (0,1)
Nombre de doigts/régime	108,0	98,0	115,0	107,0 (16,2)	99,0	100,0	101,0	100,0 (0,2)	98,0	99,0	97,0	98,0 (0,2)

Tableau 2. Rendement et paramètres agronomiques sélectionnés de FHIA-01 à la récolte, 1997-1999 (Fumesua, Bunso et Assin-Fosu).

	Fumesua				Bunso				Assin Fosu			
	1997	1998	1999	Moyenne ET	1997	1998	1999	Moyenne ET	1997	1998	1999	Moyenne ET
Hauteur de plant à la récolte (cm)	237,0	241,0	240,0	239,3 (1,0)	265,0	250,0	248,2	254,4 (18,9)	245,0	240,0	250,1	245,0(5,7)
Hauteur du plus grand rejet (cm)	180,0	170,0	168,0	172,7 (9,2)	180,0	172,3	167,4	173,2 (9,0)	120,0	128,0	118,0	122,2 (5,7)
Nombre de rejets	3,2	5,0	6,3	4,8 (0,5)	5,2	6,1	4,0	5,1 (0,2)	3,0	6,0	4,0	4,3 (0,5)
Nombre de feuilles à la floraison	13,0	14,0	14,0	13,7 (0,1)	14,2	13,0	13,0	13,4 (0,1)	14,0	13,0	13,0	13,3 (0,1)
Nombre de feuilles à la récolte	7,0	8,0	7,0	7,3 (0,1)	5,6	7,0	8,0	6,9 (0,3)	6,0	8,0	7,0	7,0 (0,2)
Rendement (t/ha)	38,3	40,8	41,1	40,1 (0,5)	42,7	39,4	38,5	40,2 (1,0)	30,7	34,2	55,6	33,1 (1,4)
Circonférence du pseudotrunc (cm)	50,3	49,3	50,2	49,9 (0,1)	50,6	47,3	49,0	49,0 (0,6)	45,0	48,5	46,2	46,6 (0,7)
Nombre de mois jusqu'à la floraison	11,3	11,4	11,3	11,3 (0,0)	11,3	11,3	11,4	11,3 (0,0)	11,9	11,4	11,6	11,6 (0,0)
Nombre de mois jusqu'à la récolte	14,7	14,5	14,7	14,6 (0,0)	15,0	15,2	15,0	15,1 (0,0)	15,4	15,2	15,3	15,3 (0,0)
Nombre de mains/régime	8,0	8,0	8,0	8,0 (0,0)	8,0	9,0	8,0	3,0 (0,1)	7,0	8,0	7,0	7,3 (0,2)
Nombre de doigts/régime	109,0	103,0	112,0	108, (4,7)	110,0	102,0	104,0	105,3 (3,9)	101,0	98,0	99,0	99,3 (0,5)

Tableau 3. Rendement et paramètres agronomiques sélectionnés de FHIA-03 à la récolte, 1997-1999 (Fumesua, Bunso et Assin-Fosu).

	Fumesua				Bunso				Assin Fosu			
	1997	1998	1999	Moyenne ET	1997	1998	1999	Moyenne ET	1997	1998	1999	Moyenne ET
Hauteur de plant à la récolte (cm)	225,0	221,0	220,0	222,0 (1,5)	226,0	230,0	228,2	228,1 (1,9)	235,0	233,0	230,1	232,7 (1,4)
Hauteur du plus grand rejet (cm)	100,0	98,0	102,0	100,0 (0,8)	100	107,3	115,4	107,6 (4,4)	90	99,0	101,0	96,7 (7,6)
Nombre de rejets	3,0	3,2	4,0	3,4 (0,1)	1,0	1,0	1,0	1,0 (0,0)	2,0	2,0	3,0	2,3 (0,1)
Nombre de feuilles à la floraison	12,4	12,0	11,0	11,8 (0,1)	14,0	14,0	13,0	13,7 (0,0)	10,0	11,0	11,0	10,7 (0,1)
Nombre de feuilles à la récolte	8,0	7,0	6,0	7,0 (0,2)	6,3	6,0	6,0	6,1 (0,0)	5,0	4,0	6,0	5,0 (0,2)
Rendement (t/ha)	38,3	36,8	36,1	37,1 (0,3)	34,3	34,0	34,5	34,2 (0,0)	25,3	26,4	27,8	26,5 (0,3)
Circonférence du pseudotrunc (cm)	58,0	56,0	58,0	57,3 (0,3)	60,0	58,0	60,0	59,3 (0,3)	53,0	52,0	53,0	52,7 (0,1)
Nombre de mois jusqu'à la floraison	8,0	7,8	7,9	7,9 (0,0)	8,6	8,7	8,5	8,6 (0,0)	8,6	8,3	8,0	8,3 (0,6)
Nombre de mois jusqu'à la récolte	11,0	10,7	11,0	10,9 (0,0)	11,6	11,7	11,5	11,6 (0,0)	11,6	11,2	11,0	11,4 (0,0)
Nombre de mains/régime	8,0	7,0	8,0	8,0 (0,0)	8,0	7,0	8,0	7,7 (0,1)	7,0	8,0	7,0	7,3 (0,2)
Nombre de doigts/régime	92,0	90,0	94,0	92,0 (1,3)	91,0	90,0	93,0	91,3 (0,9)	93,0	90,0	92,0	91,7 (0,5)

Tableau 4. Comparaison du rendement et de paramètres agronomiques sélectionnés de FHIA-21 et de deux cultivars locaux de French plantains (Assin-Fosu et Bunso).

	1997				1998			
	FHIA-21	Apem Pa	Apem Oniaba	ET	FHIA-21	Apem Pa	Apem Oniaba	ET
Hauteur de plant à la récolte (cm)	252,3	352,0	273,0	30,4	256,0	353,0	272,0	30,0
Circonférence du pseudotrunc (cm)	54,7	59,2	47,1	3,3	49,7	57,5	50,3	2,5
Nombre de rejets	5,3	4,5	7,0	0,7	4,7	4,0	6,0	0,6
Nombre de feuilles à la floraison	12,1	10,0	8,0	1,2	13,3	11,0	9,0	1,2
Nombre de feuilles à la récolte	7,3	4,0	1,0	1,8	7,0	4,0	2,0	1,5
Nombre de mois jusqu'à la récolte	14,8	18,0	16,2	0,9	15,0	18,5	17,0	1,0
Nombre de mains/régime	7,3	8,0	6,0	0,5	8,0	8,0	6,0	0,6
Nombre de doigts/régime	101,0	109,0	98,0	0,5	100,0	111,0	100,0	0,7
Rendement (t/ha)	35,7	24,0	15,8	5,7	36,5	25,3	16,3	5,8

Résultats et discussion

Dans chacun des trois sites, FHIA-21 a donné une performance stable sur les trois années de l'expérimentation, tant en ce qui concerne le rendement que les caractéristiques de la croissance (tableau 1). Des résultats similaires ont été enregistrés chez FHIA-01 (tableau 2). Il apparaît donc que la performance de ces deux hybrides n'a été influencée ni par la saison ni par la localisation. Cela signifie qu'en appliquant des méthodes de gestion appropriées, les producteurs seraient assurés d'obtenir de bons rendements avec ces hybrides quelle que soit la date ou la saison de plantation, à condition que le régime hydrique soit adéquat.

Chez FHIA-03 (bananier à cuire), le rendement et la croissance ont été également stables tout au long de la période d'évaluation (tableau 3). Les caractères agronomiques n'ont pas été affectés par le site.

Toutefois, cet hybride n'a pas été apprécié par les consommateurs.

Si l'on compare la performance de FHIA-21 avec celle des cultivars locaux Apem pa et Apem oniaba, l'hybride a fait preuve d'une supériorité de croissance et de rendement dans tous les sites expérimentaux (tableau 4). Les plants de FHIA-21 avaient une hauteur inférieure de 21 % à la hauteur moyenne des cultivars locaux et une circonférence du pseudotrunc supérieure de 8 %, ce qui signifie qu'ils sont plus robustes. Il y a donc davantage de chances pour que les plants de FHIA-21 ne versent pas. D'après une étude antérieure (Hemeng *et al.* 1994), plus la circonférence du pseudotrunc est grande, moins il y a de risque de verse du plant. En outre, FHIA-21 a conservé davantage de feuilles fonctionnelles à la floraison que les cultivars locaux, ce qui pourrait être l'une des explications de son rendement plus élevé

(tableau 4) : il a produit 43 % de plus que les cultivars locaux. ■

Références

- Hemeng O.B. & B. Banful. 1994. Plantain Development Project. Government of Ghana and International Development Research Centre, Canada. Final Technical Report 1991-1993.
- Ortiz R. & D. Vuylsteke. 1996. Improving plantain and banana-based system. Pp. 23-27 in *Plantain and Banana Production and Research in West and Central Africa*. Proceedings of a Regional Workshop, September, 1995 (R. Ortiz & M.O. Akoroda, eds.).

Les auteurs travaillent au *Crops Research Institute*, PO Box 3785, Kumasi, Ghana.

Socio-économie

Diagnostic chez l'agriculteur

Résultats d'une enquête bananière chez les paysans de la République Démocratique du Congo

Bakelana-ba-Kufimfutu, Vangu Phaka et Mputu Kena Kudia

La banane est un aliment de base chez les populations congolaises, mais elle est aussi une source de revenu très importante pour les paysans qui la cultivent.

Pour enrichir les statistiques de production sur cette culture, une enquête exploratoire chez les exploitants de ce produit a été mise sur pied et conduite à travers les différentes zones productrices du pays.

L'enquête a commencé dans le District des Cataractes, territoire de Mbanza-Ngungu, et le District de Bas-Fleuve, territoire de Sehebanza. Trente-six paysans ont été interrogés sur les différents aspects de la culture et de la commercialisation de la banane. Nous publions ci-dessous les résultats de la première partie de cette enquête.

Méthodologie

Un inventaire des zones productrices de bananes a été effectué dans la province du Bas-Congo. Sur la base des ressources financières et matérielles disponibles, quelques paysans sélectionnés au hasard ont été interrogés par le personnel du Programme bananier de l'INERA M'vuazi. Le

nombre de paysans interrogés était proportionnel à la dimension du village.

Résultats

Destination de la production de bananes par les paysans

Pour la plupart des paysans interrogés, la banane est à la fois un aliment et une source de revenu. Les cultivateurs n'utilisent presque pas la banane dans la production de boissons locales qui sont généralement à base d'ananas, de canne à sucre et d'orange (tableau 1). En général, ils ne connaissent pas la quantité exacte de bananes produites, consommées ou vendue au marché par an.

Superficie et appartenance de la terre cultivée

Bien que la superficie cultivée par chaque paysan ne soit pas connue de façon exacte, les paysans du district du Bas-Fleuve cultivent de plus larges étendues que ceux du district des Cataractes (tableau 2). Ceci s'explique par les quantités de bananes auto-consommées par la population de chaque district (tableau 1), mais aussi par la nature plus ou moins favorable du milieu de production (savane dans le district des Cataractes et forestier dans le Bas-Fleuve). Le travail à la houe ne permet pas aux fermiers de cultiver des superficies dépassant un hectare.

La terre appartient principalement à la famille élargie. Certains maris vivant dans les villages des beaux-parents exploitent les terres de la belle-famille. Néanmoins, 27 % des fermiers louent des terres dans le District du Bas-Fleuve, secteur de Sehebanza, là où on rencontre de vastes bananeraies installées en forêt (tableau 3).

Types de bananes cultivées

Tous les paysans interrogés cultivent à la fois les bananes douces et les bananes plantain. Les bananes à cuire et à bière ne sont pas produites dans les districts enquêtés. Certaines familles utilisent dans certaines circonstances la banane douce comme banane à cuire et la banane plantain extra-mûre pour la fabrication des boissons locales.

Systèmes de cultures

La monoculture de la banane est plus importante dans le district du Bas-Fleuve que dans le district des Cataractes (tableau 4). La culture de case est également plus fréquente dans le district du Bas-Fleuve du fait de l'importance de la banane comme aliment de base chez les populations de ce district.

Système de repiquage des rejets

Pour la plupart, les paysans repiquent les rejets directement dans le champ après cueille-

Tableau 1. Destination de la banane produite par les paysans.

Destination	Répartition des paysans par district (%)	
	Cataractes	Bas-Fleuve
Consommation	40	70
Fabrication de boisson locale	0	0
Source de revenu	90	100

Tableau 2. Superficie cultivée.

Superficie (ha)	Répartition des paysans par district (%)	
	Cataractes	Bas-Fleuve
≤ 0.10	57	7
≤ 0.50	24	63
≤ 1.00	19	30

Tableau 3. Appartenance de la terre cultivée.

Propriétaire de la terre cultivée	Répartition des paysans par district (%)	
	Cataractes	Bas-Fleuve
Famille élargie	86	60
Belle-famille	14	10
Autres	0	27

Tableau 4. Systèmes de cultures.

Systèmes de culture	Répartition des paysans par district (%)	
	Cataractes	Bas-Fleuve
Monoculture en savane	17	10
Monoculture en forêt	16	35
Culture associée	50	10
Culture de case	17	20

Tableau 5. Sources d'approvisionnement en matériel de plantation.

Sources d'approvisionnement	Répartition des paysans par district (%)	
	Cataractes	Bas-Fleuve
Dans le champ du paysan	57	67
Chez le voisin	17	33
Achat sur le marché	26	0

tonnage (81% pour le district des Cataractes, 93% pour le Bas-Fleuve). Seuls 19% (Cataractes) et 7% (Bas-Fleuve) les plantent dans les trous préparés à l'avance dans le champ.

Fertilisation des bananiers

La fertilisation des bananiers avec des engrais chimiques ou organiques est nécessaire pour assurer une bonne nutrition aux plantes en croissance.

La majorité des paysans ne fertilisent pas les cultures de bananes. Ceux qui le font utilisent les déchets organiques (10% dans le district des Cataractes). L'utilisation des fertilisants chimiques est inexistante dans le milieu paysan.

Origine du matériel de plantation

Il y a 30 ans, la culture de la banane dans le district du Bas-Fleuve était une culture à échelle industrielle et produisait des quantités énormes de bananes « Gros Michel » qui étaient exportées vers la Belgique. La dégénérescence des cultivars et la destruction continue des anciennes plantations ont rendu l'approvisionnement en matériel de plantation difficile pour les paysans.

Le matériel de plantation est en grande partie produit de façon naturelle par les paysans eux-mêmes. Certains obtiennent de leurs voisins du matériel de qualité supérieure grâce à leurs bonnes relations avec eux. Les achats sur le marché sont rares (tableau 5).

Stockage des produits bananiers

Les paysans stockent leur produits de plusieurs façons. La plupart gardent le produit de leur récolte au village dans les hangars des cases et des maisonnettes construites à côté des cases pour une meilleure surveillance et pour éviter le vol (tableau 6).

Les maladies

La culture de la banane est souvent affectée par diverses maladies cryptogamiques, bactériennes, virales, et par les dégâts causés par les ravageurs. Seul le charançon appelé « Nyombé » est reconnu par la plupart des paysans interrogés. De façon générale, et par manque de formation, les paysans ne reconnaissent pas les différentes maladies. Par exemple, la cercosporiose noire du bananier est pour eux une sécheresse des feuilles due à la vieillesse du bananier.

Organisation du travail au champ

Avec qui le paysan ou la paysanne travaille-t-il (t-elle) au champ? Dans plus de 40 % des cas, la famille restreinte (mari, femme, enfants) participe aux travaux des champs. Malgré tout, un grand nombre de maris travaillent seul au champ pendant que les épouses s'occupent d'autres activités d'intérêt familial (tableau 7).

Les usages de la banane

Les usages de la banane sont multiples et varient d'une zone à une autre. Tous les paysans enquêtés utilisent la banane douce comme dessert. Parmi eux, certains consomment également la banane plantain sous forme de bouillie ou de pâte servant de condiment aux autres nourritures (tableau 8).

Répartition de la production

Pour les paysans enquêtés, la banane est avant tout une source de revenus. La part auto-consommée représente environ 30 % du total produit (tableau 9).

La commercialisation des bananes

Très peu de paysans vendent les régimes de bananes au champ. La grande majorité vend sa récolte au village chez les intermédiaires

Tableau 6. Lieux de stockage.

Lieux de stockage	Répartition des paysans par district (%)	
	Cataractes	Bas-Fleuve
Dans le champ du paysan	20	0
Au village	80	100
Au marché	0	0

Tableau 7. La main-d'œuvre du paysan.

Main d'œuvre	Répartition des paysans par district (%)	
	Cataractes	Bas-Fleuve
Le mari seul	43	27
Le mari et la femme	10	27
La famille restreinte	43	47
La famille élargie	4	9

Tableau 8. Les usages de la banane

Usages de la banane	Répartition des paysans par district (%)	
	Cataractes	Bas-Fleuve
Consommée comme dessert	100	100
Bouillie	86	40
Pillée en pâte	14	60
Bière locale	0	0

Tableau 9. Répartition de la production.

Répartition de production	Répartition des paysans par district (%)	
	Cataractes	Bas-Fleuve
Auto-consommation	29	35
Source de revenus	71	65

Tableau 10. La commercialisation des bananes.

Commercialisation	Répartition des paysans par district (%)	
	Cataractes	Bas-Fleuve
Au champ	0	0
Au village	42	76
Au bord des axes routiers	4	10
Sur les marchés locaux	30	6
Dans les centres urbains	22	0

qui viennent des centres urbains. Là où il existe de bonnes voies d'accès aux villages, comme dans le Bas-Fleuve, la vente de la banane dans les villages est importante (tableau 10).

Dans le district des Cataractes, où les routes de dessertes agricoles sont souvent en mauvais état, peu de commerçants viennent jusqu'au village. Beaucoup de paysans se déplacent eux-mêmes vers les marchés locaux pour vendre leurs produits (tableau 10). ■

Les auteurs travaillent à l'Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomique, BP 2007, Kinshasa I, République Démocratique du Congo.

Table ronde sur la banane à cuire dans les zones subtropicales

Du 29 novembre au 3 décembre 1999 s'est tenu à l'*Instituto Canario de Investigaciones Agrarias* (ICIA, Tenerife, Espagne) un atelier international sur la banane à cuire dans les zones subtropicales. Y ont assisté Ramón Valmayor des Philippines, Sylvio Belalcázar de Colombie, Thierry Lescot de France (CIRAD-FHLOR) et, pour l'ICIA, Juan Cabrera Cabrera, María José Grajal Martín et Victor Galán Saúco, coordinateur de la réunion. Cette rencontre fut provoquée par la né-

cessité d'étudier les potentialités de la banane à cuire dans les zones subtropicales.

A cette occasion, l'importance actuelle de la banane à cuire dans diverses zones du monde (Asie, Amérique et Afrique) a été exposée. Les discussions ont porté sur les groupes ou cultivars les plus importants en fonction de leurs caractéristiques agronomiques et sur les potentialités que ces types de bananier pourrait représenter éventuellement en zones subtropicales. Il a été suggéré qu'il pourrait être très inté-

ressant d'ouvrir un espace international de travail, coordonné par l'INIBAP, pour évaluer du matériel végétal différent du bananier Cavendish en zones subtropicales.

Pour conclure, on a procédé à un premier recensement des différents bananiers à cuire, ainsi que quelques types de bananier autres que Cavendish, susceptibles d'être évalués en zones subtropicales. Une attention toute particulière a été portée au paramètre « port bas » des plantes. Cette liste inclut les origines possibles d'où devraient provenir ces cultivars avec un maximum de garanties afin qu'ils soient confiés à l'INIBAP pour une étude ultérieure, qui pourrait comprendre une caractérisation et une évaluation en zones subtropicales. Trois des présentations faites lors de la réunion sont publiées ci-après.

Etude préliminaire sur l'intérêt de la banane à cuire 'Topocho verde' (ABB) pour les Canaries

J. Cabrera Cabrera et V. Galán Saúco

La culture de la banane à cuire aux îles Canaries se limite à quelques plantes isolées en bordure de champs ou dans des jardins et il n'en n'existe pas de culture commerciale ou de négoce organisé.

C'est dans le but de réaliser une première exploration, tant du point de vue agronomique que commercial, que l'on a expérimenté le cultivar 'Topocho Verde' (ABB). Le fruit de ce cultivar est bien connu et apprécié des émigrés latino-américains en provenance principalement de Cuba et du Venezuela et qui représentent des groupes importants de population non seulement sur les îles Canaries mais aussi en Espagne et dans l'Europe entière.

De plus, l'intérêt porté à la diversification de l'offre gastronomique dans le secteur touristique, pilier de l'économie des îles Canaries, pourrait contribuer à promouvoir l'implantation de ce cultivar ou d'autres du même type.

Elaboration et déroulement de l'expérimentation

L'expérimentation s'est faite sur deux parcelles situées dans des zones différentes : une à l'air libre, à Guía de Isora au Sud de Tenerife et l'autre en serres de 9 m de haut, à Gáldar au Nord de l'île de Gran Canaria.

Le matériel végétal utilisé provenait de la collection de matériel génétique de l'ICIA et sa multiplication *in vitro* a été assurée par le département des plantes ornementales et d'horticulture de ce même institut, garantissant

par là même son bon état sanitaire. On pense que ce clone est semblable à celui appelé 'Bluggoe' ou 'Cachaco'.

