



KATHOLIEKE UNIVERSITEIT
LEUVEN

UNIVERSITE DE KISANGANI

Benoit DHED'A DJAILO, Adrien MOANGO MANGA et Rony SWENNEN

LA CULTURE DES BANANIERES ET BANANIERES PLANTAINS EN REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

Support didactique



Vlaamse
Interuniversitaire
Raad

VLIR

UOS University
Development Cooperation



CTB RD CONGO

LA CULTURE DES BANANIERES ET BANANIERES PLANTAINS EN REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO

Remarque : les numéros de page qui manquent sont des pages vierges.

Merci à Rony Swennen pour la communication de ce document.

www.stanleyville.be

Au sujet des auteurs



Benoît DHED'A DJAILO est Docteur en Sciences, Faculté des Sciences de Bio-ingénieurs de la Katholieke Universiteit Leuven (KULeuven), Professeur ordinaire, Chef de Laboratoire de Génétique, Amélioration des Plantes et Biotechnologie à la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani, République Démocratique du Congo (RDC)



Adrien MOANGO MANGA est Docteur en Sciences Agronomiques, Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi (IFA), Professeur Associé, Chef de Laboratoire de Biologie, Physique et Chimie du sol à la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani, République Démocratique du Congo (RDC)



Rony SWENNEN est Docteur en Sciences de Bio-ingénieurs, Faculté des Sciences de Bio-ingénieurs, Professeur ordinaire, Chef de Laboratoire d'Amélioration de Cultures Tropicales de la Katholieke Universiteit Leuven (KULeuven), Belgique

Citation :

DHED'A DJAILO, B., MOANGO MANGA, A. et SWENNEN, R., 2011. La culture des bananiers et bananiers plantains en R.D. Congo. Support didactique, Edition Saint Paul Afrique, Kinshasa.

AVANT PROPOS

Au terme de la rédaction de ce manuel, qu'ils nous soient permis de remercier de tout cœur, tous ceux qui ont contribué à sa réalisation.

Nous pensons en premier lieu au projet « Contribution à l'amélioration de la culture des bananiers et bananiers plantains dans la région forestière Nord-est du bassin du Congo (ZRDC2008MP056) », fruit de partenariat entre le Laboratoire de Génétique, Amélioration des Plantes et Biotechnologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani (République Démocratique du Congo) et le Laboratorium Tropische Plantenteelt de la Faculté de Sciences de Bioingénierie de la Katholieke Universiteit Leuven (Belgique), qui a permis d'établir un cadre scientifique de recherche et de documentation pour la rédaction de ce modeste manuel. Nous pensons en second lieu à la Direction Générale de la Coopération belge au Développement (DGCD) à travers le Conseil Interuniversitaire Flamand (VLIR) que nous remercions pour avoir financé le projet dont le volet vulgarisation a permis la réalisation de cet ouvrage.

Nous remercions nos collaborateurs Olivier BASA DHED'A, Joseph ADHEKA GIRIA pour les retouches de formes et les mises en pages effectués, le Professeur DUDU AKAIIBE, Directeur du Centre de Surveillance de la Biodiversité et Kristien Verbrugghen, Directrice du VLIR-UOS pour avoir bien voulu préfacier ce manuel.

Nous remercions aussi l'Agence Belge de Développement, CTB, pour la publication de ce manuel.

Enfin, que tous ceux qui ont travaillé dans l'ombre (la Rédaction des Annales de la Faculté des Sciences, les relecteurs de cet organe) trouvent ici l'expression de nos sentiments de gratitude.

Nos souhaits les plus ardents sont que ce manuel servent à mieux connaître le bananier pour valoriser sa culture afin d'assurer la sécurité alimentaire, augmenter le revenu agricole et diminuer la pauvreté en RDC.

Les auteurs

Benoît DHED'A DJAILO Adrien MOANGO MANGA Rony SWENNEN

PREFACE I

Le bananier et le bananier plantain constituent, par rapport aux autres principales cultures en cuvette centrale congolaise de la Province orientale en R.D. Congo, la 2^{ème} position comme culture d'autoconsommation qui concourent grandement à la sécurité alimentaire de la population de cette contrée en majorité pauvre. Elle constitue la culture commerciale, qui, dans la plupart des cas, est la 3^{ème} source de revenu pour les ménages après les cultures de manioc, de riz ou du maïs, voire même, après l'huile de palme. Ceci montre que les besoins en recherche, formation et diffusion des techniques pour cette culture est très importante. Cependant, il est difficile de trouver des ouvrages actualisés et adaptés à la connaissance des bananiers à la portée des étudiants et professionnels de l'agriculture en R.D. Congo.

Le présent manuel vient donc combler cette lacune, en fournissant au public ciblé (étudiants de 2^{ème} et 3^{ème} cycle en Biologie et en Agronomie, les professionnels du service de l'Agriculture), un document présentant le bananier sous ses différents aspects. En effet, le manuel qui est subdivisé en 7 chapitres parle successivement de l'origine et de la classification, de l'écologie, de la morphologie, des techniques culturales, des maladies et pestes. Il se termine par la présentation des produits autres que les fruits tirés du bananier et l'importance économique du bananier. Il renferme 13 tableaux et 62 figures qui donnent une illustration, facilitant la lecture et la compréhension. Bien plus, quelques sites web sont ajoutés comme références afin d'élargir la recherche des informations sur les bananiers.

Tenant compte des résultats des études récentes, effectuées dans le District de la Tshopo et mettant en évidence la grande biodiversité des cultivars et les contraintes de la culture bananière tant biologiques, édapho climatiques, agronomiques que socio économiques, ce manuel sera une référence pour les connaissances des bonnes pratiques de la culture des bananiers en cuvette centrale congolaise. Tout en félicitant les auteurs pour ce précieux document scientifique, je souhaite à toutes et à tous une bonne lecture.

Plein succès à l'ouvrage.

Dr. Benjamin DUDU AKAIIBE

*Professeur ordinaire à la Faculté des Sciences et
Directeur du Centre de Surveillance
de la Biodiversité (CSB/UNIKIS)*

PREFACE II

Pour trouver des solutions aux défis globaux et aux besoins locaux, la connaissance joue un rôle essentiel. Les défis globaux – pauvreté, inégalités, changement climatique, insécurité alimentaire – s’expriment cruellement au niveau local : mauvaises récoltes, chômage, manque de moyens pour financer la santé ou l’éducation...

Ici, la mise en jeu de la connaissance s’apparente à un match de football : pour marquer des buts, les joueurs doivent collaborer, s’appuyer les uns sur les autres, jouer leur rôle à fond.

Les auteurs de cet ouvrage, « La culture des bananiers et bananiers plantains en République démocratique du Congo », connaissent les règles du jeu. Avec ce livre, ils font une passe magistrale à leurs coéquipiers, étudiants et experts en agronomie.

Le VLIR-UOS soutient des partenariats qui apportent des réponses innovantes aux défis globaux et locaux. En 2008, il a donné son feu vert au financement de la coopération entre l’Université de Kisangani et la K.U.Leuven. Il s’agit d’un projet de recherche sur l’amélioration de la culture de bananiers dans le Nord-Est du bassin du Congo, projet qui est à la base du présent ouvrage.

Nous constatons avec plaisir que les chercheurs sont allés au-delà des résultats factuels de la recherche. Car ils savent que pour marquer des points, il faut diffuser la connaissance – lui donner des ailes ! Elle doit arriver jusqu’au cultivateur de bananiers, pour l’enrichir. Le VLIR-UOS en a fait son leitmotiv : *Sharing minds, changing lives*. À travers la coopération académique, nous voulons améliorer le bien-être du cultivateur, changer sa vie et celle de sa famille.

Les universités et les instituts d’enseignement supérieur sont des moteurs de développement. Ils produisent de la connaissance par la recherche et la diffusent par l’enseignement. Ils ont également un rôle social à jouer, en utilisant le savoir pour répondre aux défis sociaux. À cet égard, il est naturellement indispensable de collaborer avec les pouvoirs publics, la société civile et les entreprises. Pour former une équipe qui marque des points, et qui gagne. Une équipe dans laquelle vous, lecteur, avez aussi votre rôle à jouer.

Puisse cet ouvrage permettre aux premiers joueurs du développement de marquer un maximum de buts !

Kristien Verbrughen,
directeur VLIR-UOS

I. ORIGINE ET CLASSIFICATION

1.1 Origine

Le centre d'origine de tous les bananiers et bananiers plantains s'étend de l'Asie du Sud Est plus précisément dans une région limitée à l'Ouest par l'Inde et à l'Est par l'amont de l'Océan Pacifique. A partir de cette région, les bananiers se sont répandus à l'Est en Amérique du sud mais surtout à l'Ouest à Madagascar/Zanzibar à travers les migrations indo-malaysiennes. Les bananiers ont aussi été répandus par les Arabes et les Portugais le long de la côte Est de l'Afrique d'où ils ont traversé les Pays de l'Afrique centrale jusqu'en Afrique de l'Ouest (Fig. 1). Aux 16 et 17^{ème} siècles, le transport des esclaves de l'Afrique de l'ouest jusqu'en Amérique latine s'est accompagné du transport des bananiers. Tenant compte de ces itinéraires, l'on comprend que la variabilité génétique des bananiers décroisse de l'Asie à l'Amérique latine à travers l'Afrique.

Cependant, à cause de la longue histoire de la mise en culture des bananiers en Afrique, les mutations ont provoqué une importante augmentation de la variabilité en Afrique. Cette variabilité ne peut pas être la conséquence des croisements car les bananiers arrivés en Afrique étaient stériles. Ces centres de diversité étaient l'Afrique de l'Est pour les bananiers d'altitude et l'Afrique Centrale et de l'Ouest pour les bananiers plantains.

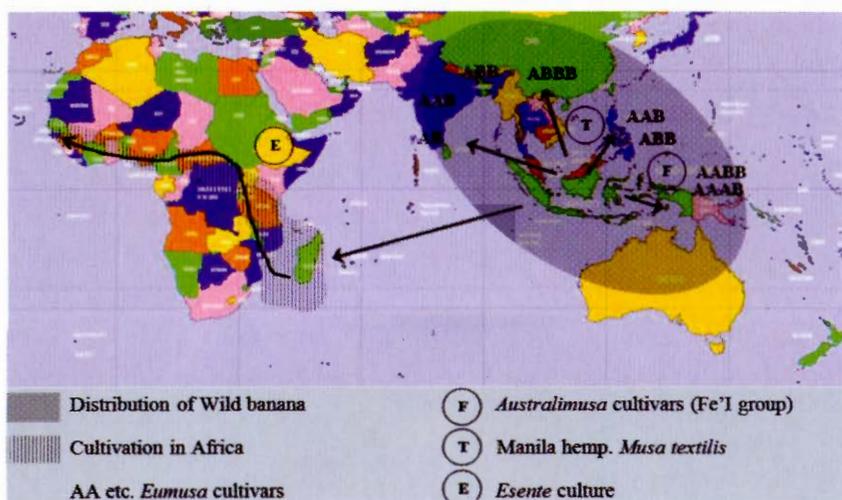


Figure 1: Origine et dispersion des bananiers dans le monde

En Afrique Centrale et de l'Ouest, environ 120 variétés des plantains sont connus contre seulement 10 variétés dans l'Asie du Sud est. En Afrique de l'Est environ 70 variétés sont répertoriées. En Asie du Sud est, plus de 1000 variétés de bananiers sauvages et cultivés sont répertoriées. En Amérique latine, on distingue

20 variétés de bananes dessert et des bananes plantains. Ainsi la situation de la variabilité des bananiers et bananiers plantains s'avère-t-elle très complexe.

1.2. Classification

Nous recommandons la consultation des ouvrages de classification de Purseglove intitulés « Monocotylédons et Dicotylédons » ou les sites Web suivants pour la systématique des plantes et l'utilisation correcte des noms des plantes :

http://www.geocities.com/we_evolve/Plants/plants_systematics.html

<http://pgrdoc.bioversity.cgiar.org/taxcheck/grin>

<http://pgrdoc.bioversity.cgiar.org/taxcheck/mansfeld/index.html>

Les bananiers et les bananiers plantains sont des monocotylédones géantes sans véritable croissance secondaire. Ils peuvent ainsi être considérés comme des plantes herbacées. Ils appartiennent à l'ordre pantropical des zingibérales et sont étroitement apparentés aux espèces telles que: Gingembre (*Zingiber officinale*), Cardamon (*Elettaria cardamomum* (L.) Matz), Tumeric (*Curcuma domestica* Val.)

Les plantes appartenant à cet ordre renferment 8 familles qui sont pour la plupart des plantes pérennes rhizomateuses. La structure de leurs graines n'est observée que chez les graines des bananiers sauvages. Ces plantes ont des nervures parallèles caractéristiques spécifiques aux monocotylédones. Ils appartiennent à l'Ordre des Scitamineae, Famille des Musaceae, genre *Musa* et *Ensete*. L'ordre de Scitamineae renferme 4 familles : 1. Famille des Strelitziaceae, avec les genres *Strelitzia*, *Heliconia* et *Ravenala*, 2. Famille des Lowiaceae avec le genre *Orchidantha*, 3. Famille des Zingiberaceae avec les genres *Zingiber* et *Hedichium*, 4. Famille des Maranthaceae avec le genre *Marantha*, 5. Famille des Cannaceae avec le genre *Canna* et 6. Famille de Musaceae avec les genres *Musa* et *Ensete*.

Le genre *Musa* est divisé en 5 sections parmi lesquelles la section *Eumusa* est l'une des plus importantes (Tableau 1).

Tableau 1: Caractéristiques des genres *Musa* et *Ensete*

| Genre | Nbre chromosomes | Section | Distribution | Nbre d'espèces | Usages |
|---------------|------------------|---------------------|--|----------------|--------------|
| <i>Ensete</i> | 9 | - | De l'Afrique Ouest à la Nouvelle Calédonie | 7-8 | Fibre |
| <i>Musa</i> | 10 | <i>Australimusa</i> | Du Queensland aux Philippines | 5-6 | Fibre, Fruit |
| <i>Musa</i> | 10 | <i>Callimusa</i> | Indochine et Indonésie | 5-6 | Ornement |

| | | | | | |
|-------------|----|---------------------|---|------|--------------|
| <i>Musa</i> | 11 | <i>Eumusa</i> | Du Sud de l'Inde au Japon et Samoua | 9-10 | Fruit, Fibre |
| <i>Musa</i> | 11 | <i>Rhodochlamys</i> | De l'Inde à l'Indochine | 5-6 | Ornement |
| <i>Musa</i> | 14 | <i>Ingentimusa</i> | Papoua Nouvelle Guinée (1000-2100 m Altitude) | 1 | - |

On distingue différentes espèces du genre *Musa* : *Musa flaviflora*, *Musa itinerans*, *Musa basjoo*, *Musa nagensium*, *Musa sikkimensis*, *Musa cheesmani*, *Musa schizocarpa*, *Musa balbisiana* (sans aucune sous espèces), *Musa acuminata* (avec au moins 5 sous espèces).

La plupart des bananes comestibles proviennent des espèces *Musa acuminata* (A) et du croisement entre les espèces *Musa acuminata* (A) et *Musa balbisiana* (B) et sont donc codés AA, AB, AAB, ABB, Le nombre de lettres traduit le niveau de ploïdie du génôme. En effet, le code traduit la contribution relative dans le génome du chromosome A provenant de *Musa acuminata* et du chromosome B provenant de *Musa balbisiana*. Il est donné sur base de 15 caractéristiques morphologiques, est élaboré après la description morphologique de la plante.

En ce qui concerne l'utilisation de la terminologie correcte, on peut classer les bananes et bananes plantains de la manière suivante :

- bananes et bananes plantains comestibles
- bananes non comestibles
- bananes produisant des graines (non parthénocarpiques)
- bananes et bananes plantains ne produisant pas des graines (parthénocarpiques)
- bananes et bananes plantains parthénocarpiques stériles
- bananes parthénocarpiques non stériles

Tous les types sauvages sont des bananiers produisant des graines et non des pulpes et se reproduisant aussi bien par voie générative que végétative. Ces bananiers sauvages sont des diploïdes. Puisqu'ils produisent facilement les graines, ils subissent aussi facilement les croisements entre eux. Grâce à l'accumulation des gènes responsables de la formation des pulpes les diploïdes deviennent capables de développer quelques pulpes. Les hommes préfèrent de tels fruits et multiplient ces plantes par voie végétative. Les croisements de ces plantes génèrent des génotypes qui produisent plus de pulpes. Ces hybrides peuvent encore être sélectionnés pour avoir des plantes comestibles. En même temps, les chercheurs procèdent à la sélection visant la stérilité (pas de production des graines) et la pathénocarpie (obtention des fruits sans pollinisation préalable). Toutes ces opérations aboutissent

finaleme nt à l'obtention des variétés comestibles, stériles et parthénocarpiques (Figure 2).

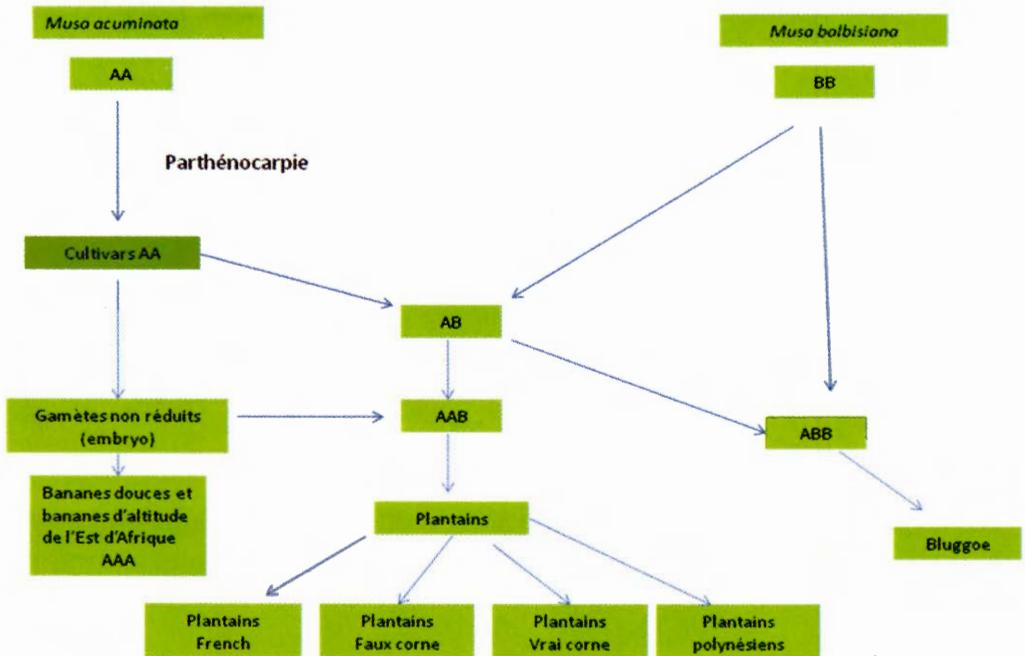


Figure 2: Croisement *M. acuminata* x *M. balbisiana*

Les croisements ultérieurs entre les variétés diploïdes ($2n=2x$) avec les variétés sauvages ($2n=2x$) peuvent donner des triploïdes ($2n=3x$). Ces derniers produisent grâce à la parthénocarpie et à la stérilité de gros fruits (dû à leur niveau élevé de ploïdie).

