



# Bananes for ever

Qui n'a pas entendu parler de la fin annoncée de la banane à l'horizon de dix ans ? Cette perspective outrancière a ému l'ensemble des acteurs des filières de production de banane dessert d'exportation comme de banane de consommation locale. Le Cirad-flhor propose avec ce dossier de dédramatiser le débat et de fixer les idées sur un certain nombre de notions comme la diversité génétique, l'amélioration génétique et la lutte contre les maladies et ravageurs des bananiers. Il propose aussi une réflexion sur une approche globale de la culture de la banane dans un but de durabilité de la production. Des solutions existent. La banane ne disparaîtra pas. Mais une chose est sûre : la recherche sur cette culture mérite plus d'attention et de moyens financiers au regard des enjeux alimentaires et commerciaux qu'elle représente.

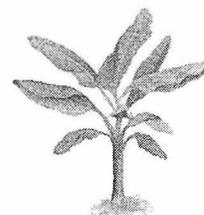
## Sommaire

- Le concept d'agriculture raisonnée .... 3
- La diversité génétique ..... 5
- L'amélioration génétique ..... 6
- Les maladies et ravageurs ..... 7

Dossier réalisé grâce aux contributions  
des chercheurs du Cirad :

C. Abadie, F. Bakry, J. Carlier, M.L. Caruana, F. Cote,  
J. Ganry, T. Lescot, P. Marie, J.L. Sarah  
Coordination : C. Sanchez, D. Lœillet,  
Crédit photo : T. Lescot, Cirad

# La banane et le concept d'agriculture raisonnée



Les concepts de développement technique largement utilisés en agriculture bananière intensive sont basés sur la mise au point d'une agriculture raisonnée de plus en plus performante. L'objectif affiché est clairement de maintenir ou de faire progresser les rendements tout en limitant les intrants en pesticides et en engrais. Au delà de l'approche triviale qui consisterait à vouloir justifier chaque apport nutritif ou produit phytosanitaire (limitation des intrants par abolition des apports systématiques), le Cirad-flhor a développé des outils de diagnostic agricole, des technologies et des techniques culturales utilisables à l'échelle de la parcelle ou du bassin de production.

Cet ensemble permet de progresser vers la durabilité des systèmes de culture, ou même parfois de résoudre des situations où les baisses de rendement semblaient inexorables : résolution de problèmes de fatigue des sols (physiques et/ou par accumulation de parasites telluriques), prévention ou correction de l'acquisition de résistance d'un parasite à un produit phytosanitaire, développement de méthodes de lutte intégrées ou alternatives en cas de limitation de la gamme de produits phytosanitaires disponibles.

La conjonction de ces technologies est destinée à faire progresser des systèmes de culture variés car adaptés de manière rigoureuse aux conditions environnementales (pédo-climatiques et structures des exploitations par exemple), dans un contexte de recherche de performance économique. Leur mise en œuvre par techniques culturales et techniques de contrôle-diagnostic associées doit permettre des économies de travaux et d'intrants et/ou des gains de productivité compatibles avec les objectifs de compétitivité.

A la base, les orientations scientifiques destinées à l'amélioration des systèmes de culture sont de nature à gérer les risques agricoles ou peuvent relever du principe de précaution.

Pour ne donner qu'un exemple sur ce point, la création d'itinéraires techniques basés sur l'utilisation de matériel végétal sain sur sol assaini par jachère ou par rotation culturale a reposé sur la mise au point du vitroplant, avec abandon des autres voies d'obtention de matériel végétal

sain : rebrotes, plants issus de bourgeon (PIB), rejets pralinés, etc.

Les objectifs initiaux qui étaient la lutte contre *Radopholus similis*, la résolution des problèmes de fatigue des sols dus à son accumulation, la limitation de l'utilisation des nématicides, entre autres, ont été mieux atteints. Ce choix techniquement difficile du vitroplant a également permis de mettre au point des systèmes de culture où tout risque d'introduction de nouvelles maladies, ou d'amplification avec le matériel végétal de maladies déjà existantes, peut être évité. Ceci concerne l'ensemble des maladies à virus et des maladies telluriques comme nématodes, champignons, bactéries et associe chaque fois des technologies de laboratoire et de pépinière, en instaurant une chaîne de qualité.

Dans ce contexte, les réponses aux questions clefs, que se pose la profession bananière sur la durabilité de ses cultures, ne relèvent pas d'une solution miracle, à savoir la seule recherche d'un produit phytosanitaire performant ou même uniquement la mise au point d'un bananier résistant. Elles dépendent plutôt d'une mutation des systèmes de culture par l'amélioration d'itinéraires techniques complets, comprenant éventuellement ces innovations. Les exemples sont assez nombreux, nous en proposons ici trois.

## Maladie de Panama

Il a été montré que l'extension de la maladie de Panama se fait par les transferts de matériel végétal ou de terre. La condamnation de la culture

intensive du Gros Michel, auquel a été substituée la Grande Naine résistante, est due à une dissémination intense de FOC Race 1 (*Fusarium oxysporum* sp. *cubense*, agent causal de la maladie de Panama) à l'occasion des transferts de rejets ou de souches, seul matériel végétal disponible pour les replantations à l'époque. Par ailleurs, dans les bassins de production où FOC race 4 est présent par exemple aux Canaries depuis 1931, on continue à cultiver des variétés sensibles, telles que la Petite Naine et la Grande Naine. Le contrôle de l'extension de la maladie est réalisé par un arrêt temporaire de la culture sur les foyers d'infestation (mise en jachère). Dans ce cadre, les itinéraires techniques basés sur l'utilisation du vitroplant sur sol assaini par jachère, dont la compétitivité économique a été largement démontrée, sont de nature à permettre le contrôle de la maladie et donc à stabiliser la production.