Dans le tableau ci-dessous sont regroupées les principales données de la mise en route de l'expérimentation.

Parcelle	Date de plantation	Caractéristiques de la plantation	Densité (plantes /ha)
Air libre	26/08/1996	2,5 m x 5,0 m (3 plants par trou)	2 400
Serre	17/01/1997	2,0 m x 6,0 m (2 plants par trou)	1 666

Dans les deux parcelles, on a appliqué un arrosage local fertilisant et un programme de soins culturaux conformes à ceux habituellement employés pour le cultivar 'Grande naine'. En serre, pendant le deuxième cycle reproductif cependant, on a taillé le pseudotrunc à 1,50 m du sol pour éviter la hauteur excessive des plantes.

On a relevé les données les plus significatives pour pouvoir évaluer aussi bien les pratiques agronomiques que la productivité des deux types de plantation.

D'autre part, on a suivi le devenir des fruits de la récolte jusqu'à la vente au consommateur pour en étudier le potentiel commercial et le degré d'acceptation sur le marché local.

Résultats et conclusions

Les données du tableau 1 montrent les résultats obtenus sur les deux parcelles étudiées et permettent d'estimer que le rendement pourraient s'élever à environ 40 tonnes à l'hectare.

En serre, la taille des plantes au deuxième cycle de production, destinée à éviter un port trop haut, a provoqué une considérable réduction des récoltes. Il serait donc nécessaire de rechercher des clones de port plus bas, ce qui faciliterait par ailleurs les manipulations et augmenterait la résistance au vent des plantations à l'air libre.

C'est pour cette raison que, en vue d'une future évaluation, on est en train de multiplier *in vitro* un clone nain introduit du Venezuela et cultivé aux Canaries par un producteur local. Parallèlement, d'autres mutants dont l'éventuel port bas pourrait être intéressant sont actuellement sélectionnés.

Par ailleurs, on a remarqué des plantes dont les fruits ont une couleur argentée plus ou moins intense, bien qu'il ne soit pas possible à l'heure actuelle de confirmer si ce caractère se maintiendra sur les cycles suivants. Si tel était le cas, il faudrait sélectionner des lignées différenciées, recommencer le cycle *in vitro* pour les multiplier et vérifier la stabilité de ce paramètre.

En ce qui concerne le degré d'acceptation sur le marché local, on peut affirmer qu'il est très élevé puisque les fruits ont été payés plus du double des bananes dessert.

Il faut souligner à ce propos l'avantage certain que représente, pour l'agriculteur comme pour le commerçant, la vente des fruits verts, sans nécessité de mûrissement préalable, comme cela est le cas pour les bananes dessert.

Pouvoir proposer une banane à cuire qui comble un vide, même minime, du marché

Tableau 1. Banane à cuire Topocho Verde (ABB) - Résultats des essais.

	Hauteur (cm) du pseudotrunc (A)	Diamètre (cm) du pseudotrunc (B)	(A)/(B)	Nombre de mains par régime	Date de récolte	Poids du régime (kg)	Rendement estimé (kg/ha)
Air libre 1 ^{er} cycle	358	60,0	5,95	6,8	7/1/98	18,5	35 899
Air libre 2 ^{ème} cycle	399	65,0	6,17	6,3	3/12/98	21,8	42 294
Serre 1 ^{er} cycle	517	71,9	7,19	8,0	16/05/98	33,4	45 047
Serre 2 ^{ème} cycle	499	70,9	7,04	6,3	27/03/99	20,9	28 136

2 ^{ème} main supérieure			2 ^{ème} main inférieure			
	Longueur du doigt (cm)	Largeur du doigt (mm)	Nbre de doigts	Longueur du doigt (cm)	Largeur du doigt (mm)	Nbre de doigts
Air libre 1 ^{er} cycle	20,0	43,0	13	19,0	41,0	12
Air libre 2 ^{ème} cycle	22,0	48,0	12	19,0	45,0	12
Serre 1 ^{er} cycle	28,2	50,3	pd	24,5	47,5	pd
Serre 2 ^{ème} cycle	28,4	46,8	pd	25,3	44,0	pd

Pd : pas de données.

mais qui, sans aucun doute, est appelée à se développer, voilà ce dont les producteurs canariens devraient tenir compte. C'est dans cet esprit que cette expérience

a voulu ouvrir la voie en montrant qu'il existe une réelle possibilité de cultiver de façon rentable un cultivar de bananier différent des cultivars traditionnels. ■

Les auteurs travaillent au *Departamento de Fruticultura Tropical, Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA)*, Apdo 60, La Laguna, Tenerife, Iles Canaries.

Importance des bananes plantain et à cuire en Afrique : Débouchés pour les zones subtropicales

T. Lescot

La production africaine de bananes est estimée en 1998 à quelques 29,6 millions tonnes, ce qui représente 33,8 % de la production mondiale.

Cette production se répartit comme suit (figure 1) :

- Bananes Plantain (groupe AAB, sous-groupe "Plantain") : 10,3 millions de tonnes (dont environ 6 000 tonnes exportées chaque année) représentant 34,9 % de la production totale africaine.
- Autres bananes à cuire (Groupes AAA, ABB et AAB, excluant le sous-groupe "Plantain") : 12,56 millions de tonnes, ce qui représente 42,5 % de la production totale africaine.
- Bananes dessert (groupes AA, AAA et AAB) : 6,7 millions de tonnes (incluant les 467 000 tonnes exportées chaque année), soit 22,6 % de la production totale africaine.

Total 1998 : 29.6 MT = 33,8 % de la production mondiale

Le tableau 1 présente les données de production par types, les estimations d'exportation pour 1998-1999 ainsi que des données sur la consommation *per capita* et sur les superficies cultivées.

Répartition des variétés et utilisation

S'il est vrai que l'origine des bananes est bien le Sud-Est asiatique, le continent africain possède la particularité d'avoir contri-

bué à la diversité du genre *Musa* en l'enrichissant de deux branches de diversification secondaire :

- Les "Plantains" (AAB), en Afrique centrale, avec environ 100 variétés ou clones cultivés.
- Les bananes d'altitude d'Afrique de l'Est (AAAea), avec environ 100 variétés ou clones cultivés.

Pratiquement tous les groupes et sous-groupes du genre *Musa* (Section "Eumusa") sont représentés en Afrique et presque tous

sont consommés sous deux formes, frais et/ou cuits (ou transformés) :

AA : sucrier

AAA : Gros Michel, Red, Ibota,

Lujugira/Mutika (AAAea)

AAB : Plantain, Silk, Pome (Prata)

ABB : Bluggoe, Pisang awak, Monthan, Pelipita

Vu la pluralité des groupes ethniques, la culture en usage en matière de production, consommation, transformation et utilisation des produits dérivés est très diversifiée :

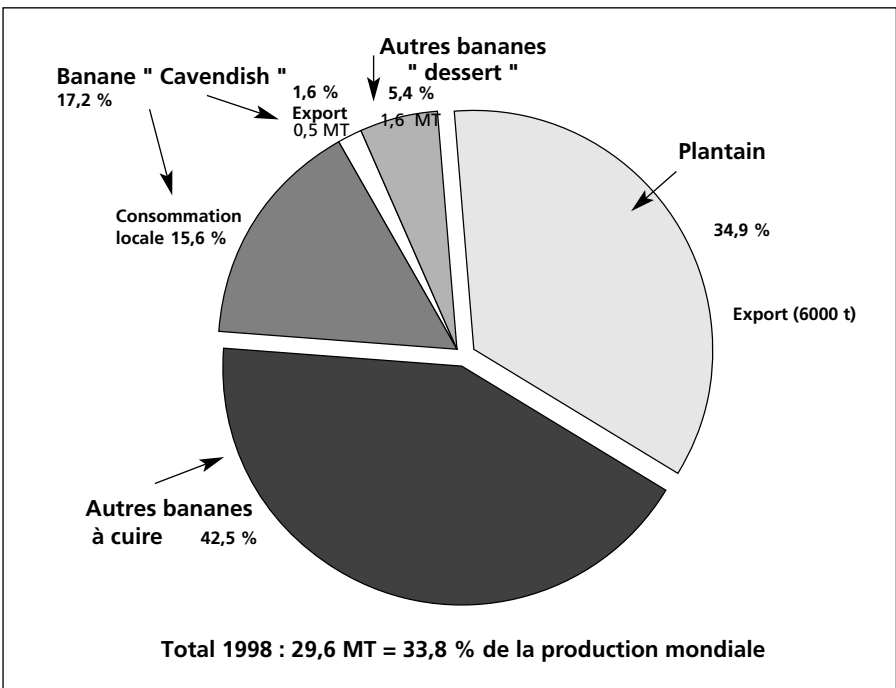


Figure 1. Production de Musa en Afrique.

Il existe une grande variété dans la préparation culinaire :

- Fruit bouilli (vert) entier
- Fruit bouilli (vert) pour purée (fruit écrasé)
- Fruit frit dans l'huile (mûr/mi-mûr)
- Fruit grillé à la braise/au four, avec ou sans peau (mûr/mi-mûr)
- Fruit broyé/écrasé (vert) puis séché et mélangé à de la farine et de l'eau pour obtenir une pâte/purée
- AAAea : Fruit mis à fermenter (mûr) dont on extrait le jus qui est mis en fermentation pour la fabrication de

« bière/vin » ou distillé pour la fabrication d'alcool

Plantain AAB et bananes à cuire ABB : chips et autres produits variés.

De même qu'une grande quantité de produits dérivés :

- Les cendres obtenues à partir de la peau de banane brûlée (forte teneur en potassium) servent à la fabrication de savon
- La peau séchée et à demi brûlée est un additif pour le tabac
- Les fibres de rejet séchées (hampe) sont utilisées pour fabriquer des éponges

- Le pseudotrunc frais sert d'aliment pour le bétail

- Le pseudotrunc, le pétiole, la nervure centrale de la feuille séchés servent à la fabrication de cordes, espadrilles, etc.

- Les feuilles sèches/fraîches sont utilisées dans les produits d'emballage, de couverture (toit), etc.

Les bananes sont un aliment important du bol alimentaire :

En terme de production alimentaire énergétique (hydrate de carbone), les bananes représentent un produit très apprécié. Sur la base

Tableau 1. Bananes et bananes plantain en Afrique : production, exportation, consommation et superficies plantées (source : T. Lescot 1999, FruiTrop 63).

Production de bananes et de bananes plantain (tonnes)						Estimation 98/99					
	Bananes plantain AAB	Bananes d'altitude + ABB + autres bananes à cuire	Bananes Cavendish	Gros Michel + autres bananes dessert	TOTAL	Exportation		Consommation (kg/capita)		Superficie (ha)	
						Cavendish	Plantains	Bananes	Plantains	Banane Plantain	Banane commerciale
Afrique occidentale et centrale											
Angola	140000	10000	275000	10000	435000			23,47	11,95	23333	
Bénin	3000	100	13000	14950	31050			2,31	0,53	207	
Cameroun	1030000	30000	456000	500000	2016000	220000	5000	16,95	73,61	200000	5700
Cap Vert	1	1	8000	1	8003	1000		17,54	0,00		160
Congo	66000	10000	31000	6000	113000			11,44	24,36	11000	
Côte d'Ivoire	1200000	10000	390000	10000	1610000	199700	128	13,53	85,32	200000	5620
Gabon	120000	30000	11000	10000	171000			9,67	105,54	20000	
Ghana	1798000	60000	19000	500	1877500	3400	500	0,84	96,35	299667	
Guinée	419000	10000	130000	10000	569000			17,75	57,20	69833	
Guinée Bissau	34500	1000	4000	500	40000			3,52	30,37	5750	
Guinée Équatoriale	8000	1000	7000	1000	17000			16,67	19,05	1333	
Mali		10	10200	10	10220			0,98	0,00		
Liberia	35000	5000	58000	22000	120000			24,15	14,57	5833	
Nigeria	1675000	12000	10000	20000	1717000		1	0,10	16,12	279167	
São Tome & Principe	6500	1500	4200	3800	16000		2	30,43	47,09	1083	
Sénégal	100	10	7500	900	8510			0,85	0,01	17	800
Sierra Leone	26000	500	1000	500	28000			0,23	5,88	4333	
Togo	1000	500	14100	500	16100	15	72	3,29	0,22	167	
Rép. Centre Afrique	70000	10000	60000	40000	180000			17,54	20,47	11667	
Zaire (RDC)	2250000	462400	339600	80000	3132000		1	7,08	46,89	380000	
TOTAL	8882101	654021	1848600	730661	12115383	424115	5704	5,42	33,77	1513390	12280
%	73,31	5,40	15,26	6,03	%	3,50	0,05				
Afrique orientale											
Afrique du Sud			199500	500	200000	464		5,14	0,00		
Burundi	70000	1100000	80000	274500	1524500		74	12,57	10,99	11667	
Comores	10000	10000	27000	10000	57000			42,19	15,63	1667	
Éthiopie			81000		81000			1,39	0,00		
Kenya	390000	135000	120000	10000	655000	66	3	4,22	13,71	65000	
Madagascar	1000	5000	229000	30000	265000	5900		15,26	0,07	167	
Malawi	202000	5000	84000	2000	293000			8,34	20,07	33667	
Maurice	1	5	9000	10	9016			7,94	0,00		
Mozambique	1000	1000	84000	1000	87000			4,55	0,05	167	
Ouganda	310000	9000000	425000	100000	9835000	2557	200	21,12	15,49	51667	
Île de la Réunion	1	5	10000	10	10016			14,86	0,00		
Rwanda	100000	1568000	145000	435000	2248000		7	24,32	16,77	16667	
Seychelles	100	500	1100	250	1950			14,67	1,33	17	
Somalie	2000	10	51000	20	53030	25000		2,95	0,23	333	1000
Soudan			70500		70500			2,54	0,00		
Swaziland			500		500			0,54	0,00		
Tanzanie	350000	80000	345000	2912	777912			10,98	11,14	58333	
Zambie			600		600			0,07	0,00		
Zimbabwe			80000		80000	2012		6,95	0,00		
TOTAL	1436102	11904520	2042200	866202	16249024	35999	284	6,87	4,92	239350	1000
%	8,84	73,26	12,57	5,33	%	0,22	0,00				

Tableau 1. suite

Production de bananes et de bananes plantain (tonnes)						Estimation 98/99					
	Bananes plantain AAB	Bananes d'altitude + ABB + autres bananes à cuire	Bananes Cavendish	Gros Michel + autres bananes dessert	TOTAL	Exportation		Consommation (kg/capita)		Superficie (ha)	
						Cavendish	Plantains	Bananes	Plantains	Banane Plantain	Banane commerciale
Afrique du Nord/Moyen Orient											
Bahreïn			800		800			1,37	0,00		
Cisjordanie			7 900		7 900			24,69	0,00		
Égypte	10	1 000	635 115		636 125	11	1	9,81	0,00		14 000
Émirats Arabes Unis			150		150			0,07	0,00		
Gaza (bande de)			7 000		7 000	5 000		2,01	0,00		
Iran			8 000		8 000			0,12	0,00		
Israël			111 900		111 900	777		18,96	0,00		
Jordanie			72 504		72 504	14		16,03	0,00		1 700
Liban	10		110 000		110 010		1	35,00	0,00		
Maroc			102 000		102 000			3,79	0,00		2 960
Oman			28 000		28 000	647		11,87	0,00		1 114
Syrie			160		160			0,01	0,00		
Tunisie			55		55	1		0,01	0,00		
Turquie			37 000		37 000	360		0,58	0,00		
Yémen			85 110		85 110			5,22	0,00		
TOTAL	20	1 000	1 205 694	0	1 206 714	6 810	2	4,28	0,00	0	19 774
%	0,00	0,08	99,92	0,00	%	0,56	0,00				
TOTAL AFRIQUE	10 318 223	12 559 541	5 096 494	1 596 863	29 571 121	466 924	5 990	8,34	18,58	1 752 740	33 054
%	34,89	42,47	17,23	5,40	%	1,58	0,02				

d'une moyenne de 10 tonnes/ha/an, on produit environ 12 millions de kilocalories/ha/an; et, sur la base d'un coût moyen de production de 1 000 \$US/ha, on obtient une production de 6 000 kilocalories pour un dollar.

Systèmes de production

Les systèmes de culture et de production, très diversifiés, présentent divers aspects :

- Il existe une grande diversité dans les stratégies de production : moyen de subsistance, autoconsommation, défrichage (forêt tropicale), culture associée à d'autres cultures de rapport (café, cacao,) et/ou d'autres cultures alimentaires, culture intensive (marché), production desti-

née à l'exportation etc. Les densités sont variables.

- La banane est une source de nourriture bon marché et constante : coût de production très bas, régimes assurés chaque semaine.
- C'est aussi une source de revenu constant : culture permanente, régimes assurés chaque semaine (« cash crop »).
- C'est une production durable : cycle carbone et azote assez équilibré.
- Les rendements sont variables mais généralement faibles : 4-30 t/ha.

Capacité d'adaptation en zones tropicales

- Les petites bananes fraîches (AA, AAA, AAB) : capacité d'adaptation faible à

moyenne en général, à l'exception du cas du « Silk » AAB (production en Australie et en Afrique du Sud) et de certains diploïdes (AA) d'Asie dont l'adaptation reste à démontrer.

- Les « Plantains » (AAB) : capacité d'adaptation uniquement pour les clones du sous-groupe « French » provenant de zones d'altitude, hormis certains specimens du sous-groupe « Faux corne ».
- Les bananiers d'altitude (AAAea) : les informations manquent, mais la capacité d'adaptation devrait exister.
- Les autres bananiers « à cuire » (ABB) : capacité d'adaptation faible à moyenne.

Sensibilité aux maladies et ravageurs

Les degrés de sensibilité des différents types de bananiers aux cercosporioses jaune et noire, à la fusariose, au charançon et aux nématodes sont présentés dans le tableau 2.

Potentiel de commercialisation

Bien que les exportations de bananes hors Cavendish se limitent à l'heure actuelle aux marchés « niches », qu'ils soient d'origine touristique ou « ethnique », il est indéniable que le marché bananier européen s'entrouvre à ces autres types de bananes (Loeillet 1999, tableau 3).

Conclusion

Il existe une assez grande diversité de *Musa* en Afrique (deuxième centre de diversité après la zone d'origine : le Sud-Est-Asiatique), surtout pour ce qui est des sous-groupes suivants : le bananier plantain (AAB) et le bananier d'Afrique de l'Est

Tableau 2. Sensibilité des bananiers aux maladies et ravageurs.

Groupe/clone	CJ	CN	Foc	Charançon	Nématodes
AA					
Sucrier	***	*		*	***
AAA					
Gros Michel (1)	***	***	***	*	**
Red	**	***		*	**
Ibota (Yangambi Km5)					
Lujugira/Mutika (AAAea)	***	***	**	***	***
AAB					
Plátano	*	**		***	***
Silk	***	***	***	**	***
Pome (Prata)	***	***		**	***
ABB					
Bluggoe (2)		*	***	*	**
Pisang awak		*		*	*
Monthan		*		*	*
Pelipita		*		*	*

CJ : cercosporiose jaune; CN : cercosporiose noire; Foc : *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*; * : tolérant;

** : moyennement sensible; *** : sensible; (1) : Il existe un clone cubain de Gros Michel qui résiste à Foc (1-2)

(2) : Il existe un clone cubain du type Bluggoe résistant à Foc (2) : « Burro CEMSA 3/4 ».

Tableau 3. Potentiel de commercialisation des bananes hors Cavendish dans l'Union Européenne.

Groupe/clone	Importation Européenne (T)	Tendance	Origine	Prix*** €/kg
AA				
Sucrier*	18 000	↗	Am. Latine/Afrique	2,3-5,7
AAA				
Gros Michel*, **	30 000	↗	Am. Latine/Afrique	?
Red	4 000	↗	Am. Latine/Afrique	1,2-3,7
Ibota (Yangambi Km5)	-			
Lujugira/Mutika (AAAEa)	-			
AAB				
Plantain*	24 000	↗	Am. Latine/Afrique	0,55-1,4
Silk*	2 000	→	Am. Latine	2-5
Pome (Prata)	-			
ABB				
Bluggoe	-			
Pisang awak	-			
Monthan	-			
Pelipita	-			

* à potentiel « biologique »

** transformé : purée

*** prix de gros

(AAA). Divers clones peuvent se développer normalement dans les conditions climatiques subtropicales, en les soumettant à une première étape de tests de comportement, tant

sur le plan agronomique que pendant la période post-récolte/mûrissement. Aux Canaries, la mise en valeur de la production de ces variétés dépend des réalités du marché po-

tentiel, qui ne peut être de grande envergure : il s'agit, en effet, de marchés "niches" limités répondant à la demande touristique ou "éthnique" (consommation locale, péninsulaire et européenne). ■

Références

Lescot T. 1999. Banane : production, commerce et variétés. *FruiTrop* 63 : 13-16.

Loeillet D. 1999. Le marché international bananier : une gamme de produits très étroite. Pp. 567-576 in *Bananas and Food Security/Les productions bananières : un enjeu économique majeur pour la sécurité alimentaire* (C. Picq, E. Fouré & E. Frison, eds). Proceedings of an international symposium held in Douala, Cameroon, 10-14 November 1998. INIBAP, Montpellier, France.

