

Amélioration génétique des bananiers pour la résistance aux maladies et ravageurs : les stratégies d'amélioration

H. TÉZENAS DU MONTCEL*

Ce document est tiré d'une synthèse effectuée par TÉZENAS DU MONTCEL (1993), dans le cadre du Symposium International sur l'Amélioration Génétique des bananiers pour la résistance aux maladies et ravageurs, tenu au CIRAD, à Montpellier, du 7 au 9 septembre 1992.

Présentation générale

Des stratégies différentes d'amélioration pour la résistance aux maladies et ravageurs ont été adoptées par les institutions travaillant sur les bananiers dans le monde.

Les recherches de la FHIA¹, de l'IITA², du CNPMF³ et du programme dit à court terme du CIRAD-FLHOR⁴ s'appuient sur des schémas classiques d'hybridation 3x x 2x.

Le programme de création variétale du CIRAD-FLHOR, dit à long terme, est basé sur la sélection et l'amélioration de populations diploïdes, sur l'utilisation de méthodes d'haplogénèse pour former à partir de ces diploïdes des lignées homozygotes, sur le doublement à la colchicine des diploïdes sélectionnés et améliorés, et sur la création de triploïdes comme produit final.

Les programmes du QDPI⁵ en Australie et de l'INIFAT⁶ à Cuba, sans s'être encore vraiment lancés dans des schémas d'hybridation, mènent un certain nombre d'activités liées à l'amélioration des bananiers.

Enfin, les techniques de culture *in vitro* interviennent en soutien aux programmes d'amélioration conventionnels et sont également développées en vue de créer des bananiers génétiquement transformés pour un ou plusieurs caractères.

Les résistances recherchées dans tous ces programmes sont prioritairement celles liées aux 3 maladies fongiques les plus importantes des bananiers : les 2 cercosporioses et la maladie dite de Panama. Seul le programme de la FHIA a inclus dès le départ, dans ses objectifs, la résistance aux nématodes. La résistance des bananiers aux maladies virales et au charançon est envisagée avec le concours des biotechnologies.

1. FHIA : Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (Honduras).

2. IITA : International Institute of Tropical Agriculture (Nigeria).

3. CNPMF : Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical (Brazil).

4. CIRAD-FLHOR : Département des productions fruitières et horticoles du CIRAD (France).

5. QDPI : Queensland Department of Primary Industries (Australia).

6. INIFAT : Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (Cuba).

7. INIBAP : International Network for the Improvement of Banana and Plantain (France).

Chacun de ces programmes associe à la recherche de résistance celle de caractéristiques agronomiques satisfaisantes (poids du régime, longueur du cycle, bon rejetonage...).

Les cultivars de bananiers qui font l'objet de ces programmes d'amélioration sont différents, appartenant à des sous-groupes, voire à des groupes de bananiers très éloignés les uns des autres. Ces différents types de bananiers sont impliqués dans des systèmes de production eux-mêmes très différents. En effet, les systèmes de production du Cavendish pour l'exportation (en Amérique latine, dans les Caraïbes, en Afrique ou aux Philippines) ne peuvent être confondus avec les systèmes de production du plantain en Afrique de l'Ouest et en Amérique latine, ni à celui des bananiers d'altitude en Afrique de l'Est.

Un tableau synoptique (tableau 1) des sous-groupes étudiés aujourd'hui permet de visualiser les productions prises en compte par les programmes de recherche/développement, soit pour des raisons économiques, soit pour l'importance de ces productions dans la diète alimentaire des populations des pays producteurs. Il permet de mettre en évidence :

- quelques génotypes délaissés parmi l'ensemble des bananiers cultivés,
- des centres d'intérêt qui convergent vers certains autres. Cet intérêt commun devrait générer des collaborations de plus en plus étroites à travers l'INIBAP⁷.

De nouvelles technologies étant chaque jour mises au point en appui à l'amélioration génétique des bananiers, un certain nombre de questions doivent être posées :

- la situation actuelle de la recherche sur bananiers est-elle satisfaisante ?
- les moyens de la communauté internationale doivent-ils être encore renforcés sur certaines productions ?
- d'autres productions doivent-elles être prises en compte ?
- comment coordonner ces différents programmes d'amélioration génétique ?
- quelles stratégies d'amélioration privilégier pour chacune de ces productions, compte tenu de leur spécificité ?
- quel doit être le rôle de l'INIBAP dans la coordination des activités liées à l'amélioration des bananiers ?

