



La culture des bananiers et plantains dans les zones agroécologiques de la République Démocratique du Congo

Benoit Dhed'a, Joseph Adheka, Didy Onautshu et Rony Swennen

Mai 2019

Presse universitaire, UNIKIS



UNIKIS

Le laboratoire de Génétique, Amélioration des Plantes et Biotechnologie est localisé à la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani en République Démocratique du Congo. Ses objectifs sont la collecte, la caractérisation, la préservation et la propagation de plants sains de bananiers et plantains, ainsi que la sélection de meilleurs plantains. Les travaux y sont aussi orientés vers la valorisation agronomique, la caractérisation nutritionnelle ainsi que les aspects post-récoltes



Le laboratoire d'amélioration des plantes tropicales fait partie de la faculté d'ingénierie des biosciences de la KU Leuven. La recherche y est centrée sur la production de cultures tropicales, principalement celle de bananes et plantains aux propriétés améliorées. L'objectif ultime est d'améliorer la qualité de la vie des petits exploitants grâce à l'agriculture durable. En outre, le laboratoire contribue activement à la protection de la biodiversité, gère le plus grand réseau mondial de collection de bananiers et plantains



VLIR-UOS est une organisation belge qui soutient des partenariats entre universités et collèges universitaires de la Flandre (Belgique) et ceux des pays du Sud. Ces partenariats sont basés sur la recherche des solutions novatrices aux défis mondiaux et locaux en :

- stimulant des projets de coopération entre professeurs, chercheurs et enseignants,
- attribuant de bourses à des étudiants et des professionnels en Flandre et dans le Sud
- soutenant et renforçant l'enseignement supérieur dans le Sud ainsi qu'en internationalisant l'enseignement supérieur fondée sur le développement en Flandre



L'IITA (Institut international d'agriculture tropicale) est une organisation à but non lucratif fondée en 1967. Il est l'un des principaux partenaires dans le monde tournés vers la recherche de solutions contre la faim, la malnutrition et la pauvreté dans les pays tropicaux, en particulier de l'Afrique subsaharienne. IITA travaille avec des partenaires pour améliorer la qualité des cultures et la productivité, réduisent les risques pour le producteur et le consommateur et génèrent une richesse durable issue de l'agriculture. L'IITA est membre du CGIAR, un partenariat mondial de recherche agricole pour la sécurité alimentaire

Liste de contributeurs

1. Adheka Giria Joseph, Université de Kisangani (UNIKIS), République Démocratique du Congo.
2. Dhed'a Djailo Benoit, UNIKIS, République Démocratique du Congo.
3. Ibanda Nkosi Bonaventure, UNIKIS, République Démocratique du Congo.
4. Issoliwei Constantin, UNIKIS, République Démocratique du Congo.
5. Kasaka Dingbo Léon, UNIKIS, République Démocratique du Congo.
6. Komoy Losimba Joseph, UNIKIS, République Démocratique du Congo.
7. Lebisabo Bungamuzi Crispin, UNIKIS, République Démocratique du Congo.
8. Onautshu Odimba Didy, UNIKIS, République Démocratique du Congo.
9. Swennen Rony, Katholieke Universiteit Leuven (KU Leuven), Belgique; International Institute of Tropical Agriculture, Tanzanie; Bioversity International, Belgique.
10. Tchatchambe Ngolu Bomoy Jacques, UNIKIS, République Démocratique du Congo.
11. Tutu Tsamemba Simon, UNIKIS, République Démocratique du Congo.

Citation : DHED'A DJAILO, B., ADHEKA GIRIA, J., ONAUTSHU ODIMBA, D. et SWENNEN, R., 2019. La culture des bananiers et plantains dans les zones agroécologiques de la République Démocratique du Congo, *Presse Universitaire UNIKIS*, Kisangani, 72p

n°288/DCA/016X/P.TSH/2019

n°288/DCA/017X/P.TSH/2019

n°288/DCA/018X/P.TSH/2019

n° 288/DCA/019X/P.TSH/2019

Copyright © 2019 Presse Universitaire, UNIKIS

Illustration de couverture : Collection de la Faculté des Sciences UNIKIS (par Joseph Adheka Giria)

Préface

En République Démocratique du Congo (RD Congo) les bananiers et plantains sont cultivés sur différentes altitudes et sont associés à plusieurs plantes surtout dans des petites exploitations. Ils sont cultivés essentiellement pour l'autoconsommation, jouant ainsi un rôle important dans la sécurité alimentaire de la population dans les différentes zones agroécologiques. Cependant, avec le taux d'urbanisation important et le changement dans les habitudes alimentaires dans le pays, les bananes et plantains jouent aussi un rôle dans l'augmentation du revenu de la population. Ceci montre que le besoin en recherche, formation et diffusion de techniques pour cette culture est très important.

L'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) attache une très grande importance à la sécurité alimentaire en Afrique. C'est pour cette raison que l'IITA a démarré son programme des plantains en 1979 au Nigeria et son programme des bananes d'altitudes en 1994 en Ouganda. A l'heure actuelle, l'IITA soutient la recherche et les programmes nationaux pour la sécurité alimentaire. Il soutient aussi des programmes sur l'agronomie dans 24 pays africains. Donc j'ai le plaisir d'annoncer ce livre sur la culture des bananiers et plantains en RD Congo principalement écrit par des Congolais, soit formés à IITA ou par des partenaires de IITA, notamment la KU Leuven, Belgique.

Un premier livre sur la culture des bananiers et plantains en RD Congo a été publié en 2011 par l'Université de Kisangani (UNIKIS) en collaboration avec la KU Leuven, Belgique. Le manuel avait présenté successivement l'origine et la classification, l'écologie, la morphologie, les techniques culturales, les maladies et pestes de bananiers et plantains. Il s'était terminé par la présentation des produits autres que les fruits que l'on peut tirer du bananier et son importance économique. Il a été élaboré à partir des données récoltées dans la province de la Tshopo, ne couvrant qu'une province sur 26 de la RD Congo.

Le présent manuel complète les informations du premier livre en se basant sur les données récoltées dans 18 provinces. Il donne aussi des informations supplémentaires en se basant sur les travaux de terrains et de laboratoires. Le présent livre est subdivisé en 7 chapitre qui renseignent sur les ressources génétiques et la synonymie, les systèmes de culture, les techniques culturales avec des pratiques agricoles durables et la multiplication par la macro et la micro propagation, les usages des différentes parties de la plante, les transformations post-

récoltes, et les maladies et ravageurs. Il comporte 5 tableaux et 57 figures qui donnent une illustration, rendant la lecture et la compréhension facile.

Tenant compte des résultats des études récentes effectuées par la grande équipe congolais de bananier et plantain dans la vaste partie de la RD Congo, ce manuel peut servir de référence de connaissances et des bonnes pratiques pour la culture des bananiers et plantains en RD Congo. En outre, ce livre montre que l'UNIKIS est le centre de recherche sur les bananiers et plantains en DR Congo, et sera un partenaire important pour soutenir la recherche et la production dans d'autres pays africains.

Tout en félicitant les auteurs, je souhaite à toutes et à tous une bonne lecture.



Dr. Nteranya Sanginga , Directeur General de l'IITA

Remerciements

La rédaction de ce manuel a impliqué plusieurs partenaires. Qu'il nous soit permis de remercier tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'autre à sa réalisation.

Nous remercions premièrement le projet Agriculture Durable financé par le Conseil Interuniversitaire Flamand (VLIR). Ce projet a créé un 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 (KU Leuven, Belgique). Cette collaboration a permis d'établir un cadre scientifique de recherche et de documentation pour la rédaction de ce livre.

Nous pensons en second lieu à l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) pour avoir financé l'impression du présent ouvrage. Cet institut a aussi facilité la formation de certains auteurs impliqués dans la rédaction du livre. Nous présentons aussi notre reconnaissance à l'Alliance contre le Banana Bunchy Top Disease (BBTD), alliance incluant l'IITA, le Bioversity International et le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD). Cette alliance a permis de recueillir des données sur l'épidémiologie, la distribution et le mode de gestion de BBTD en région forestière de la République Démocratique du Congo. Nos remerciements vont aussi à MusaLova (Belgique) pour avoir financé les études sur la transformation de banane et banane plantain en farine. Les résultats de ces études ont été vulgarisés avec un grand succès auprès des paysans de quelques villages autour de la ville de Kisangani.

Nous remercions tous les scientifiques qui ont participé activement à la rédaction de différents chapitres du livre. Il s'agit de Ibanda Nkosi Bonaventure, Issoliwei Kalambola Constantin, Kasaka Dingbo Léon, Komoy Losimba Joseph, Lebisabo Bungamuzi Crispin, Tchatchambe Ngolu Bomoy Jacques et Tutu Tsamemba Simon. Enfin, que tous ceux qui ont travaillé dans l'ombre (les relecteurs de cet organe) trouvent ici l'expression de nos sentiments de gratitude.

Benoit Dhed'a, Joseph Adheka, Didy Onauthsu et Rony Swennen

Table des matières

Préface.....	iii
Remerciements.....	v
Table de matière.....	vi
Liste des figures.....	viii
Liste des tableaux.....	x
Chapitre 1. Introduction	1
Chapitre 2. Diversité génétique	4
2.1. Classification des bananiers et plantains	4
2.2. Distributions des sous-groupes dans les différentes zones agroécologiques	5
2.3. Importants cultivars	9
2.3.1. Plantains	9
2.3.2. Mutika-Lujugira	11
2.3.4. Bananes à cuire	12
Chapitre 3. Systèmes de culture	13
3.1. Culture en forêt	13
3.2. Culture en jachère	15
3.3. Associations de culture	15
3.4. Culture de case	17
3.5. Cultures pures	19
3.6. Système agroforestier	19
Chapitre 4. Techniques culturales	22
4.1. Choix du terrain	23
4.2. Préparation du terrain	23
4.3. Ecartement	24
4.4. Choix des cultivars	24
4.5. Multiplication rapide des rejets	25
4.6. Plantation	34
4.7. Moment de plantation	35
4.8. Amendements	35
4.9. Contrôle des adventices	38
4.10. Association des cultures	38
4.11. Support	39

4.12. Récolte	39
4.13. Extraction des rejets	40
4.14. Disposition en étage	41
4.15. Installation d'une jachère	41
Chapitre 5. Usages	42
5.1. Aperçu général	42
5.2. Usages dans l'alimentation humaine	44
5.3. Autres usages	47
5.3.1. Usages médicaux	47
5.3.2. Usages techniques	49
5.3.3. Cérémonies culturelles	50
5.4. Production de la farine semi-industrielle	51
5.4.1. Introduction	51
Chapitre 6. Les maladies et ravageurs	55
6.1. Situation générale des maladies de bananier et plantain dans les différentes zones agroécologiques	55
6.1.1. Maladies bactériennes	55
6.1.2. Maladies virales	58
6.1.3. Maladies fongiques	61
6.2. Ravageurs	64
6.2.1. Charançon	64
6.2.2. Nématodes	65
Chapitre 7. Perspectives	68