L'auteur travaille au CIRAD-FLHOR, BP 5035, 34000 Montpellier cedex 1, France.

Les bananiers à cuire – Classification, production et utilisations en Asie du Sud-Est

R. V. Valmayor

La banane est l'un des fruits les plus anciennement cultivés par l'homme. La première source connue la mentionnant est le Ramayana, poème épique sanscrit rédigé il y a des siècles. Le magnifique temple bouddhique de Borobudur, édifié dans le centre de Java en Indonésie vers 850 avant J.-C., est orné de bas-reliefs dont certains représentent l'offrande de bananes au Bouddha. Les armées victorieuses d'Alexandre le Grand ont constaté la présence de la banane dans la basse vallée de l'Indus, en Inde, en 327 avant J.-C. Dans le sud de la Chine également, la culture de la banane est attestée de longue date. Les manuscrits de l'ère de la dynastie Han (206 avant J.-C. - 220) en faisaient mention il y a plus de 2000 ans. Étant donné l'ancienneté de sa présence en Inde et en Chine, où elle est domestiquée depuis des temps immémoriaux et où l'on trouve une grande diversité de cultivars de bananiers dessert et bananiers à cuire, certains auteurs ont cru pouvoir conclure que la banane était originaire de l'un de ces deux pays. Cependant, les missions de prospection effectuées en Asie au milieu de ce siècle ont dévoilé la richesse insoupçonnée des ressources génétiques de

Musa et montré que la banane a plus probablement son origine dans l'Asie du Sud-Est.

Classification des bananiers en Asie du Sud-Est

La classification et la nomenclature des bananiers se sont présentées dès le début sous un jour complexe. Le problème est parti de la description simpliste que Carl von Linné, père de la nomenclature botanique moderne, a donnée du bananier plantain, *Musa paradisiaca* Linn., et du bananier dessert, *Musa sapientum* Linn. La situation se trouvait compliquée par le nombre très limité de spécimens qui étaient disponibles en Europe quand Linné a opté pour ces dénominations originelles. Si la différenciation entre les bananiers plantain, type particulier de bananier à cuire, et les bananiers dessert est valable pour l'Afrique et l'Amérique latine, son adoption en Asie du Sud-Est a conduit à la confusion. En effet, dans le centre de diversité des *Musa*, beaucoup de cultivars locaux possèdent des caractéristiques qui ne correspondent pas aux critères de diagnostic utilisés ailleurs pour distinguer les bananiers et les bananiers plantain.

Dans le centre de diversité des bananiers, bon nombre de cultivars sont classés comme ayant une double utilisation, leurs fruits pouvant être consommés soit à l'état brut, soit

après cuisson. Il existe aussi beaucoup de cultivars amylacés à cuire, qui ont des fruits courts, épais et angulaires à fleurs mâles et bractées déhiscentes. Ces bananiers à cuire sont distincts des bananiers plantain et ne peuvent être classés dans *Musa paradisiaca*. En outre, la grande diversité des bananiers dessert, si l'on considère leur hauteur de plant ainsi que la dimension et la couleur de leur fruit (jaune, vert, rouge ou orange), débordent largement le cadre plutôt restrictif de la description originelle de *Musa sapientum*. Face à la riche diversité du matériel génétique dans le centre d'origine des bananiers, les taxinomistes qui sont venus après Linné ont eu recours à des noms descriptifs tels que *Musa nana* Lour. pour Dwarf Cavendish, *Musa rubra* Firming. von Wall. pour Red, *Musa corniculata* Lour. pour le plantain corne, etc. La prolifération de noms scientifiques n'a fait qu'ajouter à la confusion et les choses seraient allées de mal en pis sans Cheesman (1948) et Simmonds et Shepherd (1955), qui ont expliqué l'origine des bananiers comestibles et proposé un nouveau système de classification.

S'appuyant sur leur connaissance de la génétique et leur vaste expérience de la cytotoxicologie, Simmonds et Shepherd ont établi que les noms scientifiques linnéens *Musa paradisiaca* et *Musa sapientum* correspon-

daient à des cultivars hybrides et ont recommandé leur abandon. De même, ils sont parvenus à la conclusion que les bananiers comestibles étaient dérivés de deux espèces sauvages séminifères, *Musa acuminata* Colla et *Musa balbisiana* Colla, qui sont endémiques à l'Asie du Sud-Est. Cheesman a identifié trois groupes de cultivars distincts sur le plan morphologique. Le premier groupe présente principalement les caractères botaniques de *Musa acuminata*, et le second groupe ceux de *Musa balbisiana*. Quant au troisième, il se compose de cultivars qui combinent les caractères morphologiques des deux espèces sauvages et sont considérés comme leurs hybrides naturels. Les bananiers comestibles primitifs étaient des diploïdes nés du développement de la stérilité et de la parthénocarpie chez *Musa acuminata*. Du fait de l'action de sélection de l'homme, divers clones ont été mis en culture, notamment dans les régions pluvieuses de l'Asie du Sud-Est. Plus tard, avec la restitution de chromosomes, des cultivars triploïdes parthénocarpiques sont apparus. Ces triploïdes, étant plus vigoureux et plus productifs, sont devenus populaires. Selon Cheesman, il faut considérer que les cultivars diploïdes parthénocarpiques comestibles de *Musa acuminata* font partie de la même espèce que leurs ancêtres sauvages, car ils en ont conservé les caractères morphologiques. Il en va de même des cultivars triploïdes parthénocarpiques comestibles nés de la restitution de chromosomes, car l'ajout d'un jeu de chromosomes par autopolyploïdie n'a rien introduit de nouveau dans la constitution génomique de ces clones. Dans les zones plus sèches de l'Asie du Sud-Est où prédomine le type sauvage séminifère *Musa balbisiana*, il s'est produit une évolution parallèle qui a conduit à l'apparition de cultivars purs *balbisiana* diploïdes et triploïdes (Valmayor *et al.* 1991). Le développement de la stérilité et de la parthénocarpie n'ayant pas modifié significativement les caractères morphologiques des clones qui en ont résulté, il convient d'appliquer également le nom scientifique *Musa balbisiana* à ces cultivars diploïdes et triploïdes comestibles issus de parents sauvages *balbisiana*. Dans le centre d'origine des bananiers, la distribution naturelle des *Musa acuminata* et *Musa balbisiana* sauvages se recouvre et, les deux espèces étant compatibles, des croisements ont eu lieu. Les hybrides issus de ces croisements naturels entre les deux espèces comprennent des diploïdes, des triploïdes et quelques tétraploïdes de combinaisons génomiques diverses. L'un des problèmes posés par les dénominations originelles *Musa paradisiaca* et *Musa sapientum* est le fait qu'elles correspondent à des hybrides. Cependant, d'après les règles de l'ICNCP (Code international de nomenclature pour les plantes cultivées), on peut aussi donner un nom scientifique à un hybride. Toutefois, il faut alors faire précéder l'épithète du préfixe *x* pour indiquer qu'il

s'agit d'une espèce hybride. Dans le cas des cultivars de bananiers hybrides, il convient d'adopter *Musa x paradisiaca* Linn., cette désignation binominale ayant été publiée antérieurement à *Musa sapientum* et étant reconnue de fait comme l'espèce type pour le bananier. *Musa x paradisiaca* Linn. s'applique à tous les hybrides de *Musa acuminata* et *Musa balbisiana*, quelle que soit leur composition génomique (Greuter 1994, Karamura 1998).

La composition génomique des cultivars de bananiers permet de différencier les variétés dessert des variétés à cuire. Tous les clones *Musa balbisiana* purs sont des bananiers à cuire, tandis que beaucoup de variétés *Musa acuminata* pures sont des bananiers dessert. Parmi les hybrides, on trouve des cultivars à double utilisation (pouvant être consommés soit à l'état brut, soit après cuisson), des bananiers dessert et des bananiers à cuire, dont les bananiers plantain. Le terme générique plantain s'applique exclusivement à un sous-groupe spécifique de bananiers à cuire, qui ne comprend pas les nombreux et différents cultivars à cuire très populaires en Asie. En revanche, le terme bananier ne se limite pas aux variétés dessert, mais couvre également tous les bananiers à cuire, y compris les bananiers plantain. Autrement dit, tous les bananiers plantain sont des bananiers, mais tous les bananiers ne sont pas des bananiers plantain ! C'est la raison pour laquelle les langues de l'Asie du Sud-Est ne font pas la distinction entre les termes étrangers « bananier » et « plantain ». Le nom communément utilisé : « pisang » en Malaisie et en Indonésie, « saging » aux Philippines, « kluai » en Thaïlande, « chouï » au Viêt-nam et « chiao » en Chine, s'applique à tous les bananiers dessert et à cuire, y compris les bananiers plantain.

Principaux cultivars de bananiers de l'Asie du Sud-Est

Le centre d'origine des bananiers est également leur centre de diversité. En Asie du Sud-Est, les consommateurs ont le choix entre une large gamme de variétés dessert et à cuire. Celles-ci varient par leur couleur, leur dimension, leur forme et leur utilisation. Les principaux cultivars commerciaux de cette région sont présentés au tableau 1.

Systèmes de production bananière

Il existe quatre systèmes de production bananière en Asie du Sud-Est. Le plus commun est la culture de jardin, pratiquée essentiellement pour l'autoconsommation. Le choix des cultivars dépend des besoins familiaux (bananes dessert ou à cuire), de la qualité préférée par les membres du ménage et de la facilité de production. Dans ce système, la main-d'œuvre est entièrement fournie par la famille. On n'applique pas d'engrais chimiques ou pesticides commerciaux, mais seulement du compost et du fumier animal.

Le deuxième système, par ordre d'importance, est la culture associée. Dans l'Asie du Sud-Est, la production fruitière est principalement le fait de petits paysans qui cultivent les bananiers aux côtés d'autres plantes. Dans ce système, la banane peut être la culture principale ou occuper une place secondaire, et il peut s'agir d'une culture permanente ou temporaire. Il est d'usage dans la région de planter des bananiers pour protéger des plantes umbrophiles telles que le cacaoyer, le caféier, le poivrier noir, le muscadier, etc. Mais les bananiers sont parfois aussi plantés à l'ombre d'arbres de plus haute taille, comme c'est le cas dans les plantations de cocotiers. En Malaisie et dans le sud des Philippines où les cultures de plantation sont largement pratiquées, on trouve souvent les bananiers en culture intercalaire temporaire entre les jeunes pieds d'hévéas ou de palmiers à huile. Les bananiers assurent alors des revenus pendant la phase non productive de la culture permanente. Une fois que la culture principale est bien établie, les bananiers commençant à gêner la croissance des hévéas ou palmiers à huile, on les élimine. Dans certaines zones des Philippines, on trouve des cultures multi-étagées combinant cocotiers, bananiers, papayers et ananas. Une association culturale particulièrement adaptée à l'Asie du Sud-est consiste à planter des cultures de cycle court entre les rangées de jeunes bananiers.

La petite plantation commerciale, pratiquant la monoculture de la banane sur une superficie de 2 à 20 ha, est un système de production de plus en plus répandu. On rencontre ce système surtout aux abords des centres urbains, où la demande du marché est élevée et stable. Le choix des cultivars est dicté par les préférences des consommateurs, les conditions agroclimatiques locales et les problèmes de ravageurs et de maladies. Dans ces petites exploitations commerciales, les producteurs appliquent des engrais chimiques et des pesticides. Ils font également appel à de la main-d'œuvre salariée pour désherber et, dans certains cas, irriguer les plants.

Enfin, on trouve, surtout aux Philippines, de grandes plantations commerciales qui produisent des bananes pour l'exportation. Ce sont des entreprises capitalistes modernes, qui font de gros investissements en infrastructures et se plient aux exigences très rigoureuses du marché d'exportation. Appliquant des méthodes culturales optimales, elles ont une productivité très élevée et prêtent la plus grande attention à la qualité de leurs produits.

Production bananière et contraintes environnementales

Les ouragans tropicaux et les cyclones sont la principale contrainte climatique affectant la production commerciale de la banane en Asie et dans le Pacifique. En effet, les bananiers sont sensibles aux vents forts, surtout

quand il s'agit de cultivars de haute taille qui portent un lourd régime. Les ouragans, qui s'accompagnent de vents soufflant entre 54 et 72 km/heure, font chuter un grand nombre de plants, tandis que les cyclones, avec des vents de plus de 72 km/heure, peuvent entièrement détruire les plantations. Taiwan, la Chine méridionale, le Viêt-nam, le nord et le centre des Philippines, ainsi que beaucoup d'îles du Pacifique Sud sont exposés chaque année à ces cataclysmes. Cependant, il s'agit d'un phénomène saisonnier qui coïncide avec la saison de la mousson. Après avoir subi de lourdes pertes du fait d'ouragans tropicaux et de cyclones qui surviennent avec une régularité prévisible, les planteurs de Taiwan et de la région d'Ilocos dans le nord des Philippines ont adopté un calendrier de plantation et des méthodes de gestion qui permettent de minimiser les dégâts causés par les vents forts (Valmayor *et al.* 1998). Dans le nord des Philippines par exemple, les cyclones tropicaux sévissent de juin à novembre, avec une fréquence plus élevée pendant les mois de juillet, août et septembre. Pour éviter les dégâts, les producteurs plantent en mai, de façon que les plants de bananiers n'aient qu'une faible hauteur et ne subissent qu'un minimum de dommages lors du passage des cyclones sur la région. Les pluies de mousson diminuant à partir de novembre, il n'y a plus de cyclones jusqu'en juin de l'année suivante. Grâce à l'irrigation, les plants poursuivent leur croissance et leur développement et fleurissent fin février ou début mars, les fruits parvenant à maturité en avril ou mai, soit un an après la plantation. On récolte avant le retour des ouragans. L'application rigoureuse de ce système se traduit par un cycle de culture annuel. Après la récolte, les bananes se font très rares sur le marché, mais les producteurs évitent ainsi les lourdes pertes dues aux cyclones. Cela suppose de n'utiliser que des cultivars ayant un cycle de 12 mois ou moins. Il faut éliminer tous les rejets qui poussent de juillet à janvier, car si on les laissait se développer, cela n'aurait pour effet que de les exposer à des dommages durant la saison des cyclones suivante. On laisse ensuite pousser les rejets qui se développent après la floraison, mais on ne prend soin que de l'un d'entre eux, le plus vigoureux, afin de remplacer le pied mère et d'assurer un deuxième cycle de culture. Pour compenser le fait qu'on ne récolte qu'un régime par touffe et par cycle de 12 mois, il est recommandé d'adopter une densité serrée avec un espacement de 2 x 2 mètres.

En Thaïlande, la menace vient des inondations qui submergent les plaines alluviales dans la région de Bangkok, et cela en particulier pendant la saison des pluies. La nappe phréatique étant subaffleurante et le drainage insuffisant, les producteurs plantent les bananiers sur des levées ou diguettes aménagées entre les canaux de drainage. Mesurant 2 à 3 mètres de large et plusieurs mètres de long, ces levées sont construites avec la terre retirée des canaux. Quand elles atteignent une hauteur d'un mètre au-dessus du niveau de l'eau

Tableau 1. Principaux cultivars commerciaux de bananiers de l'Asie du Sud-Est.

Pays	Variétés dessert	Variétés à cuire
Indonésie	Pisang Ambon Putih	Pisang Kepok
	Pisang Ambon Lumut	Pisang Oli
	Pisang Raja Sereh	Pisang Kosta
	Pisang Raja**	Pisang Tanduk*
	Pisang Barangan	Pisang Nangka*
	Pisang Mas	
Malaisie	Pisang Mas***	Pisang Awak
	Pisang Rastali	Pisang Raja**
	Pisang Embun	Pisang Nangka*
	Pisang Berangan	Pisang Tandok*
	Pisang Masak Hijau	Pisang Nipah
	Pisang Lemak Manis	
Thaïlande	Kluai Hom Thong***	Kluai Namwa**
	Kluai Khai	Kluai Hakmuk
	Kluai Lep Mu Nang	Kluai Som
Viêt-nam	Chuoï Tien	Chuoï Mat
	Chuoï Tieu	Chuoï Sap
	Chuoï Tay	Chuoï Ngu
	Chuoï Bom	
Philippines	Lakatan	Saba
	Latundan	Sabang Puti
	Buñgulan	Cardaba
	Inarnibal	Turangkog
	Amas	Matavia
	Morado	Tindok*
	Giant Cavendish***	Laknau*
	Grande Naine***	

* plantain, ** consommée fraîche ou cuite, *** variété cultivée pour l'exportation.

dans les canaux, on y plante des rangées de bananiers. Les paysans viêt-namiens utilisent le même dispositif dans le delta du fleuve Mekong, notamment à proximité de Saïgon. Dans les deux pays, les producteurs les plus modernes drainent l'excès d'eau à l'aide de pompes volumétriques pendant la saison de la mousson et prélèvent de l'eau dans les canaux pour irriguer leurs bananiers pendant la saison sèche.

La sécheresse et les éruptions volcaniques sont les autres catastrophes naturelles qui menacent la production bananière en Asie du Sud-Est. Dans l'est de l'Indonésie et les régions occidentales de Luçon et des Visayas aux Philippines, où la saison des pluies dure longtemps, les producteurs plantent des variétés de constitution génomique *balbisiana* pure (BBB) tolérant la sécheresse comme Pisang Kepok, Saba et Cardaba, tandis que dans les zones sèches de Thaïlande et de Malaisie, le cultivar favori est un hybride de constitution génomique ABB connu localement sous l'appellation de Kluai Namwa ou Pisang Awak. Les producteurs de bananes de cette région sont impuissants face aux éruptions volcaniques, mais celles-ci sont rares et leurs effets sont généralement plus circonscrits que ceux des cyclones et de la sécheresse.

Transformation et utilisation des bananes

Les bananes sont vendues et consommées principalement à l'état brut. Cependant, les bananes à cuire et les bananes plantain font aussi d'excellentes chips, que les habitants des pays du Sud-Est asiatique apprécient à toute heure

de la journée. Les Philippines sont le principal exportateur de chips de banane du monde, le volume exporté représentant environ 22 millions de dollars par an. La Thaïlande et l'Indonésie occupent aussi une place de premier plan sur ce marché. Les autres produits dérivés de la banane sont surtout le ketchup et les aliments pour bébé en conserve. ■

Références

- Cheesman J. 1948. Classification of the bananas. III. Critical notes on species (c) *Musa paradisiaca* Linn. and *Musa sapientum* Linn. Kew Bull. 2: 145-154.
- Greuter W. (ed.). 1994. International code of botanical nomenclature. Koeltz Scientific books, Königstein, Allemagne.
- Karamura D.A. 1998. Numerical taxonomic studies of the East African Highland bananas (*Musa* AAA-East Africa) in Uganda. The University of Reading, Royaume-Uni.
- Simmonds N.W. & K. Shepherd. 1955. The taxonomy and origins of the cultivated bananas. J. Linn. Soc (Botany) 55: 302-312.
- Valmayor R.V., B. Silayoi, S.H. Jamaluddin, S. Kusumo, R.R.C. Espino & O.C. Pascua. 1991. Banana classification and commercial cultivars in Southeast Asia. PCARRD Info. Bull. 24. Los Baños, Philippines.
- Valmayor R.V., D.D. Ignacio & G.S. Pascua. 1998. Banana production in the typhoon prone region of Ilocos, Philippines. RISBAP Bull. 2(2).

L'auteur est chercheur honoraire de l'INIBAP.

Quelle variété de bananier cultiver ?

J. Daniells

En Australie comme ailleurs, les producteurs sont à la recherche de nouvelles variétés de bananiers pour plusieurs raisons :

- 1) apparition de nouvelles maladies ou de nouvelles souches de maladies exotiques ;
- 2) désir de réduire les applications de pesticides ;
- 3) orientation vers de nouveaux créneaux commerciaux.

Au cours des 15 dernières années, le *Queensland Department of Primary Industries*, en Australie, a évalué les caractères agronomiques et la résistance aux maladies de centaines de variétés. Ces essais ont montré qu'il n'existe pas de variété « idéale » – capable de résister à tous les ravageurs et à toutes les maladies, fournissant des rendements élevés, se conservant bien et ayant bon goût. Chaque variété présente des avantages et des inconvénients. Nous nous efforcerons, dans cet article, de donner des informations utiles sur les meilleures variétés identifiées par le QDPI. Mais que le lecteur soit prévenu : un génotype amélioré ne suffira sans doute pas à résoudre ses problèmes de production. Les méthodes holistiques de gestion intégrée de la culture ont aussi beaucoup à apporter (Daniells 1998).

Liste de variétés

Le tableau 1 présente une liste des meilleures variétés, avec leurs avantages et leurs inconvénients. Il est à noter que leur comportement peut varier en fonction de l'environnement dans lequel elles sont cultivées et des souches de maladies auxquelles elles se trouvent expo-

sées. L'utilisation d'une variété comme banane dessert ou à cuire dépend pour une large part des préférences culturelles. On pourra déterminer à partir de cette liste les variétés les mieux adaptées à un contexte particulier.