Les différents travaux présentés, non exhaustifs de l'ensemble de ceux engagés aujourd'hui, ont permis de faire le point sur un certain nombre de résultats obtenus.

* INIBAP, Parc Scientifique Agropolis, 34397 Montpellier Cedex 5, France.

Les Programmes d'amélioration génétique

Le programme de la FHIA

Le programme de la FHIA (ROWE and ROSALES, 1993) est parvenu à un stade très avancé dans l'amélioration de diploïdes résistants tant à la cercoporiose noire qu'au *Fusarium* et aux nématodes. Il utilise aujourd'hui, de façon systématique, ces diploïdes améliorés en hybridation avec 3 sous-groupes d'AAB (plantains, Popoulou / Maoli, Prata) tout en continuant à améliorer le sous-groupe Gros Michel (le Lowgate est aujourd'hui le cultivar choisi comme parent femelle). Il a récemment obtenu :

- des tétraploïdes très intéressants (tétraploïdes de Prata, de Popoulou et de plantains), en cours d'évaluation (programme IMTP⁸ de l'INIBAP), qui permettent à la FHIA d'envisager un nouveau programme d'hybridation basé sur des croisements de type 4x x 4x,
- 1 tétraploïde dérivé de Cardaba (ABB), résistant à la maladie des raies noires, le FHIA 03, très prometteur soit comme substitut aux Bluggoe dans des zones marginales, soit comme bananier pour la fabrication de la bière en Afrique de l'Est,
- 2 tétraploïdes, le FHIA 01 et le FHIA 02, bananiers doux résistants à la maladie des raies noires.

Le programme de l'IITA

Le programme de l'IITA (VUYLSTEKE *et al.*, 1993) se distingue par la rapidité et l'intérêt des résultats obtenus sur plantains : une vingtaine de tétraploïdes, présentant à la fois des caractéristiques agronomiques intéressantes et une certaine résistance à la maladie des raies noires, sont en cours d'évaluation, voire de diffusion (TMP 548-9, TMP 548-4).

Le fait que des ovules x, 2x, 3x peuvent intervenir dans les fécondations, qui utilisent comme parent femelle des cultivars de plantains, a été signalé. Par ailleurs, la formation d'un noyau de restitution 3x s'est avéré liée à des phénomènes de recombinaison, ce qui tendrait à prouver qu'une méiose même anormale a lieu chez les plantains, comme cela a déjà été décrit chez Mysore par Simmonds, et/ou que des crossing-over pourraient s'effectuer.

Des tétraploïdes de plantains, différents entre eux et présentant des caractéristiques agronomiques supérieures à ceux du cultivar de départ, ont été obtenus malgré l'utilisation d'un parent mâle de type sauvage (Calcutta 4). Par ailleurs des diploïdes (AB) hybrides de plantains, avec des caractéristiques fortement plantain, ont pu être obtenus. Ils pourraient être utilisés comme géniteurs dans de futurs plans de croisement.

Le programme du QDPI

Le QDPI a annoncé son intention de se lancer dans un programme d'hybridation avec des objectifs précis (DANIELLS, 1993). Il inclurait par exemple la résistance au froid, problème très important pour les productions bananières menées en conditions subtropicales (la production visée en Australie est une production intensive du sous-groupe Cavendish).

L'intérêt du QDPI pour la création et la diffusion d'hybrides résistants à la cercosporiose jaune a été noté. La maladie des raies noires n'est, en effet, pas forcément présente dans toutes les régions, tout comme la race 4 de la maladie dite de Panama n'est pas observée partout.

Des travaux de recherche conduits au QDPI visent à créer, à partir de cultivars présentant des caractéristiques agronomiques intéressantes, des mutants résistants à la race 4 de la maladie de Panama, ou à redonner à des mutants naturellement résistants des caractéristiques agronomiques satisfaisantes (exemple du Dwarf Parfitt). Les techniques de culture *in vitro* et de mutations induites (en collaboration avec l'AIEA⁹) par irradiation ou par emploi de substances mutagènes sont largement développées dans ce but.