Liste des figures

2.1. Carte végétale de la RD Congo	7
2.2. Types de régime chez les plantains	10
2.3. Bisamunyo (bananier d'altitude le plus répandu en RD Congo)	11
2.4. Quelques bananiers dessert	12
2.5. Quelques cultivars à cuire ABB	12
3.1. Une bananeraie en forêt en région de Bolobo, May-Ndombe	14
3.2. Association bananiers-haricots en région de haute altitude	16
3.3. Associations plantains-taro en région de basse altitude	17
3.4. Jardin de case	18
3.5. Plantain en système agroforestier avec <i>Leucaena leucocephala</i>	20
4.1. Préparation du matériel végétal pour la multiplication <i>in vitro</i> du bananier.....	26
4.2. Désinfection (alcool, eau de javel, eau distillée stérile)	27
4.3. Dissection de l'explant (a) sous hotte à flux d'air laminaire (b).....	27
4.4. Autoclavage (a) et inoculation des explants sur milieu de culture (b)	28
4.5. Chambre de culture dans un laboratoire de micropropagation des bananiers.....	29
4.6. Repiquage (b) et régénération (c) des plants de bananiers et plantains	29
4.7. Pépinière sous ombrage des plants de bananiers et plantains prêts à la transplantation au champ.....	30
4.8. Incision en croix (a) et décolletage du méristème apicale (b)	31
4.9. Formation des rejets enracinés par éclats de bulbes en macro propagation (a) et sevrages des plantules (b,c,d)	31
4.10. Suppression de la dominance apicale de la plante mère d'un bananier	32
4.11. Fausse décapitation	33
4.12. Disposition en étage des rejets axiaux dans les lignes et entre les lignes des trous de plantation des bananiers (à gauche la bonne exemple)	34
4.13. Remblayage des trous de plantation des bananiers	35
4.14. Paillis sous plantains	37
4.15. Allée de <i>Flemingia congesta</i> pour servir de paillis	38
4.16. Sélection du rejet axial des bananiers	40
5.1. Plantain bouilli et pilé (a) et plat lituma (b)	45
5.2. Chips de plantain dans un supermarché de Kinshasa-Gombe	45

5.3. Bouillon à base de plantain	46
5.4. Apprentissage de la nage à partir du pseudo-tronc de bananier	50
5.5. Epluchage (a) et découpage en cossettes (b) de banane et plantain	52
5.6. Chauffage de l'eau chaude (a) et trempage (b) de banane et plantain	52
5.7. Séchage au soleil et au feu sur un étagère	53
5.8. Cossettes sèches et farine de banane et plantain	53
5.9. Mise en sachet ou emballage	53
6.1. Murissement précoce des fruits, flétrissement et pourriture du bourgeon mâle.....	56
6.2. Présence des taches brunes à l'intérieur des fruits	56
6.3. Jaunissement des feuilles et flétrissement de pseudo-tronc	57
6.4. Suintement du liquide jaune du pseudo-tronc	57
6.5. Le vecteur du BBTV (<i>Pentalonia nigronervosa</i>)	59
6.6. Bananiers en forme de rosette infectés par BBTV	59
6.7. Chlorose et distorsion foliaire	60
6.8. Pourriture du cœur du bananier	60
6.9. Stries jaune doré (décolorée) sur feuille	61
6.10. Cochenille, vecteur du BSV	61
6.11. Les symptômes de la cercosporiose noire	62
6.12. Jaunissement et chute des feuilles	63
6.13. Décoloration et nécrose vasculaire de la tige	63
6.14. Galeries creusées dans le bulbe de bananier par le charançon	65
6.15. Racine saine du bananier	66
6.16. Racine infectée du bananier	66
6.17. Chute des bananiers due aux nématodes	66
7.1. Vitro plants de bananiers et plantains en tube (a) et en pot (b)	69
7.2. Régimes de banane (a) et plantain (b) avec mycorhizes	70
7.3. PITA en culture <i>in vitro</i> (a) et au champ (b)	71

Liste des tableaux

2.1. Cultivars de bananiers, plantains non inclus, les plus importants en RD Congo.....	5
2.2. Quelques noms congolais de bananiers	6
4.1. Choix des cultivars plantains	25
4.2. Production des plantains (t/ha) avec ou sans paillis (M) et avec ou sans fumure minérale (F).....	36
5.1. Composition chimique de bananier et le plantain par 100g de fruit frais et séché.....	43

Chapitre 1. Introduction

Les bananes (bananes et plantains) constituent, en termes de production mondiale, le quatrième produit agricole après le blé, le riz et le maïs. Elles occupent le premier rang de la production fruitière. Elles constituent une culture jouant un grand rôle dans la sécurité alimentaire en République Démocratique du Congo (RD Congo). En effet, les bananes et les plantains sont riches en énergies, sels minéraux (potassium, calcium, phosphore) et vitamines A, B et C. La production des bananes et plantains de la RD Congo occupe la 10^{ème} position dans le monde. Par rapport aux autres produits vivriers, leur production vient en second lieu après le manioc. De plus, les bananes et les plantains jouent un rôle dans l'amélioration du revenu de la population à cause de leur grande valeur marchande.

Pour stimuler la production dans le pays, un livre sur la culture des bananiers et plantains en RD Congo a été publié en 2011 par l'Université de Kisangani (UNIKIS) en collaboration avec la KU Leuven, Belgique. Ce premier livre, écrit par Benoit Dhed'a, Adrien Moango et Rony Swennen, donne des informations sur la culture des bananiers et plantains en s'appuyant sur les enquêtes menées dans la province de la Tshopo en 2010.

Actuellement, une grande équipe congolaise travaille à l'UNIKIS sur les bananiers et plantains. Les travaux de cette équipe ont montré que la RD Congo est le centre de diversité des plantains dans le monde. Des informations ont été collectées dans 18 sur 26 provinces de la DR Congo. En plus, des résultats ont été aussi obtenus aux laboratoires de l'UNIKIS. Ces travaux de terrain et de laboratoire ont permis de développer des connaissances sur les ressources génétiques et la synonymie, les systèmes de culture, les techniques culturales avec des pratiques agricoles durables et la multiplication par la macro et la micro propagation, les usages des différentes parties de la plante, les transformations post-récoltes, et les maladies et ravageurs. Ce nouveau livre apporte des informations complémentaires et nouvelles par rapport au premier. Il se propose d'aborder les différents aspects des domaines de recherche congolais de façon sommaire afin de fournir aux lecteurs un aperçu rapide de cette culture.

Ainsi, le livre est destiné aux personnels du service de l'Agriculture Nationale, aux différents acteurs impliqués dans l'agriculture (organisations non gouvernementales, service de

vulgarisation...). Il donne aussi des informations utiles aux enseignants du niveau secondaire et universitaire pour mieux connaître le bananier et plantain et leur culture.

Malgré sa grande taille et ses grandes feuilles retombantes, le bananier n'est pas un arbre car son tronc n'est pas constitué de bois. Il est une plante herbacée vivace car il ne comporte pas de croissance secondaire. En effet, après la maturité des fruits, les parties aériennes fanent et s'affaissent. Il est dit vivace parce que les parties aériennes qui meurent sont remplacées par de nouveaux plants émis à la base de la plante mature. La pérennité de la plante chez le bananier et plantain est assurée par la formation des bourgeons latéraux. A maturité la plante 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 pseudo-tronc.

En RD Congo, le bananier est cultivé dans tous les habitats (forêt et savane) et à différentes altitudes. Dans les régions de basse altitude on retrouve les plantains alors que dans les régions de haute altitude on retrouve les bisamunyo (matoke). Les bananes dessert et à vin sont distribuées sur toutes les altitudes. La production est ainsi distribuée à travers tout le pays, sur des grandes et surtout des petites exploitations. La culture se pratique surtout dans les jardins de case, en jachère et dans les champs ouverts en forêt. Les petits producteurs cultivent la plante essentiellement pour l'autoconsommation et les marchés locaux. Néanmoins, avec une démographie toujours croissante et une urbanisation importante dans le pays, les bananes et les plantains deviennent aussi d'importante culture commerciale permettant d'augmenter le revenu des ménages des agriculteurs.

A part son usage dans l'alimentation humaine et sa contribution dans le revenu des agriculteurs, plusieurs autres usages de cette culture existent en RD Congo. Les fruits ou autres parties de la plantes sont utilisés dans l'alimentation animale, en médecine traditionnelle voire même dans différents contextes socio-culturels.

Malgré cette importance non contestable des bananiers et plantains en RD Congo, plusieurs facteurs biotiques et abiotiques limitent sa production de façon significative. Il s'agit notamment des pratiques culturelles traditionnelles, d'épuisement du sol, de la verse due aux vents de plus en plus violents au début des pluies torrentielles, des attaques des maladies et des ravageurs faute de connaissances dans ces domaines. Ce livre se propose donc d'apporter des connaissances pratiques pour combler ces lacunes. En effet, dans le pays l'agriculture reste

encore, dans ses dimensions, une agriculture de subsistance où l'on remarque l'absence de planification, d'utilisation d'intrants, semences et matériel végétal sélectionné.

Chapitre 2. Diversité génétique

Adheka J., Komoy L., Dhed'a D. et Swennen R.

2.1. Classification des bananiers et plantains

Les bananiers et plantains appartiennent à la famille des Musacées. Cette famille constitue avec celles de Cannacées, Marantacées, Zingibéracées, Lowiacées et Strelitziacées l'ordre des Scitaminales. Les individus de la famille des Musacées ont beaucoup des caractéristiques communes avec ceux de la famille des Strelitziacées.

La famille de Musacées est subdivisée en trois genres: *Musella*, *Ensete* et *Musa*. Ce dernier genre est largement répandu en Asie du sud-est et est constitué de quatre sections qui sont respectivement Callimusa, Rhodochlamys, Australimusa et Eumusa. La dernière section est la plus diversifiée et la plus répandue dans le monde et la seule qui existe en RD Congo. Elle contient environ 11 espèces.

D'un point de vue botanique, le genre *Musa* est divisé en deux grands types: les variétés comestibles à fruits charnus et les espèces sauvages. Les bananiers comestibles diffèrent des ceux qui sont sauvages par l'absence des graines et la parthénocarpie (développement des fruits sans une fécondation préalable). Le nombre des variétés cultivées ou cultivars est d'environ 300-400 et ces cultivars présentent une grande diversification.

Deux espèces sont à l'origine de la plupart des cultivars de bananiers et plantains. Il s'agit de *Musa acuminata* (génom A) et *M. balbisiana* (génom B). Alors que *M. balbisiana* présente une faible variabilité, *M. acuminata* est fortement diversifié avec 8 sous espèces (*banksii*, *burmannica*, *errans*, *malaccensis*, *microcarpa*, *siamea*, *truncata* et *zebrina*). Le croisement entre les sous espèces de *M. acuminata* ou le croisement entre ses sous espèces et *M. balbisiana* sont à l'origine de presque tous les cultivars.

Selon la contribution de *M. acuminata* seul ou de *M. acuminata* et *M. balbisiana*, les cultivars de bananiers comestibles sont catégorisées en groupes. Ainsi, selon la constitution du génome et le niveau de ploïdie, les groupes peuvent être constitués des individus diploïdes (AA, AB et probablement BB), triploïdes (AAA, AAB, ABB et probablement BBB) et tétraploïdes

(AAAA, AAAB, AABB, ABBB). Les lettres indiquent la contribution de *M. acuminata* et/ou *M. balbisiana* dans la constitution du génome et le nombre des lettres indique le niveau de ploïdie.

Au sein d'un groupe, les cultivars qui présentent un certain nombre des caractères communs sont regroupés dans un même sous-groupe (Tableau 2.1). Parmi les bananiers cultivés en RD Congo, on retrouve différents sous-groupes AAA représentés par les bananes dessert Cavendish, Gros Michel, Figue Rose, Ibota, ... et les bananes de haute altitude Mutika-Lujugira (bananes des hautes terres de l'Afrique de l'est dont la plupart sont à cuire et d'autres à bière) et sous-groupes AAB représentés par les bananes dessert Figue Pomme, Kamaramasenge et Pome. Les plantains appartiennent aussi au groupe AAB. Les représentants du groupe ABB sont les bananes à cuire Bluggoe Cardaba et Pisang Awak. En RD Congo ces cultivars ont plusieurs noms locaux (Tableau 2.2).