Ainsi ces variétés mieux appelées cultivars (variétés cultivées) sont comestibles. Les croisements ultérieurs entre ces triploïdes avec les diploïdes donnent à travers la méiose normale des tétraploïdes qui produisent très facilement des graines (Figure 3).

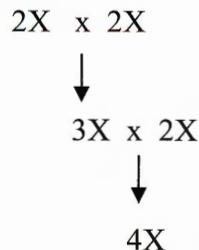


Figure 3: Différents croisements diploïdes, triploïdes et tétraploïdes

Certaines caractéristiques de ces diploïdes, triploïdes et tétraploïdes sont représentés dans la Figure 4.

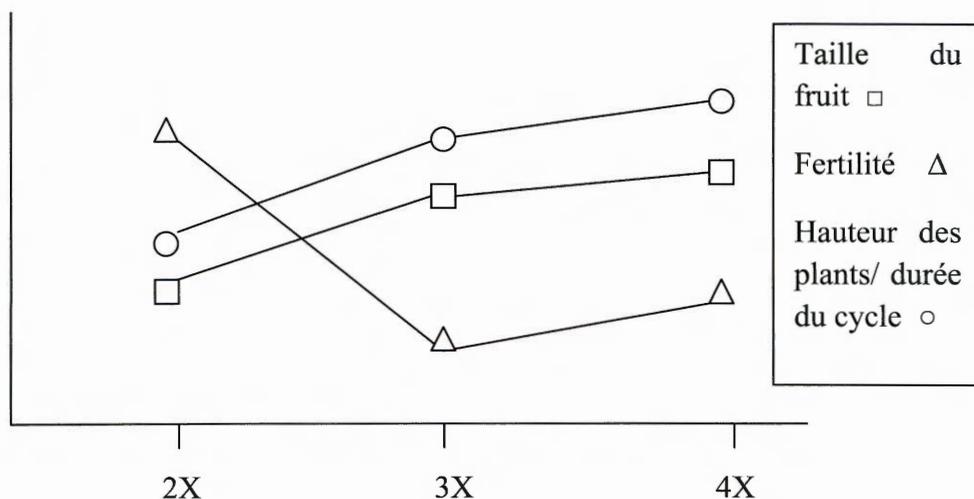


Figure 4: Caractéristiques des diploïdes, triploïdes et tétraploïdes

La figure 4 montre que la parthénocarpie et la fertilité sont des variables indépendantes et que la plupart des cultivars qui sont des triploïdes possèdent une faible fertilité, pendant que la taille de la plante et du fruit augmente avec le niveau de ploïdie.

II. ECOLOGIE

Les bananiers et bananiers plantains sont cultivés dans les zones agro écologiques situées entre 30° Latitude Nord et Sud. Ils peuvent aussi être cultivés, en dehors de cette zone, dans des régions subtropicales libres de gels (Israël, Afrique du sud, Iles canaries, Taiwan, Nord et Sud des Pays de Galles) (Figure 5). Le bananier, culture des régions chaudes et humides du globe, est en effet exigeant en eau, sensible aux basses températures, à la lumière, aux vents et aux facteurs édaphiques.

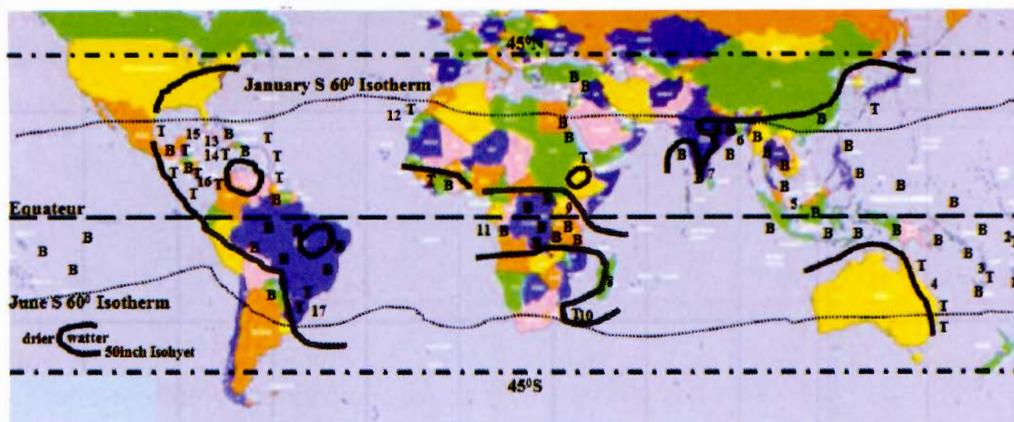


Figure 5: Zone agro-écologique des bananiers et bananiers plantains

2.1. L'eau

Le sol doit être suffisamment pourvu en eau, les racines n'absorbant aisément que le tiers de la tranche dite habituellement utile. En climat chaud et humide, on considère généralement que les besoins sont couverts avec 35 mm de précipitations par semaine soit environ 2500 mm de pluies réparties sur toute l'année. L'excès de précipitations ne constitue pas une contrainte si le sol est bien drainé. Par contre, l'eau stagnante est dommageable même pour quelques heures. Cependant en régions sèches et chaudes ou en situations très ventées, l'évapotranspiration maximale pouvant être plus élevée et dépasser 2500 mm, les besoins en eau deviennent plus élevés. Les bananiers se défendent contre les déficits momentanés en repliant les demi-limbes des feuilles, mais ils résistent mal aux sécheresses de plus d'un mois même s'il existe une certaine variabilité entre groupes et sous groupes des bananiers vis-à-vis de la tolérance à la sécheresse. Il faudrait alors procéder à l'irrigation.

2.2. La température

L'optimum de température se situe dans l'intervalle de 25 à 30°C. Au delà de 35 à 40°C et en deçà de 14°C des anomalies surviennent. Les plantes accusent un retard de croissance manifestée par une lente émission des feuilles plus petites.

2.3. La lumière

Le bananier est une culture des jours longs facultatifs. Il supporte des fortes insulations si l'approvisionnement hydrique est suffisant. La nébulosité ralentit la végétation et augmente la taille des rejets. 1500 à 1800 heures d'insolation est un

seuil limite et 2000 à 2400 heures sont favorables. Une insolation brutale avec un déficit hydrique provoque un palissement des limbes puis des nécroses notamment sur les jeunes bananiers.

2.4. Le vent

Le vent est un facteur climatique de grande importance, son moindre effet est de provoquer une transpiration limitée par fermeture des stomates. Le dommage le plus généralisé est la lacération des limbes. Les vents violents amènent toujours des dommages considérables, soit en brisant les feuilles aux pétioles, soit en cassant les pseudos troncs. Aussi les grandes compagnies préfèrent-elles avoir des plantations dans les différents agro écosystèmes pour prévenir les risques des dommages.

2.5. Le sol

Les sols dans lesquels sont implantées les bananeraies sont extrêmement variés dans le monde. On ne peut dissocier le facteur sol du facteur climat (pluviométrie, température) ni dissocier ces deux facteurs du facteur plante. En ce qui concerne le sol, ce sont plutôt les propriétés physiques (structure grumeleuse, capacité de rétention en eau et en minéraux, porosité...) qui sont essentielles, l'aspect chimique (pH, disponibilité des nutriments...) pouvant être plus facilement modifié.

III. MORPHOLOGIE

Le bananier est une plante herbacée vivace. Elle est herbacée car elle ne comporte pas croissance secondaire: après que les fruits sont parvenus à maturité, les parties aériennes fanent et s'affaissent. Elle est vivace parce que de nouveaux plants émis à la base du plant mature viennent remplacer les parties aériennes qui meurent. En effet, le bananier est dans son état d'équilibre à partir de la formation des bourgeons latéraux assurant la pérennité de la plante.

A maturité, le plant de bananier ou pied - mère se compose:

- d'une souche ou bulbe portant des racines et émettant des rejets
- de feuilles dont les gaines, enroulées les unes dans les autres, forment le faux tronc (pseudo tronc)
- d'un régime de fruits (Figure 6)

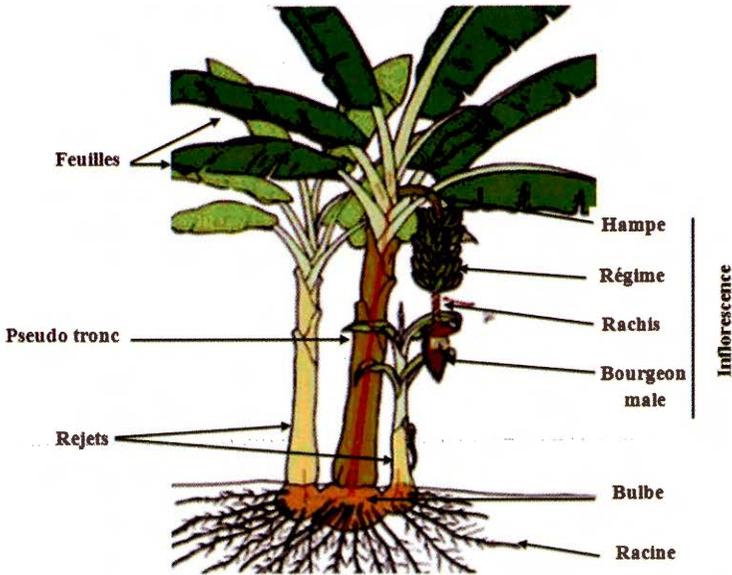


Figure 6: Schéma de l'organisation du bananier

3.1 Corme et racines

Les bananiers se développent sur les renflements d'une tige souterraine ramifiée. Il s'agit d'une tige souterraine épaisse et courte, de croissance orthotrope et dont la largeur est plus importante que la hauteur. Les entrenoeuds sont clairement visibles. Ces renflements portent improprement le nom de « bulbe ». En effet, bien qu'un bulbe soit également une tige souterraine de croissance orthotrope, il n'a pas d'entrenoeuds visibles. Aussi sa partie basale est aplatie comme chez l'oignon. Le nom « rhizome » n'est pas non plus approprié car le rhizome montre une croissance plagiotropique marquée avec l'axe principal dans le sol ou au dessus du sol.

La tige souterraine est constituée d'un cortex et d'un cylindre central séparé par une couche de Mangin à partir de laquelle les racines forment 3 à 4 faisceaux. Le « bulbe » est un renflement de la tige souterraine émettant des racines, des rejets, des feuilles et, en phase de floraison-fructification, une tige aérienne florifère et fructifère, émergeant au sommet du cylindre (pseudo tronc) formé par les gaines foliaires imbriquées les unes dans les autres. Le « bulbe », partie de la ramification renflée de la tige souterraine, peut produire une souche émettant ses propres ramifications qui forment leurs propres « bulbes » et donc des rejets au départ des bourgeons axillaires. Le premier corme développe une pseudo tronc (pseudo-tige) à partir de laquelle se produisent les nouveaux cormes. La plante croît ainsi dans le sens longitudinal et radial, de manière qu'autour de la première pseudo-tige, il y ait plusieurs bourgeons (œilletons) et rejets d'âges divers (Figure 7). Le « bulbe » produit des racines (Figure 8).

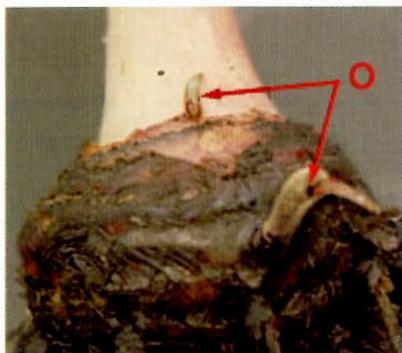


Figure 7: Formation des œillets
(o : œillets)



Figure 8: Production des racines par la corme

Le « bulbe » porte d'abord des feuilles souterraines, réduites à des écailles ou bractées qui se recouvrent les unes les autres. Elles sont coriaces, de couleur brune et brillante et cachent des bourgeons axillaires. Ces bourgeons se développent en petits œillets (o) et ces œillets se développeront en rejets. D'autres bourgeons peuvent fournir des ramifications.

Déarrassé de sa partie corticale composée d'écailles et de bourgeons plus au moins développés, le « bulbe » du bananier laisse apparaître les cicatrices laissées par ses structures foliaires (Figure 9).



Figure 9: Apparition des entrenœuds



Figure 10: Tissu de réserves du bulbe

A sa base apparaît un énorme tissu de réserves qui constitue le point de départ de l'enracinement. L'intérieur du « bulbe » est une masse riche en réserves accumulées (Figure 10). Le « bulbe » lui-même fait partie de la tige souterraine en tant que ramification renflée de celle-ci.



Un quartier du sommet d'un « bulbe » prélevé à la base du bananier montre bien qu'en cet endroit un bourgeon terminal (apical) a produit une tige très court-nouée. Ce bourgeon terminal produit des feuilles de manière centripète (de l'extérieur vers le centre) au fur et à mesure de la croissance de ce bourgeon apical (Figure 11)

Figure 11: Formation des feuilles par le méristème apical

La connaissance de la bonne localisation du méristème apical est essentielle si l'on veut procéder à la multiplication végétative des matériels de propagation par les techniques de décapitation. Le « bulbe » change de fonction selon que le bananier se trouve en phase végétative (production des feuilles et de rejets) ou qu'il se trouve en phase fructifère (production des fleurs et de fruits). Dès que la phase fructifère commence, elle « détourne » toute l'énergie du plant à son profit et l'utilise à faire monter le bourgeon terminal de la corne dans le pseudo tronc constitué de gaines de feuilles imbriquées les unes dans les autres.

La production des feuilles, des racines et des rejets de ce corme s'arrête et c'est la montaison, qui met fin à la phase végétative, productrice des rejets. Le bourgeon florifère, poussé par la tige, se développe et monte dans le cylindre formé par l'emboîtement des gaines foliaires. Chez le bananier, la montaison met fin à la végétation et constitue le premier stade de la floraison-fructification. La floraison commence six mois après la plantation. A partir de ce moment, il n'y a plus de production de feuilles mais plutôt des fleurs et des bractées. La croissance en hauteur s'effectue rapidement à travers le pseudo tronc. Comme avec la tige souterraine, le méristème apical inhibe l'initiation et la croissance des branches. Cette influence diminue avec l'augmentation de la distance résultant de l'allongement des branches loin du méristème apical. A partir de ces bourgeons axillaires se développent les rejets (on compte un bourgeon par feuille). Les rejets émergent sous forme de bourgeons renflés des méristèmes latéraux situés à la base des feuilles poussant à partir de la souche.

Un rejet passe par 4 stades de développement :

1. Oeilleton: un gonflement en blanc
2. Rejet-écailles («peeper ») : rejet de couleur brune-rouge portant des feuilles en écailles
3. Rejet « baionnette »: rejet de 50 à 150 cm de haut, avec de grands yeux et possédant des feuilles lancéolées. Ce rejet est très apprécié.
4. Rejet « demoiselle »: rejet de plus de 100 cm de haut, à feuilles larges

En plus on a le rejet sevré : petite pousse, à larges feuilles avec des feuilles à maturité. Ce rejet, avec une corne petite et des feuilles grandes, a une mauvaise connexion avec le pied-mère.

Les étapes de la croissance des rejets sont liées à l'âge de la plante. A part le rejet « sevré », tous les autres types de rejets ont un fort lien vasculaire avec le pied-mère. La croissance des rejets dépend initialement de l'approvisionnement en éléments nutritifs, en eau, hormones et en produits de photosynthèse provenant du pied-mère. Les relations entre le pied-mère et ses rejets et entre les rejets frères sont des interactions hormonales et nutritives. Le fait de garder plusieurs rejets, parfois jusqu'à un stade avancé, entraîne une compétition pour l'alimentation et surtout un certain blocage du développement des uns et des autres. Les rejets deviennent progressivement indépendants avec le développement des feuilles à limbe large. La relation entre une indépendance grandissante du rejet et son type de feuillage peut être illustrée par le rejet « sevré » qui développe les feuilles à limbe large même s'il est de la même taille qu'un petit rejet « baionnette » afin de compenser l'absence du soutien parental.

Les rejets qui sont plantés consistent en un corne et la partie basale des gaines foliaires. Les rejets séparés du pied-mère ne peuvent plus dépendre de celui-ci et devront investir dans la croissance des feuilles à limbe large et le développement d'un système racinaire.

La suppression très précoce de la compétition entre rejets améliore très fortement la croissance et le développement du rejet sélectionné qui sera le successeur. La situation la plus défavorable au développement des rejets correspond à une croissance en taille faible, alors que l'émission foliaire est satisfaisante, c'est-à-dire une désynchronisation entre croissance et développement. Dans ce cas, le passage du rejet à la phase autonome (feuilles larges) est rapide, mais l'accumulation des réserves dans la souche est insuffisante pour assurer une bonne différenciation florale du rejet sélectionné en raison du nombre réduit des mains et des doigts femelles.

Chez le bananier, la colonisation du sol par le système racinaire est essentiellement due au développement des racines primaires, secondaires et tertiaires. Afin d'optimiser l'approvisionnement en eau et en nutriments dans le profil racinaire, des informations sur la cinétique du développement du système racinaire et la disposition spatiale des racines sont nécessaires. Il a été démontré l'influence de la densité et de la longueur des racines sur l'absorption d'eau et des éléments nutritifs. Les racines primaires sont produites en continu tout au long de la phase végétative. Les racines primaires sont formées dans la zone à l'interface du cortex et du cylindre central (dans la corme), appelée Zone de Mangin. Elles se forment en groupe de 3 ou 4 racines et toute de suite après la plantation (Tableau 3). Elles poussent horizontalement, traversant le cortex, et ne s'enfoncent pas à plus de 50 cm de profondeur dans le sol. D'une épaisseur maximale à 1cm, elles peuvent atteindre 3 à 4m de long.

Les racines primaires saines sont blanches et comprennent 3 zones (Figure 12) :

Zone 1: partie très distale avec une longueur de 7 à 8cm, portant des poils d'une longueur de 2cm.

Zone 2: zone sans poils ni racines secondaires.

Zone 3: zone avec racines secondaires. Dans une grande partie distale (mais la partie plus petite), la longueur de la racine secondaire augmente avec la distance du sommet de la racine primaire (effet de la dominance apicale). Après cette sous-zone, toutes les racines secondaires ont la même longueur. On trouve ici une densité racinaire très élevée.