## Cercosporioses

L'itinéraire technique de lutte contre la cercosporiose développé par le Cirad intègre une batterie de dispositions complémentaires :

- élimination au champ des parties de limbe nécrosées (maîtrise de l'inoculum) ;
- décision de traitement prise sur avertissement biologique. Schématiquement, on compare les vitesses de croissance de la plante et du champignon ;
- parfois, sur cercosporiose jaune, la prévision de décision de traitement est complétée par avertissement climatique (périodes favorables au développement du champignon) ;

- pratique de l'alternance de l'utilisation des produits phytosanitaires de manière à éviter de favoriser l'acquisition de résistances par le champignon ;
- réalisation de monitorings réguliers (contrôle de l'efficacité des produits utilisés) destinés à limiter l'utilisation des produits pour lesquels des résistances pourraient apparaître et cela le temps de retrouver des niveaux de sensibilité normaux.

Ce système doit être associé à une force de frappe efficace en rapidité et en qualité des traitements. Son efficacité a été démontrée depuis de nombreuses années, y compris dans des zones à très forte pression parasitaire. Il a en outre permis de revenir en arrière sur des situations critiques d'acquisition de résistances aux triazoles. Toutefois, il doit impérativement être appliqué à l'échelle du bassin de production. Par ailleurs, sa performance économique est obtenue par une diminution notable du nombre de traitements, ce qui peut être contraire aux intérêts des sociétés qui les appliquent. C'est donc un système difficile à mettre en place dans des bananeraies établies, mais qui constitue le pas essentiel vers la durabilité dans ce domaine.

## Amélioration des bananiers

La base génétique des bananiers actuellement utilisés en agriculture intensive est très étroite. Le Cirad, depuis de nombreuses années, s'est engagé vers l'obtention d'hybrides conventionnels qui, dans le contexte actuel de nos connaissances, répondent mieux aux impératifs de durabilité. Ainsi, les premières générations d'hybrides sont en cours de validation en banane dessert et à cuire. Les résistances les plus recherchées concernent les cercosporioses, mais on arrive à obtenir des résistances à plusieurs maladies.

On acquiert par cette voie des résistances polygéniques, difficiles à contourner par les pathogènes. Les nouvelles variétés seront introduites dans des systèmes de culture spécifiquement adaptés, en particulier pour maîtriser ces risques de contournement des résistances. Au travers de ces nouvelles variétés, une meilleure compétitivité économique devrait être obtenue en termes de réponse mieux adaptée aux attentes des consommateurs et de segmentation d'un marché actuellement dominé par une seule variété.

Dans le cas des bananes destinées à l'alimentation locale dans les pays du Sud, la base génétique est au contraire assez diversifiée. L'amélioration des bananiers est un outil de première importance. Ces recherches sont plus avancées, mais devront se poursuivre par la création de nombreux hybrides destinés aux besoins variés des utilisateurs, aux nécessités de durabilité et de résistance aux maladies. La mise à disposition de ce matériel végétal innovant devrait être l'occasion d'améliorer la sécurité phytosanitaire lors des transferts de matériel végétal dans les pays concernés.

Les réponses aux questions de durabilité de la culture de la banane sont complexes. Peu de centres de recherche ont la capacité ou la masse critique nécessaires pour conduire ces approches globales qui sont toutefois indispensables. Les financements accordés à la recherche sur cette plante sont minimes face à son importance alimentaire et économique. La sensibilisation de la filière et des bailleurs de fonds pour le développement doit être constante et intensifiée afin de stabiliser ces productions de toute première importance ■

## Les principaux groupes et sous-groupes de bananiers

Groupe	Sous-groupe	Cultivar	Type de fruit	Distribution
AA	Sucrier	Pisang Mas, Frayssinette, Figue Sucrée	dessert-sucré	Tous continents
		Pisang Lilin	dessert	Indonésie, Malaisie
		Pisang Berangan, Lakatan	dessert	Indonésie, Malaisie, Philippines
AAA	Cavendish	Lacatan, Poyo, Williams, Grande Naine, Petite Naine	dessert	Tous continents, pays exportateurs
	Gros-Michel	Gros-Michel, Highgate, Cocos	dessert	Tous continents
	Figue-Rose	Figue-Rose rose, Figue-Rose verte	dessert	Tous continents
	Mutika Lujugira	Intuntu, Mujuba	à bière - à cuire	Afrique centrale et de l'Est, Colombie
	Ibota	Yangambi km5	dessert	Indonésie, Afrique
AB	Ney Poovan	Safet Velchi, Sukari	dessert - acidulé	Inde, Afrique de l'Est
AAB	Figue-Pomme	Maçà, Silk	dessert - acidulé	Tous continents
	Pome	Prata	dessert - acidulé	Inde, Malaisie, Australie, Afr. Ouest, Brésil
	Mysore	Pisang Ceylan	dessert - acidulé	Inde
	Pisang Kelat	Pisang Kelat	dessert	Inde, Malaisie
	Pisang Rajah	Pisang Rajah Bulu	à cuire	Malaisie, Indonésie
	Plantain	French, Corne, Faux Corne	à cuire	Afr. centrale et Ouest, Am. latine, Caraïbes
	Popoulou	Popoulou	à cuire	Pacifique
	Laknao	Laknao	à cuire	Philippines
	Pisang Nangka	Pisang Nangka	à cuire	Malaisie
	ABB	Bluggoe	Bluggoe, Matavia, Poteau, Cacambou	à cuire
Pelipita		Pelipita	à cuire	Philippines, Amérique latine
Pisang Awak		Fougamou	dessert	Inde, Thaïlande, Philippines, Afr. de l'Est
Peyan			à cuire	Philippines, Thaïlande
Saba		Saba	à cuire	Philippines, Indonésie, Malaisie

Source : Cirad

# La diversité génétique des bananiers

Depuis des millénaires, les migrations de populations et les échanges de matériel végétal ont placé le bananier dans des contextes écologiques très différents sur tous les continents. Les agriculteurs ont su valoriser les mutations naturelles résultant de la multiplication végétative. C'est cette combinaison de la reproduction naturelle et des sélections faites par l'homme depuis la nuit des temps qui est à l'origine de la diversité génétique actuelle.