Tableau 2.1. Cultivars de bananiers, plantains non inclus, les plus importants en RD Congo

N°	Nom du cultivar	Groupe	Sous-groupe	Principal usage
1	Grande Naine	AAA	Cavendish	Dessert
2	Gros Michel	AAA	Gros Michel	Dessert
3	Figue Rose	AAA	Red	Dessert
4	Yangambi Km 5	AAA	Ibota	Dessert
5	Bisamunyo	AAA	Mutika-Lujugira	A cuire
6	Figue Pomme	AAB	Silk	Dessert
7	Kamaramasenge	AAB	Kamaramasenge	Dessert
8	Prata	AAB	Prata	Dessert
9	Bluggoe	ABB	Bluggoe	A cuire
10	Pisang Awak	ABB	Pisang Awak	A cuire
11	Cardaba	ABB	Cardaba	A cuire

2.2. Distributions des sous-groupes dans les différentes zones agroécologiques

Parmi tous les sous-groupes de triploïdes, 2 sont exceptionnels en Afrique et spécialement en RD Congo car ils sont largement cultivés en dehors de leur centre d'origine. Il s'agit des sous-groupes 'Plantain' avec environ 120 cultivars et 'Mutika-Lujugira' avec environ 30 cultivars. Ils proviendraient d'un ou seulement quelques cultivars introduits d'Asie à partir du centre

d'origine des bananiers et plantains. Cette diversification à partir de quelques cultivars introduits indique des longues périodes de mutations somaclonales dans leurs zones de cultures. Donc la RD Congo fait partie de centres de diversification secondaire des plantains dans la cuvette centrale congolaise et de Mutika-Lujugira dans la région de haute altitude. En dehors de ces sous-groupes adaptés à des zones agroécologiques particulières, il existe des sous-groupes dont les cultivars peuvent être facilement cultivés dans presque toute la zone de production de bananiers et plantains. Il s'agit notamment des sous-groupes Cavendish, Gros Michel, Figue Rose,... (Tableau 2.1).

Tableau 2.2. Quelques noms congolais de bananiers

N°	Noms communs	Quelques synonymes congolais
1	Grande Naine	Malaya, Senji
2	Gros Michel	Kishilungu, Mwasi zoba, Songa
3	Figue Rose	Kongolo, Kitika nyekunda, Adidi mosoi
4	Yangambi Km 5	Ibotabota, Kamera Kanuka, Boke
5	Bisamunyo	Kashila, Kipaka,
6	Figue Pome	Mafuta, Elengi Eye
7	Kamaramasenge	Kamera, Kyakulolanga, Kakondesukari, Katikasukari
8	Prata	Ipila, Mafuta
9	Bluggoe	Nambubu, Narfufu, Kinyamuto
10	Pisang Awak	Maganya, Mugombozi, Mukalayi, Kayija
11	Cardaba	Kidozi, Bu hukuke

Globalement, la RD Congo peut être subdivisée en trois zones agroécologiques. La première est constituée d'une vaste cuvette alluviale au centre, dont l'altitude s'étale entre 300 et 500 m. Cette zone couvre le tiers du territoire du pays. Sa végétation se compose de forêts équatoriales et de marais. Il y pleut presque toute l'année avec une pluviométrie qui varie autour de 1755 mm par an. La température moyenne est de 28°C.

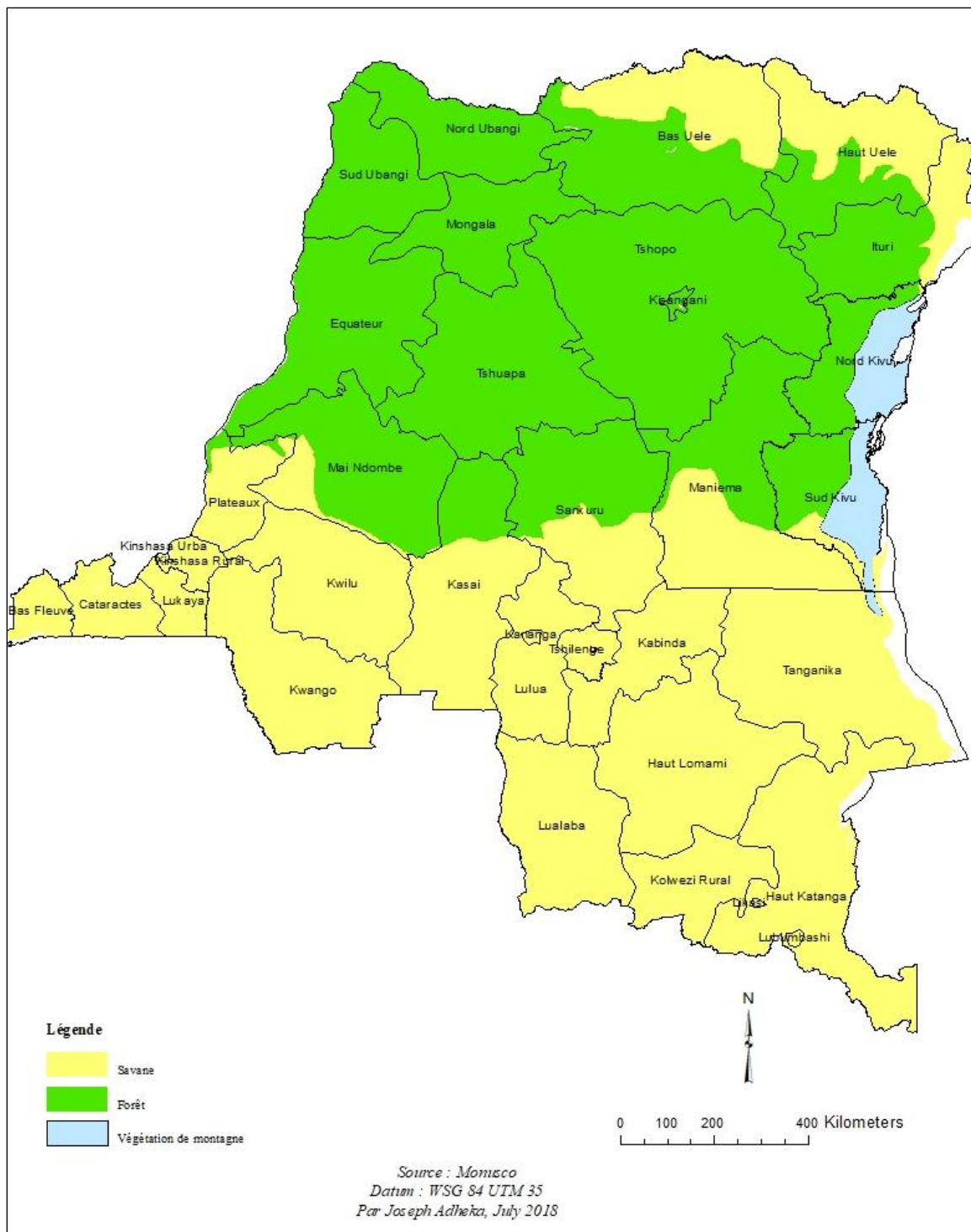


Figure 2.1. Carte végétale de la RD Congo

Les conditions environnementales de cette première zone (forêt équatoriale) (Figure 2.1) sont particulièrement favorables à la culture des plantains. En effet, les plantains exigent un climat chaud et humide avec moins d'oscillations majeures. Le pseudo-tronc souffre lourdement d'une longue période de sécheresse. Quand la saison sèche dure plus de trois mois, elle devient préjudiciable pour la survie de la plante. Le pseudo-tronc fane également après quelques nuits

avec des températures inférieures à 10°C. Les parties souterraines finissent par périr aussi, contrairement à beaucoup d'autres bananiers comme ceux du groupe ABB. Chez ce dernier groupe, le corme survit et finit par produire un nouveau pseudo-tronc après une longue période de sécheresse ou de froid. Toutefois, les plantains peuvent survivre dans certaines conditions à des altitudes jusqu'à 2000 m. Dans ces habitats, la plante se développe lentement, mais les rejets poussent mieux, en raison de la diminution de la dominance apicale, de sorte que la survie éventuelle de la plante est assurée.

Ainsi, les conditions environnementales pour une productivité raisonnable des plantains restreignent considérablement la zone appropriée pour leur production dans la cuvette centrale congolaise. Cette zone correspond essentiellement aux provinces de l'Equateur, Maniema, Mongala, Tshopo et Tshuapa. Elle comprend aussi les parties sud des provinces de Bas Uélé, Haut Uélé, Ituri, Nord Ubangi et Sud Ubangi et les parties nord des provinces de Kasai, Lomami, Mai-Ndombe, Sankuru et Tanganyika (Figure 2.1).

La seconde zone agroécologique (savanes boisée et herbeuse) (Figure 2.1) est constituée des plateaux étagés de savane qui bordent la cuvette centrale au nord et au sud. Elle est située entre 700 et 1200 m d'altitude. On y trouve une longue saison pluvieuse et une saison sèche qui peut durer entre 3 à 5 mois. Les précipitations oscillent entre 1000 et 1700 mm par an. La température moyenne est de 25°C. Il n'y a aucun sous-groupe particulier adapté à cette zone. Elle est caractérisée par un grand nombre des sous-groupes comme Cavendish, Gros Michel, Figue Rose,... (Tableau 2.1). Dans cette zone, le sous-groupe plantain est retrouvé en périphérie alors que le sous-groupe Mutika-Lujugira est retrouvé à proximité de la zone de haute altitude dans la partie est du pays.

La troisième zone agroécologique (végétation de montagne) (Figure 2.1) est constituée des massifs montagneux volcaniques de haute altitude à l'est et au nord-est du pays. Cette zone est située entre 1500 et 5000 m d'altitude. La chaîne des montagnes sépare le bassin du fleuve Congo de celui du Nil. Le climat est équatorial, chaud, humide au centre, et progressivement plus tropical vers le sud et le nord. Les pluies y sont régulières et abondantes (1545 mm/an en moyenne), mais variables dans le temps et dans l'espace (de 800 à 1800 mm). Elles permettent deux cycles agricoles. La saison des pluies proprement dite, qui dure en moyenne 8 mois, alterne avec une saison sèche. La température varie entre 6 et 22°C.

Dans cette zone, le sous-groupe Mutika-Lujugira est le mieux adapté. Cette zone correspond principalement aux provinces du Nord et Sud Kivu et la partie nord de la province de l'Ituri. Des cultivars appartenant à d'autres sous-groupes comme Cavendish, Gros Michel, Figue Rose,... (Tableau 2.1) sont aussi retrouvés dans cette zone agroécologique.

2.3. Importants cultivars

A part les facteurs agroécologiques, les habitudes alimentaires et des facteurs historiques comme les migrations de la population ont aussi influencé la disponibilité et la diversification actuelle des bananiers et plantains dans les différentes zones agroécologiques.

2.3.1. Plantains

Les cultivars de plantains partagent un certain nombre de caractères communs. Leurs fruits sont angulaires avec des arêtes prononcées et sont farineux même au stade de maturité. Les pseudo-troncs sont ternes (cireux) avec un faible rejetonnage. La face inférieure du limbe des feuilles est moyennement cireuse. Le canal pétiole de leur feuille a les marges recourbées vers l'intérieur et ces marges sont de couleur verte. Leur hampe est peu velue.

