

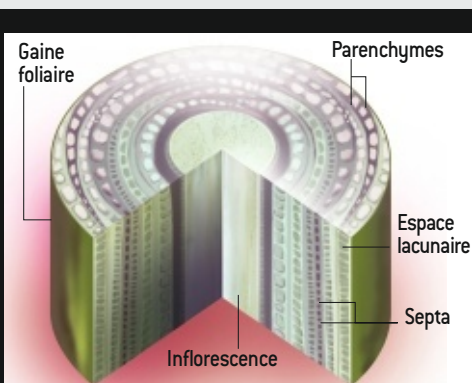
un faux-tronc droit et rigide. Ni ces gaines foliaires ni la souche ne contiennent de lignine, de sorte que le faux-tronc n'est pas en bois : c'est pourquoi le bananier est une herbe et non un arbre.

Après deux à trois mois, le bourgeon terminal de la tige cesse de produire des feuilles et déclenche la formation de l'inflorescence. Quelques semaines après, la tige de l'inflorescence s'allonge à partir de la souche à l'intérieur du faux-tronc, tandis que la jeune inflorescence se développe et grossit, pour apparaître au sommet du faux-tronc.

L'inflorescence s'épanouit alors en plusieurs stades, en se recourbant vers le sol. Les fleurs sont groupées par ensembles de deux rangées serrées, chacun étant protégé par une bractée. Les premiers groupes qui se différencient sont constitués de fleurs femelles, dont l'ovaire, très développé, deviendra une banane. L'ovaire se termine par des étamines (organe reproducteur mâle), mais, dans la plupart des variétés, l'ovaire se transforme en fruit sans fécondation.

Cinq à quinze groupes de fleurs femelles se développent ainsi, appelés mains de bananes. Les groupes suivants sont composés de fleurs mâles stériles, c'est-à-dire dont l'ovaire, atrophié, ne donne pas de fruit : les bractées se soulèvent une à une, se replient et tombent, découvrant les mains de fleurs mâles. Les jeunes bananes, qui pointent d'abord vers le bas, se redressent en quelques jours, s'allongent et s'épaississent. Il leur faudra environ dix semaines pour atteindre leur taille définitive. À l'extrémité de l'axe floral, le bourgeon terminal continue à produire des mains de fleurs mâles, qui tombent généralement en deux ou trois jours, laissant un espace dénudé entre le régime (la partie de l'inflorescence qui porte les bananes) et le bourgeon.

La récolte met fin à l'existence du bananier. Plusieurs rejets se développent à leur tour, permettant la pérennisation de la culture.



Elles forment des réservoirs d'eau pouvant contenir jusqu'à 1,5 litre pour 100 grammes de matière sèche. Les cloisons (septa) participent à la circulation de l'eau et à la rigidité de chaque feuille en évitant son écrasement.

L'évolution des espèces séminifères sauvages vers les cultivars s'est probablement faite par étapes : des hybridations naturelles ont diversifié les variétés. Parmi elles, certaines ont accumulé des facteurs de stérilité (disparition des graines) et sont devenues polyploïdes : au lieu de contenir deux exemplaires de chromosomes (variétés diploïdes), leurs cellules en contiennent trois (variétés triploïdes) ou plus, ce qui a augmenté leur taille, et donc celle des régimes. Certaines de ces variétés ont en outre acquis la capacité de produire des fruits sans fécondation des fleurs femelles. La sélection humaine a complété ce processus naturel. La connaissance des voies, périodes et moyens de dispersion est très utile pour comprendre les parentés génétiques, mais aussi les concomitances avec la dispersion du parasitisme.

Un siècle de culture intensive

La production de bananes a dépassé largement 100 millions de tonnes par an depuis 2005 (116,5 millions en 2008). Les surfaces consacrées à cette culture sont proches de dix millions d'hectares, principalement réparties dans les régions tropicales : Asie, Amérique du Sud et centrale, Afrique centrale (en 2005, les cinq premiers pays producteurs étaient l'Inde, l'Ouganda, l'Équateur, le Brésil et la Chine). On distingue les variétés dont les fruits sont consommés comme dessert de celles de bananes plantains et bananes à cuire – les bananes légume. Les bananes dessert représentent près de 60 pour cent de la production mondiale et font l'objet d'un commerce international très développé (17,3 millions de tonnes en 2008, soit environ un tiers de la production). Leur production a plus que triplé en 40 ans. Il en existe de très nombreuses variétés, mais, depuis le début des années 1960, le sous-groupe Cavendish (Grande Naine) est le plus cultivé, avec plus de 56,6 millions de tonnes produites ; ce sous-groupe représente plus de 97 pour cent du commerce international. La consommation annuelle par habitant en 2008 était de 6 kilogrammes en Russie, 9 au Japon et aux États-Unis, et 11 dans l'Union européenne.