Originaire d'Asie du Sud-Est, les bananiers étaient au départ sauvages et séminifères. En se croisant naturellement entre eux, ils ont créé une importante base de diversité génétique qui existe encore de nos jours. C'est à partir de ces croisements que sont apparues des variétés sans graines. Ces bananes qui possèdent des qualités alimentaires ont rapidement intéressé l'homme, qui les a intégrées dans son agriculture en utilisant leur potentiel de multiplication végétative.

D'un point de vue botanique, le genre *Musa* se divise donc en espèces séminifères à fruits non comestibles et en variétés à fruits charnus sans graines (parthénocarpiques). Dans la section *Eumusa*, *Musa acuminata* (symbole de génome : A) et *Musa balbisiana* (symbole de génome : B) sont des espèces sauvages à l'origine des variétés cultivées.

Ces dernières sont classées selon leur niveau de ploïdie et leur constitution génétique. On dénombre et classifie environ 1 200 variétés ou cultivars dans le monde.

Les espèces sauvages non comestibles, aux fruits à graines, peuvent servir à d'autres fins que l'alimentation humaine (fibre, alimentation du bétail, etc.). Elles sont toutes diploïdes (AA et BB). On en compte actuellement environ 180, toutes originaires d'Asie du Sud-Est, mais leur recensement n'est pas encore définitif surtout pour BB. Ces variétés fertiles sont cependant importantes car elles présentent différents niveaux de résistance aux maladies et ravageurs. Elles sont donc la base des différents programmes d'amélioration génétique et de création variétale conventionnelle actuels et futurs.

Les cultivars issus de la sélection faite par l'homme sont nombreux. Ils sont classés en groupes en fonction de leur constitution génétique, puis en sous-groupes en rassemblant les différents cultivars dérivant les uns des autres par mutation naturelle à partir d'un ancêtre génétiquement commun. On distingue :

- des groupes de diploïdes : AA, comme la figue sucrée ou fraysinette, et AB. Il existe environ 290 cultivars, majoritairement produits dans leur région d'origine, l'Asie du Sud-Est ;
- trois groupes de triploïdes (650 cultivars) : AAA, AAB et ABB. C'est au niveau des sous-groupes de chacun de ces groupes que l'on distingue des variétés dessert aux fruits plus riches en sucre à maturité, des variétés à cuire aux fruits non sucrés et plus fermes même à maturité, voire des variétés à bière par fermentation de la pulpe (Afrique de l'Est).

Même si les plantes à l'intérieur d'un même sous-groupe ne montrent qu'une faible diversité génétique, elles présentent une très grande diversité de phénotypes, liée essentiellement aux mutations et à la sélection millénaire exercée par l'homme. C'est le cas des sous-groupes Cavendish (plus de 20 cultivars), des bananiers d'altitude de l'Afrique de l'Est (plus de 50) et des plantains d'Afrique centrale et de l'Ouest (plus de 150).

Si le système de culture intensive — environ 25 % de la production mondiale — privilégie la production mono-variétale, il est important de rappeler que la majorité de la production est basée sur une

agriculture moins intensive, familiale, privilégiant le mélange variétal, contribuant ainsi au maintien de la sélection et donc garantissant la diversité des bananiers ■

## Quelques définitions

**Amélioration génétique** : action d'améliorer des plantes pour un caractère donné.

**Création variétale conventionnelle** : améliorer les plantes par reproduction sexuée.

**Cultivar** : bananier cultivé.

**Multiplication végétative** : par opposition à la reproduction sexuée (par graines). Elle traduit le fait qu'on multiplie ou reproduit la plante par rejet ou multiplication in vitro.

**Parthénocarpie** : développement spontané du fruit sans stimulation des fleurs par la fécondation.

**Phénotype** : ensemble des caractères individuels d'une plante s'exprimant dans un milieu donné.

**Ploïdie** : multiple du nombre de chromosomes de base.  
diploïde = 22 chromosomes  
triploïde = 33 chromosomes  
tétraploïde = 44 chromosomes

**Séminifère** : fruits contenant des graines plus ou moins entourées de pulpe.

# L'amélioration génétique des bananiers

**L'amélioration génétique des bananiers et plantains s'impose aujourd'hui sous la pression parasitaire et la demande des consommateurs du Nord comme du Sud. Pourtant, le secteur n'a pas seulement besoin de nouveaux cultivars, mais aussi de bonnes pratiques culturales.**

**L**e besoin de nouveaux hybrides concerne autant la banane dessert que la banane à cuire.

Pour les bananes dessert d'exportation, la base génétique est étroite et la plante sujette à de nombreuses maladies. Le développement de bananiers résistant aux maladies est un objectif majeur. Ces nouvelles variétés permettront aussi de diversifier l'offre sur les grands marchés d'importation en proposant ainsi une segmentation du marché.

Pour les bananiers de consommation locale (banane à cuire de type plantain), le besoin en nouvelles variétés correspond également à une recherche de résistance aux maladies. Cependant, les problématiques de la culture sont différentes. En effet, il ne s'agit pas d'une culture intensive. Le nombre de variétés cultivées est important et les problèmes rencontrés sont non seulement liés à des bio-agresseurs mais aussi à la conduite agronomique de la plante et à la distribution jusqu'aux marchés locaux.

## Des techniques complexes et longues

Les variétés actuelles présentent des caractéristiques biologiques particulières, notamment une forte stérilité des fleurs, qui est un handicap pour le sélectionneur. Cependant, cette stérilité n'est pas totale et certains clones peuvent produire des graines lorsqu'ils sont pollinisés manuellement. En dépit de ces difficultés affichées, des hybrides ont donc pu être obtenus par voie sexuée. Après être passés par les cribles de la sélection, ces derniers ont été multipliés par voie végétative en conditions naturelles (à partir des rejets) ou par multiplication *in vitro* pour une distribution rapide auprès des producteurs.

La mise en œuvre de stratégies complexes de croisement a abouti, dans un premier temps, à la distribution

de nouvelles variétés à cuire résistant aux maladies et présentant de bons potentiels de production. Les plantes ont de plus gros régimes, une meilleure production de rejets et une taille plus basse. La majorité de ces hybrides ont une qualité de fruit très acceptable, mais des progrès restent à faire sur les qualités culinaires et gustatives en comparaison des variétés traditionnelles. Les travaux se poursuivent afin de mieux prendre en compte ces critères et de préciser la valeur nutritionnelle de ces nouvelles variétés.