Notes complémentaires

Rendement

La plupart des variétés susceptibles de remplacer les variétés Cavendish sont inférieures à celles-ci sur le plan du rendement. Par conséquent, si on les cultive pour le marché local ou pour l'exportation, il faut qu'elles se vendent à meilleur prix que les Cavendish et/ou qu'elles aient un coût de production plus bas. Certaines variétés, comme Sucrier, ont un cycle très court, mais cela ne suffit pas à compenser le faible poids de leur régime.

Sensibilité au vent

En règle générale, les variétés naines résistent mieux au vent et peuvent être aisément étayées avec un tuteur ou de la ficelle. Il est également plus facile de gérer les maladies foliaires, les parasites du régime, la coupe du bourgeon mâle, le gainage du régime et la récolte chez les variétés naines. Malheureusement, celles-ci sont davantage sujettes à l'engorgement et leurs fruits sont parfois de petite taille. Il existe aussi d'autres stratégies pour minimiser les pertes dues au vent (Daniells 1991b).

Utilisation

Pratiquement toutes les variétés de bananiers et de plantains peuvent se consommer soit telles quelles à l'état mûr (dessert), soit cuites à l'état vert ou mûr, le choix étant dicté par les préférences culturelles. Il reste à évaluer les



La stature basse du «Dwarf French Plantain» rend l'entretien de la plante plus facile.

diverses utilisations possibles de beaucoup de variétés « nouvelles ».

Cercosporioses

La gravité de la maladie dépend du degré de résistance ou sensibilité de la variété, de l'intensité de l'infection, des conditions environnementales et de la « souche » de l'agent pathogène. L'incidence atteint son maximum sous climat chaud et humide et en présence de quantités importantes d'inoculum. TU8 (T8), qui se montrait autrefois extrêmement résistante à la cercosporiose noire dans les îles Cook (Fullerton 1990), y est devenue sensible

Tableau 1. Liste de variétés - caractéristiques générales et résistance aux maladies.

Génome	Variété	Synonymes/ Sous-groupe	Caractéristiques de la plante					Résistance aux maladies					
			Utilisation	Rendement	Sensibilité au vent	Taille	Remarques	CN	CJ	Fusariose ⁽¹⁾			Remarques
										Race 1 ⁽²⁾	Race 2	Race 4	
AA	Sucrier	Pisang Mas Kluai Khai Amas Figue Sucrée	D	F	PR	I		S ⁽³⁾	S	R	R	S	
	Inarnibal Pisang Berlin	Pisang Lemak Manis	D	F	PR	n		R	S	R	R	S	
	Lakatan ⁽⁴⁾	Pisang Berangan	D	F-M	S	I	Longue durée de vie verte	TS	TS	R	R	S	
AAA	Dwarf Red	Figue Rose Naine	D	M	R ⁽⁵⁾	n	Problèmes d'engorgement	S	S	S	R	S	
	J.D. Yangambi	Pisang Kapas ? <i>Ibota</i>	D/C	M	PR	I		TR	TR	R	R	S	R au nématode foreur et au charançon du bananier
	Kluai Khai Bonng		D	F-M	TS	I	Fruit très attractif	R ?	TR	R	R	S	Résistant au charançon du bananier
	Williams	<i>Cavendish</i>	D	H	S	n	Longue durée de vie verte	TS	TS	R	R	S	

Tableau 1. suite

Génome	Variété	Synonymes/ Sous-groupe	Caractéristiques de la plante					Résistance aux maladies					
			Utilisation	Rendement	Sensibilité au vent	Taille	Remarques	CN	CJ	Fusariose ⁽¹⁾			Remarques
										Race 1 ⁽²⁾	Race 2	Race 4	
AAAA	T6	61-86 <i>Highgate hybrid</i>	D	M-H	S	I		R	TR	R	R	S	
	T12	Buccaneer, 65-168-12, <i>Highgate hybrid</i>	D	M-H	S	I	R	TR	R	R	S		
	SH-3436	<i>Highgate hybrid</i>	D	H	S	I		R	S	R	R	S	
	SH-3444	FHIA-23, <i>Highgate hybrid</i>	D	H	S	I		R	S	R	R	S	
	SH-3649	FHIA-17, <i>Highgate hybrid</i>	D	H	S	I		R	S	R	R	S	
	SH-3486	FHIA-02, Mona Lisa <i>Williams hybrid</i> ?	D	M-H	PR	I		TR	S?	S	R	S	
AAB	SH-3480	FHIA-18, <i>Pome hybrid</i>	D	M-H	PR	I		TR	R?	R	R	R	
	SH-3481	FHIA-01 Goldfinger, <i>Pome hybrid</i>	D	M-H	PR	I		TR	S	R	R	R ⁽⁶⁾	R au nématode foreur
	SH-3640.10	High Noon, <i>Pome hybrid</i>	D	M-H	PR	I		TR?	TS	R	R	R	
	SH-3697	<i>Maqueño hybrid</i>	C	M-H	S?	G		R	R?	S	R	S	
	PC 12.05	<i>Pome hybrid</i>	D	F-M	PR	G		S	R	R	R	S	
	PA 03.22	<i>Pome hybrid</i>	D	F-M	R	I		S	R	R	R	S	
AAB	Silk	Apple, Pisang Raja Sereh, Pisang Rastali, Latundan, Sugar, Figue Pomme, Manzano	D	F-M	PR	I		S	S	S	S	S	
	Pisang Ceylan	<i>Mysore</i> ⁽⁷⁾	D	M	S	G		R	R	S ⁽⁸⁾	R	S ⁽⁸⁾	
	Pisang Raja		D/C	F-M	S	G		S	S	R	R	S	
	Prata Anã	Santa Catarina Prata, <i>Pome</i>	D	F-M	VR	I	Courte durée de vie verte ⁽⁹⁾ , problèmes d'engorgement	TS	S	S	R	S	
	J. D. Finger	Rajapuri?, <i>Pome</i>	D	F-M	VR	n	Problèmes d'engorgement	TS	S	S	R	S	
	Lady Finger	<i>Pome</i>	D	F-M	R	I		TS	S	S	R	S	
	Pacific Plantain	<i>Maia Maoli/Popoulu</i>	C	M	R	I	Longue durée de vie verte	S	S	S	R	S	
	Mangaro Torotea	<i>Maia Maoli/Popoulu</i>	C	M	PR	G		S	S	S	R	S	
	Dwarf French Plantain	<i>Plantain</i>	C	F-M	R ⁽⁵⁾	n		S	R	R	R	S	TS au charançon du bananier
	Horn Plantain	Tanduk, Pisang Tandok, <i>Plantain</i>	C	F-M	S	I		S	R ⁽¹⁰⁾	R	R	S	TS au charançon du bananier
ABB	Kluai Namwa Khom	<i>Pisang Awak</i>	D/C	M	R ⁽⁵⁾	n	Problèmes de remplissage des doigts ⁽¹¹⁾ Courte durée de vie verte	TR	TR	S	R	S	
	Pisang Awak Ducasse, Kluai Namwa		D/C	M	PR	G	Courte durée de vie verte	TR	TR	S	R	S	
	Bluggoe		C	F-M	PR	I		R	TR	R	S	S	
	Blue Java	Ney Mannan	D/C	F-M	PR	I		R	TR	R	S	S	
	Fa'i Afa	<i>Saba</i>	C	F-M	PR	G		R	TR	S	R	S	
	Gubao	IMTP Phase 2 'Saba'	C	M	S	I		R	TR	S	R	S	
	Kandrian	Simoi	C	F-M	PR	G		R	TR	R?	R	S	
	SH-3565	FHIA-03	C	M-H	S	I		R	S?	S	R	S	

Abréviations utilisées

Utilisation : D = dessert; C = à cuire

Rendement : F = faible; M. = moyen; H = haut

Sensibilité au vent : TS = très sensible; S = sensible; PR = partiellement résistant; R = résistant

Taille : n = nain; I = intermédiaire; G = grand

Résistance aux maladies : TS = très sensible; S = sensible; R = résistant; TR = très résistant;

CN = cercosporiose noire; CJ = cercosporiose noire.

Notes

(1) Des races nouvelles peuvent se développer/≠ réaction habituelle

(2) Les GCV varient particulièrement chez les types de Race 1 pour la pathogénicité variétale

(3) IMTP 1 était à la limite sensible – résistant mais Sucrier a certainement été résistant dans

certaines circonstances (Jones 1993)

(4) Il a été signalé que certains Lakatan pourraient être AAA

(5) Un soutien du régime est bénéfique

(6) Signalé par l'INIBAP comme tolérant mais discutable

(7) Superficiellement identique

(8) Parfois résistance du rejet

(9) Courte vie verte en cas de stress dû à l'environnement (températures fraîches, saison humide)

(10) Sensible en certaines circonstances (Daniells and Bryde 1999)

(11) Certains doigts ne se remplissent pas correctement.

dans cet environnement à la suite de l'apparition de nouvelles souches de la maladie.

La cercosporiose noire sévit dans beaucoup de pays producteurs de bananes, mais elle est encore absente de certaines aires de production importantes comme certaines parties du Brésil, l'Australie, certaines parties de l'Asie du Sud-Est,

ainsi que des zones tropicales de haute altitude (Cameroun). Dans ces régions, la cercosporiose jaune demeure la principale affection foliaire.

Fusariose (Foc)

Les différentes races de *Fusarium* figurant sur notre liste ont été identifiées sur la base de

l'interaction hôte/agent pathogène. Bien que les isolats de *Foc* aient été caractérisés génétiquement de plusieurs manières au cours des 10 dernières années, on se sert encore principalement de la race pour déterminer la variation pathogénique de ce champignon. On distingue traditionnellement quatre races de *Foc*. Les

racés 1, 2 et 4 s'attaquent aux bananiers, tandis que la race 3 affecte *Heliconia* et n'a qu'une action faiblement pathogène vis-à-vis des bananiers. A ce jour, on ne connaît que très peu de variétés capables de résister à la race 4 de *Foc*. Les mesures de quarantaine sont extrêmement importantes pour arrêter la diffusion de cet agent pathogène.

On rencontre diverses races de *Fusarium* dans la plupart des régions productrices de bananes, à l'exception du Pacifique Sud où cette maladie est absente. Les hybrides des programmes d'amélioration qui sont rejetés en raison de leur sensibilité à cette maladie peuvent donc avoir une utilité dans des régions comme le Pacifique Sud où la résistance à la fusariose n'est pas nécessaire pour l'instant. Tel est le cas, par exemple, de SH-3697 – hybride de Maqueño à rendement élevé et résistant à la cercosporiose noire, mais sensible à la race 1 de *Foc*.

Il est à noter qu'il existe une gradation dans la résistance à la fusariose. Ainsi, dans le nord du Queensland, Lady Finger (AAB, Pome) est nettement moins sensible à la race 1 de *Foc* que Sugar (AAB, Silk). Les conditions environnementales peuvent aussi influencer sur la gravité de la maladie.

Dégradin

Certaines variétés sont sujettes au dégrain lorsqu'elles mûrissent (les fruits se détachant du coussinet), ce qui a parfois empêché l'adoption d'hybrides dans certaines régions (Marriott 1980). Cependant, on peut minimiser le phénomène du dégrain en faisant varier les conditions de mûrissement (température plus basse) et le stade de la maturation auquel on procède à la récolte (Paull 1996, Seberry et Harris 1998).

Vie verte des fruits

Les bananes exportées doivent pouvoir se conserver pendant le transport et le stockage. L'un des grands mérites des bananes de type Cavendish est que, dans de bonnes conditions, elles ont une longue durée de vie verte. D'autres variétés ne sont pas aussi bien adaptées à l'exportation. Cependant, avec des techniques comme l'emballage sous atmosphère modifiée et avec une bonne gestion, on peut surmonter ce problème (Daniells 1991a).



«J.D. Finger» est très résistant aux dommages liés au vent.



«Lakatan» est la variété de bananes dessert la plus populaire aux Philippines.

Créneaux commerciaux

Les variétés suivantes offrent un bon potentiel pour les créneaux commerciaux existant en Australie ainsi que pour l'exportation :

- Sucrier
- SH-3697
- Dwarf French Plantain
- Lakatan
- Silk
- Horn Plantain
- Dwarf Red
- Pisang Ceylan
- Kluai Namwa Khom
- Kluai Khai Bonng
- Prata Anã
- Pisang Awak
- SH-3480 (FHIA-18)
- Pacific Plantain
- Fa'i Afa. ■

Références

- Daniells J.W. 1991a. How to avoid mixed ripe problems with bananas. *Queensland Fruit and Vegetable News* 62(4):12-13.
- Daniells J.W. 1991b. How to minimize losses due to wind damage in bananas. *Queensland Fruit and Vegetable News* 62(13):14,15,20.
- Daniells J.W. 1998. Integrated crop management for sustainable banana production. Pp. 67-76 in *Proceedings 8th INIBAP-ASPNET Regional Advisory Committee Meeting, Brisbane 21-23 October, 1998*.

Daniells J.W. & N.J. Bryde. 1999. Criblage de 143 variétés de bananiers pour la résistance à la cercosporiose jaune dans le nord du Queensland. *InfoMusa* 8(1):15-21.

Fullerton R.A. 1990. Studies of *Mycosphaerella fijiensis* Morelet in the Pacific Islands. Pp. 29-37 in *Sigatoka leaf spot diseases of bananas : Proceedings of an international workshop held at San Jose, Costa Rica, March 28-April 1, 1989* (R.A Fullerton. & R.H. Stover, eds). INIBAP, Montpellier, France.

Jones D.R. 1993. Evaluating banana and plantain for reaction to black leaf streak disease in the South Pacific. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 70 :39-44.

Marriott J. 1980. Bananas - Physiology and biochemistry of storage and ripening for optimum quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 13:41-88.

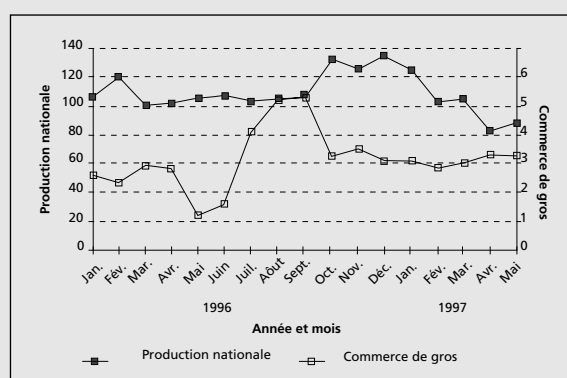
Paull R.E. 1996. Ethylene, storage and ripening temperatures affect Dwarf Brazilian banana finger drop. *Postharvest Biology and Technology* 8 :65-74.

Seberry J.A. & D.R. Harris. 1998. Postharvest evaluation of FHIA-01 and other new banana varieties for subtropical Australia. Pp. 537-546 in *Proceedings of the First International Symposium on Banana in the Subtropics* (V. Galán Saúco, ed.) *Acta Horticulturae* 490.

L'auteur travaille au QDPI, PO Box 20, South Johnstone Q 4859, Australie.

Errata dans le numéro précédent (InfoMusa Vol. 8, No. 2)

- **Evaluation de bananiers pour des créneaux commerciaux en Floride subtropicale** : p. 18, 1ère colonne, dernier paragraphe, le passage «... des différences entre deux clones « Ney Poovan », dont l'un, « Sukali ndizi », manifeste les symptômes plus lentement que le second, « Kisubi... », doit être remplacé par «... des différences entre deux clones « Ney Poovan », dont l'un, « Kisubi », manifeste les symptômes plus lentement que le second, « Sukali ndizi »... ».
- **Les variétés de *Musa* au Pérou : classification, utilisations, potentiel et contraintes de production** : p. 22, Figure 3, l'échelle du deuxième axe des y (côté droit) n'apparaît pas. La version correcte de la figure est donnée ci-contre.



Asie et Pacifique

Le Food and Fertilizer Technology Centre de Taiwan publie un Bulletin sur la production de plantules de bananiers indemnes de virus à Taiwan

Ce bulletin concerne l'utilisation des vitroplants de bananiers à Taiwan. Un programme de culture de tissus de bananiers a été mis en place dans ce pays en 1983. Destiné initialement à produire des plantules indemnes de fusariose, il a été élargi par la suite aux maladies virales et a fourni à ce jour un total de 26 millions de vitroplants. Le bulletin décrit les systèmes de production utilisant des vitroplants, dont il examine les avantages et les inconvénients (par exemple, leur sensibilité aux herbicides). Il donne aussi des détails sur les méthodes culturales permettant d'éviter que les plants sains soient infectés par les virus une fois qu'ils sont dans le champ. Enfin, il montre que la technologie de la culture de tissus est à la portée des petits exploitants, à condition que ceux-ci reçoivent l'appui technique nécessaire. Cette publication reprend une communication présentée à l'origine à un séminaire international sur « La gestion des maladies des bananiers et des agrumes : utilisation et gestion de matériel végétal indemne de maladie » qui a eu lieu du 14 au 16 octobre 1998 à Davao, aux Philippines.

S.C. Hwang et H.J. Su, *Extension Bulletin 460, Food and Fertilizer Technology Centre, Taiwan, November 1998.*

Le TBRI de Taiwan fournit de nouvelles variétés de bananiers à l'INIBAP

Le *Taiwan Banana Research Institute* (TBRI) a récemment fourni deux nouvelles variétés de bananiers à l'INIBAP. Il s'agit de variants somaclonaux de Cavendish, GCTCV-106 et GCTCV-247, que les chercheurs de cet institut ont sélectionnés pour leur bon rendement et leur résistance à la race subtropicale 4 de la fusariose. L'INIBAP est en train de procéder à leur indexation pour les virus, avant de les mettre à disposition pour des évaluations à l'échelle mondiale.

La pourriture de la souche du bananier dans le nord du Queensland (Australie)

On a récemment détecté une nouvelle forme de pourriture de la souche dans plusieurs plantations de bananiers du nord du Queensland, ainsi qu'une maladie appelée Mokillo, qui se produit occasionnellement dans la région et provoque la pourriture des doigts. Précédemment décrite sous l'appellation de « butt rot » causée par *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*, la pourriture de la souche apparaît endémique dans le nord du Queensland. Récemment, on a identifié les bactéries *E. chrysanthemi*, *E. chrysanthemi* subsp. *carotovora* et *E.c.* subsp. *atroseptica* dans des échantillons de souches et de coeurs de pseudotrunc pourris en provenance de plusieurs plantations de la région. La sévérité des

symptômes semble en corrélation avec les espèces d'*Erwinia* présentes dans les tissus infectés. D'après ces observations, il semble que la pourriture de la souche est causée par *E. chrysanthemi* et *E.c.* subsp. *atroseptica*, tandis que la pourriture du coeur du pseudotrunc est principalement causée par *E.c.* subsp. *carotovora*.

En ce qui concerne la pourriture des doigts (Mokillo), on a isolé les bactéries *E. chrysanthemi* dans des échantillons de fruits pourris et des tests en laboratoire ont confirmé leur pathogénicité.

C'est la première fois qu'on identifiait *E.c.* subsp. *atroseptica* chez des bananiers et qu'on constatait que des isolats de *E. chrysanthemi* causant la pourriture de la souche pouvaient aussi être à l'origine du Mokillo.

Source : *Australian Bananas*, vol. 8, déc. 1999, *Australian Banana Growers' Council Inc.*

La lutte biologique contre les nématodes : bientôt une réalité ?

Des chercheurs du Queensland (Australie) ont identifié des champignons ayant une action pathogène vis-à-vis des nématodes des bananiers. Après avoir criblé des échantillons de sol en provenance de zones tropicales et subtropicales du Queensland et de Nouvelle-Galles du Sud, ils ont découvert que le taux de reproduction des nématodes dans les racines de vitroplants était significativement plus bas dans certains sols non traités que dans les sols stérilisés. Ils ont extrait des champignons des racines des bananiers en question et ont constaté que ces champignons réduisaient de 80 % le nombre de nématodes foreurs présents dans les pots. Si des recherches plus poussées sont encore nécessaires pour mettre au point une méthode de lutte biologique acceptable, les perspectives semblent prometteuses.

Source : *Bananatopics*, vol. 27, juin 1999.

K, Na et rapport K/Na : seuils critiques pour les bananiers cultivés dans des sols sodiques salins

Dans certaines régions de l'Inde, les bananiers sont cultivés dans des sols classés dans la catégorie « sodiques salins ». Ils souffrent alors de la salinité, qui cause des symptômes externes (chlorose marginale des feuilles) et entraîne une réduction significative des rendements. Dans la plupart de ces sols, le rapport K/Na est inférieur à un. Or, pour une plante comme le bananier qui a besoin de K, il est indispensable que le rapport K/Na soit supérieur à un.

On a prélevé au hasard 50 échantillons de sol de la rhizosphère, ainsi que les tissus de plants correspondants, dans des sols sodiques salins de la ferme expérimentale du *National Research Centre for Bananas* (NRCB) et de fermes avoisinantes. Le K et le Na échangeables de ces sols se situaient respectivement entre 0,31 et 2,54 cmol/kg et entre 1,74 et 6,78 cmol/kg. On a enregistré les rendements correspondants (poids du ré-

gime) à la récolte. L'analyse des échantillons de sol et de tissus à l'aide d'un photomètre à flamme a permis de déterminer les concentrations de K et de Na et de calculer les rapports K/Na.