Un grand nombre des descripteurs permettent de différencier les cultivars de plantains. Selon le type du régime, les cultivars du sous-groupe plantain sont subdivisés en trois types (Figure 2.2) et cela, suivant le niveau de dégénérescence florale. Ainsi on distingue:

- ❖ type « French » avec une inflorescence complète, comportant à maturité de nombreuses mains avec des doigts moyens. Le rachis possède généralement des fleurs neutres, des reliques des bractées et un bourgeon mâle au bout;
- ❖ type « Faux Corne » avec une inflorescence incomplète, ayant quelques fleurs neutres et les reliques des bractées sur le rachis mais le bourgeon disparaît à maturité. Les cultivars de ce type ont généralement moins de mains que ceux de type French mais avec des doigts beaucoup plus longs et gros;
- ❖ type « Vrai Corne » avec une inflorescence incomplète, l'axe floral s'arrête juste au niveau de la dernière main. Il n'y a pas de fleurs neutres, ni de bourgeon mâle. Ces cultivars ont moins de mains avec des longs et gros doigts.



French : Sika



Faux Corne : Keese



Vrai Corne : Tala Lola

Figure 2.2. Types de régime chez les plantains

A part le type de régime, la taille du pseudo-tronc (celui-ci pouvant être géant, moyen ou petit et déterminé par le nombre des feuilles émises) et la position du régime (celui pouvant être pendant, subhorizontal, horizontal ou érigé) permettent aussi de différencier rapidement les cultivars de plantains. Ces trois descripteurs sont les descripteurs primaires. D'autres descripteurs (la couleur du pseudo-tronc, la forme du régime, la compacité du régime, la forme des fruits, la forme de l'apex des fruits, la couleur de la peau du fruit avant la maturité...) permettent aussi de différencier les cultivars de plantains. Ce sont des descripteurs secondaires. Depuis 2005 jusque 2014, 118 cultivars de plantains ont été collectés dans la cuvette centrale congolaise. Ce nombre pouvait être beaucoup plus élevé si les travaux de collecte ont été conduits dans tous les 145 territoires du pays. Malheureusement, 75 territoires n'ont pas été explorés à cause de l'insécurité et de l'impraticabilité des routes. Parmi les cultivars collectés, les plantains type French ont été les plus abondants, suivis de types Faux Corne et Vrai Corne.

Cependant, les touffes de plantains les plus répandues dans les champs des agriculteurs sont celles de type Faux Corne. Dans certaines provinces du pays, le paysage culturale de bananiers et plantains est majoritairement occupé par un seul cultivar. Tel est le cas de la province de la Tshopo où le cultivar Libanga Likale (Faux Corne) occupe à lui seul 72 % de touffes dans les champs des agriculteurs. Toutefois, l'abondance et la diversité des cultivars de plantains dans les différentes provinces qui sont couvertes par la forêt équatoriale ne sont pas les mêmes. Dans l'ensemble, les 5 cultivars de plantains les plus répertoriés dans les champs des agriculteurs

sont respectivement Libanga Likale (Faux Corne), Egbe-O-Mabese (Faux Corne), Litete (French), Ikpolo (Vrai Corne) et Chwachwa (French).

2.3.2. Mutika-Lujugira

Les cultivars de ce sous-groupe sont caractérisés par un pseudo-tronc sombre dont la couleur varie de brun à noir. Le bourgeon mâle est brun-violacé. Les fleurs mâles ont des anthères de couleur rouge orangée et un stigmate de couleur orange. La couleur des lobes du péricône est généralement jaune.

Tous les cultivars ont un régime complet qui peut être pendant ou subhorizontal. Les bractées et les fleurs neutres sont soit persistantes ou tombantes. Les fruits sont ronds et leur longueur ne varie pas entre cultivars. Parmi les cultivars les plus répandus, on retrouve notamment Bisamunyo (Figure 2.3), Ngenge et Nshikazi.



Figure 2.3. Bisamunyo (bananier d'altitude le plus répandu en RD Congo)

2.3.3. Bananes dessert

La morphologie de bananes dessert est diversifiée comme illustrée dans la Figure 2.4.



Gros Michel



Figue Rose



Yangambi Km 5

Figure 2.4. Quelques cultivars de banane dessert

2.3.4. Bananes à cuire

La morphologie de bananes à cuire est diversifiée comme illustrée dans la Figure 2.5.



Bluggoe



Cardaba



Pisang Awak

Figure 2.5. Quelques cultivars de banane à cuire ABB

Chapitre 3. Systèmes de culture

Tutu T., Kasaka D., Lebisabo B., Swennen R. et Dhed'a D.

En RD Congo, la production de bananiers et plantains se fait selon six systèmes dans l'ordre d'importance suivant: culture en forêts, culture en jachère, culture en association avec les plantes pérennes ou vivrières, culture de case, culture pure et la production en système agroforestier.

3.1. Culture en forêt

La culture en forêt se fait généralement avec les plantains et les bananes dessert. La plantation des rejets sans un écartement défini (plus au moins 400 plants/ha), est réalisée après une défriche partielle au cours de laquelle seule la végétation de sous-bois et les arbres les plus petits (moins de 30 cm de diamètre) sont coupés, tandis que les plus gros arbres (diamètre supérieur à 40 cm) sont gardés sur pied. Ces derniers assurent la protection du sol et permettent le renouvellement de la matière organique. Certaines branches des arbres laissés sur pieds, sont souvent coupées afin de bien réguler l'ombrage au sol, au moins pendant la phase de croissance de la plantation. Le terrain est ensuite incinéré avant ou après la mise en place de rejets des plantains qui sont récoltés dans les champs voisins. Dans certaines régions, les plantains sont cultivés sans abattage des gros arbres (Figure 3.1). Ce système est conduit généralement en association avec d'autres cultures telles que le maïs, le manioc, le riz, le taro, le haricot, l'igname, etc. Les superficies sont variables allant de moins d'un hectare à plusieurs hectares, selon les capacités de chaque famille.



Figure 3.1. Une bananeraie en forêt en région de Bolobo, May-Ndombe

En moyenne trois cultivars de plantains (des types French, Faux Corne et Vrai Corne) et deux de bananiers dessert sont mis en culture. Le champ bénéficie d'un entretien régulier consistant principalement au sarclage. Le poids du régime est en moyenne 15 kg à cause du renouvellement continu de la matière organique. A la récolte, les rejets ne sont pas supprimés sauf dans le cas où ils sont prélevés pour l'installation d'un nouveau champ.

La longévité de la bananeraie (3 à 4 cycles) dans ce système dépend de plusieurs facteurs combinés, notamment les cultivars, les types des sols, le niveau de l'ombrage, ainsi que les techniques d'entretien (l'épandage des feuilles chaque année, la suppression des rejets en excès, le dégagement des graminées au sol, l'élimination éventuelle de quelques petits arbres et certaines branches d'arbres plus grands, etc.). L'une des principales limites à la culture des plantains en forêt, est l'invasion fréquente de déprédateurs, principalement les singes et les rats. Toutefois, les déprédations sont plus importantes à mesure que l'on s'éloigne des zones couramment fréquentées et qu'on s'enfonce dans la forêt.

3.2. Culture en jachère

Au départ, ce système consiste à l'installation des bananiers et plantains avec d'autres cultures annuelles ou vivrières dans une jachère (3 à 5 ans) défrichée et brûlée. En moyenne trois cultivars de plantains (des types French, Vrai et Faux Corne) et deux de bananiers dessert sont mis en culture. A la récolte, les rejets ne sont pas supprimés sauf dans le cas où ils sont prélevés pour l'installation d'un nouveau champ.

Le terrain est exploité durant 2 à 3 ans au cours de laquelle les autres cultures disparaissent progressivement, avant que le terrain soit laissé en jachère en vue de permettre la reconstitution naturelle de la fertilité des sols. Les bananiers et plantains poursuivent leur production sous la jachère bien qu'avec de régimes de tailles réduites.

Les superficies exploitées sont variables allant de moins d'un hectare à plusieurs hectares selon les capacités de chaque famille. La plantation se fait avec les rejets locaux sans aucun espacement régulier entre les plants (plus au moins 400 plants par hectare).

Ce système assure une production moyenne de plantains sur 2 à 3 cycles culturels et le rendement décroît au fur et à mesure que le couvert forestier s'installe et à mesure de l'envahissement du terrain. La production moyenne de régime est d'environ 10 kg au premier cycle. Aucun apport supplémentaire en éléments nutritifs n'est réalisé.

3.3. Associations de culture

Les bananiers et plantains sont généralement produits en cultures associées à d'autres cultures telles que vivrières, maraichères et industrielles dans les forêts ou dans les jachères. Ce système d'association a l'avantage de fournir aux agriculteurs une production diversifiée à différents moments de l'année. Ces associations culturales sont faites de façon traditionnelle et ne tiennent généralement pas compte des effets néfastes découlant de certaines associations dont notamment la compétition de la lumière, de l'eau et des éléments nutritifs.

Les superficies exploitées peuvent varier d'un à plusieurs hectares. Les plantations de rejets de plantains sont faites sans un écartement fixe, et les autres cultures associées sont mises en place sans espacement précis (plus au moins 400 plants par hectare) avec les rejets locaux. En moyenne trois cultivars de plantains (des types French, Vrai et Faux Corne) sont mis en culture.

A la récolte, les rejets ne sont pas supprimés sauf dans le cas où ils sont prélevés pour l'installation d'un nouveau champ.

En altitude et plus précisément dans le Kivu, les bananiers dessert, à cuire, à bière et plantains sont associés aux cultures annuelles telles que les légumineuses (Figure 3.2) et le taro ou le macabo, et aux cultures pérennes telles que le caféier et le cacaoyer. Ce système assure une production moyenne de 30 ans. Il n'y a pas d'apports en éléments nutritifs. La production moyenne de régime est d'environ 15-25 kg.



Figure 3.2. Association bananiers-haricots en région de haute altitude

Dans les zones forestières, des combinaisons simples de culture avec arachide, macabo ou taro (Figure 3.3), manioc, maïs, riz, igname, tomate, etc., seule ou en différentes combinaison. Ce système assure une production moyenne de plantains sur 2 à 3 cycles cultureux et le rendement décroît au fur et à mesure que le couvert forestier s'installe et à mesure de l'envahissement du terrain. Il n'y a pas d'apports en éléments nutritifs. La production moyenne de régime est d'environ 15 kg au premier cycle.

Par ailleurs, l'association de plantains à l'arachide, au macabo ou aux deux cultures affectent positivement la croissance et le rendement de ceux-ci. Le rendement sont élevés lorsque les sols sous la culture de plantains sont couverts par le macabo ou l'arachide et l'accroissement du

rendement est d'autant plus remarquable lorsque les plantains sont associés à ces deux cultures au même moment (macabo et à l'arachide). Dans ces dernières associations, les arachides assurent la couverture partielle du sol durant 3 mois et en plus fixent et enrichissent le sol en azote. Les macabos quant à eux poursuivent la couverture du sol jusqu'à 6 mois (donc à la floraison de plantains). Ceci crée les conditions qui favorisent le maintien de l'humidité du sol, freinent le développement des adventices et réduit les pertes en éléments nutritifs dues à l'érosion et au lessivage.