Les bananes légume représentent environ 40 pour cent de la production totale. Les plantains (18 millions de tonnes en 2008) sont moins cultivées que les autres bananes à cuire (29,3 millions de tonnes). En fait, 98,5 pour cent sont consommés directement

dans les pays qui les produisent ; une très faible proportion est exportée (environ 690 000 tonnes). Ces bananes légume, probablement sélectionnées avant la banane dessert pour leur apport énergétique, participent à l'alimentation de base de millions d'êtres humains dans les régions tropicales humides : en 2008, par exemple, leur consommation dépasse 50 kilogrammes par an et par habitant en Côte d'Ivoire, au Costa Rica, aux Philippines et en Océanie et atteint 150 kilogrammes à Sainte-Lucie, en Ouganda ou au Samoa. Les variétés sont nombreuses et parfois liées à une utilisation particulière, telle la fabrication de bière et de vin en Afrique de l'Est.

Entre 1890 et 1990, la production bananière par hectare et par an, destinée à l'exportation, a été multipliée par cinq, passant de 15 à 70 tonnes, et la quantité prête à la commercialisation est passée de 7 à 50 tonnes. Le système de culture est devenu de plus en plus intensif, avec de graves conséquences sur l'environnement.

Entre 1870 et 1900, la mise en place de grandes surfaces de culture nécessita une multiplication intensive de bananiers provenant d'Asie du Sud-Est. Leurs prédateurs et diverses maladies n'ont pas tardé à se manifester. C'est ainsi que les bananeraies de Jamaïque et d'Amérique plantées avec le cultivar Gros Michel furent contaminées par la maladie de Panama, due à un champignon parasite (*Fusarium oxysporum f.sp. cubense*). La maladie provoqua une rapide disparition des plants atteints et s'étendit sur le continent américain. Rien qu'en Amérique centrale et du Sud, entre 1910 et 1960, plus de 45 000 hectares ont été détruits. Ce désastre marqua le début d'une collaboration étroite entre la recherche et la production : la maladie de Panama inaugura la recherche bananière à grande échelle.

Cependant, aucune lutte chimique ou physique ne fut efficace. Un programme de création d'une variété résistante dérivée de Gros Michel fut initié, mais sans résultat probant, si bien qu'un changement de variété fut mis en place à grande échelle : Gros Michel fut remplacé par des variétés très peu sensibles à la maladie de Panama, tel le sous-groupe Cavendish, mais plus exigeantes. Ainsi, à partir de 1960, toutes les plantations dans tous les pays utilisaient la Grande Naine, dans un système unique de culture toujours plus intensif avec un conditionnement des fruits en cartons.

Jusqu'en 1990, on a surtout cherché la meilleure rentabilité économique, sans trop

L'AUTEUR



André LASSOUDIÈRE a été ingénieur au CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) de 1967 à 2008.

✓ BIBLIOGRAPHIE

A. Lassoudière, Histoire de la culture bananière [de la fin du XIX^e au début du XXI^e siècle]. L'importance de la recherche dans l'histoire de la production bananière d'exportation, QUÉ, à paraître, 2011.

A. Lassoudière, L'histoire du bananier, QUÉ, 2010.

J. M. Risède *et al.*, Challenging short and mid-term strategies to reduce the use of pesticides in banana production, dans From Science to Field, Banana Casa Study, Guide n° 1, p. 8, ENDURE, 2010.

A. Lassoudière, Le bananier et sa culture, QUÉ, 2007.

K. Tomekpe, Revue des stratégies d'amélioration conventionnelle de Musa, Infomusa, vol. 13, n° 2, pp. 2-6, 2004.

se soucier des conséquences éventuelles à moyen et long termes sur l'environnement et la santé. Les traitements pesticides étaient largement utilisés. D'autant qu'outre le *Fusarium* de la maladie de Panama, d'autres parasites envahissaient les cultures bananières : depuis 1936, un champignon, *Mycosphaerella musicola*, détruisait les feuilles, provoquant la cercosporiose jaune ou maladie de Sigatoka ; depuis 1945, les larves du charançon fragilisaient les souches en y creusant des galeries et, depuis 1954, des vers microscopiques, les nématodes, tel *Radopholus similis*, l'espèce la plus dangereuse pour le bananier, s'étaient attaqués aux racines (voir la figure 2).