On a calculé les coefficients de corrélation et les équations de régression linéaire reliant le K, le Na et le rapport K/Na des échantillons de sol et de plants avec le rendement. Il s'est avéré que le rendement augmentait en fonction de l'accroissement du Na jusqu'à ce que celui-ci atteigne 480 ppm dans le sol et 0,47 % dans les tissus des plants. Au-delà de ces niveaux, le Na exerçait un effet négatif sur le rendement. De même, le seuil critique pour la concentration de K dans le sol et dans les tissus des plants se situait respectivement à 710 ppm et 2,82 %.

En conclusion, pour optimiser les rendements sur les sols sodiques salins, ceux-ci doivent avoir une concentration d'au moins 710 ppm de K et pas plus de 480 ppm de Na, tandis que le rapport K/Na dans le sol doit atteindre au moins 1,46. Dans le même temps, les feuilles des bananiers doivent contenir au moins 2,82 % de K et pas plus de 0,47 % de Na, avec un rapport K/Na d'au moins 5,7.

Pour plus de détails, contacter : K.J. Jeyabakaran, NRCB, Vayalur Road, Trichy 620-017, Tamil Nadu, Inde.

Adventices à usage médicinal dans des plantations de bananiers à Chhattisgarh (Inde)

Les infestations d'adventices sont l'une des principales contraintes qui limitent le rendement des bananiers dans les plantations de Chhattisgarh. Pour y remédier, les producteurs combinent généralement le désherbage manuel avec l'application d'herbicides chimiques. Cependant, le coût croissant de la main-d'oeuvre et le désir d'adopter des méthodes de production plus biologiques les amènent à rechercher des solutions innovantes. De 1994 à 2000, le département d'agronomie de l'*Indira Gandhi Agricultural University* de Raipur a mené une série d'études dont les objectifs étaient les suivants :

- identifier la flore d'adventices présente dans les plantations de bananiers ;
- recenser les adventices communes pouvant être utilisées à des fins médicinales, allopathiques ou industrielles ;
- étudier le potentiel commercial des adventices « utiles ».

Ces études ont permis d'identifier plus de 60 adventices ayant des utilisations médicinales, industrielles ou allopathiques avérées. Parmi ces adventices, 10 espèces étaient abondantes dans tous les districts prospectés (tableau 1).

L'étude du potentiel commercial de ces adventices a montré qu'elles présentent un véritable intérêt, plus de 300 herboristes nationaux et internationaux étant prêts à les acheter à un prix raisonnable. Il s'est également avéré qu'en déracinant ces herbes manuellement pour les traiter et en vendre les

Tableau 1. Usages médicinaux de 10 adventices communes identifiées dans les plantations de bananiers de Chhattisgarh.

Nom scientifique	Nom commun	Usages médicinaux
<i>Cyperus rotundus</i>	Motha	Racines : lèpre, soif, fièvre, maladies du sang, nausée, dysenterie, démangeaisons intenses, épilepsie, ophtalmie.
<i>Parthenium hysterophorus</i>	Gajar ghas	Remède homéopathique pour les problèmes respiratoires.
<i>Ageratum conyzoides</i>	Mahkua	Problèmes dermatologiques.
<i>Euphorbia</i> sp.	Duddhi	Problèmes respiratoires.
<i>Chenopodium album</i>	Bathua	Ankylostome, leucodermie.
<i>Blumea lacera</i>	Kukurmatta	Bronchite, fièvre, soif, sensation de brûlure.
<i>Achyranthes aspera</i>	Latkana	Remède hémostatique, antivenimeux ; maladies de l'appareil digestif.
<i>Calotropis gigantea</i>	Fudhar	Rhumatismes, maladies des organes reproducteurs.
<i>Datura stramonium</i>	Datura	Problèmes respiratoires.
<i>Jatropha curcas</i>	Ratanjot	Maladies des appareils digestif, respiratoire et reproducteur

parties utiles par le canal des coopératives villageoises, les producteurs peuvent s'assurer des revenus supplémentaires qui leur permettent de couvrir le coût du désherbage manuel.

Pour plus de détails, contacter : P. Oudhia, Department of Agronomy, Indira Gandhi Agricultural University, Raipur-492001, Inde.

Manipulation post-récolte du pseudotrunc du pied mère : effets sur la productivité des rejets

Des chercheurs de l'université agronomique (*Bidhan Chandra Krishi Viswavidyalaya*) du Bengale occidental ont effectué des essais consistant à laisser le pseudotrunc du pied mère en place après la récolte en le coupant à différentes hauteurs, afin de déterminer les effets sur le deuxième cycle de culture. Les traitements étaient les suivants :

- hauteur de coupe du pseudotrunc du pied mère :
 - non coupé
 - coupé à mi-hauteur
 - coupé au niveau de la souche
- nombre de rejets conservés :
 - un rejet par touffe
 - deux rejets par touffe.

Le maintien du pseudotrunc du pied mère sans le couper a entraîné un accroissement de la hauteur et de la circonférence du pseudotrunc du rejet, ainsi qu'une augmentation de la dimension des doigts et du nombre de mains par régime. Cependant, avec ce traitement, la récolte a eu lieu 9 jours plus tard qu'avec le traitement consistant à couper le pseudotrunc du pied mère au niveau du sol. La conservation de deux rejets a retardé la floraison de 17 jours, mais a produit un rendement plus élevé. Le meilleur rendement (187,6 t/ha) a été obtenu en combinant deux traitements : conservation de deux rejets par touffe et maintien du pseudotrunc du pied mère sans le couper.

Pour toute information complémentaire, contacter : Md Abu Hasan, B. Mathew et P.K. Chattopadhyay, Faculty of Horticulture, Agriculture University, Mohanpur, West Bengal, Inde.

Afrique de l'Ouest et centrale Utilisation de mycorhizes contre les nématodes des bananiers

Les chercheurs du CRBP mènent depuis des années des recherches sur les néma-

todes, qui sont l'une des principales contraintes de la production de bananes et de plantains en Afrique de l'Ouest et du Centre. Ces recherches leur ont permis d'identifier les principales espèces de nématodes et de mettre au point des stratégies de lutte. Au Cameroun, l'espèce parasite la plus préjudiciable à basse altitude est *Radopholus similis*, tandis que *Pratylenchus goodeyi* fait davantage de dégâts à partir de 1 000 m d'altitude. Récemment, des essais ont été effectués sur l'utilisation de mycorhizes isolés au Cameroun (du genre *Glomus*) pour améliorer la tolérance des plantains à ces deux espèces de nématodes. On s'est servi du cultivar de plantain Bâtard pour déterminer la performance de plants issus de culture de tissus et de rejets quand on les inoculait avec des mycorhizes avant de les planter dans le champ. Ces essais ont eu lieu dans des sites à basse et à haute altitude.

Dans les deux sites, tous les plants inoculés avec des mycorhizes ont eu une masse racinaire et une teneur en matière sèche supérieures à celles des plants non inoculés. En outre, la présence des mycorhizes a eu pour effet de réduire la population de nématodes dans les racines des plants inoculés dans une proportion allant jusqu'à 75 %.

Source : Le courrier du CRBP n° 65.

Exportation de bananes plantain vers l'Europe

L'exportation des bananes plantain de l'Afrique de l'Ouest vers les marchés européens se fait actuellement par voie aérienne. Cela coûte cher et réduit donc sensiblement la marge bénéficiaire des producteurs. Les chercheurs du CRBP ont étudié la possibilité de conserver les bananes plantain à basse température afin de pouvoir les expédier par bateau (le délai d'acheminement étant d'environ 15 jours). Des essais ont été effectués sur les variétés French Clair, Bâtard et Big Ebanga. Les fruits ont été récoltés à divers stades de maturation, traités avec un fongicide, emballés dans des cartons, stockés à la température ambiante (25-30°C, humidité relative 80 – 90 %) pendant deux jours, puis placés

dans une chambre froide (12-14°C, humidité relative 85-95 %) pendant 15 jours.

Il s'est avéré que la date de récolte qui permettait de conserver les fruits verts pendant 15 jours, sans baisse sensible de qualité, se situait environ une semaine avant le stade où un premier doigt commençait à mûrir sur la première main chez French Clair, entre une et deux semaines avant ce stade chez Big Ebanga, et entre deux et trois semaines avant ce stade chez Bâtard. Les fruits de ces deux dernières variétés semblent les mieux adaptés à l'exportation par leur qualité et leur dimension.

Source : PlantainInfo n° 39, oct-nov. 1999.

Traitement post-récolte des bananes et des bananes plantain dans les zones rurales de l'État d'Enugu au Nigeria

Faute de méthodes appropriées pour conserver les bananes et les bananes plantain après la récolte, les populations rurales subissent des pertes de revenus significatives. Cependant, on a observé que les commerçantes de la zone agricole de Nsukka, dans l'État d'Enugu au Nigeria, vendent des bananes et des bananes plantain qui sont en bon état et mûrissent bien. Une étude a donc été entreprise afin de déterminer les méthodes traditionnelles utilisées dans trois communautés de cette région. On a interrogé 90 commerçantes à l'aide d'un questionnaire structuré. On a ainsi constaté que presque toutes appliquent des traitements traditionnels permettant de réduire les pertes post-récolte. Ces traitements sont les suivants :

- prolongation de la vie verte et maintien des bananes à l'état frais et ferme grâce à la pulvérisation d'eau froide matin et soir ;
- mûrissage des bananes à l'aide d'*Irvingia smithii* ou *I. gabonensis* (les bananes étant placées avec des fruits d'*Irvingia* dans des sacs en plastique fermés pendant une période pouvant aller de 24 à 72 heures selon la température extérieure) ;
- transport des bananes dans des paniers tapissés de feuilles pour prévenir les chocs.

Les commerçantes qui ont répondu au questionnaire ont aussi souligné la nécessité de disposer d'un local spécial, aussi frais que possible, pour stocker les bananes. Cela a pour effet de réduire la température ambiante, tout en augmentant l'humidité relative. En outre, elles découpent les mains immédiatement après la récolte du régime et les placent le plus rapidement possible dans le local de stockage.

Ce sont là des techniques simples et efficaces, qui pourraient être aisément adaptées dans d'autres régions.

Pour tous renseignements complémentaires, contacter : K.P. Baiyeri et C. Alor. Department of Crop Science, University of Nigeria, Nsukka, Nigeria.

Rentabilité de la lutte intégrée contre les ravageurs au Ghana

Les chercheurs de l'IITA s'emploient à diffuser la technique du parage des souches pour lutter contre les nématodes et les charançons au Ghana. Depuis l'introduction de cette technique en 1993, 40 % des producteurs de ce pays l'ont adoptée. La combinaison de matériel végétal sain et de pratiques culturales améliorées s'est révélée rentable sur une période de trois ans : il en est résulté un revenu de 1 300 dollars par hectare, soit 475 dollars de plus qu'avec les méthodes traditionnelles des paysans.

Source : Rapport annuel de l'IITA, 1998.

Amérique latine et Caraïbes

La cercosporiose noire atteint Haïti

Dans INFOMUSA 8(2), nous signalions que la cercosporiose noire menaçait la production bananière à Haïti. Elle a été maintenant détectée dans ce pays (FruiTrop 67). Les chercheurs du CIRAD-FLHOR devraient bientôt confirmer l'identité de la maladie, qui semble avoir traversé la frontière septentrionale de Haïti à la suite d'une saison des pluies très marquée à la fin de 1999.

Pour plus de détails, contacter : Thierry Lescot, thierry.lescot@cirad.fr

Effet de l'humus liquide de lombrics (*Eisenia foetida*) sur la croissance de souches de bananier 'Pineo gigante' (Musa AAA)

La première mise en culture des plantes en général est une étape des plus importantes pour obtenir de bons rendements. Au cours de cette phase, il est essentiel de sélectionner des semences de bonne qualité et de s'assurer qu'il existe dans le sol une réserve d'humidité et de nutriments disponible pour les plantes afin de leur assurer une croissance initiale rapide et uniforme (Roberts 1997).

Le sol peut conserver sa fertilité grâce à différents mécanismes liés à la matière organique et au travers desquels les microorganismes (champignons, bactéries, protozoaires, algues, etc.) jouent un rôle important dans les processus de minéralisation et de stabilisation des nutriments. A leur tour, ces microorganismes peuvent, dans certaines conditions, fonctionner comme des réservoirs qui permettent d'éviter la perte de nutriments par lessivage, volatilisation et/ou fixation sur des composés humiques ou minéraux.

On obtient, au travers de ces processus biologiques multiples, dans lesquels interagissent les racines, les microorganismes et les composés du sol, des minéraux disponibles (ioniques) pour les plantes. L'incorporation dans le sol de composés organiques augmente la quantité et l'activité des microorganismes du sol; ceci suggère de gérer la fertilisation organique et minérale dans les plantations commerciales comme une alternative relativement écologique et économique (Pineda 1996, Sikora cité par Fernández *et al.* 1998). De plus, l'utilisation de fertilisants minéraux a pour effet une destruction

transitoire de la population microbienne du sol, qui peut être restituée par l'utilisation d'engrais organiques (Pineda 1996). Il est très important d'utiliser les connaissances actuelles sur les processus biologiques du sol et la minéralisation des composés organiques labiles. Ceux-ci jouent un rôle essentiel dans le développement d'une agriculture rentable et respectueuse de l'environnement, dans laquelle l'inoculation de microorganismes agissant au niveau de la rhizosphère revêt une importance vitale (Reyes *et al.* 1995).

Malgré tout, les sources organiques sont principalement utilisées comme engrais au sol et/ou au feuillage de plantes déjà établies et non comme traitement pré-plantation du matériel végétal. Des souches du bananier 'Pineo gigante' ont été plantées après les avoir immergées dans une solution d'humus liquide produit par le lombric *Eisenia foetida*, pour différentes concentrations et durées.

L'humus liquide a un effet positif sur le bourgeonnement précoce et sur le taux de croissance des souches. Son utilisation comme pré-traitement à la plantation permet d'obtenir un matériel végétal plus homogène et plus vigoureux si on le compare aux souches non traitées à l'humus. En effet, ce traitement permet à la plante de s'établir de façon plus rapide et de mieux profiter des nutriments existant dans la solution du sol. Sa forme d'action n'est pas encore clairement expliquée mais on peut déjà déduire que, d'une façon ou d'une autre, il active les mécanismes physiologiques qui ont une influence notable et directe sur le développement et la croissance du bananier ce qui s'exprime par la vigueur des plantes. Il est important de conduire d'autres recherches sur ce sujet et d'approfondir les aspects physiologiques.

Références

- Fernández M., C. Alvarez, A. Borges-Perez & A. Borges-Rodriguez. 1998. Bacteria-enriched inoculant enhances banana development and influences nutrition. *Fruits* 53 :79-87.
- Pineda R. 1996. A propósito de ecología, agricultura y fertilizantes. *Informaciones agrónomicas* 22:9-13.
- Reyes A., M. González, E. Gracia, C. Rodríguez, R. Martínez R & P. González. 1995. Influencia de la micorriza y una bacteria solubilizadora de fosfato en el crecimiento y desarrollo de plantas micro-propagadas de banano. *INFOMUSA* 4(2):9-10.
- Roberts T. 1997. Papel del fósforo y el potasio en el establecimiento de los cultivos. *Informe de la potasa y el fósforo (INPOFOS)*. *Informaciones Agrónomicas* 26 :1-4.
- Résultats préliminaires fournis par Gustavo Martínez, Omar Tremont, Rafael Pargas et Edwuar Manzanilla, FONAIAP/CENIAP, Apartado postal 4663, Maracay 2101, Venezuela.

Afrique de l'Est et australe

Diffusion de la cercosporiose noire dans la région de l'Océan Indien

Dans les années 90, la cercosporiose noire s'est diffusée depuis l'Afrique de l'Est jusque dans l'archipel des Comores, où sa présence

a été confirmée en 1995 à Mayotte. Depuis lors, elle a touché l'ensemble des plantations de ces îles. La présence de cette maladie étant à présent soupçonnée à Madagascar, des échantillons sont actuellement analysés par le CIRAD-FLHOR pour confirmation.

Source : FruiTrop 67, mars 2000.

La mosaïque en tirets présente à l'île de la Réunion

Le bananier a été introduit à l'île de la Réunion vers 1668 par des navigateurs hollandais (Rivals 1960). Aucune variété indigène n'est recensée, mais plusieurs cultivars ont été introduits sur l'île depuis, appartenant aux sous-groupes Sucrier, Cavendish, Silk, Pome, Bluggoe. On trouve également dans les jardins familiaux la Figue Rose (sous-groupe Red), quelques bananiers plantain et certains bananiers ornementaux (*Ensete* sp., *M. balbisiana*, *M. ornata*, *M. zebrina*, *M. velutina*).

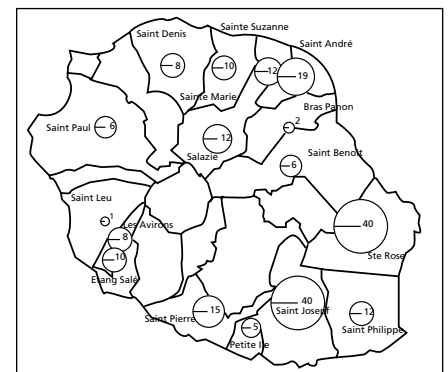


Figure 1. Répartition géographique des bananiers cultivés à la Réunion (nombre d'hectares cultivés).

Les clones les plus cultivés appartiennent au sous-groupe Cavendish (Valéry et Petite Naine, et plus récemment Grande Naine et Williams). Les bananiers des sous-groupes Silk et Pome sont plantés le plus souvent en bordure des champs de canne à sucre et constituent un appoint dans le revenu des ménages, quand les autres variétés manquent sur le marché. Les parcelles semi-intensives sont essentiellement sur la côte nord-est et dans le sud, plus arrosées (Anon. 1998). La superficie moyenne d'une exploitation ne dépasse pas 2 à 3 hectares, et la superficie totale en culture avoisine 200 hectares (Figure 1), pour une population de 750 000 habitants. On estime la superficie totale de la bananeraie réunionnaise, à 500 hectares, en incluant les micro-parcelles isolées (Agreste 1998).

Les rendements varient de 10 à 30 tonnes par hectare. La production est exclusivement réservée à la consommation locale.

Le charançon (*Cosmopolites sordidus*) est le ravageur principal. Les cercosporioses jaune et noire n'ont pas été observées. Des attaques de *Fusarium* sp. ont été observées sur des plantes appartenant au sous-groupe Silk.

Seul des individus du cultivar Petite Naine présentent des symptômes de mosaïque en



Figure 2. Symptômes de mosaïque en tirets sur une feuille de bananier.

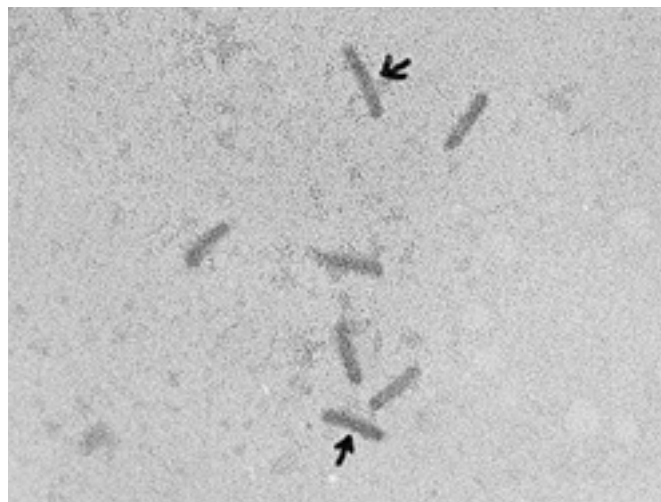


Figure 3. Particules bacilliformes de BSV (x 29000).

plage, avec un gaufrage de portions du limbe, et un engorgement consécutif de la plante (Figure 2). Le régime produit est déformé et de petite taille. D'autres bananiers du sous-groupe Cavendish, plantés dans les mêmes parcelles ne présentent pas de symptômes.

Ce cultivar, localement nommé Gabou, est rarement cultivé de manière intensive, bien que le rendement potentiel soit satisfaisant dans les conditions climatiques de la Réunion. En revanche, il est souvent utilisé dans les jardins fruitiers.

Un prélèvement de feuilles a été indexé au laboratoire de virologie du CIRAD. L'observation en immuno-électro-microscopie avec le sérum polyvalent développé par Lockhart contre le BSV montre des particules bacilliformes (Figure 3). Les bananiers concernés sont donc atteints de mosaïque en tirets (*Banana Streak Virus* - BSV).

Cette maladie virale a été décrite pour la première fois au Maroc (Lockhart 1986), puis dans de nombreuses zones de production de bananes et dans la zone de l'Océan Indien : Ile Maurice, Madagascar, Afrique de l'Est et du Sud, Austra-

lie (Caruana 1993). Les bananiers présentant ces symptômes ont été recensés dans toutes les zones de culture sur l'île. La plupart des producteurs avaient repéré ces symptômes depuis « fort longtemps », sans les relier à la présence d'une maladie; en effet, le plant malade n'exprime pas de symptômes plus visibles tels que nécroses ou dépérissement.

Dans les parcelles atteintes, la proportion de plants malades varie de 20 à 50 %. La progression de la maladie ne semble pas liée à un vecteur animal : aucune cochenille n'est présente sur les bananiers. Le virus de la mosaïque en tirets n'étant pas transmis par les outils, il semble donc que la seule voie d'extension de la maladie soit la propagation par plantation de rejets infestés.