Pour les variétés d'exportation, l'amélioration a consisté à repartir de variétés ancestrales pour arriver aux hybrides actuels, sur un mode comparable à ce qui s'est passé naturellement de l'origine des bananiers jusqu'à nos jours. Cette démarche s'appuie sur une bonne connaissance de l'évolution du genre *Musa* (nom de genre des bananiers) et de la biologie de la plante. Dans un premier temps, la création de nouvelles variétés s'est trouvée freinée en raison de l'apparition d'hybrides infectés par un virus dans les descendances. Il s'est avéré que ces infections résultaient de l'activation, suite aux croisements, de séquences virales intégrées dans le génome de l'une des deux espèces parentales. Ces difficultés ont pu être contournées, en recentrant les activités sur l'espèce *Musa acuminata* qui ne présente pas de séquences intégrées activables dans son génome. De nouvelles variétés résistant aux principales maladies ont été obtenues récemment par croisement. Leur potentiel pour les marchés domestiques et d'exportation est en cours d'étude.

Ce n'est pas parce que les techniques d'amélioration dites conventionnelles sont complexes et longues qu'il faudrait renoncer à les utiliser. Plusieurs équipes ont déjà diffusé du matériel amélioré produit par ces techniques et de nouveaux hybrides de banane dessert et de banane à cuire sont attendus à court terme.

Les OGM correspondent à une approche possible pour l'amélioration des bananiers, en complément des activités d'amélioration par voie sexuée. Cela permettrait, entre autres, de créer des plantes résistant aux virus, ces gènes de résistance n'étant pas connus à l'état naturel dans le genre *Musa*. Cette approche n'est cependant pas encore opérationnelle. Comme pour d'autres plantes transgéniques, un ensemble de conditions devra être réuni avant de déboucher sur des résultats appropriables par les utilisateurs et satisfaisants pour les consommateurs. La première condition est liée au degré de maîtrise de la méthode : disposer de stratégies de résistance efficaces et durables à travers la transgénèse nécessitera le test et la validation de multiples approches techniques sur lesquelles nous ne disposons que de très peu de recul. La seconde condition concerne la bio-sécurité qui est commune à toutes les plantes transformées. Enfin, n'oublions pas que ce produit doit être accepté avant tout par les consommateurs.

## L'approche globale

Enfin pour répondre aux menaces parasitaires que doivent affronter les bananiers, nous avons besoin non seulement de nouveaux bananiers plus résistants, mais aussi de bonnes pratiques culturales basées sur une connaissance approfondie de l'agronomie de la plante et de la biologie de ces maladies et ravageurs ! Les recherches dans ces domaines sont moins médiatisées, mais tout aussi essentielles que celles concernant l'amélioration génétique. Sans une approche globale de l'amélioration, il est évident que le développement de bananiers réellement adaptés aux besoins des producteurs et correspondant aux attentes des consommateurs sera retardé ■

# Les maladies et ravageurs des bananiers

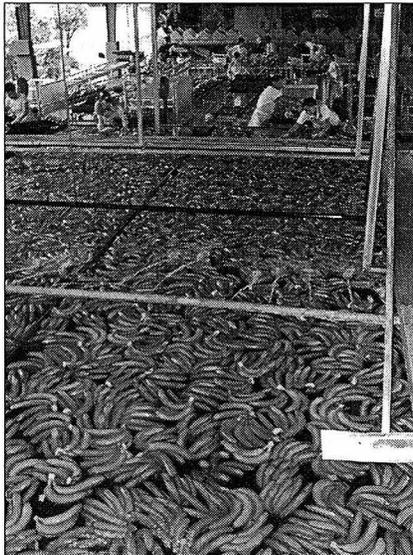
La culture de la banane est soumise, comme l'ensemble des productions agricoles, à de fortes pressions parasitaires. La lutte contre les cercosporioses, notamment la noire, est la plus connue. Elle n'est pourtant pas la seule. La lutte contre les parasites telluriques (nématodes), les charançons, les virus et la maladie de Panama mobilise aussi toute l'attention de la recherche.

## La maladie de Panama

La maladie de Panama ou Fusariose (*Fusarium Wilt* en anglais) a été identifiée pour la première fois en 1874 en Australie. Elle se manifeste aujourd'hui dans presque toutes les zones tropicales et subtropicales de production de banane. Elle est due à un champignon du sol d'un genre très commun, *Fusarium oxysporum* sp. *cubense* ou FOC.

Différentes races ont été identifiées, chacune pouvant provoquer sous certaines conditions (type de sol, climat, intensification de la culture, drainage, etc.) des dégâts vasculaires importants sur différents groupes variétaux de bananiers, les rendant pratiquement improductifs.

- La race 1, originaire d'Asie, s'est très largement répandue au travers des mouvements de matériel végétal sous forme de rejets, liés à l'installation des grandes zones de culture de banane d'exportation au début du 20ème siècle. Elle est à l'origine de la disparition progressive dans les années 1940 et 1950 de la production intensive de la variété Gros Michel en Amérique latine et en Afrique, base du commerce international d'alors. La Gros Michel a été remplacée dans les plantations industrielles par un groupe variétal résistant découvert en Asie du Sud-Est, les Cavendish, qui forment l'essentiel du commerce international actuel. Il est à noter que la variété Gros Michel est toujours la référence de consommation de banane dessert dans la grande majorité des pays producteurs africains et latino-américains et représente encore une importante production estimée à environ 6 millions de tonnes par an. Dans les zones où elle est cultivée de manière extensive et en association avec d'autres variétés et



d'autres cultures (donc à faible densité), il apparaît que la race 1 n'est pas active. Des expériences menées en Colombie ont montré que dès qu'on intensifie la culture de la Gros Michel (densité supérieure à 1 000 plants/ha), la maladie de Panama prend de l'importance.