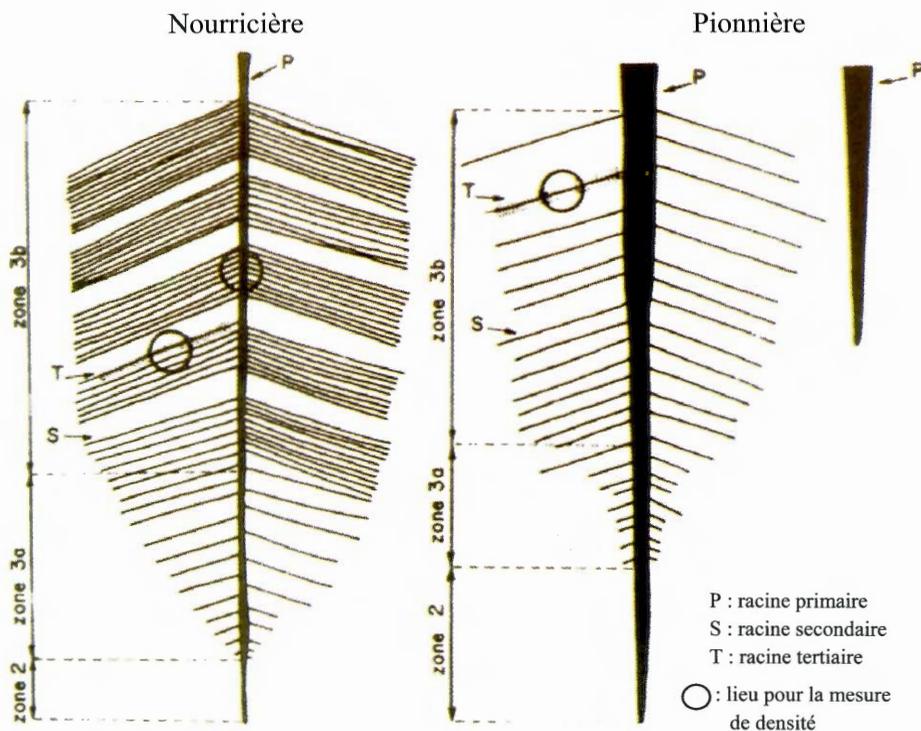


Figure 12: Vue schématique de deux types de racines primaires avec des racines secondaires et tertiaires (les racines « nourricières » à gauche et les racines « exploratrices » à droite).

Il existe une relation quantitative entre le nombre des racines primaires et la croissance du corme et le nombre de feuilles. Selon leur temps d'émergence, les racines primaires des bananiers peuvent avoir des caractéristiques morphologiques différentes. Bien que de nombreuses études sur les bananiers sont fondées sur des observations de la racine émergeant à la surface du corme, aucune information quantitative n'est disponible sur la relation entre le temps du développement du corme et la position de la racine sur le corme à l'émergence. Ce qui est confirmé est que l'émergence de la racine cesse à la floraison.

Les racines « nourricières » ayant des racines primaires plus longues, disposent d'une densité plus élevée des racines secondaires (Figure 12). Puisque les pointes des racines jouent un rôle important dans l'alimentation hydrique et minérale, les racines « nourricières » sont donc plus importantes que les racines « exploratrices » pour une bonne croissance. A partir de ces racines primaires se développe un système de racines secondaires et tertiaires portant des pilosités. La distribution des racines secondaires sur la racine primaire est contrôlée par des équilibres hormonaux. Lorsqu'une racine primaire se nécrose, les racines secondaires se développent, les plus larges se trouvant alors proches de l'ancien apex.

L'étude de la longueur totale des racines de différentes variétés des bananes et la contribution relative des racines primaires, secondaires et tertiaires à la longueur totale des racines révèle une architecture racinaire 4 fois plus grande pour les bananes (dessert) AAA que pour les bananes (plantains) AAB. En outre, la contribution des racines tertiaires est plus prononcée chez les bananes AAA comme l'indique le Tableau 2.

Tableau 2: Contribution (en %) de différents types de racines sur certains cultivars

| Cultivars | Rac. primaires | Rac. secondaires | Rac. tertiaires |
|-----------------------|----------------|------------------|-----------------|
| Bananes dessert (AAA) | 0,3 | 22,4 | 77,3 |
| Plantains (AAB) | 0,7 | 53,4 | 45,9 |

Le tableau 2 explique pourquoi les bananes AAA se développent mieux et se maintiennent plus facilement que les bananes plantains (AAB). Afin de corriger cette insuffisance, l'on doit procéder à la pratique du paillage (mulching) dans la culture des plantains. Cette technique entrainera une diminution de la température et une augmentation de la porosité et donc augmente le drainage ce qui provoque une bonne croissance et ramification des racines des plantains. Par cette technique, les plantains sont capables de prélever des teneurs importantes d'eau et d'éléments minéraux et générer une plus grande production. Puisque les plantains couverts de mulch produisent beaucoup de poils absorbants (site de production des cytokinines), les auxines provenant du méristème apical sont largement compensées par les cytokinines (Figure 13).

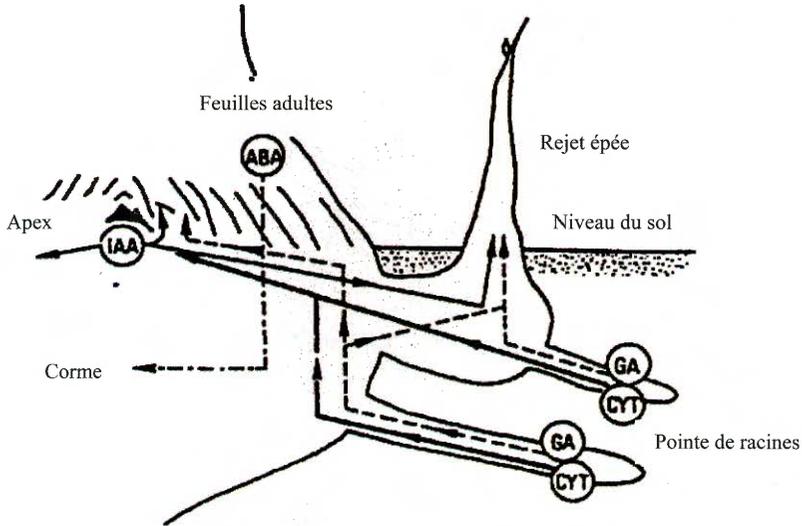


Figure 13: Différentes interactions des hormones végétales sur le développement des rejets (ABA : acide absicique ; CYT : cytokinine ; GA : acide gibbérélique ; IAA : acide indol acétique)

Ceci veut dire que les rejets échappent plus facilement à la dominance apicale et peuvent être détachés du pied-mère. Ainsi le mulch a un effet positif aussi bien au premier cycle végétatif (par le prélèvement important d'eau et de nutriments) qu'au second cycle (par la production précoce et élevée des rejets). Etant donné que le système racinaire est bien ramifié chez les bananes AAA, l'utilisation spécifique du mulch n'est rentable que dans la lutte contre les adventices.

90% des racines de l'architecture racinaire du bananier sont situés entre 0 et 50 cm de profondeur avec une grande concentration entre 0 et 15 cm de profondeur. Les racines peuvent atteindre 3 à 4 m de longueur. Une étude sur la dynamique de la croissance du système racinaire en relation avec la surface foliaire (Tableau 3) peut servir de guide de la technique culturale optimale du bananier.

Tableau 3: Dynamique de certains caractères morphologiques du bananier au cours du temps (en semaines)

| Racines | 1 | 3 | 7 | 10 | 19 | 36 (floraison) |
|--|-----|-----|-----|------|------|-------------------|
| Nbre des racines primaires | 22 | 40 | 42 | 175 | 420 | 500 |
| Longueur totale des racines (en cm) | 100 | 410 | 650 | 2900 | 6500 | |
| Longueur des racines secondaires (en %) | 2 | 30 | 16 | 45 | 60 | |
| Racines primaires nécrosées (en %) | 3 | 18 | 41 | 30 | 23 | |
| Indice foliaire (IF) | 0 | 0,1 | 0,6 | 2,0 | 6,5 | |

Le tableau 3 nous renseigne sur les points suivants :

Après l'écimage des rejets en vue de la plantation, il y a d'abord formation des racines et ensuite des feuilles. Donc la vérification de survi n'est possible que 3 à 4 semaines après la plantation. Une semaine après la plantation, les racines primaires ramifient difficilement. Les racines dépendent encore du corne et approvisionnent difficilement la plante en eau et en éléments minéraux.

Trois semaines après la plantation, les racines ramifient fortement et la longueur des racines primaires augmente sensiblement. A ce moment, les plantes commencent à prélever les nutriments. C'est le stade propice pour l'apport de la première dose de fertilisant et de l'application des pesticides (nématocide et insecticide). Ainsi, il n'est pas approprié d'enfouir les engrais dans les trous de plantation au début de la culture pour deux raisons notamment :

1. le risque de lixiviation d'éléments minéraux apportés par les engrais, les rejets n'étant pas encore capables de prélever les nutriments.
2. la croissance horizontale des racines, l'engrais placé dans le trou de plantation se trouvant plutôt en dessous du corne.

Entre trois et sept semaines après la plantation, il y a formation lente de quelques nouvelles racines primaires pendant qu'entre sept et dix semaines et dix et dix neuf semaines après la plantation, une importante quantité des racines est formée. L'émission des racines s'effectue en vagues et donc de façon discontinue.

Le nombre des racines à la floraison (trente six semaines après la plantation) diffère nettement de celui à la dix neuvième semaine après la plantation. Ainsi une bonne phytosanitation et une fertilisation raisonnée sont cruciales au cinquième mois après la plantation. Une semaine après la plantation, la nécrose des racines primaires est insignifiante. Elle augmente fortement trois semaines après la plantation. D'où les rejets non désinfectés introduisent les nématodes dans la plantation. A partir de ce moment, les racines émergeant du corne sont attaquées par les nématodes présents dans le corne.

Entre trois à sept semaines après la plantation, les nécroses des racines primaires augmentent fortement et la longueur des racines secondaires diminue. Ceci est lié à l'absence de formation de nouvelles racines, le temps de la formation des racines primaires étant révolu. Quand une nouvelle vague arrive, les nécroses diminuent mais 30 % des racines sont déjà infectées. Si l'on considère la localisation des nécroses sur la racine primaire, on note que la plupart des dégâts surviennent sur les racines dans les trous de plantation de dimensions 30x30x30 cm comme illustré à la figure 14. Il faut souligner que la majorité des nématodes sont introduites par les matériels de plantation.

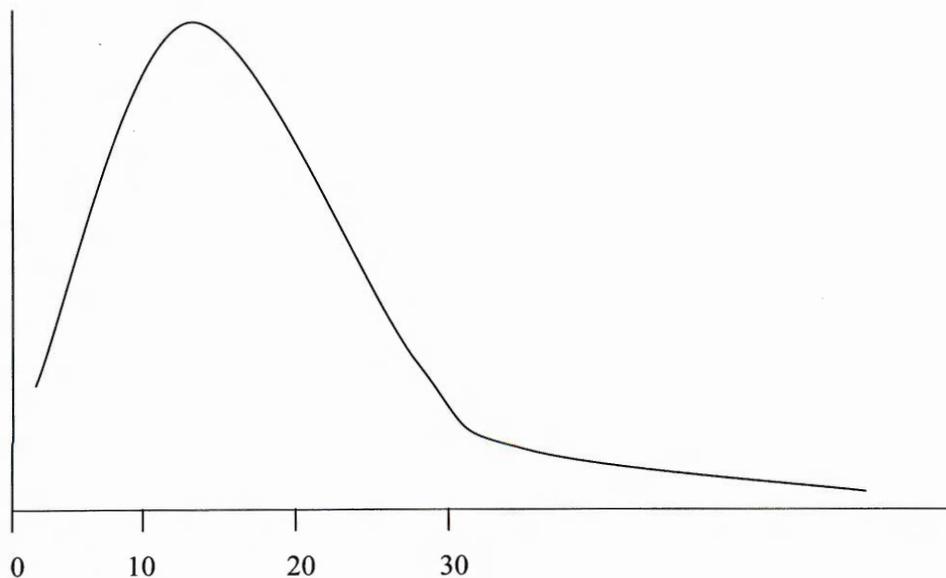


Figure 14: Fréquence de localisation des nécroses sur les racines primaires (cm)

Une corne plantée réagit de trois manières après la plantation :

3. Une corne plantée augmente de volume si bien qu'il devient difficile à détecter de la corne plantée après un certain temps
4. Une corne plantée s'élargit peu par rapport à la nouvelle corne qui se développe plus tard sur l'ancien
5. Une corne plantée ne se développe pas mais plutôt une nouvelle corne se développe à une certaine distance au dessus de la corne originale.

Les modes 1 et 2 surviennent dans des conditions normales de croissance alors que le mode 3 arrive lorsque le trou de plantation est trop profond. La position du méristème apical d'une bonne corne en croissance dépend de la variété et de l'emplacement au sol. Cette dépendance par rapport n'est pas permanente; le méristème pouvant croître en hauteur. Ainsi l'excroissance de la corne apparaîtra lentement et par conséquent, certaines racines émergeront puis sécheront. Ce phénomène est appelé remonté (Figure 15) et affecte spécialement les plantains et les vieilles plantations des bananiers.

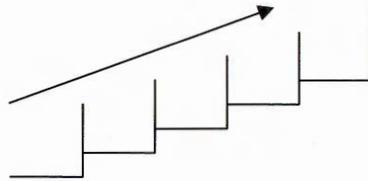


Figure 15: Dispositif en étage des excroissances du corme des bananiers plantains

A cause de ce dispositif, les plantes tombent plus facilement. Ce phénomène est accentué aussi chez les variétés où le rejetonnage s'effectue en dessous du corme du pied-mère. Aussitôt que ces rejets ont formé leurs propres cormes, ils poussent le pied-mère hors du sol. Durant les cycles successifs, le phénomène « étage » s'accroît car les rejets ont toujours leur méristème apical moins profond. Ainsi le phénomène « étage » s'intensifie avec le temps.

3.2 Pseudo tronc

Le corme porte le pseudo tronc ou pseudo-tige du bananier. En effet le vrai tronc est souterrain et le pseudo tronc consiste en une tige aérienne florifère et fructifère formée par les gaines foliaires qui se trouvent fortement imbriquées en forme hélicoïdale et par le centre desquels croît l'axe floral. La gaine est reliée à la lame foliaire par le pétiole. Le pseudo tronc n'est pas ligneux et peut donc se casser facilement.

3.3 Feuille

Le système foliaire est formé par l'ensemble des feuilles issues de la pseudo-tige principale et des rejets. Une feuille développée est composée de cinq éléments: la gaine, le pétiole, la nervure centrale, la lame et l'appendice (Figure 16). La gaine est la partie basale et enveloppante de la feuille qui fait partie de la pseudo-tige. Elle est unie à la lame foliaire par un pétiole cannelé qui présente de nombreux faisceaux vasculaires minces, avec des cordons de fibres qui constituent le tissu de soutien. Selon la variété (genome A ou B), ce canal est ouvert ou fermé. La nervure centrale prolonge le pétiole et s'amincit progressivement jusqu'à la pointe de la feuille. Les nervures latérales parallèles les unes des autres à travers le limbe et sont perpendiculaires à la nervure centrale.

Aux bords des feuilles, elles retrouvent la position parallèle initiale. Puisque les nervures latérales ne sont pas ramifiées et que les feuilles des bananiers sont très grandes, la déchirure des feuilles est inévitable. Cette dernière n'a pas d'influence sur la production tant que les nervures latérales ne subissent pas des dommages. L'appendice précurseur est une prolongation de la nervure centrale qui permet à la feuille de s'ouvrir un passage à l'intérieur de la pseudo-tige.

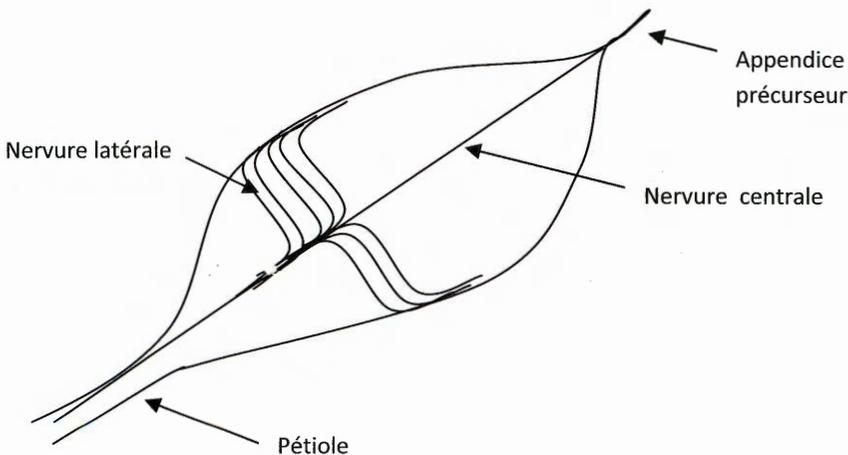


Figure 16: Schéma d'une feuille

La lame foliaire est dorso-ventrale et glabre et est divisée de façon asymétrique en deux semi-limbes par la nervure centrale. L'épaisseur de la lame varie entre 0.35mm et 1 mm en fonction de la partie du limbe, de la variété et de la ploïdie, 0.5 mm étant la moyenne. Avant de s'ouvrir, la moitié droite de la feuille (vue de face) s'enroule sur elle-même et s'installe dans la cavité de la nervure centrale. Les nouvelles feuilles se déroulent au sommet du pseudo tronc et sont donc de plus en plus jeunes en se rapprochant du sommet (Figure 17). Par convention, elles sont numérotées de la plus jeune à la plus âgée.