Le programme du CIRAD-FLHOR

Le programme du CIRAD-FLHOR (HORRY *et al.*, 1993) repose sur l'amélioration de populations diploïdes et sur la tétraploïdisation de ces diploïdes. Son objectif est la création de triploïdes améliorés à partir de ces tétraploïdes et de lignées diploïdes homozygotes.

Un certain nombre de méthodes ont été développées et utilisées pour la première fois sur bananiers :

- les méthodes d'haplogénèse et/ou d'autofécondation pour la création de lignées pures diploïdes, homozygotes pour les caractères recherchés,
- les traitements à la colchicine pour créer des auto- ou allo-tétraploïdes qui seront hybridés par les diploïdes homozygotes,
- la sélection récurrente réciproque, en s'appuyant sur l'effet d'hétérosis et d'épistasie attendu entre les populations diploïdes améliorées.

Un certain nombre de croisements sont aussi effectués, pour l'étude de la transmission des caractères de résistance et des mécanismes impliqués dans cette transmission.

Le programme, dit à court terme, entrepris par le CIRAD-FLHOR, en relation avec le CRBP¹⁰, pour l'amélioration des Plantains et Popoulou, utilise le schéma d'hybridation classique 3x x 2x (BAKRY AND HORRY, 1993). Il vise à l'obtention de tétraploïdes de "plantains". L'intérêt majeur de cette stratégie réside dans la possibilité de conserver le patrimoine génétique intégral du parent femelle. Ce programme a permis d'obtenir des hybrides intéressants de Popoulou/Maoli et de plantains. L'évaluation des hybrides plantain obtenus à l'issue de ces travaux a mis en évidence des effets dépressifs, dus au parent mâle (Calcutta 4), sur les caractéristiques agronomiques de ces hybrides, effets qui n'ont pas été relevés sur les hybrides de l'IITA, obtenus de la même manière.

De nouveaux parents mâles devraient être sélectionnés pour l'amélioration de ces plantains, et en particulier certains hybrides améliorés du programme jamaïcain (M48, M53 et M61) obtenus grâce à la collaboration du CIRAD avec l'EMBRAPA¹¹.

Le programme Cubain

Le programme cubain de l'INIFAT met en évidence l'intérêt de ce pays pour l'amélioration des bananiers plantains et à cuire.

Un gros travail de sélection a eu lieu pendant 20 ans avec la sélection du Cmsa 3/4 plantain type Faux corne, puis de cultivars ABB tels que le Siguatopeke et le Burro Cmsa.

8. IMTP : International Musa Testing Program.

9. AIEA : Agence internationale pour l'énergie atomique (France).

10. CRBP : Centre régional bananiers et plantains (Cameroun).

11. EMBRAPA : Empresa brasileira de pesquisa agropecuaria (Brazil).

L'objectif du programme en cours est la résistance aux cercosporioses (jaune et noire). Certains éléments ont pu être notés :

- l'intérêt qu'accorde ce programme à la gestion des ressources génétiques et la présence, en collection, de bananiers d'origines peu courantes (Vietnam, Afrique de l'Est, etc.) ;
- la maîtrise totale des techniques de culture *in vitro*, notamment pour la propagation de masse de matériel sain en vue de projets de reconversion variétale.

Le programme brésilien

Les objectifs (résistance à la maladie de Panama et aux cercosporioses), et la stratégie utilisée par le programme brésilien (SOARES FILHO *et al.*, 1993) du CNPMP¹², reposent aussi sur l'existence d'une collection de bananiers très importante (280 accessions). Le bananier à améliorer est ici un bananier dessert (AAB) produit pour la consommation locale. Il s'agit des cultivars appartenant au sous-groupe Prata (Prata año, Pacovan, Prata Commun, etc.).