- La race 2 affecte le sous-groupe des Bluggoes (ABB, banane à cuire).
- La race 3 affecte les *Heliconia* spp. et parfois les Gros Michel.
- La race 4, identifiée dès 1931 aux Canaries, atteint sporadiquement et toujours sous certaines conditions environnementales les variétés du groupe Cavendish et cela uniquement dans des zones subtropicales (Canaries, Afrique du Sud, Taiwan, Australie) où elle est relativement bien maîtrisée via des techniques culturales adaptées (zones tampon, jachère, etc.).
- La race T4, récemment décrite (1995), atteint aussi les variétés du groupe Cavendish, mais seulement dans quelques zones tropicales : Indonésie (Sumatra et Java) et Malaisie.

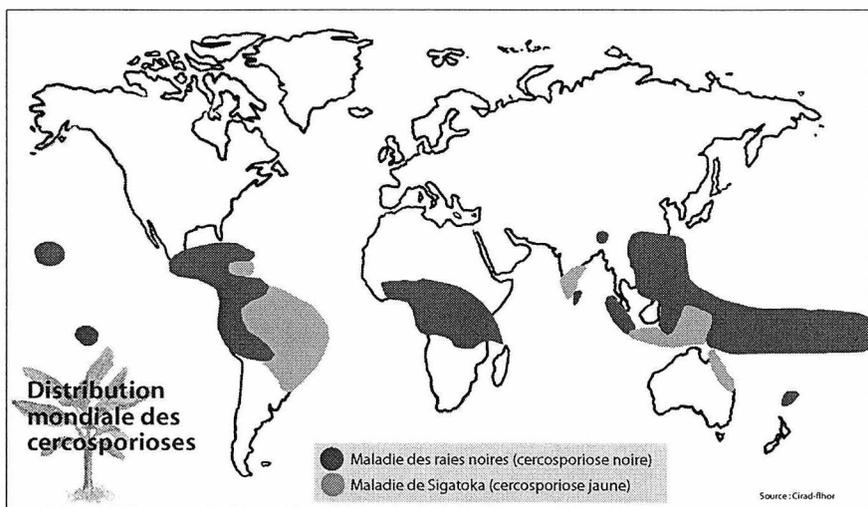
Tous les spécialistes s'accordent à dire que la principale cause de la dissémination de la maladie est le mouvement de matériel végétal provenant de plantations sensibles et infectées (rejets et souches). A partir d'une zone infectée, la contamination provenant du sol est très lente.

Comme pour de nombreux pathogènes du sol, les moyens de lutte sont limités et consistent essentiellement en une mise en quarantaine plus ou moins longue des foyers élargis. La recherche internationale n'est pas très active sur cette maladie, compliquée à étudier. Les moyens de lutte, qui ne sont pas spécifiques à la seule culture bananière, sont et resteront très limités. L'amélioration génétique conventionnelle reste une voie importante encore peu explorée.

La prise de conscience internationale de l'importance du respect des règles de mouvement du matériel végétal et la large adoption par l'agro-industrie bananière des vitroplants devraient limiter les risques actuels. La dispersion de la race T4 reste sous surveillance. Cependant, sous des conditions de contrôle strict des mouvements de matériel végétal, de surveillance et d'éradication des plantes atteintes, le scénario d'une dissémination rapide de la maladie est très improbable.

## Les cercosporioses

Deux types principaux de cercosporiose menacent la production bananière : la noire et la jaune. Une nouvelle espèce, *Mycosphaerella eumusa*, encore plus agressive que la cercosporiose noire, semble s'étendre en Asie et dans l'Océan indien. La cercosporiose noire (aussi appelée Sigatoka noire ou maladie des raies



noires) est due à un champignon parasite des feuilles, *Mycosphaerella fijiensis*.

Dans les zones continentales, cette propagation se fait de bananier en bananier. Les zones maritimes constituent un obstacle naturel. Bien qu'on ne puisse écarter les risques d'une dissémination naturelle des spores du champignon par le vent, l'apparition de la maladie transmise d'une zone à l'autre résulte la plupart du temps de transferts incontrôlés de matériel végétal. Elle est présente dans tous les pays producteurs d'Amérique latine, en Afrique et en Asie. Les pays Caraïbes ont été longtemps protégés par leur insularité. Le fait nouveau qui accroît fortement le risque pour les Petites Antilles, est l'apparition et l'extension de la maladie dans les Grandes Antilles, à Cuba, à la Jamaïque, en République dominicaine et dernièrement à Haïti.

Le champignon détruit le feuillage de la plante. La maladie apparaît sous forme de petits tirets noirs allongés qui évoluent très rapidement en nécroses. La généralisation des nécroses aboutit à la destruction totale des feuilles du bananier.

Ce mode d'action est exactement le même que celui induit par une autre maladie fongique présente depuis une quarantaine d'années aux Petites Antilles : la cercosporiose jaune. Elle est due au champignon *Mycosphaerella musicola* et donne lieu à une lutte chimique raisonnée, mise en place par les professionnels en Martinique et en Guadeloupe (seules zones de culture intensive pour l'exportation touchées). Les traitements sont déclenchés à bon escient en référence à une surveillance de la maladie. Aujourd'hui la

cercosporiose jaune est maîtrisée avec un petit nombre de traitements, cinq à sept par an.

Il y a des différences fondamentales entre les deux cercosporioses. Contrairement à la jaune, la cercosporiose noire peut parasiter aussi bien les bananiers d'exportation que les bananiers plantains. De par sa rapidité de développement, elle est aussi plus difficile à contrôler. Suivant les pays, les moyens de lutte mis en oeuvre et les techniques utilisées, son contrôle nécessite de douze à plus de cinquante traitements par an.

## Deux stratégies de lutte

Dans les grands pays producteurs d'Amérique latine, les bananeraies d'exportation constituent de vastes ensembles agro-industriels établis dans des plaines alluviales. Compte tenu de la surface des bananeraies (plusieurs centaines, voire plusieurs milliers d'hectares), la contamination extérieure est faible. Il n'y a pas de foyer d'infestation à proximité. L'homogénéité agroclimatique permet d'organiser et de rationaliser les traitements sur de grands ensembles. Le faible coût de la main d'œuvre facilite les travaux indispensables d'assainissement via un effeuillage régulier.