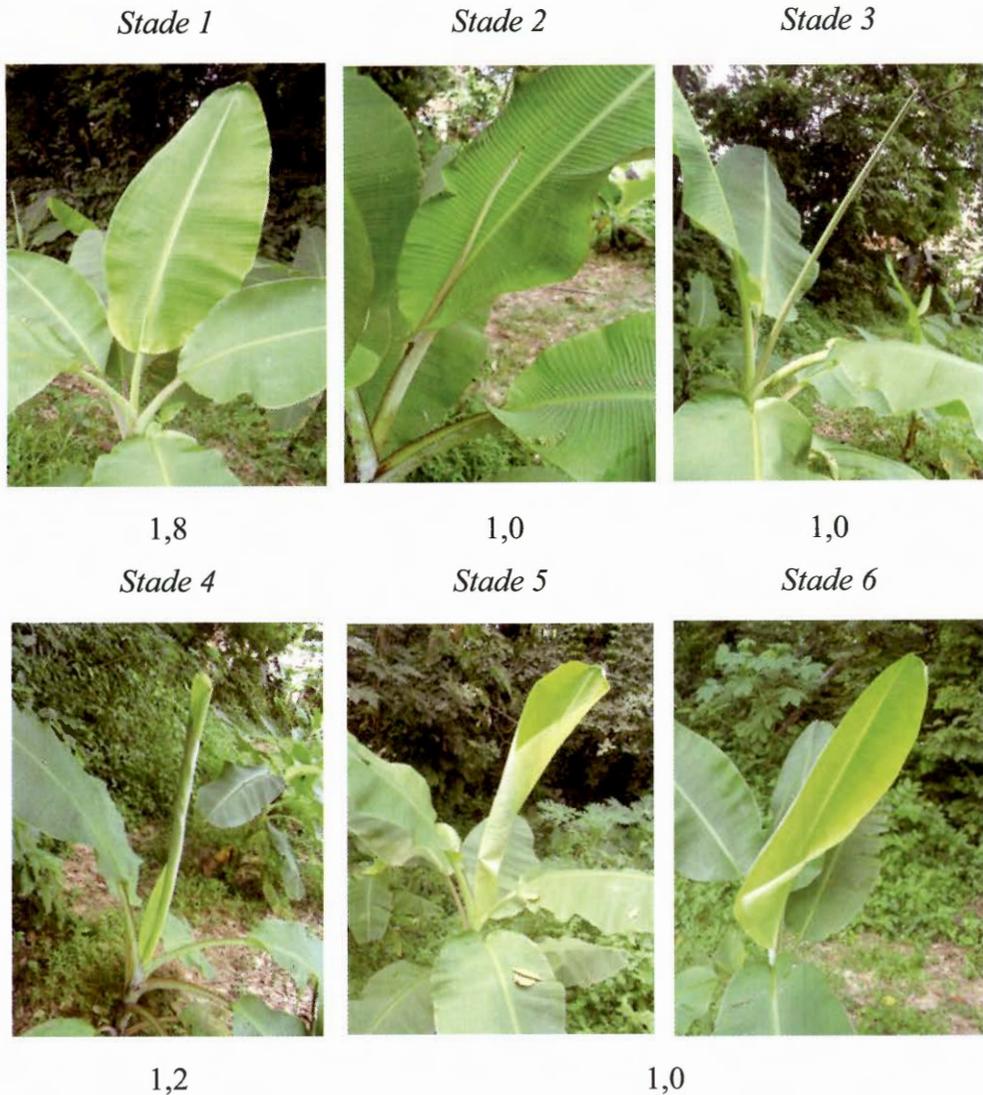


Figure 17: Dynamique de l'émergence foliaire

La partie gauche s'enroule sur la droite et sur la nervure centrale. L'ensemble des deux parties de la feuille constitue un cylindre appelé cigare. Cet enroulement a pour conséquence l'exposition de la face intérieure au milieu environnant. Quand la feuille est sortie aux 2/3, les semi-limbes commencent à se développer, en premier lieu celui de gauche et ensuite celui de droite et de la pointe jusqu'à la base. La croissance des feuilles est continue et à une feuille lui succède immédiatement la suivante, de sorte que, alors que la feuille antérieure n'a pas fini de se développer, la suivante est entrain de sortir. Chaque nouvelle feuille est plus grande que la précédente à moins d'une contrainte environnementale (sécheresse, niveau insuffisant des nutriments...).

Les feuilles plus jeunes montrent beaucoup de points rouges dus à l'anthocyanine. La période entre l'apparition d'une feuille et de la suivante, varie de 7 à 11 jours pour la majorité des variétés. Cette durée dépend aussi des conditions climatiques de chaque site. Une plante produit jusqu'au moment de sa floraison de 25 à 40 feuilles. Le polymorphisme foliaire est présent chez toutes les espèces de *Musa*, les jeunes feuilles étant plus minces que les feuilles succédant.

Les feuilles sont arrangées en deux spirales. Le nombre total de feuilles à maturité est utilisé comme clé de classification des variétés plantains :

- Variété petite avec moins de 32 feuilles
- Variété moyenne avec un nombre de feuilles compris entre 32 et 38
- Variété géante avec un nombre de feuilles supérieur à 38

Puisque une feuille est émise par semaine (7 à 11 jours), la variété géante n'est pas seulement plus grande mais aussi possède un cycle plus grand que la variété moyenne. Les dimensions des feuilles sont variables. Les feuilles, dont la durée de vie varie entre 70 et 200 jours, présentent une surface pouvant aller jusqu'à 2 m², fournissant ainsi à la plante une surface foliaire importante au moment de la floraison et permettant de canaliser les eaux de pluie. L'indice foliaire (IF) du bananier plantain dépend du système de culture et de la densité de plantation.

Les feuilles de bananiers étant amphistomatiques avec les stomates plus nombreux sur la face inférieure que sur la supérieure, l'indice foliaire ne représente que la moitié de la surface réelle d'échange gazeux entre le feuillage et l'air. La densité stomatique dépend du cultivar. Une feuille peut avoir 150 à 300 millions de stomates. Le nombre et la taille des stomates est aussi en relation avec la ploïdie. On a trouvé une relation inverse entre la ploïdie et la densité stomatique mais directe avec la taille des stomates.

3.4 Régime

Les étapes du développement végétatif ont des répercussions capitales sur la croissance et le développement de l'inflorescence. L'inflorescence du bananier appelée régime naît sur la tige dans le sol, pousse à l'intérieur de la pseudo-tige et sort à son extrémité au centre du bouquet foliaire et se retourne vers le bas (géotropisme positif): c'est la formation du régime 11 semaines après l'initiation florale (Figure 18).

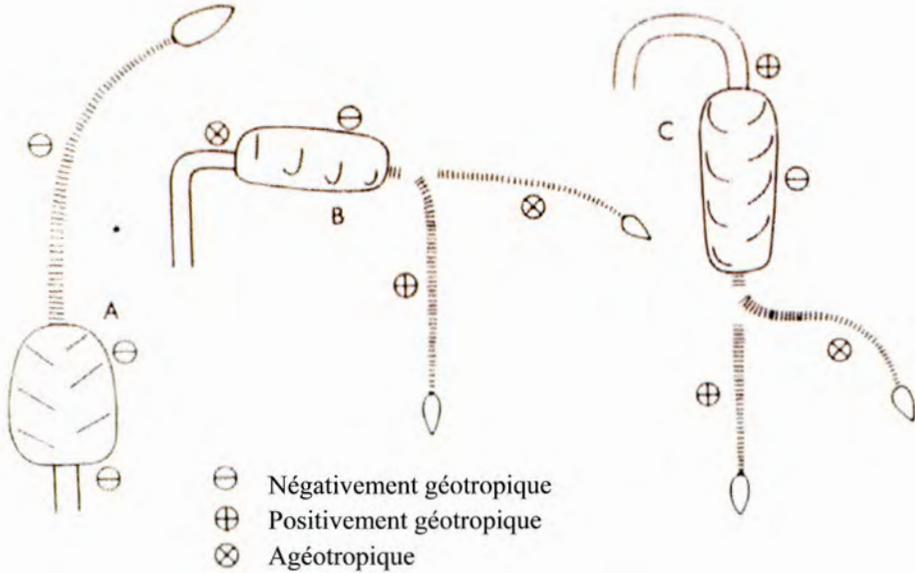
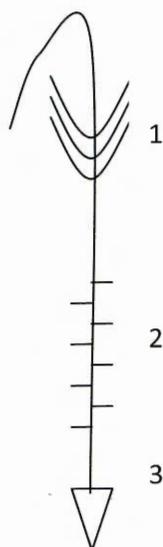


Figure 18: Différents géotropismes du régime

Un régime consiste en un rachis avec glomérules qui portent deux rangées de fleurs. Ces deux rangées de fleurs (mains) sont protégées par des bractées qui se détachent après l'anthèse (période d'ouverture des fleurs). Chaque jour un à trois bractées (donc un à trois glomérules) apparaissent. Les dix premiers glomérules développent les fleurs femelles qui produisent des semences, des pulpes ou les deux. Ainsi l'âge du régime peut être estimé lorsqu'on a un plant avec inflorescence complète.



L'inflorescence portée par la hampe est recouverte de bractées qui, en se soulevant les unes après les autres, laissent apparaître en premier des rangées de fleurs qui sont dites « femelles » car les organes floraux femelles (ovaire, style et stigmate) sont plus développés que les organes floraux mâles (étamines). Ce sont les ovaires de ces fleurs « femelles » qui se développent en fruits. Les fleurs mâles et femelles des plantains étant stériles, il n'y a pas de fécondation. Les ovules dégénérés contenus dans les ovaires ne se développent donc pas en graines et les plantains sont des fruits dits parthénocarpiques. Après l'émission d'un certain nombre de mains de fleurs femelles, le bourgeon différencie des mains de fleurs hermaphrodites puis mâles (Figure 19).

Figure 19: Location de différentes fleurs (1: femelles, 2: neutres, 3 : mâles) sur une inflorescence

Les bractées sont pour la plupart rouge ou mauve mais peuvent aussi être jaunes, vertes, roses ou violettes. En parlant de la fertilité des bananiers, on peut évoquer les combinaisons suivantes selon les variétés (Tableau 4).

Tableau 4: Différentes combinaisons de fertilité

| | Femelle | Male |
|-----------|---------|------|
| Fertilité | Oui | Oui |
| | Oui | Non |
| | Non | Oui |
| | Non | Non |

Un très jeune régime est toujours érigé. Dans peu de variétés cette position est maintenue durant tout le cycle. Dans beaucoup de variétés sauvages l'axe fructifère penche de telle façon que le régime ou seulement la partie femelle reste horizontale.

Pour une gestion raisonnée des ressources phytogénétiques que sont les bananiers, une bonne connaissance de la morphologie du bananier est requise en vue de l'amélioration génétique. Ainsi les génotypes collectés peuvent être identifiés à partir des critères morfo-taxonomiques repris au Tableau 5.

Tableau 5: Caractéristiques utilisées dans la taxonomie codée des cultivars des bananiers (Simmonds et Shepherd, 1955)

| Caractéristiques | <i>M. acuminata</i> | <i>M. balbisiana</i> |
|---------------------------------|---|--|
| Couleur du pseudo tronc | plus ou moins très marqués avec les taches brunes ou noires | taches légères ou absentes |
| Canal pétiolaire | bordures érigées ou étalées avec des ailes scarifiées en dessous, non attachées au pseudo tronc | bordures incrustées sans ailes en dessous, attachées au pseudo tronc |
| Pédoncule | glabre ou hérissée | Glabre |
| Pédicelle | courte | Longue |
| Ovules | deux rangées régulières dans chaque loge | quatre rangées irrégulières dans chaque loge |
| Endossement de la bractée | toujours élevée (rapport inférieur à 0.28) | toujours bas (rapport supérieur à 0.30) |
| Courbure de la bractée* | bractées sensibles et enroulées après ouverture | bractées persistantes mais non enroulées |
| Forme de la bractée | lancéolée ou strictement ovale à partir de l'insertion | généralement ovale sans effilement brutal |
| Sommet de la bractée | aigu | Obtus |
| Couleur de la bractée | rouge, gris violet ou jaune à l'extérieur, rose, gris violet ou jaune à l'intérieur | nettement brun violet à l'extérieur, brillant pourpre à l'intérieur |
| Changement de la couleur | décoloration en jaune de l'intérieur de la bractée autour de la base | pas de décoloration |
| Dégénérescence de la bractée | variablement ondulées en dessous de la cime | à peine importante |
| Tépales libres de la fleur mâle | De nombreux plis variables sous l'apicule | Ondulées |
| Couleur de la fleur mâle | blanc crème | rouge rosâtre |
| Couleur des stigmates | orange ou très jaune | crème, jaune pâle ou rose pâle |

*Dans les variétés avec les bractées males persistantes, la courbure est faible ou absente indépendamment du génotype.

Le critère 1 sera utilisé pour désigner les caractéristiques du type A (*Musa acuminata*) et le critère 5 désignera la contribution haploïde du type B de *Musa balbisiana*. Ainsi le score des variétés des bananiers varie entre 15 (15 X 1) et 75 (15 X 5). Les cultivars ayant un même niveau de ploïdie et une même contribution

relative des deux espèces à leur expression phénotypique sont regroupés. Chaque groupe est désigné par une formule génomique de 2, 3 ou 4 lettres avec A pour *acuminata* et B pour *balbisiana*; les principaux sont les AA, AAA (dont les bananes dessert), AAB (dont les plantains) et ABB. Il est important de noter que la caractéristique B contribue à la résistance à la sécheresse.

Néanmoins cette qualification accuse des faiblesses. A titre illustratif : AAB n'est pas une caractéristique exclusive des plantains. On la retrouve aussi chez certaines bananes dessert. La majorité des bananes dessert sont AAA ainsi que certains cultivars des bananiers d'altitude et des bananes à cuire.

Il existe plusieurs types de régimes à l'intérieur desquels les doigts sont en compétition. Les doigts apicaux étant plus gros que les doigts naissant à la base. En effet, sur base de deux composantes du nombre de fruits d'un régime (et la présence/absence du bourgeon male): le nombre d'étages florifères portant des fleurs femelles (nombre de mains) et le nombre de fleurs femelles différenciées par main (nombre de doigts), une typologie des régimes a été établie comme repris dans la figure 20.



Plantain French



Plantain Faux Corne

Figure 20: Différents types de régimes des bananiers plantains



Plantain Vrai Corne

Du fait de l'absence du bourgeon mâle et de la réduction de compétition des doigts au sein d'un régime, le vrai corne aura des doigts plus gros que le faux corne et ce dernier aura des doigts plus gros que le type French. On peut ainsi utiliser la structure du régime comme outil de diagnostic de la production du bananier.

L'état de croissance à l'initiation florale est lié aux conditions de compétition pour la lumière et aux disponibilités en azote du milieu dans la phase végétative. Cet état oriente le bilan offre/demande en assimilât au sein de la plante et engage une compétition entre système foliaire et inflorescence. Ce qui détermine le nombre de mains du régime. Le nombre de doigts initiés sur chaque main dépend du flux d'assimilat disponibles pour l'étage florifère en différenciation et de la croissance ovarienne des fleurs sur l'étage. Le rapport C/N a été testé comme indicateur de l'état de croissance à l'initiation florale. Aussi est-il recommandé de procéder non seulement à la section du bourgeon mâle mais aussi aux dernières mains le plus tôt possible pour obtenir une bonne qualité des bananes.

IV. TECHNIQUES CULTURALES

En Afrique, la plupart des bananiers sont cultivés dans l'arrière-cour ou les jardins de case d'une superficie variant entre 0,5 à 4 ha où 5 à 15 variétés sont cultivées ensemble (Figure 21).



Figure 21: Jardin de case des bananiers

Le rendement par surface est de loin élevé à cause de la densité des plants et de la fertilité du sol qui sont très élevées. La densité élevée provient du fait que les plants ne sont jamais éclaircis (tous les rejets sont promus à la croissance). La fertilité du sol est la conséquence de la richesse due à la composition des éléments nutritifs et des matériaux organiques déposés, car l'arrière-cour est utilisée comme une poubelle pour toute la communauté. On y déverse les ordures ménagères, les cendres de toutes provenances. Il s'ensuit une augmentation sensible de la capacité d'échange cationique (CEC) qui passe de 3 à 30 meq/100g de sol.

Puisque l'on ne mise que sur la régénération naturelle étant donné que tous les rejets sont destinés à la production, la présence des régimes (pas de poids maximal à cause de la compétition excessive) s'observe dans les jardins autour des villages. Ainsi l'on n'observe aucune période de pointe de la production des bananes comme dans les plantations. A peine, peut-on parler des soins cultureux. Il n'y a pas de production planifiée. L'on se contente de ce que la plante donne.

Les problèmes saillants des jardins de case peuvent être classifiés en 2 catégories :

6. la réduction des surfaces cultivées due à la présence d'habitations voisines et à la proximité de la route, etc.
7. les maladies et les pestes

Faute de moyens financiers, de connaissances technologiques limitées des fermiers et surtout de la toxicité de ces produits de synthèse, l'option d'utilisation des pesticides n'est pas à envisager. Il faudrait plutôt procéder à des techniques préventives pour limiter la propagation des maladies et des bio-agresseurs : destruction systématique des plants malades, utilisation de matériels sains et des variétés résistantes aux différentes pestes. Pour être capable d'assurer l'autosuffisance alimentaire en bananes, la première étape est d'envisager l'installation des champs en dehors des villages avec des superficies variant de quelques hectares à quelques centaines d'hectares dans l'optique d'obtenir de hauts rendements durant 7 à 30 ans. Pour cela une intégration des techniques culturelles appropriées est requise. Malheureusement ces techniques culturelles appropriées ne sont appliquées dans les champs ou les plantains sont associés (Figure 22), et donc ces champs durent à peine 2-3 ans.



Association plantain-maïs



Association plantain-manioc



Association plantain-riz-ananas

Figure 22: Cultures en association avec le plantain après brûlis forestier

4.1. Choix du terrain

Le terrain doit être facilement accessible compte tenu du coût de transport des matières fertilisantes et des régimes. On choisira un sol riche en matières organiques comme les sols avec une longue période de jachère, caractérisée par une réserve d'eau utile d'environ 100 cm, une bonne porosité, une bonne aération et un bon drainage. Quelques heures seulement d'eaux excédentaires suffisent pour causer des dégâts aux racines. La bananeraie doit être implantée dans une zone peu susceptible de subir les vents violents; les bas fonds trop humides ou des zones trop sèches sont peu adaptées.

4.2. Préparation du terrain

Après le choix du terrain, la végétation de la jachère sera détruite de façon temporaire ou permanente. Après une longue période de jachère, la végétation peut être coupée manuellement, séchée et brûlée. De cette façon, d'une part, la couche supérieure du sol est enrichie en K, Mg et Ca, essentiels à la croissance des bananiers et d'autre part, les graines des mauvaises herbes sont détruites par l'incinération. L'inconvénient de l'incinération est la lixiviation des nutriments. La même situation survient lorsque l'on défriche au moyen des tracteurs ou bulldozers.

L'idéal est de procéder au défrichement d'une vieille jachère sans incinération. La plantation pourrait s'effectuer sur une couche épaisse de biomasse végétale coupée (ce qui présente des difficultés de passage). Ainsi, le sol reste couvert et les éléments minéraux sont libérés progressivement, ce qui est intéressant pour les cultures pérennes comme le bananier. Cette technique de couverture du sol par la biomasse végétale est, en plus, un moyen de contrôle des adventices. A partir du moment où la biomasse de la jachère a subi la minéralisation totale, les feuilles des bananiers peuvent couvrir le sol. De cette façon, la durée de vie de la plantation est prolongée. Dans les 2 cas (défrichement et incinération ou défrichement seul), la végétation naturelle doit repousser entre les plants des bananiers.

Lorsqu'il s'agit d'une longue période de jachère, la végétation naturelle est essentiellement composée de dicotylédones (avec beaucoup d'arbres) qui ont un système racinaire plus profond que les monocotylédones comme les bananiers. Les poches des mauvaises herbes de monocotylédones sont détruites par les herbicides. Le recrû forestier peut servir de mulch vivant ou de litière morte qui protège le sol contre les mauvaises herbes, les hautes températures et les pluies torrentielles. Cette végétation n'est coupée que si elle provoque l'ombrage aux bananiers ou complique les travaux des champs. Ces avantages n'existent pas si les plantes de couverture (les légumineuses) sont fauchées.

La préparation du terrain par le bulldozer est injustifiée car la biomasse de la jachère riche en nutriments est découpée avec la couche supérieure du sol. A la longue, le sol devient compact avec possibilité de créer des conditions de stagnation de l'eau.

Après la préparation du terrain, le champ est délimité et piqué. Les canaux d'eau sont creusés pour le drainage. Sous certaines conditions, un bon sol pour le bananier est celui qui a subi le labour et le hersage.