Figure 3.3. Associations plantains-taro en région de basse altitude

3.4. Culture de case

Dans ce système de culture, les bananiers et plantains sont mis en place dans le jardin situé autour de cases ou dans l'arrière-cour des habitations sur des petites superficies variant entre quelques mètres carrés et des centaines de mètres carrés (Figure 3.4).



Figure 3.4. Jardin de case

Il s'agit d'un système permanent d'exploitation très diversifiées avec cultures de bananiers et plantains en association, avec les cultures telles que le manioc, la patate douce, la canne à sucre, l'aubergine, etc. La plantation a lieu avec des rejets locaux issus des champs ou jardins voisins sans tenir compte de l'écartement. Comme les rejets ne sont pas éliminés après la récolte, les bananiers et plantains se retrouvent en touffe à densité très élevées. Les soins cultureux sont moins fréquents.

On y trouve un mélange des cultivars tant de bananiers dessert, à cuire et des plantains. Pour les plantains, les différents cultivars sont de types French, Faux Corne et Vrai Corne.

Le rendement dans ce système de culture est très élevé, avec un poids moyen de régime de 15-35 kg. La fertilité élevée du sol est liée aux ordures ménagères, les excréments des bétails, les cendres de toutes natures, accumulés autour de touffes. La décomposition de l'ensemble enrichi les sols en éléments nutritifs. Les sols de jardin de case sont donc non seulement riches en calcium, magnésium et potassium, mais disposent également de quantités élevées de matière organique et de phosphore, et ont une bonne structure. Ces caractéristiques facilitent l'exploration du sol au-delà de 25 cm par les racines des plants, entraînant ainsi un meilleur développement de la plante, une précocité dans la fructification et un rejetonnage important. Sans nul doute, les bananiers et plantains de case profitent des bonnes conditions physico-

chimiques des sols, ce qui leur permet de se maintenir pendant de longues années (durée supérieure à dix ans).

Le système présente un intérêt considérable pour l'agriculteur dans la mesure où sa production est étalée sur toute l'année. Les bananes et plantains provenant de la culture de case sont destinées en priorité à l'autoconsommation. Cependant, la production en jardin de case ne permet pas à elle seule d'assurer l'autosuffisance alimentaire en bananes aux populations. Pour y parvenir, l'installation des grandes plantations à haut rendement avec intégration des techniques de production durable sur des périodes plus ou moins longues est donc à envisager.

3.5. Cultures pures

La culture pure de bananiers et plantains est plus pratiquée en proximité des milieux urbains par les grands producteurs est surtout destinée à la commercialisation. Ces champs ont des étendues sur plusieurs hectares.

Elle consiste à leur mise en place avec de rejets locaux dans un champ ouvert en général sur brûlis en forêt primaire ou secondaire, ou en jachère vieille. La plantation se fait pour la plupart de cas sans tenir compte d'un écartement régulier ($\pm$ 1000 plantes/ha) et ne reçoit ni des engrais ni la matière organique mais bénéficie d'un sarclage régulier. Le rendement est élevé pendant le premier cycle seulement (poids moyen par régime de 12-15 kg) et la vie de la plantation est de 2-3 ans. Les rejets ne sont pas éliminés après la récolte.

Le choix de cultivars dépend surtout de besoin du marché de consommation. Les plantains de type Vrai Corne ou Faux Corne sont les plus exploités dans la région de basse altitude et les cultivars de bananiers d'altitude dans la région de haute altitude.

3.6. Système agroforestier

Le système agroforestier est un système de culture où les bananiers et plantains sont mis en association avec des cultures pérennes (arbres, arbustes, palmiers, etc.) (Figure 3.5).

Après l'ouverture de la forêt par la coupe de sous-bois, quelques essences de bois précieux sont préservées en raison de leurs utilisations domestiques ou industrielles, de l'absence de matériels

d'abattage adaptés ou des raisons socio-culturelles. Les rejets sont installés aux écartements de 4 m x 4 m. Lorsque ceux-ci atteignent l'âge de deux ans, les plants de l'essence forestière Limba (*Terminalia superba*) sont plantés aux écartements de 8 m x 12 m. Les bananiers dessert (Gros Michel, Yangambi km 5) et plantains (French, Faux Corne et Vrai Corne) peuvent être exploités dans ce système avec un poids moyen entre 7-17 kg pendant environs 60 années. Les arbres ne sont jamais taillés et les bananiers et plantains sont à peine entretenus. A la récolte les rejets ne sont pas éliminés. Les surfaces peuvent atteindre plusieurs centaines de hectares.

Un autre système agroforestier consiste à cultiver les plantains (French, Faux Corne et Vrai Corne) en association avec les légumineuses exotique arbustives comme le *Leucaena leucocephala* (Figure 3.5), *Albizia chinensis*, *Acacia* sp., etc..



Figure 3.5. Plantain en système agroforestier avec *Leucaena leucocephala*

Avec les légumineuses exotiques, les bananiers et plantains sont plantés dans les interlignes aux écartements de 3 m x 3 m. Les émondes de ces légumineuses sont donc régulièrement taillées et placées comme paillis autour des souches de plantains. Ce système assure un bon rendement

et une production plantain pendant +/-15 ans. Les bananiers et plantains sont à peine entretenus. A la récolte les rejets ne sont pas éliminés. Les champs ont quelques hectares de surface.

Des essais de plantations directes de bananiers et plantains (French, Faux Corne et Vrai Corne) en forêts ou en jachères vieilles où prédominent les légumineuses locales telles que *Pterocarpus soyauxii*, *Piptadeniastrum africanum*, *Albizia adianthifolia*, *Prioria balsamifera*, etc., ont été réalisés. Dans ce cas, lors de l'ouverture du terrain, les légumineuses arbustives trouvées sur place ne sont pas abattues mais sont laissées en place. Les rejets de plantains sont mis en place sous ces arbres. Les émondes de ces légumineuses sont aussi régulièrement taillées et appliquées comme paillis autour des souches de plantains. En termes de la biomasse produite, toutes ces 4 légumineuses locales en produisent suffisamment. Les valeurs observées sur les tiges âgées étaient de 3,8 %; 4,17 %; 3,18 % et 4,26 % de matière sèche respectivement pour la teneur en azote des feuilles d'*Albizia adianthifolia*, *Piptadeniastrum africanum*, *Prioria balsamifera* et *Pterocarpus soyauxii*. La proportion des autres éléments tels que le phosphore et le potassium est relativement faible.

Ce système cultural qui utilise les émondes des légumineuses locales permet l'augmentation de la production des plantains au second cycle cultural.

Chapitre 4. Techniques culturales

Swennen R., Adheka J., Tutu T., Tchatchambe N.B.J., Dhed'a D.

En Afrique, la plupart des bananiers et plantains 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. 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/100 g 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 culturaux. 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 : (1) la réduction des surfaces cultivées due à la présence d'habitations voisines et à la proximité de la route, etc. (2) 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 cultivars résistants 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 culturales appropriées est requise. Malheureusement ces

techniques culturales appropriées ne sont appliquées dans les champs ou les plantains sont associés, et donc ces champs durent à peine 2-3 ans.

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 à 100 cm de profondeur, 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 paillis 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 décapée 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 piqueté. 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 cultivars 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 cultivars

Si l'on veut établir une bananeraie, il est important de choisir le cultivar le plus adapté à ses besoins de production. Pour les plantations destinées à l'exportation, le cultivar Cavendish a toujours été choisi puisque il 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'un cultivar 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 4.1).

Tableau 4.1. Choix des cultivars plantains

Type de cultivar	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 cultivars géants produisent des régimes lourds mais nécessitent plus de temps pour leur croissance. Aussi ils sont exposés à la verse. Donc un cultivar 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 micro propagation, 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 4.1a).

La corne du bananier est d'abord soigneusement débarrassée de tous les tissus non-méristématiques (Figure 4.1b-c). C'est au cœur de la corne du bananier qu'on va prélever des tissus jeunes et sains (Figure 4.1d). 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 4.1d).

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 4.1d). L' "explant" est un volume de tissus composé de cellules méristématiques. Il contient tout le potentiel de la multiplication *in vitro* et donc de la micro propagation du bananier.



Figure 4.1. Préparation du matériel végétal pour la multiplication *in vitro* du bananier. a : rejet sélectionné pour la multiplication *in vitro* ; b : Nettoyage de la corne ; c : Dégagement des gaines foliaires pour accéder à l'apex méristématique ; d : Prélèvement des tissus jeunes

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'alcool, l'eau de javel et l' eau distillée sont utilisés (Figure 4.2). 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.



Figure 4.2. Désinfection (alcool, eau de javel, eau distillée stérile)

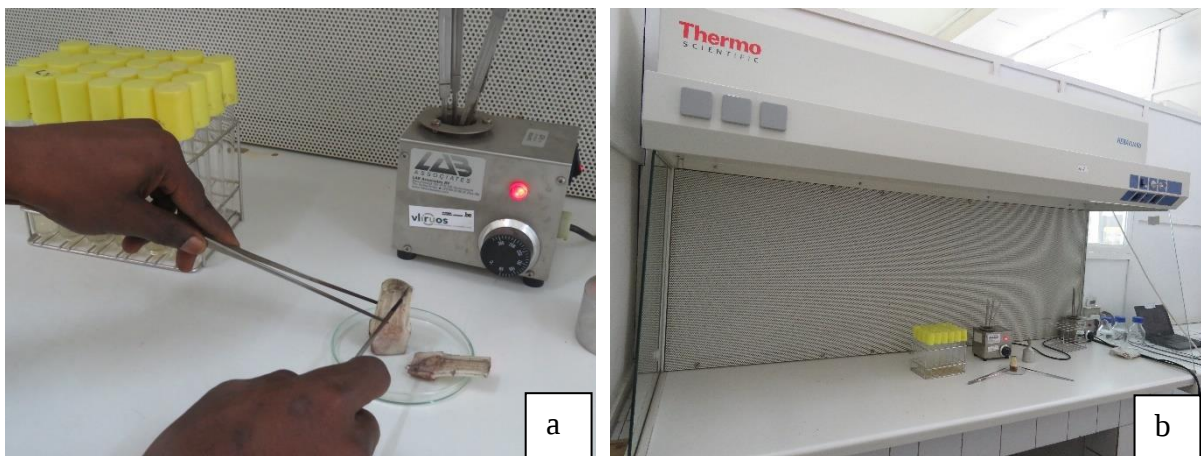


Figure 4.3. Dissection de l'explant (a) sous hotte à flux d'air laminaire (b)

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 4.3). 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 4.4a).

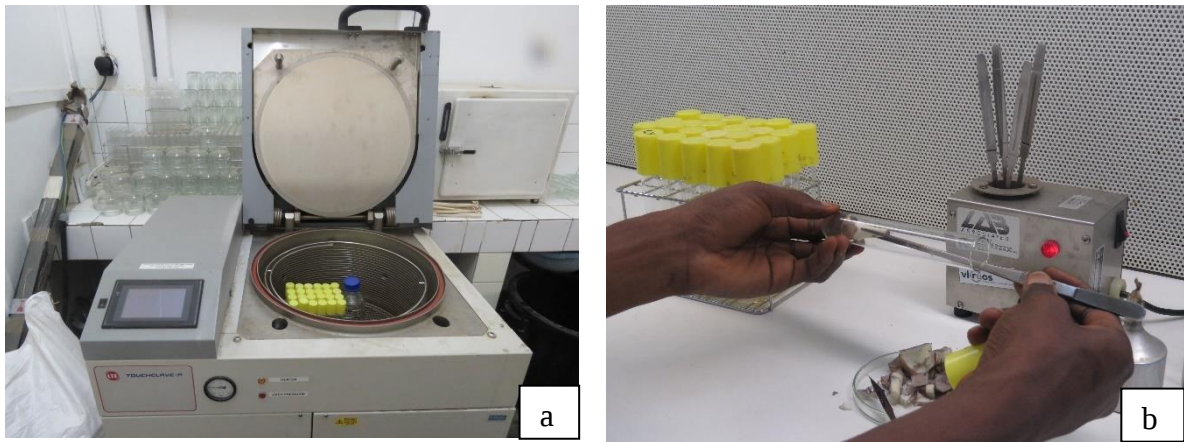


Figure 4.4. Autoclavage (a) et inoculation des explants sur milieu de culture (b)

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 dans un autoclave (Figure 4.4a). 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 4.4b).