En collaboration avec le Service de la Protection des Végétaux de la Réunion, les agriculteurs sont informés de cette méthode de transmission, sont formés à repérer les plants infestés, et invités au moins à ne plus utiliser les rejets malades pour les replantations et au mieux à détruire les touffes malades par application d'un herbicide systémique. L'utilisation

de plants issus de culture *in vitro*, indexés pour le virus de la mosaïque en tirets, est une méthode également recommandée.

Références

- Agreste. 1998. Données chiffrées DOM : Statistique agricole annuelle et valeur de la production agricole année 1997. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. 48 pp.
- Anon. 1998. Enquête fruitière. Chambre d'Agriculture de la Réunion. 27 pp.
- Caruana M.L. 1993. Principales maladies du bananier – Méthodes de lutte. Atelier Régional sur les maladies virales et l'amélioration génétique du bananier. IRAZ, Gitega, 15-20/02/1993.
- Lockhart B.E.L. 1986. Purification and serology of a bacilliform virus associated with banana streak disease. *Phytopathology* 76 :995-999.
- Rivals P. 1960. Les espèces fruitières introduites à la Réunion. 96 pp.

Contact : C. Lavigne. CIRAD-FLHOR, Station de Bassin-Plat, BP 180, 97455 Saint-Pierre Cedex, Ile de la Réunion.

Thèses

Interdépendance entre le développement du système racinaire et des parties aériennes du bananier (*Musa spp.*) dans des essais en champ et influence de différents facteurs biophysiques sur cette relation

Thèse de PhD soumise en février 2000 à la Katholieke Universiteit Leuven, Belgique.

Guy Blomme

Les bananiers et bananiers plantain (*Musa spp.*) occupent une place importante dans les systèmes culturels des

petits producteurs des zones tropicales humides et subhumides. Si des efforts d'amélioration génétique intensifs sont en cours, ils sont généralement axés sur les paramètres relatifs aux parties aériennes de la plante. Pourtant, le système racinaire des bananiers joue un rôle crucial dans l'assimilation des

éléments nutritifs et de l'eau, l'équilibre de la plante et la production des régulateurs de croissance. Jusqu'à présent, les recherches sur les systèmes racinaires des *Musa* se sont limitées essentiellement aux bananiers dessert qui ont une valeur élevée pour l'exportation, tandis que les bananiers plantain, les

bananiers à cuire et les hybrides ont été négligés. Afin de combler cette lacune, une étude exhaustive a été effectuée sur le système racinaire des *Musa* jusqu'au début du deuxième cycle. Cette recherche a porté sur 46 génotypes représentant tous les groupes de *Musa* et tous les degrés de ploïdie, afin de contribuer à l'amélioration génétique des bananiers et bananiers plantain.

On a évalué la relation entre le système racinaire et les parties aériennes des plants en analysant les corrélations et les composantes principales. On a constaté de fortes corrélations positives entre la croissance des racines et des parties aériennes du pied mère du début jusqu'au milieu de la phase végétative. En revanche, les corrélations étaient moins marquées pendant la phase reproductive, probablement en raison de la sénescence des racines et de la concurrence croissante entre le pied mère et ses rejets (pousses latérales).

Des courbes de croissance ont été établies pour différents caractères des racines et des parties aériennes. On a constaté que le rapport parties aériennes/racines était plus élevé pendant la phase végétative. Ainsi, le système racinaire des bananiers issus de vitroplants représentait jusqu'à 40 % de la matière sèche du plant en début de phase végétative, mais moins

de 15 % en phase reproductive. La surface foliaire et la dimension du système racinaire diminuaient toutes deux pendant la phase reproductive.

Il importe de disposer d'une variabilité de la dimension du système racinaire si l'on veut améliorer celui-ci dans le cadre d'un programme d'amélioration génétique. On a observé que la dimension du système racinaire augmentait en fonction du degré de ploïdie. Il n'a pas été possible d'évaluer la variabilité des caractères des racines latérales chez les différents génotypes, car la croissance de celles-ci était fortement influencée par le microenvironnement.

Il s'est avéré que la croissance des parties aériennes et des racines était influencée par le type de matériel végétal planté. Ainsi, les bananiers issus de rejets avaient, en milieu de phase végétative, un système racinaire plus important que celui des bananiers issus de vitroplants. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les premiers ont une souche de plus grande taille. Cependant, au moment de la floraison, la dimension du système racinaire était similaire chez les deux types de plants.

Des méthodes non destructives ont été mises au point pour évaluer rapidement le système racinaire. On a estimé les caractères des

racines à partir de paramètres des parties aériennes qui sont facilement mesurables. En outre, en prélevant des échantillons de sol (analyse de moins de 3 % du système racinaire d'une touffe), on a pu obtenir des informations adéquates sur la dimension du système racinaire de l'ensemble de la touffe. Cette méthode ne demande que 5 % du temps nécessaire pour extraire et analyser le système racinaire de la touffe complète.

On a constaté que le type de sol, le climat, l'infestation par des nématodes et la réduction de la surface foliaire exerçaient des effets significatifs sur la dimension du système racinaire. Par exemple, la présence de nématodes a réduit le système racinaire dans une proportion allant jusqu'à 70 % chez les génotypes sensibles. Cependant, la croissance des parties aériennes était généralement moins affectée que celle des racines. Cela signifie que les génotypes sensibles aux nématodes ont un rapport parties aériennes/racines élevé, ce qui les expose d'autant plus au risque de chute des plants.

Cette étude fournit une analyse approfondie du développement et de la croissance du système racinaire des *Musa*, qui devrait faciliter le travail des nématologistes aussi bien que des améliorateurs. ■

Utilisation de dérivés de graines de neem pour lutter contre le charançon, *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera : Curculionidae) et le complexe de nématodes parasites du bananier

Thèse de PhD soumise en juillet 1999 à l'université Kenyatta de Nairobi, Kenya.

Thaddée Musabyimana

Des essais ont été effectués de mai 1996 à février 1999 dans le laboratoire de la station expérimentale de Mbita Point de l'ICIPE et dans des champs de paysans dans l'ouest du Kenya, qui est l'une des principales régions bananières de ce pays. On a utilisé de la poudre de graines de neem (PGN), de la poudre d'amandes de neem (PAN), du tourteau de neem (TN) et de l'huile de neem (HN) contenant respectivement 4 000, 5 500, 5 800 et 850 ppm d'azadirachtine A, tels quels ou en solution aqueuse.

Essais en laboratoire : dans des essais de choix, 48 heures après le lâcher des charançons, moins de 30 % s'étaient installés sous les souches de bananier traitées au neem et plus

de 50 % sous les souches non traitées. Dans un essai d'alimentation, les larves de charançon ont causé peu de dégâts sur les souches traitées, mais ont fortement endommagé les souches non traitées. Cela signifie que le neem a un fort effet antiappétant sur *C. sordidus*. D'autre part, les femelles ont pondu 3 à 10 fois moins d'œufs dans les souches traitées que dans les souches non traitées. Le taux d'éclosion des œufs a été inférieur à 25 % dans les premières et supérieur à 50 % dans les témoins. Les traitements au neem ont également inhibé la croissance et le développement des larves : 40 à 60 % du deuxième stade larvaire sont morts en l'espace de 14 jours en conditions de confinement dans des pseudotrons traités au neem ; les larves survivantes étaient de petite taille et pesaient 4 à 6 fois moins que celles du témoin. Plus la

concentration des dérivés du neem était forte, plus ceux-ci ont exercé de l'effet.

On a évalué l'efficacité des dérivés du neem contre *C. sordidus* et contre les nématodes à la station expérimentale, dans des conditions d'infestation contrôlée à l'intérieur de fûts. On a également déterminé l'efficacité des méthodes, de la fréquence et des doses d'application de certains des dérivés du neem à la station expérimentale et dans les champs de paysans, avec différentes doses de fertilisation et différents niveaux d'infestation. Dans ces essais, on a utilisé le cultivar Nakyetengu (AAA-EA), qui est extrêmement sensible aux ravageurs en question.

Essais en station et en milieu paysan : dans un essai effectué en plein air à la station expérimentale, on a appliqué de la PGN, de la PAN et du TN au moment de la plantation, à la dose de 100 g/plant, à des rejets parés et non parés de bananiers placés dans des fûts d'une capacité de 100 ou 200 litres et inoculés avec 2 000 nématodes d'espèces mélangées et cinq paires (mâle et femelle) de charançons par fût. On a également inclus dans cet essai un traitement comportant des rejets trempés dans de l'extraire de HN. En comparaison avec le témoin, 10 mois après les traitements, les dérivés du neem avaient réduit la population de nématodes et les dégâts des charançons de manière significative, dans la même proportion que l'application d'une dose de 40 g/plant de Furadan. En outre, les rejets non parés traités à la PGN et au TN contenaient moins de nématodes que les rejets parés et traités avec les mêmes produits, ce qui montre que le parage n'est pas souhaitable. En revanche, les

applications de PAN et de HN se sont révélées toxiques pour les plants de bananiers.

L'application de PGN ou de TN sur le sol s'est révélée plus efficace que leur application sous forme aqueuse. En appliquant de la PGN ou du TN au moment de la plantation, puis à intervalles de 1, 2, 3 ou 4 mois sur les plants cultivés en conditions d'infestation contrôlée dans les fûts, on a obtenu une réduction significative de la densité des nématodes et des dégâts des charançons. De même, dans les essais effectués dans les champs des paysans, l'application de PGN ou de TN sur le sol à la dose de 60, 80 et 100 g/touffe au moment de la plantation, puis à intervalles de 4 mois, a eu pour effet de réduire significativement les dégâts des charançons et des nématodes, et d'accroître les rendements de 27 à 50 % par rapport au témoin pour le premier cycle, et de 30 à 60 % pour le deuxième cycle. L'application de Furadan a entraîné une augmentation du rendement en fruits de 27 % par rapport au témoin pour le premier cycle, mais une diminution (-2 %) pour le deuxième cycle. Même avec une faible fertilisation et un niveau élevé d'infestation, les traitements au neem ont permis de réduire les populations de ravageurs et ont nettement amélioré les rendements, qui ont été entre 7 et 10 fois plus élevés que ceux du témoin. L'application de PGN ou de TN à des doses de 200 à 400 g/touffe à intervalles de 6 mois a eu des effets toxiques sur les bananiers.

Selon la fertilisation et les doses de neem, le gain net obtenu par rapport au témoin grâce à l'application de PGN ou de TN s'est situé entre 70 et 800 dollars par hectare. En revanche, on a enregistré une perte de 700 dollars par hectare avec le Furadan. Il s'est avéré que l'application de neem à des doses supérieures à 200 g/touffe n'était pas rentable. L'auteur analyse les effets bénéfiques de l'application des dérivés de graines de neem sur la croissance et le développement des bananiers. Il examine les implications de ces résultats pour la gestion intégrée des ravageurs et met en lumière les aspects nécessitant des recherches plus approfondies. ■

Livres, etc.

Evaluating bananas : a global partnership. Results of IMTP Phase II

Compilé par G. Orjeda
ISBN : 2-910810-38-0

Durant la Phase II du Programme international d'évaluation des *Musa* (IMTP), on a évalué le matériel génétique pour la résistance à la cercosporiose noire (*M. fijiensis*), à la cercosporiose jaune (*M. musicola*), et à la fusariose (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*). La plupart des essais de la Phase II de l'IMTP ont été plantés en 1996 et 1997. La première partie de ce rapport présente une synthèse des résultats (un résumé a été pu-



blié dans INFOMUSA Vol. 8, No. 1, pp. 3-10). La deuxième partie fournit l'ensemble des résultats obtenus sur les sites d'évaluation des cercosporioses (Cameroun, Colombie, Costa Rica, Honduras, Nigeria, Philippines, Tonga et Ouganda) et de la fusariose (Australie, Brésil, Honduras, Indonésie, Malaisie, Philippines, Afrique du Sud, Espagne, Taiwan et Ouganda).

Bananas

ISBN : 2-910810-37-2

Cette brochure de 16 pages, produite en français pour le Salon de l'Agriculture de Paris en 1998, est maintenant disponible en



anglais. Elle présente tous les aspects de la culture de la banane : origine, diversité, importance économique et alimentaire, commercialisation, maladies et ravageurs, axes de recherche, transformation. Elle est disponible au siège de l'INIBAP à Montpellier.

Annonces

IV séminaire international sur la protection des plantes

Palais des Conventions, Varadero, Matanzas, Cuba. 11-15 juin 2001

L'Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV) et le Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA) organisent, du 11 au 15 juin 2001, le IV^{ème} séminaire interna-

tional sur la protection des plantes qui se déroulera au Palais des Conventions à Varadero.

Chercheurs, enseignants, vulgarisateurs et délégués de différents pays pourront, au cours de forum, partager leurs résultats les plus récents ainsi que les tendances à venir dans le domaine de la protection des plantes.

Le programme scientifique inclut des sessions plénières, des ateliers dont un intitulé *les maladies et ravageurs des bananiers : situation actuelle et challenges pour le futur*, des réunions ainsi que des sessions de posters et des expositions commerciales.

Pour de plus amples informations, contacter le secrétariat du Comité d'organisation :

Ileana Sandoval Ramírez

Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. (INISAV)

Calle 110 #514. between 5ta B and 5ta F. Playa. C.P 11600.

La Havana. Cuba

Fax : (537) 240535

E-mail : inisav@ceniai.inf.cu

Maricela Díaz Rodríguez

Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA)

PO Box 10. San José de las Lajas,

La Havana. Cuba

Fax : (5364) 63897

E-mail : mdiaz@id.censa.edu.cu

Les personnes plus particulièrement intéressées par l'atelier sur les maladies et ravageurs des bananiers sont invitées à contacter le Dr Luis Pérez Vicente, organisateur de cet atelier à l'une des adresses électroniques suivantes :

inisav@ceniai.inf.cu ou

cnsv@ceniai.inf.cu

Appel d'offre de la Fondation internationale pour la science (IFS)

La Fondation internationale pour la science apporte son soutien aux jeunes chercheurs de valeur des pays en développement en attribuant des allocations de recherche ainsi que des services complémentaires comme l'achat d'équipements de recherche et la participation à des conférences scientifiques.

Les allocations accordées sont limitées à 12 000 USD par période d'un an au moins et de trois ans au plus, et peuvent être renouvelées deux fois. Une allocation de recherche est destinée à couvrir des dépenses d'équipements de recherche, de fonctionnement et de documentation scientifique.

Le candidat doit remplir les critères suivants :

- être ressortissant d'un pays en développement,
- mener la recherche proposée dans un pays en développement,
- être âgé de moins de 40 ans lors de la première demande de bourse (moins de 30 ans pour les candidats chinois) et au début de sa carrière scientifique,
- être titulaire d'un diplôme universitaire de 3^{ème} cycle (DEA minimum ou équivalent),

– être employé par une université ou une institution de recherche d'un pays en développement.

Les candidatures de ressortissants de pays Européens, y compris la Turquie et Chypre ainsi que les pays de l'ex-URSS, ne sont pas recevables.

La Fondation prendra en considération des demandes de bourses concernant la gestion, l'utilisation et la conservation des ressources biologiques. Les domaines de recherche prioritaires de la Fondation incluent : Ressources Aquatiques, Productions Animales, Productions Végétales, Foresterie/Agroforesterie, Agro-Alimentaire et Substances Naturelles.

Pour des renseignements supplémentaires et pour obtenir le formulaire de demande d'allocation de recherche en anglais ou en français, veuillez vous adresser à :

IFS, Grev Turegatan 19, S-114 38

Stockholm, Suède

Fax : +46-8-54581801

Email : info@ifs.se

Http://www.ifs.se

Nouvelles de L'INIBAP

Première réunion de MUSALAC

Le 6 juin 2000, à Cartagena de Indias, en Colombie, 14 instituts nationaux de recherche et développement représentant leurs pays respectifs (Bolivie, Brésil, Colombie, Costa Rica, Cuba, Equateur, Honduras, Jamaïque, Mexique, Panama, Pérou, Puerto Rico, République Dominicaine et Venezuela) et 4 organisations régionales ou internationales (CATIE, CIRAD, IICA et INIBAP) ont signé, dans le cadre de FORAGRO, un Accord d'Etablissement du réseau de recherche-développement

sur les bananiers et les bananiers plantain pour l'Amérique latine et les Caraïbes (MUSALAC).

L'objectif général de MUSALAC est l'augmentation de la productivité et de la compétitivité de la filière agroalimentaire de la banane et de la banane plantain grâce au développement des activités scientifiques et technologiques, fondé sur le renforcement des systèmes nationaux de recherche-développement, l'intégration des acteurs de la filière, l'identification des priorités et la coordination des actions en Amérique latine et dans les Caraïbes.

Les objectifs spécifiques de MUSALAC sont les suivants :

- Intégrer les programmes conventionnels et non conventionnels d'amélioration génétique et les encourager à mettre au point rapidement des variétés améliorées de *Musa* à large base génétique et à bonne acceptabilité par le consommateur, et à les mettre à la disposition des producteurs par l'intermédiaire des programmes nationaux de recherche-développement.
- En adoptant une approche participative, développer et élargir les systèmes de gestion intégrée qui s'attaquent aux problèmes prioritaires sous l'angle de la durabilité et de la rentabilité.
- Mettre au point et transférer des technologies de gestion agronomique et post-récolte visant à augmenter la productivité et la durabilité de la culture.
- Favoriser le développement du producteur dans tous les domaines en améliorant sa compétitivité, et promouvoir une augmentation de la demande en produits et sous-produits issus des bananes et bananes plantain.

Organisation de MUSALAC

La structure de MUSALAC est la suivante :

- un **Comité de Pilotage** constitué par un représentant d'un institut pour chaque pays membre qui définira ses politiques, ses plans d'action et ses projets à moyen et long terme. Ce Comité se réunira une fois par an. Altagracia Rivera de Castillo, du CEDAF, République Dominicaine, a été élu Président du Comité, et Rodrigo Avelaño, de l'INIFAP, Mexique, et Alvaro Uribe, de la CORPOICA, Colombie, Vice-Présidents.
- un **Comité Exécutif** qui aura pour responsabilité de coordonner et d'assurer le suivi du plan d'action général et des plans de travail annuels de MUSALAC. Franklin E. Rosales, Coordinateur de l'INIBAP pour l'Amérique latine et les Caraïbes a été élu Coordinateur Exécutif.
- des **Noyaux Nationaux**, constitués essentiellement des institutions nationales publiques et privées dont le mandat et les responsabilités concernent la recherche-développement sur le bananier et le bananier plantain à l'échelle nationale, ainsi que des mécanismes de coordination (par exemple réseaux nationaux, groupes de soutien, etc.).

MUSALAC stimulera la participation d'organismes internationaux ou régionaux de coopération technique et financière concernant la recherche-développement sur les bananiers et plantains, dont les mandats coïncident avec les objectifs du réseau.

Dans un premier temps, priorité sera donnée à quatre composantes thématiques :

- Amélioration génétique
- Gestion intégrée des maladies et ravageurs
- Gestion de la culture
- Développement socio-économique.



Les participants de la première réunion de MUSALAC



Franklin Rosales, Coordinateur Régional de l'INIBAP signe l'Accord d'établissement de MUSALAC.

Après la signature de l'Accord, les participants se sont répartis en quatre groupes thématiques pour définir, avec l'aide de Jorge Savarria (CIAT), un cadre logique pour quatre thèmes prioritaires au niveau régional, définis dans le but de développer des projets pour MUSALAC.

L'événement a été inauguré par Juan Lucas Restrepo, Directeur du Bureau de développement agricole du Département de la planification nationale de Colombie. Enrique Alarcon de l'IICA (Costa Rica), Miguel Gomez Lim du CINESTAV (Mexique), et Carlos Quiros du CIAT (Colombie), ont présenté des exposés sur "Les scénarios agricoles en Amérique latine et les Caraïbes examinés d'un point de vue technologique"; "La biotechnologie végétale en Amérique latine : perspectives et défis"; et "La recherche participative", respectivement. Deux autres exposés ont été présentés par des membres de l'IPGRI-INIBAP : PROMUSA et l'IMTP (Jean-Vincent Escalant) et Le système mondial d'information de l'INIBAP (Claudine Picq).

Recrutements

L'INIBAP a récemment recruté six nouveaux collaborateurs.

Guy Blomme, de nationalité belge, est agronome spécialisé en agriculture tropicale et en gestion des cultures. Après deux années à l'Ecole supérieure d'agronomie tropicale de Montpellier, il vient de soutenir avec succès une thèse de PhD à l'université catholique de Louvain, en Belgique. Dans le cadre de cette thèse, intitulée *The interdependence of root and shoot development in banana (Musa spp.) under field conditions and the influence of different biophysical factors on this relationship* (le résumé de la thèse est publié dans ce numéro d'INFOMUSA), il a mené des recherches à la station d'Onne de l'IITA (où il a passé près de cinq ans) sous la

supervision de R. Swennen et de A. Tenkouano de l'IITA. Au début de février 2000, Guy a pris ses fonctions de chercheur associé au Bureau régional de l'INIBAP pour l'Afrique orientale et australe à Kampala, en Ouganda, où il s'occupera du transfert de technologie pour la production bananière.