4.3. Ecartement

Les racines et les feuilles des bananiers peuvent avoir 2 à 3 m de longueur. Ainsi, pour une occupation optimale du terrain et un ombrage et une compétition minimales, la densité des plants des variétés est: 2x2m ; 2x2.5m ; 2.5x5m ou 2x3m. Pour les plantains l'idéale est 2x3m. Les plants sont souvent plantés selon le dispositif rectangulaire excepté sur les versants des collines où la plantation s'effectue selon les courbes de niveau afin de minimiser l'érosion.

4.4. Choix des variétés

Si l'on veut établir une bananeraie, il est important de choisir la variété la plus adaptée à ses besoins de production. Pour les plantations destinées à l'exportation, la variété Cavendish a toujours été choisie puisque cette variété réunit plusieurs qualités: longueur des fruits, goût et couleur du fruit. Pour ces plantations, le rendement des régimes varie de 40 à 80 tonnes/ha/an. Pour les plantations destinées à la consommation locale, les critères retenus sont le goût, la longueur et la circonférence du fruit. Le rendement pour ces plantations locales varie de 5 à 15 tonnes/ha/an. Lorsqu'on procède à une sélection d'une variété pour une grande production, le poids du régime seul ne devrait pas être utilisé comme un critère mais plutôt la production par unité de temps (Tableau 6).

Tableau 6: Choix des variétés plantains

| Type de plant | Taille (m) | Cycle (mois) | Poids du régime (kg) | Production (kg/ha/an) |
|---------------|------------|--------------|----------------------|-----------------------|
| Géant | 4.5 | 18.0 | 20.0 | 13.3 |
| Moyen | 3.5 | 12.0 | 15.0 | 15.0 |
| Petit | 2.5 | 9.0 | 10.0 | 13.3 |

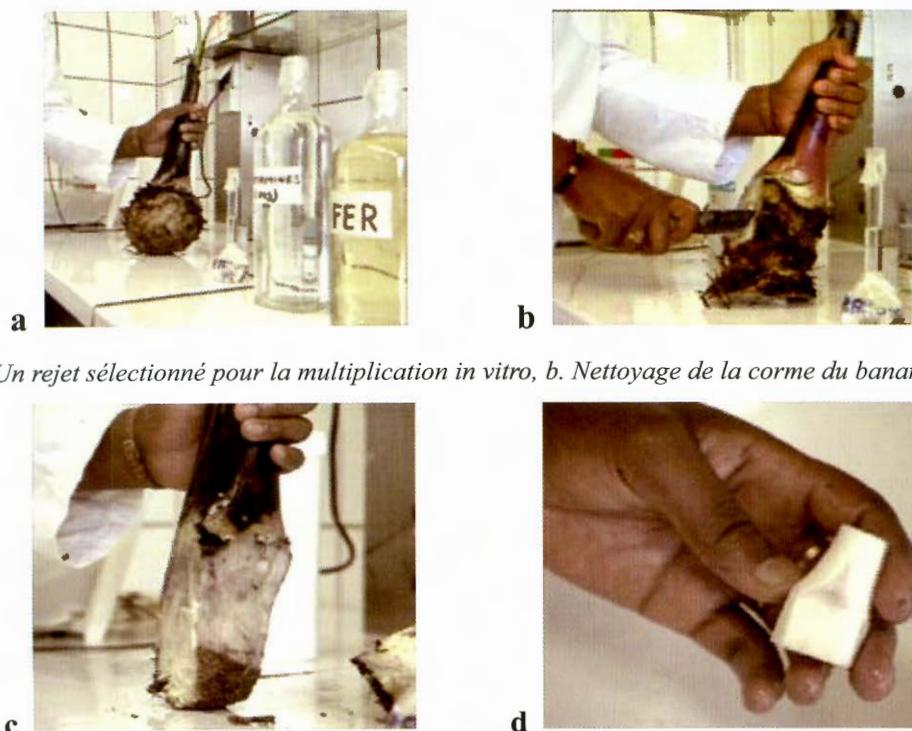
Les variétés géantes produisent des régimes lourds mais nécessitent plus de temps pour leur croissance. Aussi sont elles exposées à la verse. Donc une variété de type moyen serait le plus rentable avec une production la plus élevée.

4.5. Multiplication rapide des rejets

Les bananiers peuvent facilement être produits *in vitro* pour obtenir non seulement une croissance très rapide et homogène mais aussi un matériel sain. Le point de départ de la multiplication *in vitro*, c'est-à-dire de la micropropagation, est le même que celui utilisé dans d'autres modes de multiplication végétative du bananier : c'est la corne (celui d'un rejet par exemple) qui contient des méristèmes (Figure 23).

La corne du bananier est d'abord soigneusement débarrassée de tous les tissus non- méristématiques (Figure 23a-d). C'est au cœur de la corne du bananier qu'on va prélever des tissus jeunes et sains (Figure 23d). L'extraction des tissus à haut potentiel de croissance se fait généralement dans la partie centrale de la corne, en son sommet. C'est là que ces tissus sont présents et en pleine activité. Ils seront les plus aptes à proliférer (Figure 23d).

Le sommet de la corne est isolé et soigneusement inspecté pour évaluer son état général qui doit être évidemment très sain. On en extraira la partie centrale qu'on appelle l'«explant» (Figure 23d). L'«explant» est un volume de tissus composé d'une infinité de cellules. Il contient tout le potentiel de la multiplication *in vitro* et donc de la micro propagation du bananier.



Un rejet sélectionné pour la multiplication in vitro, b. Nettoyage de la corne du bananier

Dégagement des gaines foliaires (c) pour accéder à l'apex méristématique (d)

Figure 23: Préparation du matériel végétal pour la multiplication in vitro du bananier

L'explant est soumis à la désinfection car le milieu sur lequel ses cellules seront cultivées est favorable à la prolifération des microorganismes nuisibles ; il s'agit donc d'en éliminer les germes. L'eau distillée, l'alcool et l'eau de javel sont utilisés (Figure 24a). Les concentrations d'agents désinfectants dans les bains de lavage ont été testées afin de ne pas être destructrices pour l'« explant » lui-même. Un traitement très habituel fait intervenir l'eau de Javel qui, à certaines concentrations préalablement testées, sert de bain désinfectant pour l'explant.



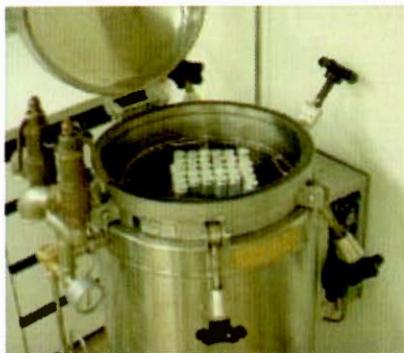
a. Désinfection de l'explant (alcool, eau de javel, eau stérile)



b. Dissection du matériel sous hotte à flux d'air laminaire

Figure 24: Désinfection et dissection de l'explant

Toutes les opérations se font en milieu aseptisé. La table à flux laminaire permet des manipulations sous flux d'air désinfecté par filtrage constant (Figure 24b). Le matériel végétal prélevé et désinfecté est découpé en très petits morceaux sous flux laminaire. Les récipients et le substrat prêts à recevoir sur un milieu (gel nutritif) les fragments de matériel végétal sont eux-mêmes stérilisés habituellement dans un « autoclave » où la chaleur joue un rôle aseptisant (Figure 25a).



Autoclave



Inoculation des explants sur le milieu stérile

Figure 25: autoclavage et inoculation des explants sur milieu de culture

Les fragments de matériel végétal désinfectés sont placés dans les récipients stériles (tubes à essai par exemple). Ils contiennent un milieu de culture lui-même aseptisé. Ils doivent être rebouchés par un capuchon qui n'empêche pas la pénétration de l'air utile à la respiration des cellules. Le tout est réalisé dans une atmosphère stérile, sous flux laminaire. Les instruments sont stérilisés à la flamme d'une lampe à alcool (Figure 25b).

Dans le milieu de culture, des substances de croissance ont été introduites: cytokinines et auxines. Ce sont ces mêmes substances qui, dans la nature, provoquent la différenciation des tissus : bourgeonnement, croissance, floraison. La balance (cytokinines/auxines) est ménagée en fonction du but à atteindre : soit la prolifération de cellules, soit la différenciation en tissus organisés.

Les explants sont cultivés pour proliférer en laboratoire dans des conditions de température, d'humidité et d'éclairement, définies par l'expérimentation (Figure 26). Les explants peuvent aussi, après multiplication en suffisance, être transplantés sur un milieu où la balance cytokinines/auxines a été ménagée pour provoquer la différenciation en tissus organisés. Ici le feuillage apparaît et plusieurs vitroplants se développent. C'est l'expérimentation qui permet de définir la balance ad hoc entre les concentrations de substances de croissance.



Figure 26: Culture en chambre de culture, repiquage et régénération des plants dans un laboratoire de micropropagation des bananiers

Isolées les unes des autres, les plantules acquièrent une autonomie permettant de prévoir leur sevrage. Après avoir été bien individualisées en laboratoire, après s'être développées à suffisance, les plantules devront être sevrées du milieu aseptisé du laboratoire et délicatement habituées à un milieu plus naturel : c'est l'acclimatation (Figure 27).



Figure 27: Régénération des racines et acclimatation

L'acclimatation conduit les plants du laboratoire à la pépinière (Figure 28). En fin d'opération, sauf apparition de *vitro*variants, des plants de bananier identiques au plant-mère sont obtenus. Les *vitro*variants sont des *vitro*plants non conformes au plant d'origine à cause de mutations ou d'anomalies. Il faut remarquer que ces anomalies auraient été filtrées par le processus de multiplication générative. La vitesse de multiplication par micropropagation *in vitro* est très élevée. A partir d'un seul rejet, mille plants et plus peuvent être obtenus, «prêts à l'emploi» en une année (Figure 28).



Figure 28: Pépinière sous ombrage pour préparer des plants prêts à la transplantation au champ

Les *in vitro* plants sont transplantés pendant 4 à 6 semaines dans les sachets remplis de sol fertile mélangé avec la matière organique dans les proportions (7:2). A 50 cm de hauteur, les plants sont transplantés dans le champ. La croissance est ainsi très homogène résultant d'une floraison synchronisée au-delà d'une période de 2 à 3 semaines. Ceci est idéal pour la récolte lorsque les prix sur le marché ont atteint le niveau maximum durant le premier cycle car la croissance est hétérogène durant le deuxième cycle cultural.

Alors que la culture *in vitro* permet la propagation de quelques millions de plants à partir d'un seul plant, seulement 10 rejets peuvent être obtenus à partir d'un plant dans le champ après la récolte. Il s'agit de la macropropagation. La corne va être découpée en quartiers (Figure 29).



Figure 29: Découpage et disposition des éclats de bulbe en macropropagation

Les éclats de souche sont disposés sur un substrat léger et bien drainé dans un conteneur appelé propagateur. La distance séparant un éclat de son voisin doit être suffisante pour éviter toute «épidémie» telle que le développement de moisissure se transmettant d'éclat en éclat. Les éclats, préalablement disposés avec soin, sont alors ensevelis, couchés dans le substrat, en prenant soin de disposer l'angle que fait le quartier vers le haut (figure 29).



a. Formation des rejets enracinés



b. Sevrage des rejets pour les placer en en sachets de polyéthylène

Figure 30: Régénération des rejets à partir par éclats de bulbes en macro propagation

L'éclat de souche va donner naissance à un ou plusieurs rejets (Figure 30a) 2 à 3 mois après leur mise en place en propagateur. Ces produits de la multiplication végétative ou clones sont génétiquement rigoureusement semblables au plant dont on a utilisé la souche au départ. Les plants ainsi produits sont extraits de leur substrat (Figure 30a). Ils sont individualisés et sevrés de l'éclat de souche dont ils proviennent (Figure 30b). Chaque plant individualisé sera transplanté en conteneur pour être ensuite élevé en pépinière (Figure 30b).

Il existe encore 2 autres techniques de multiplication: la décapitation (D) et la fausse décapitation (FD). Puisque le méristème apical de la plante-mère est détruit après 5 mois (FD) ou 6 mois (D) et que la croissance s'arrête, les bananiers destinés à la production des rejets devront être plantés à une forte densité à un écartement de 1.5x1.5m par exemple. La décapitation consiste à couper la plante-mère au niveau du sol et à détruire le méristème apical à l'aide d'une machette désinfectée (Figure 31).



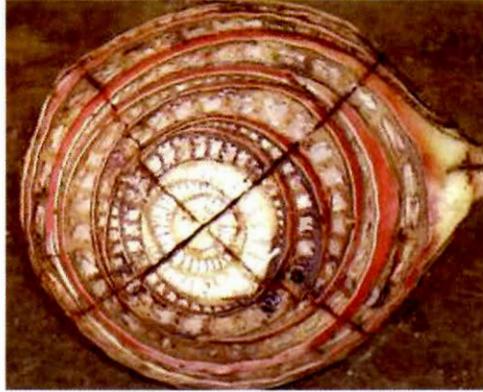
Destruction du méristème apical après décapitation



Destruction du méristème apical à l'aide d'une machette

Figure 31: Décapitation de la plante-mère

La dominance apicale étant enlevée, les rejets peuvent émerger librement. Deux techniques sont utilisées pour endommager le méristème apical, l'incision en croix et le décolletage (Figure 32).



L'incision en croix



Le décolletage



La prolifération des bourgeons après incision

Figure 32: L'incision en croix et le décolletage du méristème apicale

Après une courte période, le rejet le plus développé commence à inhiber d'autres rejets et croît sensiblement. Ce rejet est enlevé quand il a 50 cm de hauteur et est utilisé comme matériel de plantation. En effet, l'extraction des rejets au fur et à mesure de leur apparition lorsqu'ils ont atteint 50 cm de haut, favorise la production des nouveaux rejets. Ensuite, les autres rejets ne sont pas inhibés

jusqu'à ce qu'un autre rejet émerge et inhibe les autres. Ce rejet est aussi enlevé et utilisé comme matériel de plantation et ainsi de suite.

Aussitôt que les matières de réserve présentes dans la corne de la plante-mère sont épuisées, tous les rejets à l'exception d'un seul sont détruits. Le rejet sélectionné se développe pendant 6 mois afin de produire une grande corne. Ainsi la procédure est répétée. Dans la fausse décapitation (FD), une ouverture, appliquée dans le pseudo tronc de la plante-mère (Figure 33) au niveau de la terre, permet de détruire le méristème apical à l'aide d'une machette désinfectée.



Figure 33: Fausse décapitation

Pour leur croissance, les rejets utilisent non seulement les matières nutritives de la corne de la plante-mère mais aussi ses assimilats photosynthétiques. Ainsi la FD peut être appliquée un mois plus tôt que la D. La FD n'est pas toujours performante, car le bourgeon terminal n'est pas toujours bien détruit et la dominance apicale levée. Toutefois, cette technique est appropriée si, profitant de la saison pluvieuse, l'on veut obtenir des rejets 1 mois plus tôt.

Les rejets doivent être soigneusement extraits pour éviter de causer des dommages à la corne-mère et à la corne du rejet lui-même. D'abord, les racines sont coupées avec une bêche tranchante, ensuite le sol autour de la corne-mère et du rejet est creusé et dégagé partiellement et enfin la connexion entre la plante-mère et le rejet est rompue à l'aide d'une lame bien tranchante de la bêche. Avec le pseudo tronc du rejet utilisé comme levier, le reste de la connexion est achevé avec le dégagement du rejet. Le trou résultant est rempli avec de la terre.

Par la suite, pour accélérer l'initiation foliaire mais aussi pour éviter le transport d'un volume important de matériels, le pseudo tronc est sectionné à quelques centimètres au dessus du méristème apical. L'on procède ensuite à éplucher soigneusement avec une machette la corne du rejet afin d'enlever les racines contenant éventuellement les nématodes ainsi que les nématodes présents dans la couche externe de la corne. Une corne épluchée devrait être de couleur

blanche. Les traces brunes indiquent l'infestation du bananier par les charançons et/ou nématodes et doivent être enlevées. Lorsqu'une bonne partie de la corne a été enlevée, cette corne devrait être déclassée. Le nettoyage de la corne du rejet doit s'effectuer dans le champ d'où provient le rejet. Les rejets récoltés devraient être plantés pendant la semaine. Souvent, ils sont enduits d'une couche d'argile mélangée avec les nématicides et les insecticides. Ils sont souvent trempés pendant 20 minutes dans l'eau d'une température de 55°C afin de tuer les nématodes et les charançons.

4.6. *Plantation*

Immédiatement après le défrichage de la jachère, l'on procède de façon localisée à creuser les trous de plantation (50x50x50cm) en prenant soin de séparer l'horizon A₀ de la couverture pédologique du reste des horizons du profil. Le rejet est alors placé tout droit dans le trou de plantation. La face du rejet qui était en connexion avec la corne-mère est placée contre le remblai de façon que le rejet axial apparaisse du côté opposé. Ce rejet axial est le meilleur rejet pour le cycle suivant car bien ancré et bien développé. Le rejet axial occupe un grand espace dans le trou de plantation. Lorsqu'on installe la culture sur un versant, le rejet axial sera orienté vers la pente de façon qu'il apparaisse un dispositif en étage (Figure 34).

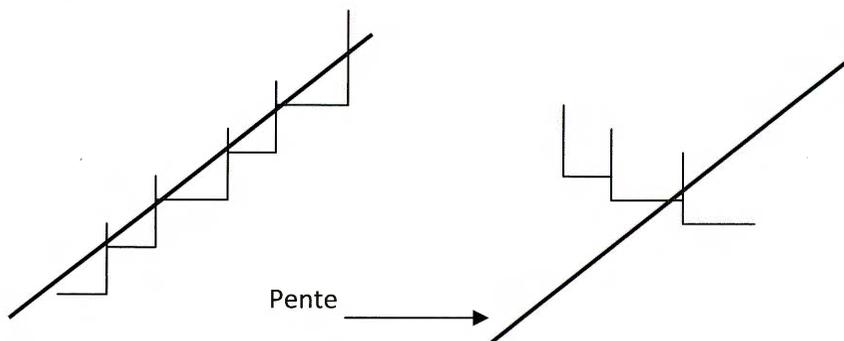


Figure 34: Disposition en étage des rejets axiaux dans les lignes et entre les lignes des trous de plantation des bananiers (à gauche la bonne exemple)

Ainsi les trous de plantation sont remblayés d'abord avec le sol de la couche superficielle plus fertile, ensuite avec le sol de la couche profonde (Figure 35).