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 4.5). Les explants peuvent aussi, après multiplication en suffisance, être transplantés (Figure 4.6a) sur un milieu où la balance cytokinines/auxines a été ménagée pour provoquer la différenciation en tissus organisés. Ici le feuillage apparaît et plusieurs *vitro* plants se développent (Figure 4.6b).



Figure 4.5. Chambre de culture dans un laboratoire de micro propagation des bananiers



Figure 4.6. Repiquage (a) et régénération (b) des plants de bananiers et plantains

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. Elle conduit les plants du laboratoire à la pépinière (Figure 4.7). 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 plante d'origine à cause de mutations ou d'anomalies. Il faut remarquer que ces anomalies auraient été filtrées par le processus de multiplication végétative. La vitesse de multiplication par micro propagation *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 4.7).



Figure 4.7. Pépinière sous ombrage des plants de bananiers et plantains prêts à la transplantation au champ

Les *vitro* plants sont cultivés 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 milliers 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. Néanmoins on peut produire beaucoup de plantules à partir des corne traités. Il s'agit de la macro propagation. La corne sera plantée et couverte complètement dans une pépinière et le méristème apical détruit soit par incision (Figure 4.8a), soit par décottelage (Figure 4.8b).

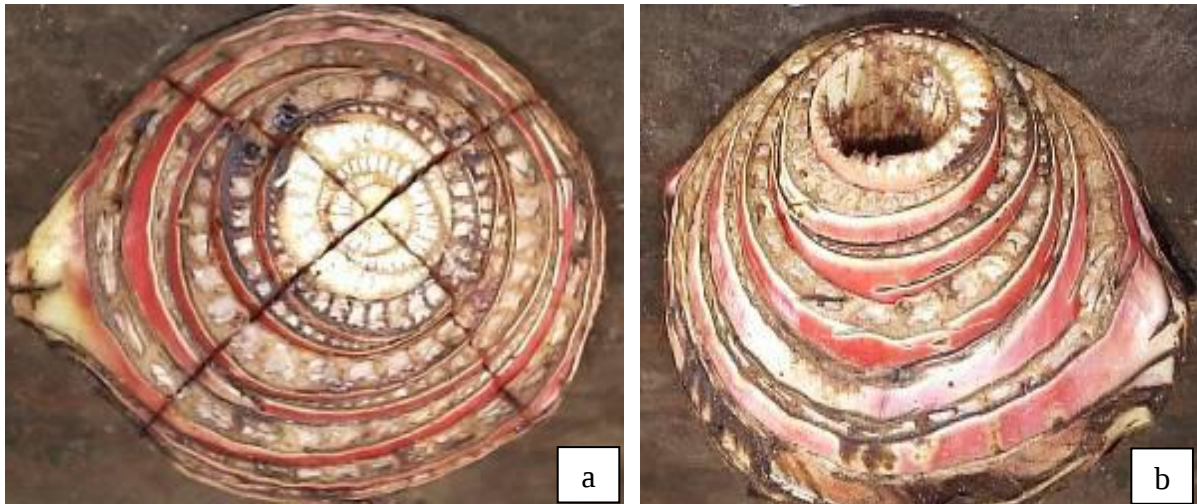


Figure 4.8. Incision en croix (a) et décolletage du méristème apicale (b)

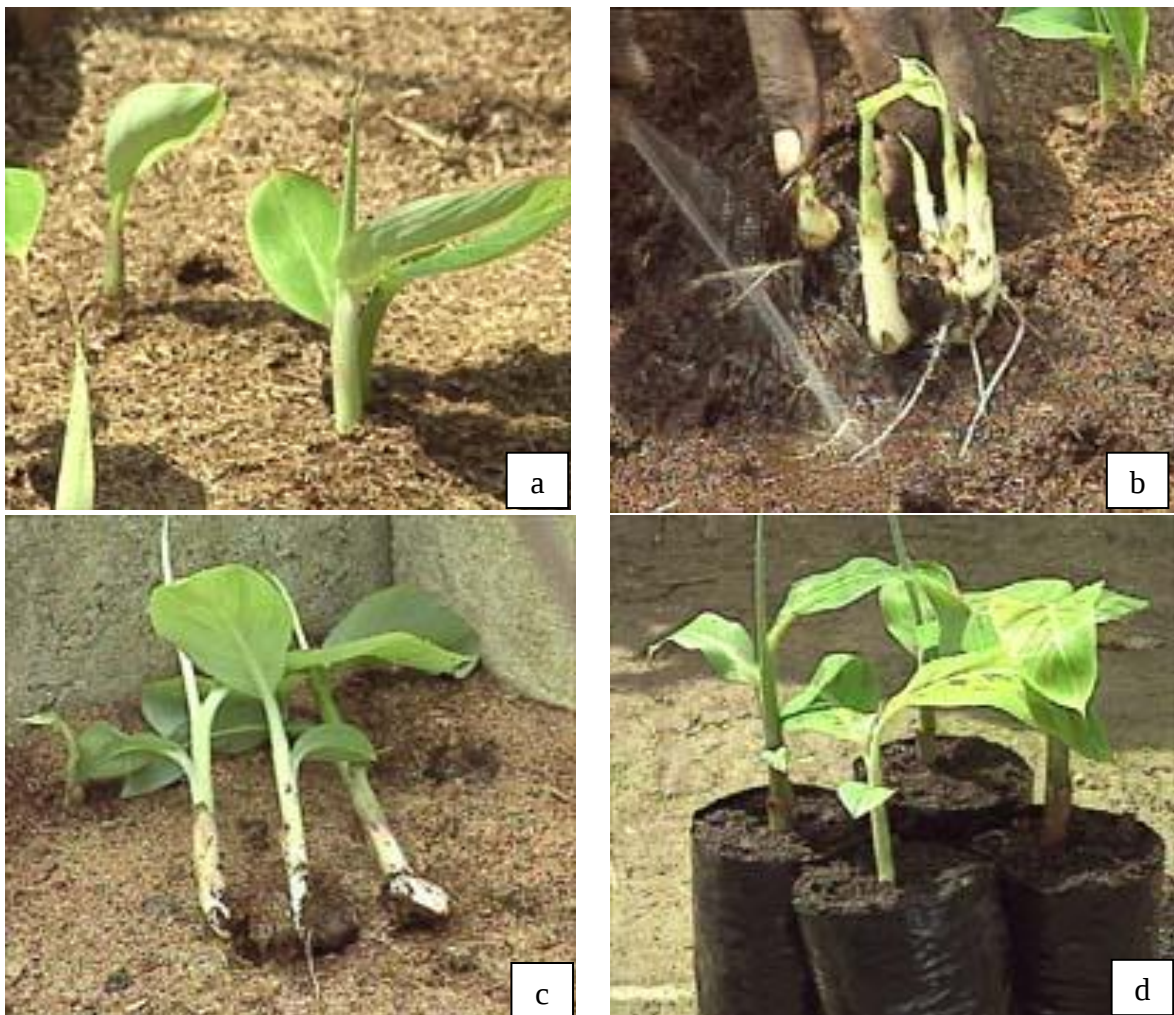


Figure 4.9. Formation des rejets enracinés par éclats de bulbes en macro propagation (a) et sevrages des plantules (b,c,d)

L'éclat de souche va donner naissance à un ou plusieurs rejets (Figure 4.9a) 2 à 3 mois après leur mise en place en propagateur. Ces produits de la multiplication végétative ou clones sont génétiquement et rigoureusement semblables au plant dont on a utilisé la souche au départ. Les plants ainsi produits sont extraits de leur substrat (Figure 4.9b). Ils sont individualisés et sevrés de l'éclat de souche dont ils proviennent (Figure 4.9c). Chaque plant individualisé sera transplanté en conteneur pour être ensuite élevé en pépinière (Figure 4.9d).

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) de croissance 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 4.10).



Figure 4.10. Suppression de la dominance apicale de la plante mère d'un bananier

La dominance apicale étant enlevée, les rejets peuvent émerger librement. 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. On obtient entre 5 et 10 rejets bien développés par plante.

Aussitôt que les matières de réserve présentes dans la corme de la plante-mère sont épuisées, tous les rejets qui restent à l'exception d'un seul sont détruits. Le rejet sélectionné se développe pendant 6 mois afin de produire une grande corme. Ainsi la procédure est répétée. Dans la fausse décapitation (FD), une ouverture, appliquée dans le pseudo-tronc de la plante-mère (Figure 4.11) au niveau de la terre, permet de détruire le méristème apical à l'aide d'une machette désinfectée.



Figure 4.11. Fausse décapitation

Pour leur croissance, les rejets utilisent non seulement les matières nutritives de la corme de la plante-mère mais aussi ses assimilates 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 corme-mère et à la corme du rejet lui-même. D'abord, les racines sont coupées avec une bêche tranchante, ensuite le sol autour de la corme-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-noires 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. 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 défrichement de la jachère, l'on procède de façon localisée à creuser les trous de plantation (50x50x50cm) en prenant soin de séparer la couche noire du sol 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 4.12).

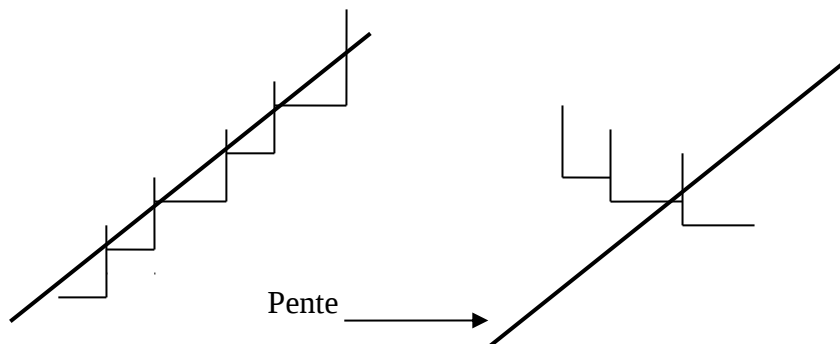


Figure 4.12. Disposition en étage des rejets axiaux dans les lignes et entre les lignes des trous de plantation des bananiers (à gauche la bonne exemple)

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 4.13).