Max Ruas, de nationalité française, est titulaire d'une maîtrise de biologie des organismes et populations et d'un DEA en informatique appliquée aux organisations, obtenus à l'université de Montpellier. Il a travaillé précédemment comme gestionnaire de données en biologie et comme analyste-programmeur. Depuis le 28 février 2000, il occupe le poste d'assistant informaticien au siège de l'INIBAP à Montpellier.

Deborah Karamura, de nationalité ougandaise, a travaillé de janvier 1994 à ce jour comme taxonomiste et spécialiste du matériel génétique de bananier à la *National Agricultural Research Organisation* (NARO) en Ouganda. Elle est titulaire d'un doctorat en taxonomie botanique, d'un M.Sc. en taxonomie pure et appliquée (université de Reading) et d'un B.Sc. en botanique et zoologie (université de Makerere). L'INIBAP l'a récemment recrutée comme spécialiste du matériel génétique de bananier pour le projet de conservation *in situ* mis en œuvre en Ouganda et en Tanzanie. Basée au Bureau régional de l'INIBAP à Kampala, elle sera responsable de différentes activités du projet, et sera notamment chargée d'étudier la diversité des cultivars bananiers dans la région et d'apporter un soutien au personnel des SNRA, en les formant aux méthodes de caractérisation du matériel génétique. Dans le même temps, elle consacrera 30 % de son temps aux activités de recherche de la NARO sur le matériel génétique. Dans le cadre du projet, Deborah travaillera en étroite collaboration avec les SNRA d'Ouganda et de Tanza-

nie, l'IITA, l'ICIPE et un certain nombre d'ONG.

Charlotte Lusty, du Royaume-Uni, est titulaire d'un B.Sc. en sciences biologiques (zoologie) de l'université d'Edinburgh (1988-1991). A l'issue de ses études, Charlotte a participé pendant deux années à plusieurs projets de recherche sur le terrain au Royaume-Uni, au Kenya et en Tanzanie. De 1994 à ce jour, elle a travaillé pour le World Conservation Monitoring Centre (WCMC), au sein duquel elle était principalement chargée de gérer les données du programme de conservation des ressources végétales. Elle a acquis une large expérience dans la gestion des données sur les espèces végétales, la liaison au sein d'un réseau international d'experts, l'organisation d'ateliers et la production de documents et publications. Le 5 juin 2000, Charlotte a pris ses fonctions en tant que spécialiste en communication au siège de l'INIBAP à Montpellier. Ses tâches consisteront à évaluer et synthétiser les données et informations scientifiques, préparer du matériel d'information sur les activités de l'INIBAP, aider les coordinateurs régionaux à développer une politique de communication et des outils de vulgarisation, à évaluer l'impact de l'INIBAP et à contribuer aux publications de l'INIBAP.

Luis Pocasangre, originaire du Honduras, a obtenu un M.Sc. en amélioration génétique des plantes (avec spécialisation en biotechnologies) au Centre de recherche et d'enseignement supérieur en agronomie tropicale de Turrialba au Costa Rica en 1992 et un B.Sc. en agronomie à l'*Universidad Nacional Autónoma de Honduras* en 1988. Au cours des dix dernières années, il a acquis une large expérience dans plusieurs laboratoires en phytopathologie, nématologie, culture de tissus, biotechnologies, physiologie végétale et conservation des ressources génétiques. De 1996 à ce jour, il a travaillé comme assistant de recherche à l'université de Bonn, où il était responsable du développement biologique des vitroplants pour les systèmes de production bananière. En juin 2000, Luis défendra sa thèse de PhD en phytopathologie/nématologie à l'*Institut für Pflanzenkrankheiten* de l'université de Bonn, et à partir du 1^{er} juillet 2000, il assumera le poste de chercheur associé au Bureau régional de l'INIBAP pour l'Amérique latine et les Caraïbes, où il s'occupera du transfert de technologie.

Charles Eledu, citoyen ougandais, est titulaire d'un M.Sc. en cartographie des sols de l'Institut international des levés photogram-



Guy Blomme



Max Ruas



Deborah Karamura



Charlotte Lusty



Luis Pocasangre



Charles Eledu

métriques et des sciences de la terre aux Pays-Bas et d'un B.Sc. en agronomie de l'université de Makerere en Ouganda. Au cours des trois dernières années, il a travaillé comme chercheur associé spécialisé dans les systèmes d'information géographique (SIG) pour le *Centro Internacional de Agricultura Tropical* (CIAT) en Ouganda, où il était chargé de mettre en place une base de données sur les haricots en Afrique. Il a également contribué au SIG du programme bananier de l'IITA en Ouganda. L'INIBAP a récemment recruté Charles comme expert en SIG pour le projet de données de référence sur la production bananière mis en œuvre en Afrique orientale et australe.

Départ de Gisella Orjeda

Gisella Orjeda s'est jointe au personnel de l'INIBAP en mai 1996 en tant que responsable de l'amélioration génétique. De nationalité péruvienne, elle a coordonné la phase II du Programme international d'évaluation des *Musa* (IMTP) et a contribué à créer le Programme mondial pour l'amélioration des *Musa* (PROMUSA). Son activité dans le cadre de l'IMTP l'a amenée en de nombreux points de la planète, où elle a visité les sites d'évaluation et aidé les programmes participants à collecter et analyser les données expérimentales. L'un de ses grands mérites est d'avoir mis en place la base de données de l'IMTP; celle-ci contient aujourd'hui des informations sur plus de 30 clones candidats qui feront l'objet d'évaluations dans les essais futurs de l'IMTP. Gisella a toujours insisté sur l'importance de la validité statistique des données issues des essais de l'IMTP et elle s'est attachée à élaborer des protocoles standard pour la collecte des données, afin de faciliter la comparaison des résultats entre les différents sites. A l'achèvement des essais de la phase II, elle a procédé à une analyse statistique exhaustive des résultats de 17 sites et a assuré la publication du rapport final de cette phase, qui est disponible à l'INIBAP.

Après s'être consacrée pendant trois ans à la coordination d'activités de recherche à l'INIBAP, Gisella a souhaité retourner à la recherche proprement dite. C'est pourquoi elle a passé ses six derniers mois d'emploi à l'INIBAP à collaborer avec le CIRAD à la caractérisation moléculaire de cellules de bananier dérivées d'essais de fusion de protoplastes. A l'issue de ce court projet de recherche, Gisella quitte l'INIBAP pour poursuivre sa carrière scientifique.

Le personnel de l'INIBAP souhaite plein succès à Gisella dans ses activités futures.

15^e anniversaire

Cette année marque le 15^e anniversaire de l'INIBAP. A cette occasion, plusieurs activités et initiatives ont été entreprises : traduction en anglais de la brochure joliment illustrée sur « Les bananes », qui n'existait jusqu'à présent qu'en français, et production

d'une série de fiches techniques sur le rôle de la banane en tant que culture vivrière à l'échelle mondiale et sur la contribution de l'INIBAP à la recherche-développement.

Cet anniversaire sera officiellement célébré lors de la prochaine réunion mondiale de PROMUSA qui aura lieu au mois de novembre en Thaïlande. Cette réunion coïncidera avec un symposium national et une exposition sur les bananes.

Si l'on jette un regard en arrière sur ses 15 années d'existence, la croissance de l'INIBAP et son évolution durant cette brève période apparaissent remarquables. Le petit institut indépendant, comptant au départ moins de 10 agents, est devenu aujourd'hui un programme important du GCRAI, dont le personnel se compose de plus de 40 collaborateurs basés dans sept pays de différentes régions du monde. L'INIBAP apporte actuellement un soutien actif à plus de 40 projets de recherche exécutés dans une trentaine de pays tandis que les réseaux régionaux qu'il coordonne associent une cinquantaine de pays.

Evaluation externe de l'INIBAP

En février et mars 2000, le programme de l'INIBAP a été soumis à une évaluation externe par une mission constituée par l'IPGRI et composée des membres suivants : Dr Claude Fauquet (directeur d'ILTAB, États-Unis), Prof. Joseph Mukiibi (directeur général du NARO, Ouganda), Dr Michel de Nuccé de Lamothe (président d'Agropolis, France) et Prof. Dolores Ramirez (université des Philippines, chef de la mission).

Chaque membre a visité un bureau régional de l'INIBAP et deux ou trois SNRA. La mission a également visité la banque de matériel génétique en Belgique et le siège de l'INIBAP à Montpellier.

A l'issue de son évaluation, la mission a établi un rapport très favorable, tant sur les activités régionales de l'INIBAP que sur ses activités internationales. Parmi les points forts, elle a relevé en particulier les échanges de matériel génétique, l'amélioration du matériel génétique, la documentation et la formation. Elle a jugé efficace le mode de fonctionnement de l'INIBAP, en notant que le travail en réseau et le recours à des ressources extérieures permettent à sa modeste équipe d'accomplir une somme de travail impressionnante.

La mission a identifié plusieurs domaines demandant une intensification des efforts : l'INIBAP devra notamment élaborer une stratégie de conservation couvrant l'ensemble des ressources génétiques de *Musa*, et il devra s'attacher à mieux exploiter la diversité de ces ressources génétiques dans ses activités de sélection et d'amélioration. L'INIBAP a d'ores et déjà commencé à prendre des mesures pour appliquer ces recommandations et les autres orientations formulées par la mission.

Enfin, la mission d'évaluation a souligné que la recherche sur les bananes demeure li-

mitée par rapport à l'importance de cette culture dans le monde, ce qui s'explique essentiellement par le faible niveau des fonds disponibles. Cependant, elle a reconnu que le travail en réseau constitue la meilleure approche pour répondre aux besoins en matière de recherche bananière à l'échelle internationale et elle a estimé que la structure mise en place par l'INIBAP est parfaitement adaptée aux besoins futurs. En outre, la mission a demandé à l'IPGRI d'attirer l'attention du GCRAI sur le fait que le modèle de l'INIBAP pourrait être repris pour d'autres produits de base ou systèmes de culture.

EXPO 2000

“ Homme – Nature – Technologie – Un monde nouveau ” : tel est le thème directeur de Expo 2000, qui a lieu du 1^{er} juin au 31 octobre à Hanovre, en Allemagne. L'une des caractéristiques remarquables de cette exposition universelle est qu'elle ne se déroulera pas uniquement à Hanovre. Il est considéré que l'Expo 2000 se tiendra en tout lieu où des hommes et des femmes élaborent et concrétisent des idées pour l'avenir. Pour que l'Expo 2000 soit une exposition universelle au vrai sens du terme, elle sera articulée autour d'un concept entièrement nouveau, intitulé “ Projets tout autour du monde ”.

La banque de matériel génétique de l'INIBAP a été sélectionnée pour figurer parmi ces “ Projets tout autour du monde ”.

En participant à cet événement, l'INIBAP entend mener une action de sensibilisation sur le rôle essentiel de la culture de la banane. Il s'agit de faire savoir que, sur 88 millions de tonnes de bananes récoltées chaque année dans le monde, plus de 85 % viennent de petits exploitants qui produisent presque exclusivement pour la consommation locale. Les bananes sont avant tout une culture vivrière : voici le message que l'INIBAP fera entendre à l'Expo 2000.

Site Web de l'INIBAP

Comme nous le signalions dans le dernier numéro d'INFOMUSA (vol. 8, n° 2), l'INIBAP a récemment lancé un nouveau site Web qui fournit un large éventail d'informations sur ses activités, ainsi qu'un accès en ligne à ses bases de données et à certaines de ses publications. Nous avons le plaisir de vous annoncer que ce site existe désormais en trois langues : anglais, français et espagnol.

Parmi les documents récemment placés sur le site figurent les versions anglaise et espagnole du rapport de l'atelier international sur la production et la commercialisation des bananes issues de la petite agriculture biologique, qui a eu lieu en novembre 1999 en République Dominicaine, et des informations concernant le symposium international sur la biologie moléculaire et cellulaire des bananiers et la réunion mondiale de PROMUSA qui doivent se tenir prochainement. Adresse du site : <http://www.inibap.org>

Les adresses de l'INIBAP

• Siège :

Parc Scientifique Agropolis II
34 397 Montpellier Cedex 5 - FRANCE

E-mail : inibap@cgiar.org

http://www.inibap.org

Directeur :

Dr Emile FRISON

E-mail : e.frison@cgiar.org

Responsable des Recherches sur les Ressources Génétiques

Dr Jean-Vincent ESCALANT

E-mail : j.escalant@cgiar.org

Responsable de la Conservation du Matériel Génétique

Melle Suzanne SHARROCK

E-mail : s.sharrock@cgiar.org

Responsable de l'Information et de la Communication :

Melle Claudine PICQ

E-mail : c.picq@cgiar.org

Responsable du MGIS

Melle Elizabeth ARNAUD

E-mail : e.arnaud@cgiar.org

Responsable Financier :

Mr Thomas THORNTON

E-mail : t.thornton@cgiar.org

• Bureau Régional pour l'Amérique latine et les Caraïbes

Coordinateur Régional :

Dr Franklin E. ROSALES

Chercheur associé, transfert de technologies :

Luis POCASANGRE

C/o CATIE

Apdo 60-7170 Turrialba, COSTA RICA

Tel/Fax : (506) 556 2431

E-mail : inibap@catie.ac.cr

• Bureau Régional pour l'Asie et le Pacifique

Coordinateur Régional : Dr Agustín MOLINA

C/o Collaborator Center IRRI

College, Laguna 4031

PHILIPPINES

Fax: (63 49) 536 05 32

E-mail : a.molina@cgiar.org

• Bureau Régional pour l'Afrique occidentale et centrale

Coordinateur Régional :

Dr Ekow AKYEAMPONG

Expert associé, Entomologie :

Stijn MESSIAEN

C/o CRBP - BP 12438

Douala, CAMEROUN

Tel/Fax : (+237) 42 91 56

E-mail : inibap@camnet.cm

• Bureau Régional pour l'Afrique orientale et australe

Coordinateur Régional :

Dr Eldad KARAMURA

Chercheur associé, transfert de technologies :

Guy BLOMME

P.O. Box 24384

Kampala, OUGANDA

Fax: +(256-41) 22 35 03

E-mail: inibap@imul.com

Centre de Transit INIBAP (ITC)

Responsable :

Melle Ines VAN DEN HOUWE

Katholieke Universiteit Leuven

Laboratory of Tropical Crop Improvement

Kardinaal Mercierlaan 92

B-3001 Heverlee, BELGIQUE

Fax: (32 16) 32 19 93

E-mail :

ines.vandenhoutte@agr.kuleuven.ac.be

Experts associés, Nématologie

Inge VAN DEN BERGH

C/o VASI

Van Diem, Than Tri

Hanoi, VIET-NAM

Fax: (84 4) 86 13 937

E-mail : ingegeert@fpt.vn

Thomas MOENS

C/o CORBANA

Station de recherche La Rita

Apdo 390-7210

Guápiles, Costa Rica

Fax : (506) 763 30 55

E-mail : investigaciones@corbana.com

Conseils aux auteurs

Les textes dactylographiés seront préparés en français, anglais ou espagnol et envoyés au rédacteur en chef de la revue. Ils seront présentés en double interligne. Toutes les pages seront numérotées (y compris les tableaux, figures, légendes et références) à partir de la page de titre. Le titre sera le plus court possible. 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.

Si le texte a été saisi sur un système informatisé, merci d'envoyer avec votre version imprimée une copie sur disquette ou par courrier électronique en indiquant les références du logiciel de traitement de texte utilisé.

• Résumés

Un résumé dans la langue du texte et éventuellement dans les deux autres langues de la revue devra accompagner la contribution. Il ne devra pas excéder 200 à 250 mots.

• Sigles

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

• Bibliographie

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 (ex : Sarah *et al.* 1992).

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

Articles de 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.

Livres : Stover R.H. & N.W. Simmonds. 1987. *Bananas* (3rd édition). Longman, Londres, Royaume Uni.

Articles (ou chapitres) de publications non-périodiques : 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.

• Tableaux

Numérotez-les et faites référence à ces numéros dans le texte. Chaque tableau sera accompagné d'un titre.

• **Illustrations** Numérotez-les et faites référence à ces numéros dans le texte. N'oubliez pas d'indiquer les légendes.

Graphiques : Merci de fournir avec le graphique les données brutes correspondantes.

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

Photographies noir et blanc : elles doivent être tirées sur papier brillant et très contrastées.

Photographies en couleur : fournir un très bon tirage papier ou des diapositives de bonne qualité.

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.**

Les publications de l'INIBAP



Disponibles au Siège central à Montpellier :

- INIBAP. 2000. G. Orjeda (compil.). Evaluating bananas: a global partnership. Results of IMTP Phase II.
- INIBAP/EARTH/IDRC. 1999. F.E. Rosales, S.C. Tripon & J. Cerna (eds). Organic/environmentally friendly banana production. Proceedings of a workshop held at EARTH, Guácimo, Costa Rica, 27-29 July 1998 (*in press*).
- INIBAP/CRBP/CTA/CF. 1999. C. Picq, E. Fouré & E.A. Frison (eds). Bananas and Food Security/Les productions bananières : un enjeu économique majeur pour la sécurité alimentaire. Proceedings of an International Symposium held in Douala, Cameroon, 10-14 November 1998.
- INIBAP/FHIA. 1999. F.E. Rosales, E. Arnaud & J. Coto (eds). A tribute to the work of Paul Allen: a catalogue of wild and cultivated bananas.
- INIBAP/RF/SDC. 1999. E.A. Frison, C.S. Gold, E.B. Karamura & R.A. Sikora (eds). Mobilizing IPM for sustainable banana production in Africa. Proceedings of a workshop on banana IPM held in Nelspruit, South Africa, 23-28 November 1998.
- INIBAP 1999. E. Akyeampong (ed.). *Musa* Network for West and Central Africa. Report of the second Steering Committee meeting held at Douala, Cameroon, 15-16 November 1998.
- INIBAP 1999. Annual Report 1998.
- INIBAP 1999. K. Shepherd. Cytogenetics of the genus *Musa*.
- INIBAP 1998. E. Akyeampong (ed.) *Musa* Network for West and Central Africa. Report of the first Steering Committee meeting held at Douala, Cameroun, 8-10 Decembre 1998.
- INIBAP 1998. E.A. Frison & S.L. Sharrock (eds). Banana streak virus: a unique virus-*Musa* interaction? Proceedings of a workshop of the PROMUSA virology working group held in Montpellier, France, 19-21 January 1998.
- INIBAP 1998. C. Picq (ed.). Segundo seminario/taller de la Red regional de información sobre banano y plátano de America Latina y el Caribe. San José, Costa Rica, 10-11 de Julio 1997.
- INIBAP 1998. B.K. Dadzie. Post-harvest characteristics of black Sigatoka resistant banana, cooking banana and plants hybrids. INIBAP Technical Guidelines 4.
- INIBAP 1998. G. Orjeda en collaboration avec les groupes de travail de PROMUSA sur la fusariose et les cercosporioses. Evaluation de la résistance des bananiers aux cercosporioses et à la fusariose. Guides techniques INIBAP 3.

CIRAD/INIBAP 1998. Les bananes.

- INIBAP/ACIAR 1997. E. Arnaud & J.P. Horry (eds). *Musalogue*, a catalogue of *Musa* germplasm: Papua New Guinea collecting missions 1988-1989.
- INIBAP/CTA/FHIA/NRI/ODA 1997. B.K. Dadzie & J.E. Orchard. Evaluation post-récolte des hybrides de bananiers et bananiers plantain : Critères et méthodes. Guides techniques INIBAP 2.
- INIBAP/CTA 1997. P.R. Speijer & D. De Waele. Evaluation du matériel génétique de *Musa* pour la résistance aux nématodes. Guides techniques INIBAP 1.
- INIBAP/The World Bank 1997. E.A. Frison, G. Orjeda & S. Sharrock (eds). *PROMUSA*: A Global Programme for *Musa* Improvement. Proceedings of a meeting held in Gosier, Guadeloupe, March 5 and 9, 1997.
- INIBAP-IPGRI/CIRAD 1996. Descripteurs pour le bananier (*Musa* spp.).

Disponibles directement auprès d'ASPNET :

- INIBAP. 2000. R.V. Valmayor, S.H. Jamaluddin, B. Silayoi, S. Kusumo, L.D. Danh, O.C. Pascua & R.R.C. Espino. Banana cultivar names and synonyms in Southeast Asia (*in press*).
- INIBAP/ASPNET 1999. V.N. Roa & A.B. Molina (eds). Minutes: Eighth meeting of INIBAP/ASPNET Regional Advisory Committee (RAC) hosted by the Queensland Horticulture Institute (DPI) in Brisbane, Australia, 21-23 October 1998.
- INIBAP/ASPNET 1998. Minutes: Seventh meeting of INIBAP/ASPNET Regional Advisory Committee (RAC) hosted by the Vietnam Agricultural Science Institute (VASI) in Hanoi, Vietnam, 21-23 October 1997.
- INIBAP/ASPNET 1997. V.N. Roa & R.V. Valmayor (eds). Minutes: Sixth meeting of INIBAP/ASPNET Regional Advisory Committee (RAC) hosted by National Research Center on Banana (ICAR) in Tiruchirapalli, India, 26-28 September 1996.
- INIBAP/ASPNET 1996. R.V. Valmayor, V.N. Roa & V.F. Cabangbang (eds). Regional Information System for Banana and Plantain - Asia and the Pacific (RISBAP): Proceedings of a consultation/workshop held at Los Baños, Philippines, 1-3 April 1996. (ASPNET Book Series N° 6).