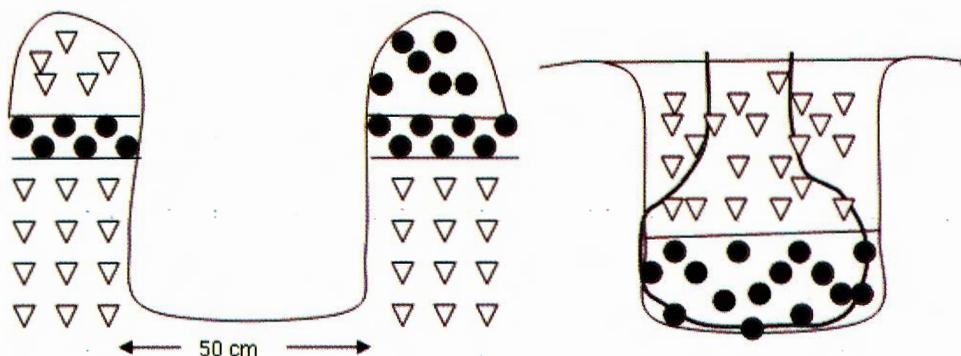


Figure 35: Remplissage des trous de plantation des bananiers

De cette façon, les racines se ramifient dans la partie fertile du sol. Le premier explant au dessus de la terre est visible après 3 à 4 semaines. Aussi est il recommandé de procéder au contrôle avant toute nouvelle replantation.

4.7. Moment de plantation

Les bananiers peuvent être plantés durant toute la saison pluvieuse. Néanmoins, pour une production optimale, le moment favorable est celui où les plantules peuvent croître pendant 3 à 4 mois sans stress hydrique. La plupart de petits fermiers cultivent les bananiers au début de la saison pluvieuse mais le pic de la récolte intervient une année plus tard avec les conséquences socio-économiques sérieuses (bas prix). Aussi est il recommandé de cultiver les bananiers 2 mois après le début de la saison des pluies de façon que le pic de la récolte coïncide avec celui des prix sur le marché. Avec les techniques d'irrigation, la culture des bananiers est possible en toutes saisons même durant la saison sèche.

4.8. Amendements

Les sites Web avec les manuels d'utilisation universelle des fertilisants sont donnés ci-dessous:

<http://www.fertilizer.org/ifa/about/about.asp> où il faut sélectionner le site : <http://www.fertilizer.org/ifa/publicat/html/pubman/manual.htm> pour trouver les besoins en nutriments d'une culture donnée. Pour les bananiers, sélectionner dans « Type of crops », banana: <http://www.fertilizer.org/ifa/publicat/html/pubman/banana.htm>

Les bananiers exportent une grande quantité de nutriments (spécialement le K_2O et le N mais aussi le P_2O_5 , le CaO et le MgO). Par kg de fruit, 1g N ; 3g K ; 0,1g P ; 0,05g Ca et 0,2g Mg sont exportés. Ainsi les besoins en K_2O sont les plus élevés.

Les diapositives montrant l'importance du K_2O dans la production bananière peuvent être trouvées dans le site Web suivant :

<http://www.ipipotasch.org/slides/kipp1.html>

Les fertilisants chimiques sont placés en surface dans un rayon de 50 cm autour du plant principal mais non en profondeur de peur d'endommager les racines. L'épandage d'engrais doit s'effectuer en temps non ensoleillé afin d'éviter la volatilisation de l'azote par exemple. Du fait de la faible capacité de rétention des sols tropicaux, les doses d'engrais surtout azotés et potassiques devraient être fractionnées pour éviter la lixiviation. Le phosphore, le calcium et le magnésium peuvent être appliqués en une ou deux fractions. Le nombre d'applications dépend du coût du travail de labour. La règle est que l'épandage d'engrais ne peut pas s'effectuer dans les conditions de sécheresse ou d'humidité excessive.

Trois semaines après la plantation, l'engrais chimique peut être appliqué pour la première fois suivi des fractions tous les 6 jusqu'à 10 semaines. Les éléments minéraux peuvent aussi être apportés par les cendres, les engrais verts et le mulch. Il y a une interaction positive entre les amendements organiques et les fumures minérales (Tableau 7).

Tableau 7: Production des plantains (t/ha) avec ou sans mulch (M) et avec ou sans fumure minérale (F)

| Cycle | -M,-F | -M,+F | +M,-F | +M,+F |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0.6 | 12 | 14 | 19 |
| 2 | 0.6 | 3 | 10 | 10 |

Le mulch a comme avantage supplémentaire de couvrir le sol et de lutter contre les adventices. Il réduit la température du sol et augmente la porosité en favorisant la vie biologique du sol. Dans la culture des bananiers, le mulch joue un rôle spécifique important du fait qu'en favorisant la densité racinaire et, le cas échéant, l'absorption minérale, il augmente le rendement.

A cause des températures et humidités excessives dans les Tropiques, le mulch subit rapidement la décomposition et devrait donc régulièrement être renouvelé avec par exemple plus de 80 tonnes de matière fraîche de *Pennisetum purpureum*. Tenant compte du fait que le mulching est coûteux et que les bananes dessert ont une bonne ramification des racines aussi sans mulch, le mulch sera avantageusement épandu à la culture des bananiers plantains (qui ont un système racinaire pas bien développé) pour une production durable.

Le mulching est couteux pour des raisons suivantes:

- la production hors site du mulch
- le coût du fauchage
- le transport
- le coût d'épandage

Ainsi les techniques ont été développées pour produire le mulch *in situ* entre les plants des bananiers. A cause de la moindre concurrence, les arbres et les arbustes sont préférentiellement utilisés dans les interlignes des bananiers. *Flemingia congesta* (Figure 36), une légumineuse, présente des caractéristiques intéressantes (bonne croissance sous l'ombrage, système racinaire profond) comme source de mulch (Figure 37) pour le bananier. Il peut être élagué plus de 4 fois par an au dessus de 1 m de hauteur et ses émondes se décomposent lentement. En outre, de par son enracinement profond, *Flemingia congesta* participe efficacement au recyclage des éléments minéraux lixiviés.



Figure 36: Allée de *Flemingia congesta* pour servir de mulch sous bananiers plantains



Figure 37: Mulch sous bananiers plantains

4.9. Contrôle des adventices

Les bananiers ont un système racinaire superficiel comme la plupart des monocotylédones. Les mauvaises herbes (monocotylédones) qui exploitent la même profondeur du sol que les racines des bananiers sont indésirables à cause de leur compétition pour les nutriments. Les herbes dicotylédones posent moins de problèmes car elles ont un enracinement plus profond. En général les arbres et les arbustes ne sont pas des adventices du bananier.

Le contrôle des adventices peut s'effectuer chimiquement, manuellement et avec épandage du mulch. Cependant le contrôle manuel (à la houe) n'est pas recommandé car l'arrachage des mauvaises herbes peuvent en même temps

endommager les racines des bananiers. Un champ couvert de paille ne pose généralement pas le problème d'adventices mais le mulching est couteux. Dans la plupart des champs, le contrôle des adventices est chimique. Il commence aussitôt après la plantation avec l'application des herbicides chaque 6 à 8 semaines. Jusqu'à 4 mois après la plantation, les soins sont requis pour ne pas toucher les bananiers traités avec les herbicides pour éviter leur dépérissement. Aussitôt que la plantation a 5 à 6 mois, les feuilles de bananiers se couvrant mutuellement diminuent la croissance et l'expansion des adventices en leur privant la lumière.

4.10. Association des cultures

Beaucoup d'espace restent disponible entre les rangées des bananiers pour intercaler les cultures vivrières durant les premiers 5 à 6 mois après la plantation spécialement lorsque l'écartement des bananiers est de 3x2m. Les cultures intercalées sont intéressantes car ils peuvent générer les revenus durant la première année. De plus, le problème des adventices se pose moins durant l'association des cultures. Les cultures qui n'exercent pas de compétition vis-à-vis des bananiers sont à préférer, mais cet objectif n'est pas toujours atteint.

L'igname, la colocase, l'arachide sont de bons choix. Il y a moins de problèmes d'adventices particulièrement avec la colocase et l'arachide. Le maïs peut être cultivé mais prolonge le cycle du bananier de 2 mois. Il faudrait alors le semer avant le bananier. Le manioc et le niébé ne conviennent pas car ils ne supportent pas l'ombrage: le manioc, dans ce cas, s'étiole et ne produit pas de gros tubercules tandis que le niébé ne fleurit pas. Les bananiers peuvent être cultivés en association avec les caféiers et les cacaoyers pour fournir à ces deux cultures l'ombrage nécessaire aux jeunes plants.

4.11. Support

Les bananiers ne sont pas ligneux et possèdent un système racinaire superficiel. Pourtant, ils doivent supporter des régimes lourds (15 à 70 kg). Ils peuvent donc se briser au milieu du pseudo tronc ou au niveau de la base de la corne et tomber facilement. La brisure du pseudo tronc et de la corne peuvent survenir aussi chez les plantes saines suite aux vents violents tandis que le déracinement de la plante tout entière survient même à faible coup de vent lorsqu'il y a attaque par les nématodes ou charançons.

Aussi, les bananiers à maturité nécessitent un support. On distingue 3 types de support :

1. deux bambous croisés ou un stick en forme de V pour soutenir le rachis lorsqu'il apparaît entre les feuilles

2. 1 bambou vertical étant lié au pseudo tronc
3. une corde qui attache les bananiers voisins à maturité. A la récolte, c'est seulement le régime et non la plante toute entière qui est coupé. On attend que l'autre pied soit récolté avant de détruire les pseudo troncs.

4.12. Récolte

Le moment de la récolte est subordonné au marché en raison du manque de flexibilité. Pour la production locale, le régime est récolté aussitôt que 2 doigts commencent à jaunir. Pour la production destinée à longue distance, on n'attend pas que les fruits jaunissent de peur qu'ils ne pourrissent au cours du transport.

Puisque le méristème apical qui produit les feuilles rentre dans le régime après la floraison, il est clair que le pseudo tronc et les feuilles de la plante-mère n'ont plus de fonction spécifique après la récolte. Ainsi, la plante entière peut être coupée hormis 1 rejet (de préférence le rejet axial) pour le cycle prochain. A la fin, les rejets sont coupés au dessus de la terre et le méristème est détruit avec la pointe de la machette (Figure 31). Afin de prévenir la chute des régimes lors de la récolte, le pseudo tronc est plié au milieu. Par un lent mouvement de charnière, la partie supérieure du pseudo tronc se penche lentement de sorte que le régime soit facilement coupé et transporté. Après la récolte, le pseudo tronc, les feuilles et les rejets minces sont coupés en petits morceaux afin d'accélérer le séchage de la biomasse fauchée. Par cette technique on contrôle la prolifération des charançons.

4.13. Extraction des rejets

Comme dit précédemment, 1 rejet sera sélectionné à la récolte pour le cycle suivant. Les autres rejets seront détruits. Dans plusieurs variétés, comme chez les bananes dessert, plusieurs rejets se développent à partir du 4^o et 5^o mois de la croissance végétative. D'où l'on ne devrait pas attendre la récolte pour extraire les rejets car ils exerceraient la compétition avec la plante-mère et le régime. Dans ce cas, le meilleur rejet sera sélectionné aussitôt que possible et les autres rejets seront détruits. Sous les meilleures conditions de croissance, 3 générations (cycle) des bananiers peuvent se retrouver dans une touffe (Figure 38):

- la plante-mère en floraison
- le rejet « demoiselle » (avec les feuilles mures) prêt à remplacer la plante-mère après la récolte
- le rejet axial fixé sur le rejet « demoiselle »

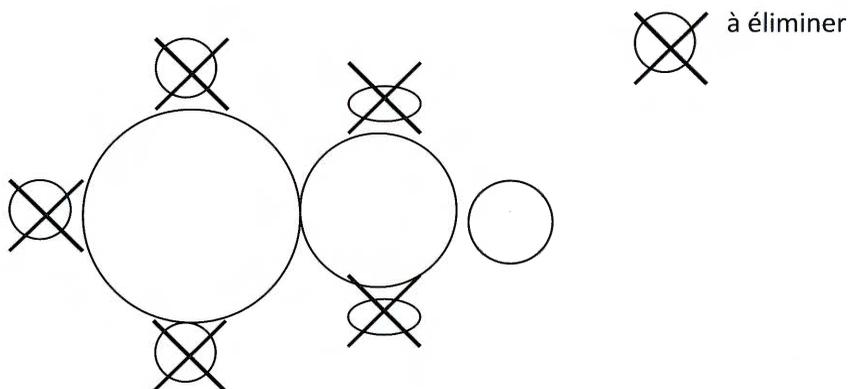


Figure 38: Sélection du rejet axial des bananiers

4.14. Disposition en étage

Après quelques années, la corne de la plante-mère émerge de la terre. Chez le plantain, cette situation est dramatique car les plantes sont susceptibles à la verse et produisent peu. Chez la banane dessert le phénomène est à peine perceptible. La pratique qui consiste à planter en profondeur ou à amener le sol sur la partie à découvert n'est pas recommandée car il y a risque d'endommager les racines.

4.15. Installation d'une jachère

Aussitôt que la production commence à baisser à un certain seuil, le champ doit être abandonné et laissé en jachère. Si l'on projette réutiliser le sol prochainement pour la production des bananes, une jachère avec une végétation (arbres et arbustes) à croissance rapide devrait être installée afin d'éradiquer les graminées. Une jachère des légumineuses est indiquée les derniers mois de la culture des bananiers. Dans ce cas, les sols sont partiellement couverts de légumineuses avant que tous les bananiers soient détruits par l'injection du glyphosate. Les bananiers spontanés ne devraient pas être laissés dans les jachères en voie d'installation car ils constituent le refuge de pestes et maladies. La période de jachère peut durer au moins 3 ans.

V. MALADIES ET PESTES

Les liens pour plus d'informations détaillées sur les maladies et pestes des bananiers peuvent être trouvés dans le site Web de l'Bioversity International :

http://www.inibap.org/publications/inibap-factsheets_eng/uses.pdf

Cette section vise à expliquer comment les maladies et pestes peuvent être réduits par l'amélioration des pratiques agricoles. Dans les lignes qui suivent, on parlera uniquement des maladies et pestes qui sont importantes en RDC.

5.1 Maladies fongiques

5.1.1 Maladies Sigatoka

Elles regroupent les maladies des taches des feuilles qui sont:

- Sigatoka Jaune (SJ)
- Sigatoka Noir (SN)
- la maladie des stries noires des feuilles

SJ est causé par *Mycosphaerella musicola* (téléomorphe: *Pseudocercospora musae* Zimm.) et SN par *Mycosphaerella fijiensis* (téléomorphe: *Paracercospora fijiensis* Morelet). SN (Figure 39) et la maladie des raies noires des feuilles sont actuellement considérées comme la même maladie.

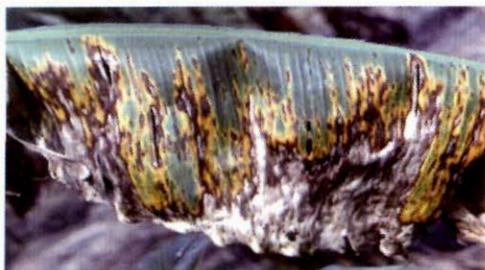
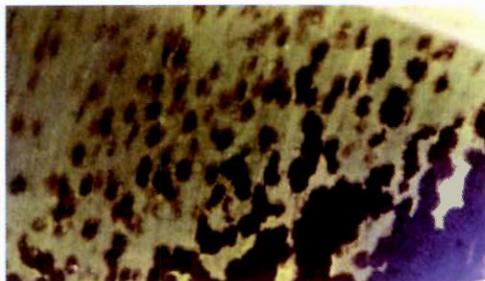


Figure 39: Bananiers infectés par Sigatoka Noir (Maladies des raies noires)



Figure 40: Dégâts causés par Sigatoka jaune

SJ (Figure 40) a été la première maladie à être étudiée dans la vallée de Sigatoka à Fiji. Son expansion a commencé presque au début du siècle dernier. Le nom de SN provient du fait que la tache sur la feuille est de couleur noire. SN a commencé à se propager en Afrique à partir du début de l'année 1970. Les

différences entre SJ et SN ne sont pas toujours claires. *In vitro*, les champignons ne peuvent pas être distingués à moins que les conidies soient produites. Les maladies Sigatoka sont disséminées par les ascospores et les conidies par le vent, l'eau, les feuilles et les rejets.

La libération des spores est accélérée par l'alternance des conditions d'humidité et de sécheresse. Après la germination des spores, le champignon pénètre dans les stomates. L'infection commence à la face inférieure de la feuille au moment de l'apparition du cigare. Le temps qui s'écoule entre l'infection et l'apparition de premières taches jaunes sur la face inférieure de la feuille (stade 1) est considéré comme période d'incubation. Le temps d'incubation semble le même pour les variétés susceptibles et résistantes mais le temps d'évolution est nettement différent. Le temps d'évolution est le temps nécessaire pour le développement du symptôme qui varie du stade 1 au stade 6. L'incubation et le temps d'évolution dépendent de la saison (Figure 41).

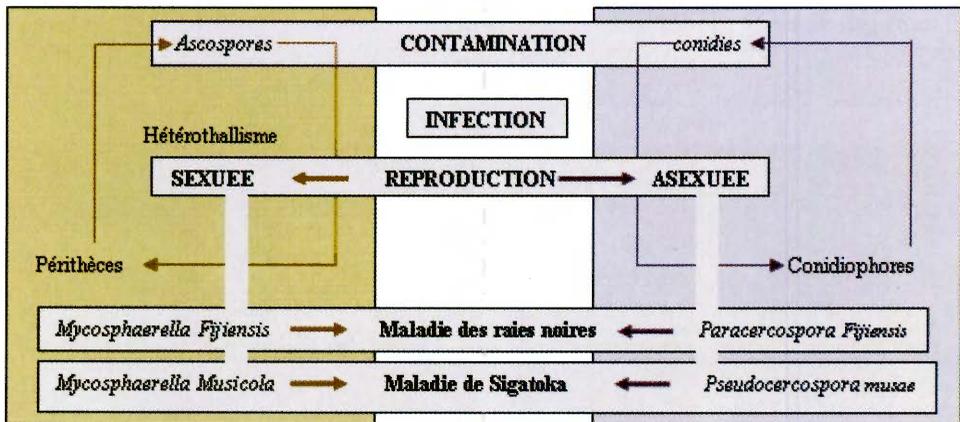


Figure 41: Cycle infectieux de *M. fijiensis* et *M. musicola*

SN est plus sévère que SJ à cause de l'apparition plus vite des symptômes sur les feuilles jeunes et de sa propagation plus rapide. Ceci explique pourquoi SJ disparaît lorsqu'apparaît SN. Ainsi, les surfaces foliaires très sérieusement affectées, entraînent une perte de rendement de plus de 50%. Le jaunissement prématuré des doigts est aussi remarquable. La plupart des bananiers croissant dans des régions de basse altitude sont envahis par *M. fijiensis* à l'exception de quelques zones d'altitude (comme les montagnes de Cameroun et de l'Afrique de l'est) où le développement de ce pathogène est freiné par le climat plus froid. Alors que SJ affecte la plupart des bananes dessert, SN attaque, outre les bananes dessert, les plantains, certains bananes à cuire ABB et les bananes d'altitude.

Dans les champs des bananes destinées à l'exportation, les maladies Sigatoka sont contrôlées par l'application des fongicides dans les parties aériennes 5 à 15 fois sur base du système des prévisions climatiques. Les fongicides sont aussi pulvérisés par les atomiseurs ou par avion. Les bananiers d'altitude et les plantains sont rarement traités par les petits fermiers à cause du coût des fongicides et des conséquences sérieuses des fongicides sur la santé étant donné que la plupart des bananeraies sont non loin des habitations.