Pour lutter contre la cercosporiose jaune, on pulvérisa en quantité des solutions à base de cuivre (bouillie bordelaise), avec des pertes de rendement et de qualité importantes. En 1955, des chercheurs français mirent au point une méthode de traitement aux huiles minérales légères. À peine pensait-on dominer la maladie qu'une nouvelle forme plus pathogène apparaissait dans les années 1970 : la maladie des raies noires ou cercosporiose noire, causée par un autre champignon, *Mycosphaerella fijiensis*. Cette maladie atteint le feuillage non seulement des variétés commerciales déjà sensibles à la forme jaune, tel le sous-groupe Cavendish, mais aussi d'un grand nombre de cultivars vivriers qui y résistaient. Elle mettait donc en danger les moyens de subsistance de nombreuses populations rurales. Pour contrer ce nouveau fléau, on appliqua sur certaines cultures jusqu'à 50 traitements par an en Amérique centrale (contre 22 à 25 pour traiter la cercosporiose jaune).

La lutte contre le charançon noir du bananier (*Cosmopolites sordidus*) a été assurée de 1954 à 1992 par des insecticides orga-

nochlorés puissants, mais souvent toxiques pour la faune et l'environnement : l'hexachlorocyclohexane (HCH) jusqu'en 1973, puis le chlordecone (Kepone, Curlone) de 1970 à 1992. Depuis, avec la découverte d'une phéromone spécifique du charançon, la sordidine, on est revenu au piégeage : attirés par la sordidine, les charançons se noient dans un bac d'eau.

Des pathogènes du charançon – dont le nématode *Steinernema carpocapsae* – s'étaient révélés efficaces en laboratoire, mais sur le terrain, les résultats étaient peu concluants. Depuis quelques années, cependant, l'idée de combiner l'attraction par des phéromones et l'infection par des nématodes fait son chemin et permet d'envisager une lutte sans insecticide : dans le bac, on remplace l'eau par des larves d'un papillon facile à élever (*Galleria mellonella*), inoculées par le nématode. Attirés dans le bac par la sordidine, les charançons sont infectés par les nématodes après quelques minutes de contact avec les larves et, de retour dans la nature, ils contaminent leurs congénères. Les charançons infestés meurent. Ce piégeage, associé à des systèmes de culture adaptés, est un des défis du début du XXI^e siècle.

La lutte contre les nématodes fut assurée par fumigation du sol au dibromochloropropane (Némagon) de 1959 à 1970, puis à l'aide de nématocides appliqués plusieurs fois par an en fonction du nombre de nématodes dans les racines.

L'impact sur l'environnement

C'est à partir de la fin des années 1980 que les conséquences de l'utilisation de tous ces pesticides sur la qualité des ressources en eau et la santé humaine ont été



2. LES DÉGÂTS causés par les trois principaux parasites du bananier. Les larves de charançon creusent des galeries dans la souche (a) ; les nématodes détruisent les racines (b). Fragilisé dans les deux cas, le bananier

verse alors au moindre coup de vent. Enfin, les champignons responsables des cercosporioses endommagent les feuilles, diminuant leur surface, ce qui réduit les capacités de photosynthèse, donc de croissance (c).

Dans la culture bananière, tout programme de création variétale par hybridation impose au minimum deux étapes : au départ, il faut sélectionner une variété fertile, c'est-à-dire dont les fruits portent des graines, que l'on fécondera avec le pollen des fleurs d'une autre variété ; on cherche à obtenir une variété stérile (sans graines) et pathénocarpique (qui n'a pas besoin d'être fécondée pour donner des fruits), pour avoir des fruits pulpeux et plus gros. Pour réaliser ces opérations, une bonne connaissance des propriétés génétiques des Musacées – les bananiers – est nécessaire.

La famille des Musacées comporte trois genres, *Ensete*, *Musa* et *Musella*, correspondant à près de 50 espèces et plus de 1 000 variétés. La quasi-totalité des variétés cultivées présentent trois copies de leurs chromosomes (triploïdes) et sont pathénocarpiques sans graines. Elles ont pour ancêtres deux espèces sauvages diploïdes séminifères de la section des *Eumusa* (genre *Musa*) : *Musa acuminata* Colla et *Musa balbisiana* Colla. Les formes sauvages de *Musa acuminata* présentent d'amples variations de forme et de longueur des régimes et des fruits. La sous-espèce *Musa acuminata bank-*

sii est à l'origine de la plupart des variétés cultivées aujourd'hui ; c'est la seule qui présente des signes de parthénocarpique. *Musa balbisiana* (qui n'a pas de sous-espèce) est très vigoureuse et manifeste des résistances très fortes à la plupart des maladies. Une stratégie d'hybridation consiste à repartir d'une de ces variétés séminifères.