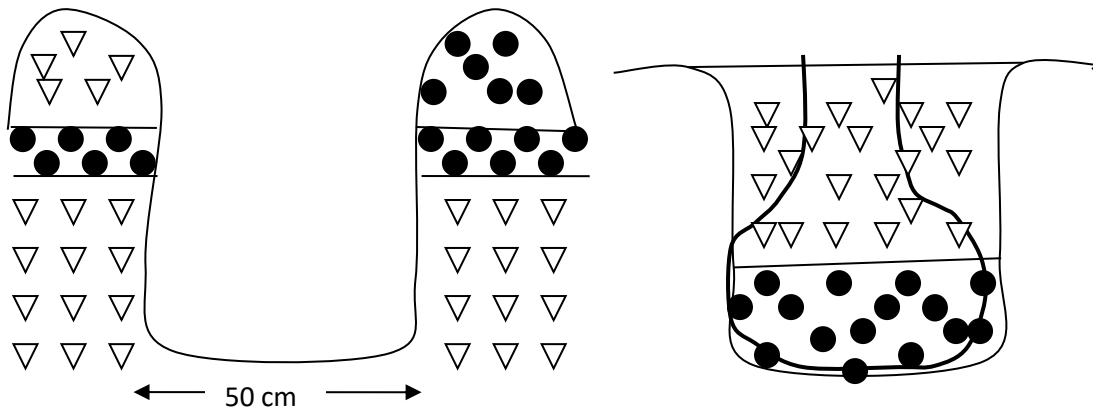


Figure 4.13. Remblayage des trous de plantation des bananiers

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 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, 1 g N ; 3 g K, 0,1 g P ; 0,05 g Ca et 0,2 g Mg sont exportés. Ainsi les besoins en K_2O sont les plus élevés.

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 paillis (Figure 4.14). Il y a une interaction positive entre les amendements organiques et les fumures minérales (Tableau 4.2).

Tableau 4.2. Production des plantains (t/ha) avec ou sans paillis (M) et avec ou sans fumure minérale (F)

Cycle	-P, -F	-P, +F	+P, -F	+P, +F
1	0,6	12	14	19
2	0,6	3	10	10

Le paillis 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 paillis joue un rôle spécifique important du fait qu'en favorisant la densité racinaire et, le cas échéant, l'absorption minérale, il augmente le rendement.



Figure 4.14. Paillis sous plantains

A cause des températures et humidités excessives dans les tropiques, le paillis 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 paillage est couteux et que les bananes dessert ont une bonne ramification des racines aussi sans paillis, le paillis sera avantageusement épandu à la culture des plantains (qui ont un système racinaire pas bien développée) pour une production durable.

Le paillage est couteux à cause de (1) la production hors site du paillis ; (2) le coût du fauchage ; (3) le transport et (4) le coût d'épandage.

Ainsi les techniques ont été développées pour produire le paillis *in situ* (sur place) 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*, une légumineuse, présente des caractéristiques intéressantes (bonne croissance sous l'ombrage, système racinaire profond) comme source de paillis (Figure 4.15) 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 4.15. Allée de *Flemingia congesta* pour servir de paillis

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 paillis. 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 paillis ne pose généralement pas le problème d'adventices mais le paillage 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, le 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 et plantains 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'elle est attaquée par les nématodes ou charançons.

Aussi, les bananiers à maturité nécessitent un support. On distingue 2 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

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. 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. Chez plusieurs cultivars comme ceux de bananes dessert, plusieurs rejets se développent à partir du 4^{ième} et 5^{ième} 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 4.16) : (1) la plante-mère en floraison ; (2) le rejet « demoiselle » (avec les feuilles mures) prêt à remplacer la plante-mère après la récolte et (3) le rejet axial fixé sur le rejet « demoiselle »

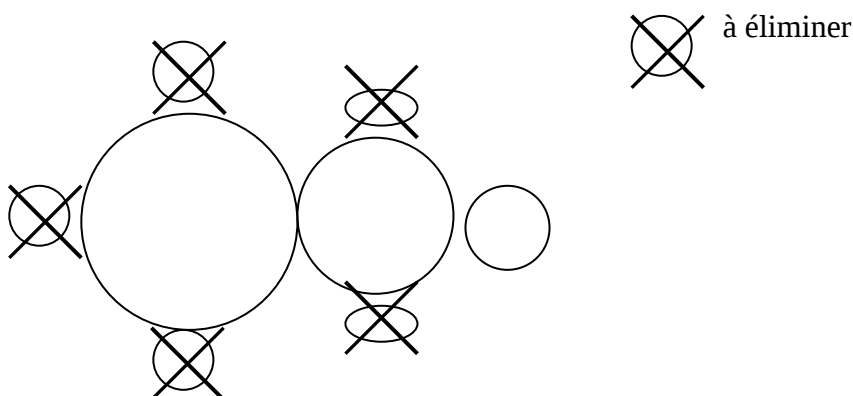


Figure 4.16. Sélection du rejet axial des bananiers

4.14. Disposition en étage

Après quelques années, la corme 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 plus que 50 cm 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 surtout causé par la chute des plantes, 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 éliminés. 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.

Chapitre 5. Usages

Dhed'a D., Komoy L., Issoliwei C., Tutu T., Adheka J. et Swennen R.

5.1. Aperçu général

Bien que tout au long de l'histoire, les bananiers et plantains aient fourni aux humains les médicaments, les vêtements, les outils, l'abri, les meubles, le papier, et l'artisanat, le grand rôle qu'ils jouent se situe dans l'alimentation humaine. Les bananes et plantains sont des aliments d'une grande importance nutritionnelle et jouent un rôle important dans la sécurité alimentaire en RD Congo. Ils sont surtout cultivés par les paysans pour une autoconsommation et un marché local.

Les dimensions socioculturelles et ethnologiques des ressources génétiques des bananiers et plantains en RD Congo sont d'une importance capitale, car ces aspects expliquent l'omniprésence des bananiers et plantains autour des cases, non seulement dans les milieux ruraux, mais aussi dans les milieux urbains.

Les fruits sont riches en hydrate de carbone nécessaire à la production d'énergie pour le corps humain. Ils sont une source d'énergie riche en glucides qui représentent respectivement 22% et 32% du poids du fruit pour la banane et le plantain. Ils renferment aussi de la vitamine C et B6 (Tableau 5.1), et sont particulièrement riches en potassium, magnésium, phosphore et calcium. Les plantains sont une source très importante pour la vitamine A.

En prenant l'exemple de potassium, le besoin journalier d'un adulte peut être couvert en consommant 5 fruits de banane dessert ou 4,5 fruits de banane plantain. En outre, 100 g de bananes procurent plus d'énergie (92-122 kcals) que la pomme de terre (79 kcals) (Tableau 5.1). Une consommation élevée des bananes dessert après un repas (400 g, soit plus de trois bananes) diminue l'oxydation du LDL-cholestérol impliqué dans le développement des maladies cardiovasculaires. Il convient de noter que la banane séchée renferme plus d'énergie que la banane fraîche (285 kcal pour 100 g, soit 1141 kilojoules). Il faudrait remarquer que la composition peut largement varier suivant les cultivars, ce qui montre qu'une bonne caractérisation biochimique de ceux-ci est nécessaire pour valoriser certains cultivars afin de mieux équilibrer l'alimentation (Tableau 5.1).

Tableau 5.1. Composition chimique de bananier et plantain par 100g de fruit frais et séché

Composants	Unité	Banane dessert			Plantain			Besoin journalier (adulte)
		Non mûre	Mûre	Farine	Non mûre	Mûre	Farine	
Énergie	Kcal	110	89	257	91	122	340	
L'eau	G	69	74	28	63	65	3,0	2-3 l
Protéine	G	1,4	1,1	3,0	0,8	1,3	3,9	50
Lipide total	G	0,2	0,3	1,0	0,1	0,4	1,8	65
Carbohydate	G	28,7	21,8	63,0	24,3	32	82,1	300
Fibre	G	0,5	2,0	5,5	5,4	2,0-3,4	7,6	25
Eléments minéraux								
Potassium	Mg	-	385,0	1150,0	-	500	1491,0	3500
Magnésium	Mg	-	30	90,0	33	35,0	108,0	400
Phosphore	Mg	-	22	75,0	35	30,0	74,0	1000
Calcium	mg	8	8,0	20,0	7	3,0	22,0	1000
Sodium	mg	-	1,0	8,0	-	4,0	3,0	2400
Fer	mg	0,9	0,42	1,3	0,5	0,6	1,15	18
Cuivre	mg	-	0,11	0,4	0,16	-	0,39	2,0
Zinc	mg	-	0,18	0,5	0,1	-	0,61	15
Manganèse	mg	-	0,2		15	-	0,57	2,0
Vitamines								
Provitamine A	µg	-	-	-	-	232-2000	-	-
Vitamine B6	mg	-	0,47	-	-	-	-	1,3-1,7
Vitamine C	mg	3	11,7	4,0	20	20	-	75-90
Vitamine E	mg		0,29	0,6			-	15
Thiamine	mg	0,04	0,04	0,1	0,05	0,08	0,18	1,5
Riboflavine	mg	0,02	0,07	0,18	0,05	0,04	0,24	1,7
Niacine	mg	0,6	0,61	2,0	0,7	0,6	2,8	20
Acide	mg	-	0,28	-	0,37	-	-	10
Pantothénique								
Total Folate	µg	-	23,0	-	0,016	-	-	400
Biotine	µg	-	2,6	-	-	-	-	300
β-carotène	µg	48,3	68,0	150,0	0,03-1,2	390-1035	183,0	800

Sur le plan culinaire, il existe deux types de banane à cuire: le premier est cuit lorsque les fruits sont verts et constitue sur le plan nutritionnel une source de base de l'amidon similaire à la pomme de terre. Ce type de banane peut être conditionnée à devenir mûre et être consommée comme banane dessert. Pour cette raison, ils ne peuvent pas être considérés comme des plantains. Dans ce type, il s'agit surtout des cultivars comme Pisang Awak, Bluggoe, Cardaba (*Musa* du sous-groupe ABB) et les bananes des hautes terres de l'Afrique de l'est (par exemple Bisamunyo, AAA-EAHB). Le second type de banane à cuire (AAB) est celui qui présente un goût désagréable quand elle est crue et recommande d'être cuit avant la consommation. Ceux-là sont des vrais plantains. Les bananes à bière sont celles dont la pulpe a un goût amer. Elles

peuvent être consommées crues ou soit cuites. De toutes les façons, ces bananes produisent du jus et de l'alcool après fermentation et distillation.

Ces bananes à cuire et plantains peuvent être frittés, grillés, bouillis, étuvés mûrs ou encore verts. Ils peuvent être cuits avec ou sans la peau, enveloppés dans des feuilles de bananier, cuisinés entiers. Les fruits mûrs de bananes dessert sont consommés crus. Mais, ils servent aussi dans la préparation des gâteaux.

Bien que le bananier et plantain jouent un grand rôle sur le plan alimentaire chez la plupart de la population locale de la RD Congo, ils sont utilisés dans plusieurs autres domaines. Les feuilles peuvent servir comme des emballages, des parapluies, des assiettes et comme habillements lors des cérémonies coutumières ou rituelles. Elles peuvent aussi servir comme toiture d'habitation précaire. Les gaines foliaire séchées sont utilisées dans la fabrication des vêtements, des paniers, des cordes, des chapeaux et dans l'artisanat. Les épluchures séchées et calcinées, surtout des plantains sont utilisées dans la fabrication du bicarbonate de potassium pour ramollir certains aliments et la fabrication des savons mous.

5.2. Usages dans l'alimentation humaine

Les bananes et plantains sont préparés ou consommés de plusieurs manières. Les plantains non mûrs ou à moitié mûrs sont consommés bouillis ou pilés en une pâte très appréciée appelée « Lituma » (tribu Lokele) (Figure 5.1). Chez certaines populations (tribu Boa par exemple), cette pâte est constituée exclusivement de plantain. Elle peut comprendre le mélange du manioc bouilli et pilé en proportion variable suivant le goût ou la disponibilité de l'un ou l'autre composant. La pâte de plantain est plus souvent consommée avec de la viande, du poisson ou de légumes.