Un travail remarquable de sélection a été accompli :

- à partir des 9 000 hybrides diploïdes produits, 2 diploïdes améliorés ont été sélectionnés et sont utilisés dans des plans de croisement ;
- à partir des 1 000 hybrides tétraploïdes produits, 4 tétraploïdes très prometteurs ont été retenus, tous hybrides du groupe Prata. Certains de ces tétraploïdes ont déjà fait l'objet d'une évaluation dans le cadre d'un accord entre l'EMBRAPA, le CATIE¹³ et l'INIBAP.

Techniques de culture *in vitro* et biotechnologies

Différentes méthodes faisant appel à l'utilisation des techniques de culture *in vitro* et aux biotechnologies ont été aussi développées par différents programmes d'amélioration des bananiers et des plantains.

Le CATIE

Pour la première fois des embryons somatiques ont été obtenus au CATIE (ESCALANT *et al.*, 1993) à partir de cultures cellulaires de cultivars triploïdes appartenant aux groupes des AAA et AAB, et notamment à partir de cultivars de Cavendish et de plantains (des embryons somatiques avaient déjà été obtenus à partir d'embryons zygotiques de diploïdes AA).

Les embryons obtenus ont régénéré des plantes entières. La technique de régénération utilisée (passage par une première culture embryogène hautement proliférante, cultures cellulaires, filtration, récupération d'une suspension fine de cellules redonnant des embryons somatiques) est la même que celle qui avait été utilisée pour la régénération des embryons somatiques de diploïdes sauvages AA. Des tests de conformité doivent être effectués sur ces plantes.

12. CNPMP : Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical (Brazil).

13. CATIE : Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza (Costa Rica).

Des perspectives de développement d'un programme de transformation, pour les bananiers du sous-groupe Cavendish et plantains, deviennent réelles avec la maîtrise d'un système de régénération efficace à partir de cultures cellulaires.

L'Université Catholique de Leuven

L'équipe de l'Université Catholique de Leuven utilise une méthode différente (méthode des scalps) de celle décrite précédemment, et a pu obtenir des embryons somatiques, à partir du cultivar Matavia (AAB), de *M. Balbisiana* et de certains autres cultivars. Les objectifs visés sont là aussi la propagation de masse, la cryopréservation et la transformation génétique. Une revue des facteurs à analyser et à maîtriser dans chacun des cas pour l'utilisation des méthodes de transformation a été faite (PANIS *et al.*, 1993).

L'Université Catholique de Leuven a obtenu l'expression stable du gène GUS dans une cellule transformée (après bombardement). L'efficacité de la technique utilisée permet d'envisager la possibilité transformer prochainement 400 cellules par jour.

L'université de Paris-Sud, Centre d'Orsay

A l'université de Paris-Sud, Centre d'Orsay (HAICOUR *et al.*, 1993) des résultats encourageants ont pu être notés dans la formation de protoplastes à partir de cultures de cellules hautement proliférantes et embryogènes provenant des laboratoires de l'Université Catholique de Leuven et du CATIE.

Les résultats originaux, obtenus sur la croissance de cultures cellulaires sur milieu enrichi en antibiotiques divers et en herbicides (Basta), sont d'une importance capitale pour la mise au point de méthodes de sélection précoces sur ces cultures de cellules de différentes origines.

L'expression transitoire du gène GUS dans une culture cellulaire provenant du CATIE, après l'utilisation d'un canon à particules, avait été obtenue et avait fait l'objet d'une communication au séminaire INIBAP de San José (Costa Rica) en 1992. De nouveaux résultats ont été exposés :

- la régénération de protoplastes en plantes entières après formation d'embryons primaires et secondaires sur cultures de cellules obtenues à partir du Matavia (ABB) provenant du laboratoire de l'Université Catholique de Leuven ;
- la fusion de protoplastes obtenue pour la première fois chez le bananier (entre des protoplastes de Matavia et de Long Tavoy).

La sélection des hybrides obtenus après fusion de protoplastes devra être effectuée. Des méthodes de complémentarité métabolique sont à l'étude.

Le laboratoire BIOTROP du CIRAD

Au CIRAD-BIOTROP (FRUTOS, 1993), un certain nombre de questions ont été soulevées quant à l'utilisation des biotechnologies par la transformation, questions auxquelles la Communauté internationale et notamment les chercheurs devront répondre :

Si les outils de la biotechnologie venaient à être accessibles pour les bananiers :

- pourront-ils être exploités ?
- comment devront-ils être utilisés ?
 - pour quel type de bananiers ?
 - pour quel type de résistance ?