La stérilité des variétés (ou parfois une faible fertilité) peut résulter de diverses causes. Elle peut être le fruit d'une particularité génétique : hormis dans les plantes sauvages, la méiose – division cellulaire qui donne les ovules (les graines de la banane) – se déroule rarement normalement, entraînant la formation de cellules contenant un génome variable. La stérilité peut aussi résulter de fortes variations, chez *Musa acuminata*, dans la séquence des gènes homologues situés sur deux exemplaires d'un chromosome. Enfin, elle peut être due au mélange des espèces *acuminata/balbisiana* ou à la polyploidie. La parthénocarpique, quant à elle, est indépendante de la stérilité : nul besoin d'une stimulation par une pollinisation réussie pour y parvenir. Elle constitue un avantage sélectif, car les fruits sont plus gros et... faciles à manger.

Pour tout programme de création variétale, il importe de disposer d'une diversité génétique la plus large possible : cette diversité est capitale dans le développement de nouveaux hybrides résistant au parasitisme tout en maintenant une diversification qualitative de la production. Cela est d'autant plus important que le bananier se multiplie par rejets, tous génétiquement identiques de génération en génération : contre un parasite, ces « clo-

nes » sont voués à disparaître. Aujourd'hui, des boutures d'une grande partie des variétés existantes sont conservées au froid, dans une collection internationale de matériel génétique de *Musa* rassemblée à l'Université catholique de Louvain, en Belgique (en association avec *Biodiversity International*). Les grandes collections sur le terrain restent cependant indispensables pour les programmes d'amélioration génétiques et les études taxonomiques.



L'HYBRIDATION DU BANANIER : après avoir supprimé, sur le bananier séminifère, les étamines (organes de reproduction mâles) des fleurs avant leur éclosion, on féconde les fleurs femelles avec les étamines d'un bananier d'une autre variété (ci-dessus).

dénoncées. En 2010, le réseau européen pour une agriculture plus respectueuse de l'environnement (ENDURE) a donné une estimation des quantités de pesticides utilisées dans divers pays exportateurs en 2006-2007 (voir la figure 4).

Parmi eux, les nématicides et les insecticides sont les plus dangereux. La Guadeloupe et la Martinique ont considérablement réduit l'utilisation de ces pesticides en quelques années : trois kilogrammes par hectare et par an de substances actives, contre dix kilogrammes en 1998, soit une réduction de 50 pour cent en huit ans, avec un rendement passant de 40 à plus de 50 tonnes à l'hectare. Ce résultat a été obtenu en partie grâce à la mise en œuvre de nouvelles pratiques culturales et méthodes de lutte développées par les chercheurs en partenariat avec les producteurs, sur lesquelles nous reviendrons. Mais d'autres pays n'inversent pas la tendance : au

Costa Rica, les évaluations ont été de 12 kilogrammes par hectare et par an en 1992, de 18 à 24 kilogrammes en 2003, et de 24 kilogrammes en 2006.

L'utilisation de fongicides pour combattre les cercosporioses, quant à elle, varie selon les conditions climatiques, la prédominance de la maladie des raies noires et le développement de résistances. En 2006, en Côte d'Ivoire, on en utilisait ainsi 4 kilogrammes par hectare, contre 42 kilogrammes au Costa Rica, du fait de la différence de climat et de la stratégie de traitement (les champignons parasites ont développé peu de résistances en Côte d'Ivoire, contrairement à ceux du Costa Rica).

En Martinique, touchée par la cercosporiose jaune, la charge de fongicide est inférieure à un kilogramme de matière active par hectare et par an. Mais la cercosporiose noire est apparue sur le territoire en septembre 2010, ce qui est très préoccupant à court terme.

Les nuisances liées à l'usage des fongicides sont notables (pollution des eaux), mais faibles devant celles entraînées par les nématicides et insecticides. La réglementation européenne interdit maintenant les traitements à moins de 50 mètres des habitations et des cours d'eau. La seule solution est la mise en culture de variétés tolérantes obtenues par sélection génétique.

Le contrôle des « mauvaises herbes », enfin, est réalisé par des herbicides (trois à huit kilogrammes par hectare et par an). Leur utilisation tend cependant à se limiter à un seul passage du fait de l'amélioration des pratiques culturales : on maintient un couvert végétal plus homogène dans le temps et l'espace (entre deux périodes de culture bananière, on cultive une autre plante), on utilise du mulch lorsque l'on replante les bananiers – treillis ou autres matériaux disposés au pied des plants pour