5.1.2 Flétrissement fusarial

Cette maladie provenant du sol est provoquée par *Fusarium oxysporum f.sp. cubense*. La germination des chlamydospores est stimulée par les racines des bananiers. Le mycélium pénètre dans les racines secondaires et tertiaires où il se développe à travers le système vasculaire. Un mécanisme actif de défense est déclenché chez les variétés résistantes où l'invasion systémique du xylème est contrée par les tyloses. Les bananiers susceptibles exhibent très tôt des feuilles jaunes (Figure 42).



Figure 42: Coloration jaune des feuilles et des vaisseaux

Ainsi les symptômes sévères du flétrissement deviennent apparents même en saison pluvieuse.. La plante entière peut mourir. Une incision du pseudo tronc ou du corme montre la décoloration des vaisseaux. L'agent pathogène est propagé par le matériel contaminé, l'homme et l'eau et peut rester à l'état latent plusieurs années dans le sol. Il s'agit d'une affection très dévastatrice des bananes dessert destinées au commerce (cultivars susceptibles: Gros Michel et résistants:

Cavendish et plantains). Une première vaste épidémie a été signalée au Panama en Amérique Centrale. D'où le nom de « Maladie de Panama » qui ne peut pas être traitée par le fongicide. Aussi les mesures de prévention doivent consister à utiliser les champs non infectés et des cultivars sains. Les plantes malades doivent être détruites et les machettes désinfectées.

5.2. Bactéries

La Maladie Moko ou flétrissement bactérien est causé par *Pseudomonas solanacearum* dénommé actuellement *Ralstonia*. Plusieurs similitudes sont constatées entre le flétrissement bactérien dû au *Xanthomonas campestris* (Banana *Xanthomonas* wilt, BXW) et au *Pseudomonas solanacearum* quant au développement et à la propagation de la maladie. Tout comme la maladie de Moko, *Xanthomonas* infecte les systèmes vasculaires de ses hôtes. Tous les cultivars sont susceptibles. La maladie se transmet entre bananiers par des vecteurs aériens et principalement par les outils de travail; elle ne survit pas en conditions anaérobiques longtemps. Le développement et la propagation de la maladie peuvent être influencés par la phénologie de la plante hôte et par le climat puisque celui-ci influence la distribution des insectes vecteurs. Le symptôme externe peut être confondu avec le flétrissement fusarien par le jaunissement et la chute des jeunes feuilles (Figure 43). Un liquide jaune suinte du pseudo tronc (Figure 44).



Figure 43: Jaunissement et flétrissement



Figure 44: Suintement du liquide jaune du pseudo tronc

La décoloration vasculaire du corme atteint le pédoncule et les fruits mûrissent sur un régime encore jeune et le bourgeon mâle se flétrit et pourrit (Figure 45).



Figure 45: Murissement des fruits sur un régime encore jeune et flétrissement et pourrissement du bourgeon mâle



Figure 46: Présence des tâches brunes à l'intérieur des fruits

On remarque, en outre, la présence des tâches brunes à l'intérieur des fruits (Figure 46). La bactérie est transmise par les insectes et la machette. Les plantes malades doivent être détruites et les machettes désinfectées. A titre préventif, il faut enlever le bourgeon mâle après l'apparition du dernier fruit porté par la main.

5.3 Maladies virales

5.3.1 Banana Bunchy Top Virus (BBTV)

Cette affection est l'une des maladies les plus menaçantes car la perte de rendement des plantes infectées est totale. Une partie des plantes infectées affecte tout le champ. La maladie est transmise (Figure 47) par le puceron *Pentalonia nigronervosa* (Aphididae, Hemiptera-Homoptera) mais ne peut pas être transmise par des voies mécaniques.



Figure 47: Le vecteur du BBTV (*Pentalonia nigronervosa*)



Figure 48: Bananiers en forme de rosette infectés par BBTV

Tous les cultivars sont susceptibles. Les plantes infectées exhibent une croissance rabougrie (en forme de rosette) et peut ne pas fleurir (Figure 48). Les feuilles sont étroites, naines et érigées. Elles montrent les stries vert-foncées de longueur variable dans les nervures latérales, la nervure principale et les pétioles. Les sommets sont ramifiés. Le seul traitement à appliquer aux plantes malades est la destruction complète. La maladie est causée par un virus à ADN.

5.3.2. Mosaïque du concombre ou « Cucumber Mosaic virus (CMV)

Encore appelée chlorose infectieuse ou pourriture du cœur du bananier (Figure 49), la mosaïque du concombre chez le bananier est causée par le virus mosaïque concombre ARNss (groupe Cucumovirus) qui a un très large éventail d'hôtes. Les symptômes tendent à apparaître ou à disparaître et peuvent être doux ou très sévères (Figure 50). Les feuilles montrent une mosaïque chlorotique ou des raies brisées à partir de la nervure principale jusqu'aux bordures des feuilles (Figure 51).



Figure 49: Pourriture du cœur du bananier



Figure 50: Chlorose et distorsion foliaire



Figure 51: Mosaïques foliaires sans déformation de la feuille

Les feuilles peuvent être étroites ou tordues. La feuille émergente (le cigare) peut mourir. Cette maladie est transmise par une série de pucerons aux bananiers à partir des adventices. Elle est plus apparente dans les jeunes plantations obtenues à partir des *vitro* plants. Les plantes infectées doivent être éliminées. Les plantains semblent plus susceptibles que le Cavendish.

5.3.3 Mosaïque en tirets du bananier ou « Banana streak virus » (BSV)

Cette maladie est causée par le virus des raies des bananiers (groupe badnavirus) responsables des raies nécrotiques jaunes ou noires sur les feuilles (Figure 52).



Figure 52: *Stries jaune doré*
(déscolored) sur feuille



Figure 53: *Cochenille*, vecteur du BSV

Il s'agit d'un virus ADNds transmis par une cochenille (Figure 53) et non par voie mécanique. Les symptômes sont distribués de façon irrégulière à travers la feuille et la plante entière. Les pertes de rendement peuvent être négligeables ou très élevées.

5.4 Nématodes

Les nématodes, minuscules animaux vivant seuls ou en association avec les champignons (*Cylindrocladium sp.*, *Fusarium sp.*, *Rhizoctonia sp.*), causent des dégâts au système racinaire du bananier. L'absorption d'eau et d'éléments minéraux peut être réduite de façon drastique. Les plantes infectées croissent lentement et peuvent tomber facilement lors de la formation du régime (Figure 54). Les pertes de rendement estimées varient entre 20 et 80%. Les nématodes causant les plus grands dégâts sont les endoparasites migratoires: le nématode fouisseur *Radopholus similis* (Cobb) Thome, le nématode causant les lésions racinaires *Pratylenchus coffeae* (Zimm.) et *P. goodeyi* (Sher et Alieu) et le nématode spiralé *Heliocotylenchus multicinctus* (Cobb).

Les symptômes sont semblables et consistent en lésions foncées, brunes et rouges dans les racines (Figures 55 et 56). Les plantes sont caractérisées par de petits régimes et de feuilles plus petites. Le nématode endoparasite sédentaire

s'anastomosant avec les racines *Meloidogyne javanica* est localement important et provoque des galles sur les racines. *R. similis* affecte spécialement les bananes Cavendish destinées à l'exportation. Les bananiers d'altitude et les plantains sont spécifiquement affectés par *Pratylenchus spp.* et *Helicotylenchus spp.*

Les nématodes se propagent par le matériel végétal infecté et l'homme mais peuvent être contrôlés par les nématicides. Ces derniers comme les engrais sont cependant utilisés seulement dans les plantations destinées à l'exportation. Les jachères sont utilisées pour réduire la population des nématodes. Les rejets, de façon conventionnelle, sont nettoyés en enlevant toutes les racines et en pelant la surface du bulbe (Figure 53). Ils sont ensuite plongés dans l'eau bouillante (Figure 54) pendant 30 secondes et/ou dans les nématicides pour assurer une protection précoce. L'utilisation des vitro plants, exempts de nématodes, évite la réinfection de nouveaux champs.



Figure 54: Chute des bananiers due aux nématodes



Figure 55: Racine saine du bananier

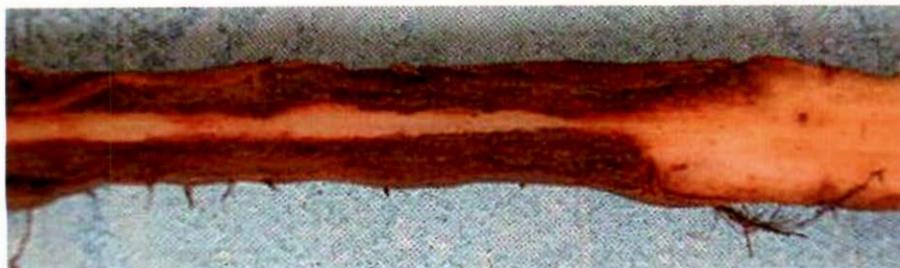


Figure 56: Racine infectée du bananier



Figure 57: Nettoyage des rejets

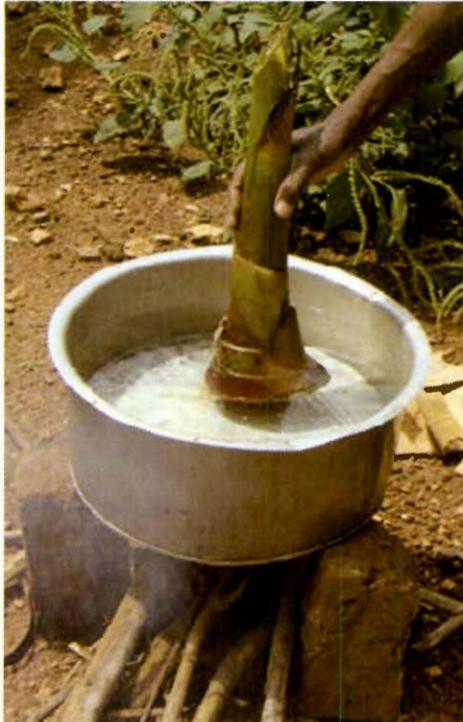


Figure 58: Désinfection des rejets par l'eau bouillante

5.5 Insectes

Les seuls insectes qui causent des dégâts importants chez le bananier est le charançon ou le foreur des tiges (*Cosmopolites sordidus*, *Curculionidae*, *Coleoptera*) (Figure 59). L'adulte, brun-noir, mesure approximativement 1cm de longueur. L'insecte a une habitude nocturne et vole rarement. Les œufs éclosent et les larves de couleur blanchâtre envahissent la plante entière en creusant des galeries intérieures (Figures 60). Normalement, seule la corne est envahie mais parfois le méristème est endommagé tuant ainsi la plante entière.



Figure 59: Le charançon (larve et adulte)



Figure 60: Galeries creusées à l'intérieur du pseudo tronc par le charançon

Les attaques de charançons perturbent l'émission racinaire, tuent les racines existantes, limitent l'absorption des éléments nutritifs, réduisent la vigueur des plantes, retardent leur floraison et accroissent leur sensibilité aux autres ravageurs et maladies. Elles entraînent des baisses de production du fait de perte de bananiers (plants morts, cassés à la base ou couchés sur le sol et la réduction du poids des régimes). La plante devient faible et peut tomber. Ceci arrive avec 50% de la population des plantes. Les plantains et les bananes d'altitude sont plus susceptibles que les bananes dessert.

VI. Produits

L'obtention des produits du bananier est en relation étroite avec les techniques culturales. Pour les bananiers et particulièrement pour les bananiers plantains, les produits utiles ne se limitent pas seulement aux fruits mais aussi aux autres organes de la plante. Pour la revue des produits des bananiers et leur utilisation, on peut consulter le site Web:

<http://www.inibap.org/prod/markets/uses.html>

6.1 Feuilles

Les feuilles sont le plus souvent utilisées comme emballage et comme matériaux de toiture des habitations. En effet, à l'instar des feuilles de *Maranthaceae*, les feuilles de bananiers sont utilisées comme emballage pour le transport de paddy et du manioc ainsi que dans la cuisson sous vapeur de ces deux denrées. Les feuilles fraîches sont utilisées dans la brasserie locale: après l'écabossage du cacao, les feuilles fraîches servent à recueillir le jus de la pulpe. Ce jus se fermente sous cet emballage pour donner une boisson alcoolisée.

Les feuilles sèches sont utilisées dans la pharmacopée locale: la vapeur se dégageant du bouillon de feuilles sèches de bananier plantain et de papayer est considéré de soigner le paludisme et la fièvre typhoïde. Les feuilles sèches sont également enroulées en forme de cerceau pour la fabrication des nids des oiseaux de la basse cour.

6.2 Gaines pétiolaires

Les fibres sont extraites des gaines foliaires et des pétioles pour produire des cordes. Dans plusieurs pays africains, les cordes sont utilisées pour transporter les paniers à accrocher sur la façade des habitations. *Musa textilis* produit ainsi des fibres tellement fortes qu'elles sont utilisées comme filets de pêche et comme des polos de haute qualité. L'importance de ces bananiers textiles a diminué après la deuxième guerre mondiale avec l'introduction des fibres synthétiques. Néanmoins,

la production à grande échelle de *Musa textilis* est située à l'Equateur pour la production des fibres servant à la fabrication des billets de banque.

6.3 Faux tronc

En Inde, le pseudo tronc est un produit de consommation. Le cylindre sert également comme intrant dans la fabrication du xylophone local. En Afrique, on extrait les fibres grossières du pseudo tronc séché et on en fait une éponge qui sert à pétrir les cases. Les fibres du pseudo tronc sont également utilisées dans la pharmacopée locale comme bandage car elles auraient la propriété de favoriser la soudure de l'orteil ou du doigt blessé accidentellement (blessure fraîche).

6.4 Vraie tige et base du pseudo tronc

Ces parties du bananier contiennent des teneurs élevées d'amidon chez le genre *Ensete*. Cet amidon est extrait, fermenté et conservé dans un trou jusqu'à la consommation. Six millions d'habitants dans les zones d'altitude d'Ethiopie vivent de cet aliment.

6.5 Fruit

Les variétés sauvages produisent 5 à 6 g de fruits sans pulpe mais avec des graines non parthénocarpiques et non stériles. Les variétés comestibles produisent 100 à 200 g de fruits avec pulpe sans graines. Elles sont parthénocarpiques et stériles. Ainsi, les bananiers ont connu un long processus de domestication et d'évolution. Aussi, émettait-on l'hypothèse selon laquelle le bananier comme l'igname seraient les premières plantes domestiquées dans les Tropiques humides. En outre, le fait que le bananier soit reproduit par voie végétative traduit sa mise en culture précoce.

La composition du fruit du bananier peut être comparée à celle de la pomme de terre (Tableau 8).

Tableau 8: Composition du fruit du bananier et de la pomme de terre

| Eléments | Bananier | Pomme de terre |
|--------------------------|----------|----------------|
| Eau (%) | 70 | 78 |
| Hydrates de carbone (%) | 27 | 19 |
| Fibres brutes (%) | 0.5 | 0.4 |
| Protéines (%) | 1.2 | 2.0 |
| Lipides (%) | 0.3 | 0.1 |
| Cendres (%) | 0.9 | 1.0 |
| Calcium (ppm) | 80 | 80-110 |
| Phosphore (ppm) | 290 | 560 |
| Fer (%) | 6 | 7 |
| β - carotene (ppm) | 2.4 | 13 |
| Thiamine (ppm) | 0.5 | 1 |
| Riboflavine (ppm) | 0.5 | 0.3-0.4 |
| Niacine (ppm) | 7 | 12-14 |
| Acide ascorbique (ppm) | 120 | 100-170 |
| Energie, cal/100g | 104 | 82 |

La banane contient plus d'amidon mais moins d'eau et seulement la moitié des teneurs en protéines de la patate douce. Il est important de noter que la banane est riche en vitamines et éléments nutritifs, spécialement le potassium. Le plantain est surtout riche en provitamin A. La banane peut être mangée crue et a un goût doux quand elle a une couleur jaune. Ceci concerne la banane douce, la banane dessert ou la banane destinée à l'exportation. Dans la vieille littérature, on parle souvent de *Musa sapientum*. Dans la plupart des variétés cependant, seulement une petite partie d'amidon est transformée en sucres simples pendant le jaunissement. Selon les variétés, les bananes riches en amidon sont à cuire (appelées aussi bananes à cuire), à frire dans l'huile, à rôtir. Ces bananes sont appelées Plantains. Dans la littérature ancienne, on les désigne sous le nom de *Musa paradisiaca*.

D'autres bananes sont récoltées avant qu'elles ne deviennent jaunes quand elles ne sont pas encore riches en amidon. C'est le cas du groupe spécifique des bananiers cultivés dans les régions d'altitude d'Afrique (Rwanda, Burundi, Est de la RDC, Ouest du Kenya et Nord de la Tanzanie, Ouganda). Ces bananes d'altitude sont aussi bien à cuire (aussi appelées bananes à cuire bien que différentes des plantains) qu'à boire (appelées bananes à bière). Pour produire la bière à partir de ces bananes, les régimes sont récoltés encore verts; le jaunissement est provoqué artificiellement à l'aide d'un feu avec beaucoup de fumée afin d'initier la production d'éthylène. Après avoir été épéllée, la fermentation a lieu dans une

cuve creusé dans un tronc d'un arbre contenant de l'eau et des graines de sorgho germé (Figure 61).



Figure 61: Utilisation de la banane comme matière première dans la production des boissons locales

Le moût est tamisé avec les herbes. Cette soit disant bière est en fait un vin. Ce breuvage a un caractère cérémonial important pour réconcilier les parties en conflit ou pour exercer l'hospitalité envers les étrangers. Ainsi les bananes à bière sont plus monnayables.

6.6 Bourgeon mâle

A l'extrémité d'un régime, apparaissent des bractées rouge pourpre qui couvrent les fleurs mâles. Cette partie est cuite et consommée comme légume spécialement en Asie du Sud est et chez quelques ethnies de la province orientale en RDC. Des variétés bien déterminées sont choisies pour cette fin.

6.7 Plantes ornementales

Plusieurs variétés de bananiers (*M. coccinea*, *M. velutina*, *M. ornata*) atteignent seulement 1 à 2 m de hauteur et forment des régimes érigés avec des fruits non comestibles. La couleur de leurs fleurs et bractées est frappante (rose, rouge, pourpre...).

6.8 Plantes d'ombrage

Puisque les bananiers croissent très vite et produisent de larges feuilles, ils peuvent être plantés dans les rangées de cacaoyers et de caféiers (Figure 62).



Figure 62: Ombrage de jeunes cacaoyers par les bananiers

Les bananiers ombragent légèrement de jeunes cacaoyers qui, par la suite, produiront un auto-ombrage suffisant à leur développement. Après un certain nombre d'années, les bananiers sont recépés pour donner plus de lumière aux plants de cacaoyer (cas de la Côte d'Ivoire) et de caféier (cas de la Colombie). Le recépage est facile comme le bananier ne produit pas des tissus ligneux. Par ailleurs, à cause de ses larges feuilles, les bananiers protègent les sols contre l'érosion.