Sommaire

3^e réunion mondiale de PROMUSA, 6-8 novembre 2000, Thaïlande p. I

2^e symposium international sur la biologie moléculaire et cellulaire des bananiers, 29 octobre-3 novembre 2000, Byron Bay, Australie p. II

Initiative « La génomique du bananier » p. III

Qu'est-ce que PROMUSA ?

Le programme mondial pour l'amélioration des bananiers (PROMUSA) est un programme qui cherche à impliquer les principaux acteurs de l'amélioration des bananiers. Il est un moyen de relier le travail mené sur les problèmes des producteurs travaillant pour l'exportation et les initiatives dans le domaine de l'amélioration de la production d'autosubsistance et à petite échelle pour les marchés locaux. Le programme mondial est basé sur les acquis de la recherche et se construit sur les recherches en cours. PROMUSA est donc un mécanisme qui permet de maximiser les résultats et d'accélérer l'impact de l'effort mondial en matière d'amélioration des bananiers. Ce mécanisme novateur, qui permet de catalyser les recherches menées tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du GCRAI, favorise la création de nouveaux partenariats entre les Systèmes nationaux de recherche agricole (SNRA) et les instituts de recherche dans les pays développés et dans les pays en voie de développement. La création de tels partenariats contribue aussi à renforcer la capacité des SNRA à conduire des recherches sur les bananiers.

L'une des initiatives majeures de PROMUSA est le développement d'un large éventail de nouveaux hybrides de bananier correspondant aux différentes attentes des petits producteurs du monde entier. Le programme rassemble à la fois les acteurs de l'amélioration conventionnelle, basée sur les techniques d'hybridation et ceux travaillant sur des approches liées au génie génétique et aux biotechnologies. Cet effort en matière d'amélioration génétique s'appuie sur les recherches menées sur des ravageurs et des maladies spécifiques dans le cadre des différents groupes de travail de PROMUSA. Le mécanisme efficace mis en place pour évaluer les nouvelles variétés produites dans le cadre de PROMUSA est une autre composante essentielle du programme.

PROMUSA

Un programme mondial pour l'amélioration des *Musa*

3^e réunion mondiale de PROMUSA,

6-8 novembre 2000, Bangkok, Thaïlande

La deuxième réunion mondiale de PROMUSA s'est tenue en novembre 1998 à Douala (Cameroun) en présence de 70 chercheurs. Elle a été le cadre de discussions en session plénière, puis au sein des différents groupes de travail. Le rapport de cette réunion a été publié dans INFOMUSA Vol. 7, No. 2, dans la section consacrée à PROMUSA.

La troisième réunion mondiale devrait permettre de faire un pas de plus vers l'amélioration de la production de bananiers et de bananiers plantain pour l'autosubsistance et les marchés locaux.

Programme

Lundi 6 novembre 2000

Ouverture de la réunion

Introduction

Session plénière

Rapports des présidents des groupes de travail :

- Groupe de travail sur l'amélioration génétique,
- Groupe de travail sur les cercosporioses,
- Groupe de travail sur la nématologie,
- Groupe de travail sur la fusariose,
- Groupe de travail sur la virologie.

Introduction aux ateliers

Mardi 7 novembre 2000

Réunion du Comité de pilotage

Ateliers

- «Vers une stratégie de création de nouveaux hybrides résistants aux nématodes » à l'aide des méthodes

d'amélioration classiques et des biotechnologies

- "Le BSV dans l'amélioration génétique et les échanges de matériel génétique".

Mercredi 8 novembre 2000

Session plénière

Rapports des ateliers

Rapport du Comité de pilotage

Points concernant le fonctionnement de PROMUSA

Visite d'une exposition sur les bananes (sous réserve)

Jeudi 9 novembre 2000

Départ des participants

Participation

Seuls les membres de PROMUSA sont invités à cette réunion. Les chercheurs qui ne sont pas membres de PROMUSA et qui souhaiteraient participer à la réunion sont priés de contacter le secrétariat à l'adresse ci-dessous :

Secrétariat de la réunion

Jean-Vincent Escalant

INIBAP

Parc Scientifique Agropolis II

34397 Montpellier, France

Tél : +33 4 67 61 13 02

Fax : +33 4 67 61 03 34

Courrier électronique :

j.escalant@cgiar.org

<http://www.inibap.org/promusameeting/promusameeting.htm>

2^e symposium international sur la biologie moléculaire et cellulaire des bananiers, 29 octobre-3 novembre 2000, Byron Bay, Australie

Première annonce

Le premier symposium sur la biologie moléculaire et cellulaire des bananiers, organisé en mars 1999 à Ithaca, New York, a été un grand succès. Il a réuni des participants d'horizons différents, reflétant la diversité des applications de cette discipline dans le cadre de l'agriculture moderne.

Programme : réception de bienvenue, présentation de communications orales et de posters, visite de parcelles expérimentales, dîner débat.

Les **thèmes** suivants seront abordés :

- Génomique,
- Expression des gènes chez les plantes transgéniques,
- Phytopathologie et résistance aux maladies,
- Biodiversité et évolution,
- Biochimie et mûrissement des fruits,
- Droits de propriété intellectuelle et organismes génétiquement modifiés.

Pour recevoir la brochure contenant toutes les informations utiles pour l'inscription et l'envoi de résumés, veuillez contacter :

Ms Di O'Rourke, Banana symposium, Faculty of science, Queensland University of Technology, GPO Box 2434, Brisbane, Qld, 4001, Australie, Fax : 61 7 3864 5100.

Vous trouverez également ces informations sur le site web :

<http://www.inibap.org/byronbay/Byronbay.html>

Publications

Dans le cadre du Groupe de travail de PROMUSA sur la nématologie, des essais ont été menés sur la résistance aux nématodes. Les résultats sont publiés

dans deux articles créditant PROMUSA pour ces recherches.

1) **Host plant response of banana (*Musa* spp.) cultivars from Southeast Asia to nematodes (Évaluation de la résistance aux nématodes chez des cultivars de bananiers (*Musa* spp.) de l'Asie du Sud-Est)** par R. Stoffelen, Vu Thi Thanh Tam, R.L. Swennen et D. De Waele, International Journal of Nematology (1999) Vol. 9(2): 130-136.

Résumé. On a fait des essais sur 13 génotypes de *Musa* couramment cultivés en Malaisie et au Viêt-nam afin d'évaluer leur résistance à *Radopholus similis*, *Pratylenchus coffeae* et *Meloidogyne* spp. La réponse des plantes hôtes a été comparée avec celle des cultivars sensibles "Grande Naine" et "Cavendish 901". Quatre semaines après avoir planté des vitroplants en serre dans des pots contenant du sol sablo-limoneux, on les a inoculés avec environ 1 000 nématodes à lésions ou 2 500-5 000 juvéniles de nématodes à galles. On a déterminé la reproduction des nématodes huit ou 10 semaines après l'inoculation, selon l'espèce. Tous les cultivars malaisiens et vietnamiens évalués se sont montrés au moins aussi sensibles à *R. similis*, *P. coffeae* et *Meloidogyne* spp. que les cultivars de référence sensibles. On a enregistré des différences de sensibilité entre les cultivars.

2) **Host plant response of Fusarium wilt resistant *Musa* genotypes to *Radopholus similis* and *Pratylenchus coffeae* (Évaluation de la résistance à *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae* chez des génotypes de *Musa* résistants à la fusariose)** par R. Stoffelen, R. Verlinden, J. Pinochet, R.L. Swennen et D. De Waele. International Journal of Pest Management (accepté pour publication).

Résumé. Des essais ont été effectués sur 10 génotypes de *Musa* identifiés comme résistants ou moyennement résistants à la fusariose causée par *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* dans le cadre du Programme international d'évaluation des *Musa* (IMTP) et chez trois cultivars sensibles à la fusariose, afin de déterminer leur résistance à *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae*. La réponse des plantes hôtes a été comparée avec celle du cultivar sensible aux néma-

todes "Grande Naine". Quatre semaines après avoir transféré des vitroplants en serre dans des pots contenant du sol sablo-limoneux, on les a inoculés avec environ 1 000 nématodes. On a déterminé les taux de reproduction de *R. similis* et *P. coffeae* dans les racines des plants respectivement huit et 10 semaines après l'inoculation. Les accessions "Pisang Jari Buaya" ITC0312 et ITC0690, ainsi que "Yangambi km5", se sont montrées résistantes à *R. similis*. "Pisang lilin", "Bluggoe", "Saba", "Gros Michel", "Williams", "GCTCV 215", "GCTCV 119", "FHIA-01", "PA 03.22", "PA 03.44" se sont montrées aussi sensibles à *R. similis* que "Grande Naine". Aucun des 14 génotypes évalués n'a fait preuve de résistance à *P. coffeae*.

3) **In-Field behaviour of banana plants (*Musa* AA sp.) obtained after regeneration of cryopreserved embryogenic cell suspensions (Comportement au champ de plants de bananier (*Musa* sp.) obtenus à partir de suspensions cellulaires après cryoconservation)** par F.X. Côte, O. Goue, R. Dommegue, B. Panis and C. Jenny. CryoLetters 21 : 19-24 (2000).

Résumé. Cette étude décrit le comportement au champ de plants de bananier (*Musa* sp.) obtenus à partir de suspensions cellulaires embryogènes après cryoconservation. Les observations ont porté sur les descripteurs classiques du développement végétal. Aucune différence significative n'a été observée sur la hauteur de la plante et sa circonférence, le nombre de feuilles, le nombre de fruits, la longueur du fruit, le diamètre et le poids du fruit, le poids du régime et la date de récolte entre les plants dérivés de la cryoconservation et les plants témoins. Durant le premier cycle de culture, 2 des 11 descripteurs analysés ont cependant montré des différences entre le control et les plants dérivés de suspensions cellulaires congelées. Ceux sont le nombre de groupe de fleurs (communément appelé 'main de fleurs') et la date de la floraison. Cependant, ces différences se sont révélées mineures, les deux cas confondus représentant seulement 2 % de la valeur du témoin. Durant le deuxième cycle de culture, aucune différence significative n'a été observée quelque soit les paramètres étudiés. Ces résultats suggèrent que, considérant les

conditions expérimentales de cette étude, il n'y a pas de différence au niveau agronomique entre des plants produits à partir de suspensions cellulaires embryogènes congelées et des plants témoins.

Initiative

« La génomique du bananier »

Rapport d'une réunion tenue du 6 au 8 avril 2000 à Montpellier, France dans le cadre de PROMUSA

Introduction

L'amélioration variétale moderne repose sur la sélection à l'aide de marqueurs moléculaires et l'introgression de caractères agronomiques tels que la résistance aux ravageurs ou la qualité. Divers projets de recherche en cours sont consacrés à l'établissement de cartes génétiques, au clonage de gènes, à l'amélioration d'essais d'expression, à des expériences sur les promoteurs et au transfert de constructions génétiques dans des cultivars.

La génomique fonctionnelle de plantes modèles, bien qu'encore à son stade initial, doit permettre de mieux comprendre la biologie fondamentale des plantes et d'exploiter les informations ainsi obtenues à des fins d'amélioration. Pour identifier les fonctions des gènes d'un organisme entier, elle emploie des méthodes à débit élevé (*high throughput*, HTP) :

- isolement de mutants résultant d'une insertion,
- puces à ADN ou *microarrays*,
- protéomique.

Ces techniques HTP, ainsi que d'autres méthodes d'analyse des fonctions des gènes, ouvrent de nouvelles perspectives pour utiliser les gènes découverts au moyen du séquençage.

La création d'outils pour étudier le génome et analyser le transcriptome contribuera à faire progresser rapidement l'amélioration des bananiers. Les banques de BAC, EST et ADNc, les *micro/macroarrays* et les puces à ADN, ainsi que les cartes (génétiques, cytogénétiques et physiques) et les schémas d'expression stimuleront le développement de la génomique, de la même ma-

nière que les marqueurs moléculaires ont bénéficié de l'affinement de la génétique du bananier.

La génomique est une discipline émergente qui ouvre la possibilité de décrire la totalité du répertoire génétique des plantes. Les informations qui en dérivent nous aideront à comprendre comment les gènes permettent à une plante d'accomplir ses fonctions en tant qu'organisme vivant et comment la diversité des fonctions des différentes plantes est liée à de simples changements dans leur génome. Enfin, la génomique devrait permettre de modifier génétiquement les plantes afin d'optimiser leur performance dans des conditions biologiques, écologiques et culturelles diverses, pour le bénéfice des hommes et de l'environnement.

Pour donner une impulsion à la génomique des bananiers, une réunion a été organisée à l'initiative de PROMUSA avec les principales équipes de chercheurs travaillant dans ce domaine.

Cette réunion a débouché sur un remarquable consensus pour aller de l'avant avec « la génomique du bananier ». Toutes les parties ont convenues de créer un Consortium sur la génomique du bananier. PROMUSA abritera ce Consortium et l'aidera à devenir un leader de la recherche dans ce domaine, en facilitant la conception et la mise en œuvre d'une vision stratégique commune aux différentes institutions concernées dans le monde.

Un Consortium s'appuyant sur les capacités existantes

Le décryptage du génome du bananier est une tâche colossale qui nécessite la participation de tous les chercheurs susceptibles d'y contribuer dans le monde entier. Le Consortium sur la génomique du bananier rassemblera et conjuguera les expertises (du secteur public comme du secteur privé).

L'élaboration d'une stratégie et les interactions entre institutions et entre disciplines permettront d'optimiser la conception des expérimentations, l'interprétation des données et la formulation des projets de recherche concernant la génomique du bananier.

Le Programme mondial pour l'amélioration des bananiers (PROMUSA) offre un cadre international approprié pour pi-

loter la nouvelle initiative sur la génomique du bananier, dont les activités seront mises en œuvre au travers du Consortium. PROMUSA est un programme qui cherche à impliquer les principaux acteurs de l'amélioration des bananiers. Il a pour objectif primordial de créer une large gamme de variétés améliorées en combinant les techniques d'amélioration conventionnelles et les biotechnologies, avec l'appui des recherches menées sur les ravageurs et les maladies au sein de ses différents groupes de travail.

Objectifs

Assurer la durabilité de la production de la banane, denrée de base d'une grande partie de la population du monde, dans un contexte où les besoins alimentaires évoluent et où les contraintes environnementales s'accroissent. Pour ce faire, il s'agit de développer des connaissances génétiques et génomiques intégrées, permettant de mettre en œuvre des stratégies ciblées d'amélioration variétale et de transformation génétique.

Se servir des technologies post-génomiques pour mieux tirer parti de la biodiversité, afin d'améliorer les bananiers locaux au profit des petits exploitants.

Modus operandi

Le Consortium opérera sous la conduite d'un Comité scientifique constitué dans le cadre de PROMUSA.

Les membres du Consortium seront choisis selon les critères suivants :

- niveau élevé d'expertise (publications scientifiques),
- infrastructures de recherche,
- engagement à respecter les règles du Consortium.

Ils seront élus dans le cadre d'une consultation ouverte au sein du Comité scientifique, à la majorité des deux tiers.

Composition et rôle du Comité scientifique

Dr Françoise Carreel, CIRAD-FLHOR, Montpellier, France

Prof. James Dale, QUT, Brisbane, Australie

Dr Jaroslav Dolezel, IEB, Olomouc, République tchèque

Prof. Peter Gresshoff, Queensland University, Brisbane, Australie
Dr Pat Heslop-Harrison, John Innes Center, Colney, Royaume-Uni
Dr Dieter Kaemmer, Université de Francfort, Allemagne
Dr Pierre Lagoda, CIRAD-BIOTROP, Montpellier, France
Dr Michael Pillay, IITA, Nigeria
Dr Lazlo Sagi, KUL, Leuven, Belgique.

Chaque membre du Comité désignera, au sein du groupe qu'il représente, un suppléant permanent ou temporaire qui le remplacera en cas de besoin. D'autres personnes pourront être invitées à se joindre au Comité scientifique sur nomination par l'un des membres, confirmée par un vote majoritaire. Le Comité maintiendra des relations régulières entre ses membres et il se réunira une fois l'an, en profitant dans toute la mesure du possible des facilités offertes par PRO-MUSA.

Le rôle du Comité scientifique consistera à diriger le Consortium et à superviser ses activités. Il sera également chargé de définir les priorités du programme dans le cadre de discussions ouvertes avec le groupe.

Règles du Consortium

Les membres du Consortium seront tenus de :

- partager avec le groupe toutes les informations obtenues dans le cadre d'un projet financé par le canal du Consortium. Ces informations seront librement mises à la disposition de tous les membres,
- négocier dans le cadre du Consortium l'accès à des technologies de base développées par le secteur privé ;
- partager tout matériel nécessaire au développement de technologies de base ;
- faciliter l'accès aux infrastructures existant au sein du Consortium.

(Par matériel, on entend : les clones, banques d'ADN, informations issues du séquençage, ainsi que les protocoles, méthodes et préprints, le matériel végétal, les échantillons de tissus et les sondes d'ADN. On conviendra à l'avance des coauteurs afin d'assurer la propriété conjointe des techniques mises au point.)

Comment la génomique peut faire progresser l'amélioration des bananiers

Diverses institutions de recherche, universités et entreprises privées travaillent actuellement à améliorer les bananiers dessert et à cuire à l'aide des méthodes conventionnelles et en faisant de plus en plus appel aux techniques du génie génétique. La stratégie d'amélioration classique consiste à croiser une accession diploïde fertile avec des cultivars triploïdes comestibles de bonne qualité, afin d'obtenir des hybrides tétraploïdes. On peut aussi "reconstruire" des cultivars triploïdes en croisant des diploïdes améliorés avec des diploïdes artificiellement doublés (autotétraploïdes).

En parvenant à une meilleure connaissance du génome aux niveaux moléculaire et chromosomique, on pourrait considérablement renforcer et accélérer ces efforts de recherche.

Un problème particulièrement important pour l'amélioration variétale et l'analyse génétique est la variabilité de la structure chromosomique des différentes accessions, qui est due à des remaniements structuraux. Des translocations et inversions de segments de chromosomes engendrent d'importantes irrégularités dans la méiose et la transmission des chromosomes. On trouve ainsi, dans les descendances d'hybrides structuraux, des degrés variables de liaison entre des gènes dont la ségrégation se fait normalement de manière indépendante. Cette hybridité structurelle gêne les efforts de l'améliorateur pour effectuer des recombinaisons et transférer des caractères désirables de diploïdes sauvages ou cultivés à des hybrides améliorés.

Il est indispensable de développer de nouveaux outils moléculaires qui permettront de localiser les gènes codant pour des caractères importants comme la résistance aux ravageurs et aux maladies et la qualité de la plante, et d'élucider les mécanismes d'héritage de ces caractères. Les techniques de la cytogénétique moléculaire, reposant sur l'hybridation *in situ* de séquences d'ADN, facilitent aujourd'hui l'étude du génome. L'hybridation *in situ* à l'aide de multiples sondes fluorescentes est un outil efficace pour étudier les aspects fondamentaux de la structure et du comportement des

chromosomes. L'hybridation génomique *in situ* permet de différencier les chromosomes de différents génomes de la même espèce et, ainsi, d'identifier les chromosomes parentaux chez des hybrides interspécifiques. Les chromosomes de *Musa* n'étant généralement pas entièrement étiquetés à la suite de l'hybridation génomique *in situ*, il est nécessaire d'établir davantage de repères à l'aide de la cytogénétique moléculaire pour contribuer à la construction de cartes physiques et permettre l'intégration des cartes génétiques et physiques, en procédant notamment à l'analyse par hybridation fluorescente *in situ* des séquences d'ADNr 18S-5.8S-25S et 5S, ainsi que des séquences télomériques.

La transformation génétique pourra aussi contribuer à la création de nouveaux clones de bananiers dotés de résistance aux ravageurs et aux maladies. Si plusieurs institutions ont mis au point des protocoles de transformation génétique qui permettent de régénérer des plants de bananiers transformés avec des gènes codant pour des protéines antifongiques ou antivirales, il reste à trouver des gènes et des promoteurs spécifiques du bananier.

Pour découvrir des séquences génétiques et déterminer leur fonction, on peut utiliser différentes approches dont chacune présente des avantages et des inconvénients : on peut cataloguer les gènes exprimés d'une plante en séquençant les étiquettes de séquences exprimées (*expressed sequence tags*, ETS) ou l'ADN complémentaire (ADNc). Les bases de données publiques comptant actuellement plus de 100 000 EST de plantes, on dispose ainsi d'un moyen efficace pour identifier les gènes. La comparaison des bases de données d'EST issues de plantes, tissus et milieux différents met en lumière la diversité des séquences codantes des différentes plantes. En même temps, elle laisse entrevoir des similitudes dans les gènes codant pour des processus spécifiques tels que les conditions de maturation ou l'induction d'agents pathogènes. L'analyse des similitudes des séquences à l'aide des outils de la bioinformatique permet de déterminer les fonctions probables des gènes et d'identifier des gènes qui sont similaires chez différentes espèces.