Dans ce contexte, l'impact des traitements en termes de nuisances n'est pas toujours pris en compte par les grandes compagnies qui n'hésitent pas à utiliser des stratégies de lutte systématique, aboutissant à plus de cinquante applications annuelles. Les applications sont réalisées selon un rythme régulier en utilisant le plus souvent des fongicides de contact

(chlorothalonil, dithiocarbamate, etc.) ayant, par définition, une efficacité réduite — traitement tous les dix à quinze jours — et nécessitant, pour contrôler la maladie, un nombre élevé d'applications. Des fongicides systémiques sont parfois utilisés, mais toujours en émulsion dans l'eau.

## L'importance des relations hôte-pathogène

Le Cirad met en avant l'importance des études sur les relations hôte-pathogène afin d'appréhender les niveaux d'efficacité et de durabilité des résistances (création variétale) pour orienter la sélection variétale et définir une gestion de ces résistances dans le temps et l'espace, ceci dans l'optique d'une gestion intégrée et durable de la production de banane et de plantain. Des études récentes menées sur la structure génétique des populations du champignon *Mycosphaerella fijiensis* (maladie des raies noires), avec des techniques modernes d'analyse moléculaire de l'ADN et de mesure de l'agressivité, conjointement à des études d'épidémiologie, montrent que :

1. ces populations sont génétiquement très diversifiées (indice de diversité élevé), en partie du fait de leur mode de reproduction, et présentent un niveau variable d'agressivité. Les résultats suggèrent des capacités d'adaptation importantes ; ainsi ces populations pathogènes peuvent évoluer en fonction de pressions de sélection telles que la résistance des bananiers ou des pressions fongicides dues aux nombreuses applications des produits ;
2. la dispersion entre pays et grandes zones de production de banane serait due en partie aux mouvements de matériel végétal infecté et/ou à une dispersion limitée des spores sur de longues distances ;
3. la dispersion de la maladie au sein des plantations est, elle, due aux mouvements de spores par l'air et l'eau (rosée, pluie).

Des études de caractérisation de la résistance partielle ont montré qu'il existe différentes composantes de résistance en fonction des variétés. L'efficacité et la durabilité de certaines de ces composantes sont actuellement en cours d'étude en laboratoire et sur le terrain (Cameroun).



Le Cirad a mis au point une stratégie raisonnée qui s'appuie sur des méthodes d'avertissement reposant, soit sur le suivi de la maladie en bananeraie, soit sur l'observation de descripteurs climatiques (évaporation, température, etc.). Cette stratégie a été appliquée notamment en Guadeloupe, en Martinique, au Cameroun et en Côte d'Ivoire.

Elle consiste à exécuter les traitements uniquement au moment opportun et a pour objectifs principaux :

- d'améliorer l'efficacité de la lutte, tout en réduisant le nombre de traitements annuels ;
- de réduire les coûts de production ;
- de limiter les risques de sélection de races résistant aux fongicides ;
- de limiter les pollutions et d'être plus respectueuses de la santé humaine et de l'environnement (centres urbains, rivières, plans d'eau, réservoirs, etc.).

Cette stratégie repose également sur une utilisation raisonnée en alternance de fongicides systémiques (benzimidazoles, triazoles, etc.) à longue durée d'efficacité qui, mélangés à des huiles de raffinerie, elles-mêmes fongistatiques, à bas volume — 13 à 15 litres par hectare — prolongent l'efficacité de chaque traitement et contribuent par conséquent à la réduction annuelle du nombre d'applications.

Ces deux types de stratégie de lutte contrôlent les cercosporioses avec une efficacité similaire. Par contre, elles ont des conséquences totalement différentes sur l'apparition de résistances chez le champignon.

Les premiers fongicides systémiques mis sur le marché appartenaient au groupe des benzimidazoles. Leur mode d'action unisite sur le pathogène induit d'autant plus facilement des souches parasitaires résistantes que ces fongicides sont utilisés de façon abusive. Ainsi en Amérique centrale,

les phénomènes de résistance aux benzimidazoles ont été observés deux ans seulement après leur utilisation, nécessitant alors un usage plus important des produits de contact (15 à 40 kg de matière active par hectare et par an).

En Guadeloupe, en Martinique, au Cameroun et en Côte d'Ivoire, grâce aux méthodes d'avertissement et donc à un nombre réduit de traitements, ce phénomène n'est apparu qu'après dix ans, voire quinze ans, d'utilisation.

Un autre groupe de fongicides, les triazoles, permettant de contrôler les races résistant aux benzimidazoles, a commencé à être utilisé dans les diverses zones de production dès les années 1980. Une gestion raisonnée de ces fongicides (alternance et avertissement) permet aujourd'hui un très bon contrôle des cercosporioses avec des quantités de matière active à l'hectare de 0,5 à 2 kilos par an.

Toutefois, des niveaux parfois importants de résistance ont été observés. De nouveaux fongicides commencent à être utilisés. Ils sont issus d'une nouvelle famille, celle des strobilurines, qui a l'avantage, sans résistance croisée avec les triazoles, de présenter une efficacité similaire.

## De nouveaux moyens de lutte

Les stratégies de lutte actuelles ne pourront être utilisées indéfiniment. Très rapidement, il faut penser à adopter une approche globale associant de nouveaux hybrides résistant aux cercosporioses et des systèmes de culture permettant de conserver ces résistances.

## Les maladies virales

Depuis plusieurs années, les maladies à virus ont pris une extension grandissante sur bananier (bananes dessert et bananes à cuire), due en grande partie aux facilités d'échanges et aux demandes de diversification. Elles sont composées de la maladie du bunchy top des bananiers et des maladies à mosaïque dont la mosaïque en plage, en tirets et des bractées. Elles provoquent des pertes économiques variables, affectant tous les bananiers cultivés et aussi bien les grandes exploitations que les

plantations villageoises. Ces pertes peuvent atteindre 90 %, voire 100 %, de la production pour le bunchy top des bananiers (dû au Banana bunchy top babuvirus, BBTV) comme au Pakistan, 40 à 60 % pour la mosaïque en tirets (due au Banana streak badnavirus, BSV) comme au Rwanda et plus de 40 % pour la mosaïque des bractées (due au Banana bract mosaic potyvirus, BBrMV) comme aux Philippines.