VII. Importance économique

La production mondiale des bananes par an s'élève à 125 millions de tonnes dont seulement 13% sont exportés (<http://apps.fao.org/faostat/collections>).

Les pays exportateurs les plus importants sont repris dans le Tableau 9.

Tableau 9: Pays exportateurs des bananes

| Amérique Latine | Afrique | Asie |
|-----------------|---------------|-------------|
| Honduras | Côte d'Ivoire | Philippines |
| Costa Rica | Cameroun | Taiwan |
| Panama | | |
| Colombie | | |
| Equateur | | |

Cette production est assurée par les compagnies comme United Fruit (Chiquita), Standard Fruit (Dole), Delmonte, Fruit pacifique (Bonita), etc. Ces compagnies ont

leurs propres plantations ainsi que des navires-usines. Ces compagnies achètent également les fruits d'autres producteurs. Il n'y a pas de monopole. Dans certains pays comme la Colombie, les producteurs sont organisés en Coopératives pour mieux défendre leurs intérêts.

Ceci veut dire que 87% des bananes non exportés jouent un important rôle critique dans les économies des pays de l'Amérique Latine, de l'Afrique et de l'Asie. Chacune de ces trois régions produit environ le tiers de la production mondiale. Environ 400 millions d'habitants dans les Tropiques ont la banane comme aliment de base. En effet, la culture du bananier fait partie de la vie de tous les jours d'une grande partie des populations des pays chauds qui consomment la banane sous bien des formes.

Le bananier fait donc partie intégrante de toute une série de systèmes agraires depuis la culture de case jusqu'à l'agriculture de plantation. Il fait donc autant partie des cultures vivrières que des cultures de rente. 600 millions d'habitants utilisent les dérivés des bananes. L'économie mondiale des bananes est décrite plus en détail dans:

http://www.fao.org/es/en/20953/20987/highlight_47147en.html

Les quantités consommées sont également importantes (Tableau 10)

Tableau 10: Quantités des bananes consommées dans le monde

| Région | g/tête/jour |
|------------------|-----------------------|
| U.S.A. / Europe | 30 (1 banane/semaine) |
| Afrique de l'est | 500 |
| Tropiques | 200-500 |

87% de la production locale sont cultivés dans de petits champs de 0,5 à 4 ha autour des habitations (arrière cour, jardin de case) et sous des systèmes agraires multiples. L'analyse de la production (Tableau 11) montre que les 11 plus grands producteurs sont également les plus grands consommateurs locaux.

Tableau 11: Production mondiale (x1000 tonnes) des bananes en 2003
(FAOSTAT, <http://apps.fao.org/faostat/collections>)

| Pays | Banane | Plantain | Total |
|---------|--------|----------|--------|
| Inde | 16.450 | - | 16.450 |
| Ouganda | 615 | 10.000 | 10.615 |
| Brésil | 6518 | - | 6.518 |

| | | | |
|--------------------|-------|--------------|--------------|
| Equateur | 5.609 | 860 | 6.469 |
| Chine | 5.826 | - | 5.826 |
| Philippines | 5.500 | - | 5.500 |
| Colombie | 1.450 | 2.925 | 4.375 |
| Indonésie | 4.312 | - | 4.312 |
| RDC* | 319 | 2.424 | 2.833 |
| Rwanda | 2.407 | - | 2.407 |
| Ghana | - | 2.300 | 2.300 |
| Nigeria | - | 2.110 | 2.110 |

* : chiffre de 1995

Sur les 11 grands producteurs des bananes dans le monde, il y a seulement 3 pays exportateurs, à savoir l'Equateur, les Philippines et la Colombie respectivement à la 4^{ème}, 6^{ème} et 7^{ème} place. Bien que la Colombie produise plus de plantains que de bananes dessert, elle est une des plus grandes exportatrices de la banane dessert, le plantain cultivé en association avec le caféier étant destiné à la consommation locale. L'importance des pays Est-africains dans la production des bananes est également frappante. L'Ouganda à lui seul produit un volume de bananes équivalent presque au volume mondial destiné à l'exportation. La mise en culture des bananiers et bananiers plantains par les petits fermiers est aussi dictée par des considérations économiques. En effet, en termes du coût de production et du travail (Tableaux 12 et 13), la banane est la source d'amidon la moins chère.

Tableau 12: Coût de production des bananes et plantains

| Classement | /kg | /ha | /cal. |
|-------------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| Très cher | Igname | Riz | Igname |
| | Patate douce | Maïs | Riz |
| | Colocase | Igname | Colocase |
| | Manioc | Colocase | Maïs |
| | Riz | Patate douce | Patate douce |
| | Maïs | Manioc | Manioc |
| Moins cher | Plantain | Plantain | Plantain |

Tableau 13: Coût de travail de quelques cultures vivrières

| Classement | Hommes jours/ha |
|------------|-----------------|
| Plantain | 80 |
| Manioc | 310 |
| Maïs | 122 |
| Riz | 162 |

Les tableaux 12 et 13 renseignent que l'igname est plus chère, car cette culture exige non seulement un sol fertile mais aussi la confection des buttes et des supports. Aussi l'igname est elle considérée comme une nourriture de luxe. Le riz a un coût élevé du fait que le sol doit être bien préparé et bénéficier d'une bonne fertilisation. Néanmoins, cultivé à grande échelle, le riz donne un rendement élevé. Le riz est donc une culture à input élevé et à output élevé. Les bananes et plantains sont moins chers que le manioc parce que ce dernier est une culture annuelle et donc exige la replantation après chaque récolte. Dans les sols à faible fertilité cependant, le manioc devient moins cher que les bananes et les plantains.

VIII. Liste de quelques sites Web sur les bananiers

Le centre CGIAR se consacrant à l'étude des bananes sont :

Bioversity International

Parc Scientifique Agropolis

34397 Montpellier Cedex 5, France

Internet: <http://bananas.bioversityinternational.org/>

<http://www.promusa.org/musapedia>

International Institute of Tropical Agriculture – IITA

P.O. Box 5320

Ibadan, Nigeria

Internet: www.iita.org

Les autres centres menant des recherches en rapport avec les bananes sont:

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE

(Centre de Recherche et d'Etude d'Agronomie Tropicale)

Headquarters: Turrialba, Costa Rica.

Tel: 506 556 6431

Fax: 506 556 1533

E-mail: research@catie.ac.cr

Internet: <http://www.catie.ac.cr>

Caribbean Agricultural Research and Development Institute – CARDI

Headquarters: University Campus, St Augustine, Trinidad, W. I

Tel: 1 868 645 1205/6/7

Fax: 1 868 645 1208

E-mail: ttunit@cardi.org

Internet: <http://www.cardi.org>

CAB International – CABI

Headquarters: Wallingford, Oxon, Britain

Tel: 44 1491 832111

Fax: 44 1491 833508

E-mail: corporate@cabi.org

Internet: <http://www.cabi.org>

Autres sites Web intéressants :

Zones agro écologiques:

www.fao.org/ag/agl/agll/cropsuit.asp. (permet d'établir sa propre carte)

<http://ecocrop.fao.org/>

<http://www.iiasa.ac.at/Research/LUC/SAEZ/index.html>

Un système informatique pour identifier les Environnements à travers le monde tropical : <http://gisweb.ciat.cgiar.org/homologue/>

Performance agronomique des cultivars horticoles en relation avec les conditions agro-écologiques, les pratiques culturales, etc:

<http://www.fao.org/hortivar>

Systématique des plantes est l'objet des sites suivants:

http://www.geocities.com/we_evolve/Plants/plant_systematics.html

<http://www.eol.org/index>

http://www.geocities.com/we_evolve/Plants/plants_systematics.html

<http://pgrdoc.bioversity.cgiar.org/taxcheck/grin>

<http://pgrdoc.bioversity.cgiar.org/taxcheck/mansfeld/index.html>

Noms des plantes:

<http://www.ipni.org/index.html>

Pestes et maladies des bananiers

<http://bananas.bioversityinternational.org/content/view/27/52/lang.en/>

Usages and produits des bananes

<http://bananas.bioversityinternational.org/content/view/50/77/lang.en/>

Economie mondiale de la banana de 1985 à 2002 :

http://www.fao.org/es/esc/en/20953/20987/highlight_47147en.html

L'utilisation manuelle des fertilisants peut être trouvée dans le site suivant: <http://www.fertilizer.org/ifa/publicat/html/pubman/manual.htm> où on peut sélectionner « type de culture »

Engrais: http://www.yara.com/en/products/fertilizer/about_fertilizer/index.html

<http://www.fertilizer.org/ifa/publicat/html/pubman/manual.htm>

<http://www.fertilizer.org/ifa/publicat/html/pubman/banana.htm>

Importance du K dans la production vivrière:

<http://www.ipipotash.org/slides/kipp1.html>

<http://www.ipipotash.org/slides/kdits2.html>

Publications:

http://www.inibap.org/publications/inibap-factsheets_eng/uses.pdf

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|----|
| I. ORIGINE ET CLASSIFICATION | 11 |
| 1.1 Origine | 11 |
| 1.2. Classification..... | 12 |
| II. ECOLOGIE..... | 15 |
| 2.1. L'eau | 16 |
| 2.2. La température | 16 |
| 2.3. La lumière | 16 |
| 2.4. Le vent | 17 |
| 2.5. Le sol | 17 |
| III. MORPHOLOGIE | 17 |
| 3.1 Corne et racines | 18 |
| 3.2 Pseudo tronc..... | 28 |
| 3.3 Feuille | 29 |
| 3.4 Régime..... | 31 |
| IV. TECHNIQUES CULTURALES | 36 |
| 4.1. Choix du terrain | 39 |
| 4.2. Préparation du terrain..... | 39 |
| 4.3. Ecartement | 40 |
| 4.4. Choix des variétés..... | 40 |
| 4.5. Multiplication rapide des rejets..... | 41 |
| 4.6. Plantation | 50 |
| 4.7. Moment de plantation | 51 |
| 4.8. Amendements | 51 |
| 4.9. Contrôle des adventices | 53 |
| 4.10. Association des cultures..... | 54 |
| 4.11. Support..... | 54 |
| 4.12. Récolte | 55 |
| 4.13. Extraction des rejets..... | 55 |
| 4.14. Disposition en étage..... | 56 |
| 4.15. Installation d'une jachère..... | 56 |
| V. MALADIES ET PESTES..... | 56 |
| 5.1 Maladies fongiques | 57 |
| 5.1.1 Maladies Sigatoka..... | 57 |

| | |
|--|----|
| 5.1.2 Flétrissement fusarial..... | 59 |
| 5.2. Bactéries..... | 60 |
| 5.3 Maladies virales | 61 |
| 5.3.1 Banana Bunchy Top Virus (BBTV)..... | 61 |
| 5.3.2. Mosaïque du concombre ou « Cucumber Mosaic virus (CMV) | 62 |
| 5.3.3 Mosaïque en tirets du bananier ou « Banana streak virus » (BSV)..... | 63 |
| 5.4 Nématodes | 64 |
| VI. Produits | 68 |
| 6.1 Feuilles..... | 68 |
| 6.2 Gaines pétiolaires..... | 68 |
| 6.3 Faux tronc | 69 |
| 6.4 Vraie tige et base du pseudo tronc | 69 |
| 6.5 Fruit..... | 69 |
| 6.6 Bourgeon mâle | 71 |
| 6.7 Plantes ornementales..... | 71 |
| 6.8 Plantes d'ombrage..... | 71 |
| VII. Importance économique | 72 |
| VIII. Liste de quelques sites Web sur les bananiers..... | 76 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1: Caractéristiques des genres <i>Musa</i> et <i>Ensete</i> | 12 |
| Tableau 2: Contribution (en %) de différents types de racines sur certains cultivars | 24 |
| Tableau 3: Dynamique de certains caractères morphologiques du bananier au cours du temps (en semaines) | 26 |
| Tableau 4: Différentes combinaisons de fertilité | 33 |
| Tableau 5: Caractéristiques utilisées dans la taxonomie codée des cultivars des bananiers (Simmonds et Shepherd, 1955) | 34 |
| Tableau 6: Choix des variétés plantains | 40 |
| Tableau 7: Production des plantains (t/ha) avec ou sans mulch (M) et avec ou sans fumure minérale (F) | 52 |
| Tableau 8: Composition du fruit du bananier et de la pomme de terre | 70 |
| Tableau 9: Pays exportateurs des bananes | 72 |
| Tableau 10: Quantités des bananes consommées dans le monde | 73 |
| Tableau 11: Production mondiale (x1000 tonnes) des bananes en 2003 (FAOSTAT, http://apps.fao.org/faostat/collections) | 74 |
| Tableau 12: Coût de production des bananes et plantains | 74 |
| Tableau 13: Coût de travail de quelques cultures vivrières | 75 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 1: Origine et dispersion des bananiers dans le monde..... | 11 |
| Figure 2: Croisement <i>M. acuminata</i> x <i>M. balbisiana</i> | 14 |
| Figure 3: Différents croisements diploïdes, triploïdes et tétraploïdes | 14 |
| Figure 4: Caractéristiques des diploïdes, triploïdes et tétraploïdes..... | 15 |
| Figure 5: Zone agro-écologique des bananiers et bananiers plantains | 16 |
| Figure 6: Schéma de l'organisation du bananier..... | 18 |
| Figure 7: Formation des œilletons | 19 |
| Figure 8: Production des racines par la corne..... | 19 |
| Figure 9: Apparition des entrenœuds | 19 |
| Figure 10: Tissu de réserves du bulbe..... | 19 |
| Figure 11: Formation des feuilles par le méristème apical | 20 |
| Figure 12: Vue schématique de deux types de racines primaires avec des racines secondaires et tertiaires (les racines « nourricières » à gauche et les racines « exploratrices » à droite)..... | 23 |
| Figure 13: Différentes interactions des hormones végétales sur le développement des rejets..... | 25 |
| Figure 14: Fréquence de localisation des nécroses sur les racines primaires (cm)... .. | 27 |
| Figure 15: Dispositif en étage des excroissances du corne des bananiers plantains | 28 |
| Figure 16: Schéma d'une feuille | 29 |
| Figure 17: Dynamique de l'émergence foliaire | 30 |
| Figure 18: Différents géotropismes du régime | 32 |
| Figure 19: Location de différentes fleurs (1: femelles, 2: neutres, 3 : mâles) sur une inflorescence..... | 33 |
| Figure 20: Différents types de régimes des bananiers plantains..... | 35 |
| Figure 21: Jardin de case des bananiers..... | 36 |
| Figure 22: Cultures en association avec le plantain après brûlis forestier..... | 38 |
| Figure 23: Préparation du matériel végétal pour la multiplication in vitro du bananier.. | 41 |
| Figure 24: Désinfection et dissection de l'explant..... | 42 |
| Figure 25: autoclavage et inoculation des explants sur milieu de culture | 43 |
| Figure 26: Culture en chambre de culture, repiquage et régénération des plants dans un laboratoire de micropropagation des bananiers | 44 |
| Figure 27: Régénération des racines et acclimatation..... | 44 |
| Figure 28: Pépinière sous ombrage pour préparer des plants prêts à la transplantation au champ | 45 |

| | |
|---|----|
| Figure 29: Découpage et disposition des éclats de bulbe en macropropagation..... | 45 |
| Figure 30: Régénération des rejets à partir par éclats de bulbes en macro propagation | 46 |
| Figure 31: Décapitation de la plante-mère..... | 47 |
| Figure 32: L'incision en croix et le décolletage du méristème apicale..... | 48 |
| Figure 33: Fausse décapitation..... | 49 |
| Figure 34: Disposition en étage des rejets axiaux dans les lignes et entre les lignes des trous de plantation des bananiers (à gauche la bonne exemple)..... | 50 |
| Figure 35: Remblayage des trous de plantation des bananiers | 51 |
| Figure 36: Allée de <i>Flemingia congesta</i> pour servir de mulch sous bananiers plantains | 53 |
| Figure 37: Mulch sous bananiers plantains..... | 53 |
| Figure 38: Sélection du rejet axial des bananiers..... | 56 |
| Figure 39: Bananiers infectés par Sigatoka Noir (Maladies des raies noires) | 57 |
| Figure 40: Dégâts causés par Sigatoka jaune..... | 57 |
| Figure 41: Cycle infectieux de <i>M. fijiensis</i> et <i>M. musicola</i> | 58 |
| Figure 42: Coloration jaune des feuilles et des vaisseaux | 59 |
| Figure 43: Jaunissement et flétrissement | 60 |
| Figure 44: Suintement du liquide jaune du pseudo tronc | 60 |
| Figure 45: Murissement des fruits sur un régime encore jeune et flétrissement et pourrissement du bourgeon mâle | 61 |
| Figure 46: Présence des tâches brunes à l'intérieur des fruits | 61 |
| Figure 47: Le vecteur du BBTV (<i>Pentalonia nigronervosa</i>)..... | 62 |
| Figure 48: Bananiers en forme de rosette infectés par BBTV | 62 |
| Figure 49: Pourriture du cœur du bananier..... | 63 |
| Figure 50: Figure 50: Chlorose et distorsion foliaire..... | 63 |
| Figure 51: Mosaiques foliaires sans déformation de la feuille | 63 |
| Figure 52: Stries jaune doré (décolorée) sur feuille..... | 64 |
| Figure 53: Cochenille, vecteur du BSV | 64 |
| Figure 54: Chute des bananiers due aux nématodes | 65 |
| Figure 55: Racine saine du bananier | 65 |
| Figure 56: Racine infectée du bananier | 65 |
| Figure 57: Nettoyage des rejets..... | 66 |
| Figure 58: Désinfection des rejets par l'eau bouillante | 66 |
| Figure 59: Le charançon (larve et adulte)..... | 67 |
| Figure 60: Galeries creusées à l'intérieur du pseudo tronc par le charançon | 67 |

| | |
|---|----|
| Figure 61: Utilisation de la banane comme matière première dans la production des boissons locales | 71 |
| Figure 62: Ombrage de jeunes cacaoyers par les bananiers | 72 |



Imprimerie MÉDIASPAUL - Kinshasa
www.mediaspaul.cd
imprimé en RDC-Printed in Congo DR



Benoît DHED'A DJAILO est Docteur en Sciences, Faculté des Sciences de Bio-ingénieurs de la Katholieke Universiteit Leuven (KULeuven), Professeur ordinaire, Chef de Laboratoire de Génétique, Amélioration des Plantes et Biotechnologie à la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani, République Démocratique du Congo (RDC)



Adrien MOANGO MANGA est Docteur en Sciences Agronomiques, Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi (IFA), Professeur Associé, Chef de Laboratoire de Biologie, Physique et Chimie du sol à la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani, République Démocratique du Congo (RDC)



Rony SWENNEN est Docteur en Sciences de Bio-ingénieurs, Faculté des Sciences de Bio-ingénieurs, Professeur ordinaire, Chef de Laboratoire d'Amélioration de Cultures Tropicales de la Katholieke Universiteit Leuven (KULeuven), Belgique