Différentes stratégies peuvent être proposées en fonction des objectifs visés : la résistance aux virus, aux ravageurs, aux herbicides... L'acquisition de caractères de résistances aux maladies fongiques par l'utilisation des biotechnologies peut être aussi envisagée.

Remarques

Les questions et débats de fin de séance ont porté sur :
– l'intérêt des biotechnologies pour une production de type plantain, donc non "valorisante" sur le plan commercial,

– les possibilités d'utiliser des toxines (BT et autres) pour la résistance aux nématodes,
– le problème posé par la consommation d'un produit issu d'une plante transformée portant des protéines étrangères,
– la complémentarité des approches de chaque équipe de recherche dans le cadre du programme financé par la Commission des Communautés Européennes, programme STD3,
– une suggestion selon laquelle la plante transformée pourrait être le produit intermédiaire d'un programme d'amélioration et non le produit final.

Tableau 1. Programmes d'amélioration génétique et types de productions visées.

Programmes d'amélioration	Bananes pour l'exportation			Bananes pour les consommations locales								
	Cavendish	Gros Michel	Autres diploïdes	Dessert			A cuire et/ou à bière					
				Cavendish	Autres triploïdes et diploïdes	Prata	Mysore Silk	Plantain	Popoulou/Maoli	AAA (haute altitude)	ABB	
FHIA	●	●				●		●	●			●
CNPMF				●		●	●		●			
IITA								●				
CIRAD	●		●					●		●		
QDPI				●		●				●		
INIFAT				●				●				●
TBRI ¹⁴	●											
JAMAICA	●?											
INDIA				●		●	●					

14. TBRI : Taïwan Banana Research Institute Pintung (China).

Références

In: *Breeding Banana & Plantain: Proceedings of an International Symposium on Genetic Improvement of Bananas for Resistance to Diseases and Pests*, held in Montpellier, France, 7-9 september 1992. Montpellier (France) : CIRAD-FLHOR, INIBAP, 393 p.

BAKRY (F.) and HORRY (J.P.). 1993.

Fertility and Hybrids of the Plantain and Popoulou/Maia Maoli Subgroups.
301-311.

DANIELLS (J.). 1993.

Breeding Bananas for Australian Conditions.
283-292.

ESCALANT (J.V.), PADUSCHECK (C.), BABEAU (J.) and TEISSON (C.). 1993.

Somatic Embryogenesis in Triploid Banana Cultivars.
313-316.

FRUTOS (R.). 1993.

Plant Improvement through Genetic Engineering: Prospects and Limitations.
347-351.

HAICOUR (R.), ROSSIGNOL (L.), MEGIA (R.)

and SIHACHACKR (D.). 1993.

Use of Cell and Protoplast Cultures for Banana Improvement Biotechnologies.
327-338.

HORRY (J.P.), BAKRY (F.) and GANRY (J.). 1993.

Creation of Varieties through Hybridization of Diploids.
293-299.

PANIS (B.), DHED'A (D.), DE SMET (K.), SAGI (L.), CAMMUE (B.) and SWENNEN (R.). 1993.

Cell Suspensions from Somatic Tissue in *Musa*: Applications and Prospects.
317-325.

ROWE (R.) and ROSALES (F.). 1993.

Genetic Improvement of Bananas, Plantains and Cooking Bananas in FHIA, Honduras.
243-257.

SOARES FILHO (W. dos S.), CORDEIRO (Z.J.M.), SHEPHERD (K.), DANTAS (J.L.L.), OLIVEIRA E SILVA (S. de) and CUNHA (M.A.P. da). 1993.

The Banana Genetic Improvement Programme at CNPMF/EMBRAPA, Brazil.
339-346.

TÉZENAS DU MONTCEL (H.). 1993.

Synthesis of Part 3: Improvement Strategies.
353-360.

VUYLSTEKE (D.), ORTIZ (R.) and SWENNEN (R.). 1993.

Genetic Improvement of Plantains at the International Institute of Tropical Agriculture (IITA).
267-282.