Leur dissémination se fait soit par vecteur à partir des foyers d'infection, soit par l'utilisation de matériel déjà contaminé — rejets ou plantes issues de cultures *in vitro* — soit, comme dans le cas particulier du BSV, à partir de bananiers dits « silencieux » possédant des séquences virales intégrées au génome de l'espèce *Musa balbisiana*, capables de restituer des particules virales à la suite de stress.

## Le bunchy top

Les plants présentent un aspect nanisant fortement marqué, avec une concentration des feuilles en haut du plant en forme de rosette. Les feuilles étroites, érigées et cassantes, présentent de fortes chloroses marginales. Le symptôme caractéristique reste l'apparition de traits discontinus vert foncé le long du pseudo-tronc, de la nervure principale et des nervures secondaires. Lorsque le pied-mère est atteint, tous les rejets sont infectés. Le vecteur le plus efficace en est le puceron *Pentalonia nigronervosa*, inféodé au bananier via une transmission selon le mode persistant.

## Quelques définitions

### Transmission sur le mode

**persistant** : le virus circule dans le corps de l'insecte jusqu'aux glandes salivaires. L'insecte reste virulent à vie.

### Transmission sur le mode non-

**persistant** : le virus se fixe à la surface de l'insecte. L'insecte reste virulent peu de temps.

### Transmission sur le mode semi-

**persistant** : le virus se fixe sur la partie antérieure du système digestif. L'insecte est virulent un à deux jours.



## Les mosaïques

### La mosaïque en plage due au *Cucumber mosaic cucumovirus* (CMV)

Les plants atteints présentent des plages de décoloration chlorotique sur le limbe ainsi qu'une mosaïque de la nervure principale et du pseudo-tronc. Dans le cas d'atteintes sévères, les feuilles sont déformées et le cigare est nécrosé. Des infections secondaires peuvent apparaître sous la forme de pourritures, de type bactérien, de l'intérieur des gaines constituant le pseudo-tronc. La répartition du virus reste hétérogène et tous les rejets ne sont pas systématiquement contaminés. Une large gamme de pucerons est capable de transmettre ce virus tels que *Aphis gossypii* ou *Myzus persicae* selon le mode non persistant. Cette maladie peut également être transmise mécaniquement par les outils de taille. Récemment des plages nécrotiques ont été décrites comme associées à la mosaïque de type CMV. Cette symptomatologie atypique CMV est en fait liée à la présence d'un complexe viral CMV et *Banana mild mosaic virus* (BanMMV).

### La mosaïque en tirets

Le limbe des feuilles présente des traits discontinus jaunes, évoluant rapidement en nécroses. La nervure principale reste indemne. Pour les formes sévères de la maladie, le cigare est nécrosé et le bananier meurt. Lorsque le pied-mère est atteint, tous les rejets sont infectés. Cette maladie

est transmise par cochenille — *Planococcus citri*, *Saccharicoccus sacchari* et *Dysmicoccus brevipes* — selon le mode semi-persistant. Ces dernières années, des infections dues au BSV et non liées à une contamination extérieure ont été décrites dans diverses zones à travers le monde. Elles correspondent à deux causes différentes : 1/ des vitroplants provenant de variétés hybrides interspécifiques saines de bananiers multipliés intensivement par culture *in vitro* et 2/ des descendances d'hybrides de bananiers issues de croisements interspécifiques entre géniteurs sains *Musa acuminata* (génomme noté A) et *Musa balbisiana* (génomme noté B). Différents stress abiotiques sont à l'origine de l'apparition de la maladie dans ces hybrides, cette dernière étant corrélée à la présence dans le génome du parent *M. balbisiana* de séquences virales endogènes (endogenous pararetrovirus, EPRV) du BSV qui contiennent toutes les informations nécessaires à la synthèse de virus infectieux.



### La mosaïque des bractées

Les premiers stades de l'infection apparaissent sous la forme de tirets vert-jaune évoluant en nécroses brun-rouge sur le limbe et la nervure des feuilles. Une mosaïque jaune ou des stries de décoloration blanchâtres se développent sur le pseudo-tronc selon les variétés atteintes. Le symptôme final est la mosaïque des bractées. Cette maladie est transmise à tous les rejets par pucerons (*Ropalosiphum madiis*, *Myzus persicae*) selon le mode non-persistant.

## Prévention et lutte

Le seul moyen actuel de lutte contre ces maladies à virus des bananiers passe par la lutte contre le vecteur et l'utilisation de matériel indemne. En effet, il n'existe pas de bananiers

résistant naturellement à ces maladies, ni de moyens curatifs immédiats autres que l'éradication après une attaque virale.

La conduite à tenir est principalement basée sur l'utilisation de matériels indemnes — rejets ou matériels issus de culture *in vitro* contrôlés vis-à-vis des viroses — et maintien bas en herbage des plantations, lieux privilégiés de multiplication des populations de pucerons.

## Les nématodes

Il existe de nombreuses espèces de nématodes parasitant les racines et les bulbes de bananier. Les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.) et les nématodes spiralés (*Helicotylenchus* spp.) sont répandus dans le monde entier, sur tous les types de culture. Toutefois, ceux qui provoquent le plus de dommages sont les nématodes migrants *Pratylenchus* spp. et *Radopholus similis*. Cette dernière espèce est universellement répartie dans les zones les plus chaudes de culture de banane, tout particulièrement sur les plantations intensives où elle a été disséminée par les transferts de matériel végétal lors de l'extension de cette culture au cours des deux derniers siècles. *Pratylenchus coffeae* est également réparti dans les zones les plus chaudes, mais il est généralement indigène et se trouve majoritairement sur les cultures de plantain. *Pratylenchus goodeyi* qui préfère les zones plus fraîches, étant originaire des hauts plateaux africains, s'est répandu dans certaines zones subtropicales, comme les Canaries.

## Des ennemis souterrains

Les *Pratylenchus* et *R. similis* sont des endoparasites migrants, dont le cycle biologique complet se déroule en 20-25 jours dans les tissus des racines et des souches. Les formes juvéniles et les femelles restent toujours mobiles et peuvent quitter les racines dès que les conditions ne sont plus favorables. Ces formes migratrices peuvent alors coloniser de nouvelles racines. Au fur et à mesure de leur progression inter et intracellulaire, ces nématodes se nourrissent aux dépens du cytoplasme des cellules du parenchyme cortical, détruisant les parois cellulaires et

provoquant la formation de tunnels évoluant en nécroses qui peuvent s'étendre à l'ensemble du cortex. Les nécroses des racines et souches sont accentuées par d'autres pathogènes (champignons et bactéries). En particulier, les champignons du genre *Cylindrocladium* sont fortement pathogènes et susceptibles de causer des lésions semblables à celles provoquées par les nématodes. L'association de ces deux parasites cause des dommages très importants. La destruction des tissus souterrains entraîne une réduction de la nutrition hydrique et minérale qui se traduit par un ralentissement de la croissance et du développement des plants. Cela peut entraîner de sévères réductions du poids des régimes et accroître le laps de temps entre deux récoltes. De plus, la destruction des racines diminue l'ancrage des plants dans le sol, augmentant les risques de chute de plants, particulièrement lors des périodes cycloniques, avec un fort impact économique.

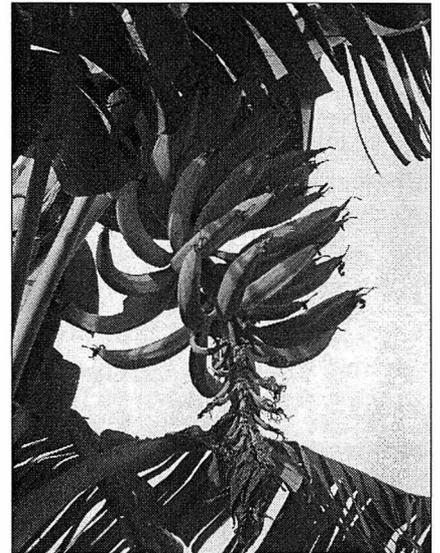
Les méthodes de lutte sont encore largement dominées, en plantations intensives, par les applications de composés chimiques (organophosphorés et carbamates essentiellement) qui font peser des risques sanitaires et environnementaux importants. Pour cette raison et malgré leur bonne efficacité et leur grande facilité d'utilisation, leur usage va être de plus en plus restreint en faveur de mesures de lutte alternatives. Parmi celles-ci, les pratiques culturales améliorant la fertilité (travail du sol, irrigation, amendements organiques, etc.) permettent indirectement d'améliorer la tolérance des plants à la pression parasitaire. Des méthodes

plus directes, telles que le recours aux jachères et l'implantation de bananiers issus de micropropagation in vitro, sont maintenant couramment pratiquées et permettent de réduire fortement les populations de nématodes.

Dans un futur plus ou moins proche, des interventions faisant appel aux antagonistes biologiques, aux symbiotes racinaires (mycorhizes) et surtout à la résistance génétique pourront permettre la mise en place de stratégies de protection intégrée de plus en plus efficaces. Toutefois, il faut être conscient que la grande complexité des peuplements de nématodes rend délicate la mise au point de ces techniques plus ciblées. Pour être efficaces, elles devront être capables de prendre en compte la diversité des situations culturales et écologiques.

### Les charançons

Originaire d'Asie du Sud-Est, le charançon du bananier s'est diffusé dans toutes les régions tropicales et subtropicales productrices de banane et de plantain. Le charançon noir (*Cosmopolites sordidus*) est un insecte qui mesure entre 9 et 16 mm de long et 4 mm de large. Il se déplace librement dans le sol à la base des pieds de bananier ou dans les débris végétaux. Il a une activité nocturne et est très sensible au dessèchement. Sa diffusion se fait principalement par l'intermédiaire de matériel végétal infesté. L'adulte ne fait pas de dégâts. Les femelles pondent des œufs dans le bulbe, où les jeunes larves se



nourriront en creusant des galeries. Ces galeries sont à l'origine de la perturbation de l'alimentation hydrique et minérale des plants, de l'allongement du cycle de production, d'une baisse importante des rendements et d'un affaiblissement de l'ancrage du bananier (sensibilité accrue aux coups de vent). Les fortes attaques peuvent entraîner la mort du plant.

Outre les traitements chimiques classiques, le recours à du matériel de plantation sain (vitroplant), utilisé sur un sol assaini (jachère), constitue une méthode efficace de lutte contre les charançons. De nouvelles techniques de piégeage des charançons par utilisation de phéromones paraissent prometteuses ■

### Estimation de la production mondiale de banane en 2000

En tonnes	Bananes d'altitude		Bananes Cavendish	Gros Michel + autres bananes dessert	Total
	Plantains groupe AAB	+ groupe ABB + autres bananes à cuire			
Amérique du Sud	4 873 156	270 328	10 354 370	4 969 088	20 466 942
Amérique centrale	803 500	89 950	5 953 040	154 010	7 000 500
Caraïbes	830 500	415 654	1 379 995	91 410	2 717 559
Afrique de l'Ouest et centrale	8 478 041	1 107 861	1 974 997	575 151	12 136 050
Afrique de l'Est	705 842	12 954 880	1 971 300	755 552	16 387 574
Afrique du Nord - Moyen Orient	20	3 010	1 219 159	1 030	1 223 219
Asie	1 125 120	9 245 529	18 369 381	5 027 150	33 767 180
Océanie	900	674 840	290 975	81 550	1 048 265
Europe	1	5	486 361	5	486 372
<b>Total Monde</b>	<b>16 817 080</b>	<b>24 762 057</b>	<b>41 999 578</b>	<b>11 654 946</b>	<b>95 233 661</b>

Source : Thierry Lescot - Cirad-flhor d'après bibliographie, enquêtes, sources professionnelles, FAO, etc.