Figure 5.1. plantain bouilli et pilé (a) et plat lituma (b)

Les plantains moyennement mûrs sont utilisés dans la préparation de chips. Ceux-ci sont obtenus à partir des plantains coupés en cossettes et grillés (Figure 5.2).



Figure 5.2. Chips de plantain dans un supermarché de Kinshasa-Gombe

Les plantains mûrs sont grillés à l'huile et vendus dans des restaurants où elles sont consommées avec du thé, de la bouillie à base de farine de maïs, des omelettes... Les plantains

mûrs (ou légèrement mûrs) sont cuits avec les arachides fraîches pilées pour obtenir la bouillie. Suivant la croyance traditionnelle, cette bouillie constitue un aliment pour les femmes allaitantes et sert à stimuler la production abondante du lait maternel. De la même manière, le plantain non mûr est également préparé avec les feuilles de manioc qui joue le même rôle que le précédent. Le plantain est aussi préparé comme légume, bouillon ou sauce mélangé avec du poisson et autres (Figure 5.3). La banane et plantain sont séchés et transformés en farine. Cette farine est surtout utilisée dans la préparation de la bouillie pour les nourrissons et de la pâte pour les adultes en mélange ou non avec la farine de manioc.



Figure 5.3. Bouillon à base de plantain

Les fruits mûrs de bananes dessert comme les cultivars Gros Michel (AAA), Grande naine (AAA), Figue Pomme (AAB) et Kamaramasenge (AAB) et Yangambi Km 5 (AAA) sont communément consommés comme dessert. Toutefois, ils servent aussi dans la préparation des frites et gâteaux. Les Bisamunyo (AAA), Cardaba, Bluggoe et Pisang Awak (ABB), sont consommées après cuisson. Pisang Awak est aussi utilisé dans la préparation des boissons locales alcoolisées. Ceci vaut aussi pour toutes les autres bananes et plantains, lorsqu'il y a un excès de fruit.

Les fruits des bananes à bière sont utilisés pour la préparation de la bière locale appelée Kasiki dans la région de haute altitude. Dans les régions de basse altitude la banane dessert Yangambi Km 5 est utilisé pour la préparation des boissons alcooliques appelées Lotoko comme chez les Azande dans l'Uele.

Les extraits des cendres des pelures de plantains servent à adoucir et ramollir les feuilles de manioc et améliorer la qualité de la nourriture à base de champignons et des escargots. En plus, ces extraits jouent le même rôle que le bicarbonate de sodium dans la préparation des gâteaux et ils sont encore utilisés pour la fabrication des sels indigènes riches en potassium. Les peuples Ngbandi, Boa et d'autres consomment les bourgeons mâles de bananier et plantain comme légumes.

5.3. Autres usages

Le bananier et plantain sont des plantes dont chaque organe est utilisé pour les entreprises traditionnelles comme les usages médicaux, techniques et cérémoniales. A cette fin, différents organes sont utilisés comme la peau du fruit, des feuilles fraîches et sèches, du pseudo-tronc, des fleurs, des racines et bulbe. Il convient de noter que ces multiples usages qui datent de longtemps ont eu comme conséquence la sélection des cultivars ayant des caractéristiques intéressantes pour l'homme.

5.3.1. Usages médicaux

L'usage médical dépend d'une tribu à une autre selon les connaissances locales. Les bananiers et plantains sont utilisés par les paysans en milieux ruraux à travers ses différents organes pour soulager non seulement les humains de certaines maladies mais aussi certains animaux.



Peau du fruit

Le produit issu du mélange de l'écorce du fruit ou l'apex du doigt brûlé avec le sel indigène, appliqué sur la carie, atténuerait la douleur. La peau du fruit calcinée est utilisée par le peuple Ngbandi comme dentifrice pour prévenir la carie dentaire. Lorsque la peau s'enfle à la suite d'une piqure de moustique, on frotte la peau de banane ou plantain fraîche pour soulager la douleur. Elle est aussi chauffée sur de la braise et apposée à l'endroit à problème. La peau de

banane et plantain après être chauffée sur la braise, est massée sur le bassin de la femme après l'accouchement. La peau du fruit mûr est utilisée pour le traitement de poison, de la constipation et de l'hypertension artérielle. A cette fin, elle est séchée au soleil puis brûlée au feu pour recueillir la cendre, qui ensuite est mélangée à l'eau, puis filtrée. Le liquide issu de ce mélange obtenu est chauffé sur le feu pour obtenir les cristaux de potasse pour le traitement. Chez les Mongo de l'équateur la cendre extraite de la peau ou des feuilles est versée dans les narines des personnes en syncopes et sert également pour combattre les poux de tête.

❖ Feuilles fraîches

Les feuilles fraîches sont plongées dans l'eau chaude et sont utilisées comme médicament après une transpiration excessive dans un couvert en plein soleil contre la malaria, la fièvre et la grippe.

❖ Feuilles sèches

Les feuilles sèches recueillies sur la plante sont plongées dans l'eau chaude et massées afin de soulager les entorses. En plus, elles sont bouillies et le jus obtenu est consommé comme du thé et sert à soulager les personnes souffrantes de la crise cardiaque et de la maladie de goutte due à un taux trop élevé d'acide urique dans le sang. La fumée issue des feuilles sèches brûlées est inhalée pour combattre les maux de têtes. Cette pratique est la plus courante en RD Congo dans les basses altitudes. La décoction des feuilles sèches est utilisée comme purgative chez les Mongo.

❖ Autres organes

La sève du pseudo-tronc des jeunes plantes est utilisée par les Bangala en équateur comme médicament contre la jaunisse, tandis que la sève de la corne est utilisée comme vermifuge. Chez les Mongo, le bulbe pourri est réservé pour soigner les ulcères et sert également comme vomitif. En plus, ce peuple mélange les fleurs mâles du bananier et plantain avec de l'eau de bain pour combattre la fièvre. Dans le sud-est de la RD Congo, la sève de bananier recueillie du pseudo-tronc ou de la gaine foliaire est appliquée sur les blessures comme premier soin.

5.3.2. Usages techniques



Peau du fruit

La cendre issue de la peau verte est utilisée comme potasse dans les préparations culinaires ou dans la fabrication de savon. A maturité, les peaux de banane ou plantain sont séchées au soleil jusqu'à la coloration brun-noire. Ensuite, elles sont brûlées au feu pour recueillir la cendre. Pour la préparation culinaire, cette cendre est mélangée à l'eau puis filtrée, et ce filtrat est ajouté aux légumes durant la cuisson pour les ramollir et donner une bonne saveur. Pour fabriquer le savon indigène, l'huile de palme est mélangée avec le bicarbonate obtenu grâce à la filtration des cendres (épluchures brûlées) dans un bain. Lors du réchauffement, un mélange homogène est obtenu. Après refroidissement, on fabrique des boules qui sont vendues comme savon sur les marchés locaux.



Feuille fraîche

Les feuilles fraîches sont surtout utilisées comme emballage. Elles servent pour emballer la pâte à base de manioc appelée « chikwangue ». La casserole contenant la préparation est couverte des feuilles fraîches liées avec une corde extraite du pseudo-tronc afin de garder la vapeur chaude dans la casserole ou de couvrir les aliments. En outre, les feuilles fraîches servent comme emballage des mets spéciaux à base de la viande ou de poisson appelée « liboke ». La viande fraîche est emballée à l'aide des feuilles fraîches puis exposée au feu pour être cuite par la chaleur. Cette pratique est la plus courante dans les restaurants. Les feuilles fraîches sont également utilisées lors de la cuisson des bananes et plantains placés au-dessus d'une marmite contenant des feuilles de manioc en préparation. Les feuilles fraîches sont aussi utilisées comme étalage pour sécher le manioc frais, le riz et d'autres produits. Elles servent comme couvercles des casseroles lors de la préparation des nourritures. Elles sont aussi utilisées comme parapluies. Durant les cérémonies importantes des églises comme la fête de Pâques et de Noël, les feuilles fraîches servent pour décorer.



Feuilles sèches

Les feuilles sèches sont utilisées comme emballage du tabac pour en faire un cigare. Elles sont enroulées en forme de cerceau qui se pose sur la tête pour porter des bagages et sont utilisées

pour la confection des chapeaux, des toits des maisons et du lit. Les feuilles sèches sont utilisées pour fabriquer des tenues spéciales lors des cérémonies des deuils et des fêtes et servent aussi des matelas.

❖ **Pseudo-tronc**

On extrait des fibres grossières du pseudo-tronc pour en faire des cordes : celles-ci servent à la confection de filet de pêche et des chapeaux et à la construction des cases. Le pseudo-tronc sert également comme chaise. En musique, il sert pour la fabrication du xylophone. Il est aussi utilisé comme palette sur laquelle sont posées des planches. Il est également jeté comme pont sur certains cours d'eau. Flottant sur l'eau, le pseudo-tronc est utilisé par les enfants pour l'apprentissage de la nage (figure 4.5).



Figure 5.4. Apprentissage de la nage à partir du pseudo-tronc de bananier

5.3.3. Cérémonies culturelles

Le régime de plantain fait partie des biens offerts à la famille de la future épouse lors de la remise de la dot. Chez les peuples de l'équateur, les feuilles sèches ou fraîches sont cousues comme chapeau et ceinture pour accueillir un chef. A la naissance ou présentation des jumeaux, les feuilles sèches accompagnent la cérémonie d'accueil des nouveaux nés. Les guerriers sont

allongés sur des feuilles fraîches et ensuite couvert par d'autres feuilles fraîches, qui sont coupées avec la machette retirée du feu. Il y aurait victoire si les feuilles ne sont pas endommagées et l'homme n'est pas blessé; il y aurait défaite dans le cas contraire. Chez les Azande, la dot est étalée sur les feuilles fraîches lors de la cérémonie du mariage coutumier. Chez les Ngombe, la feuille fraîche occasionnerait la mort d'un homme qui se protège avec des fétiches. Les peuples Mongo de l'Equateur fabriquent des mulettes fétiches de protection à partir des pétioles. Chez les peuples Sakata, il existe un lien mystérieux entre la naissance des jumeaux et les plantains. Les cordons ombilicaux des bébés jumeaux sont enterrés sous la souche de plantain et le fruit de la plante est consommé exclusivement par l'enfant aîné de la famille. Chez les Ngombe, le cordon ombilical et le prépuce sont enterrés sous la souche de plantain par la grand-mère maternelle et le régime de ce plantain sera consommé exclusivement par la famille maternelle. En cas de malheur, le peuple Lega utilise la feuille de l'Ensete pour se protéger du mal. Lors de la cérémonie du mariage coutumier chez les Azande, la dote en espèce est déposée des feuilles étalées au sol avant son acceptation par la belle famille. Les feuilles sèches de bananier et plantain sont utilisées comme nid de ponte et de reproduction de la volaille (poule et canne). Les feuilles sèches constituent le cercueil pour les mort-nés enterrés à la porte de la maison de parent dans l'espoir de le voir renaître.

Le pseudo-tronc sert à représenter le cadavre d'une personne morte loin de chez soi. Le pseudo-tronc est jeté dans l'eau à la recherche du cadavre noyé. On le dépose à l'endroit où l'homme était noyé, avec le courant d'eau, le pseudo-tronc retrouverait le corps. Chez le peuple du nord de la RD Congo, le pseudo-tronc de cultivar Bisamunyo est exposé dans la parcelle pour se protéger des sorciers. Le cultivar Cavendish est considéré comme possédant des vertus rituelles par certains peuples à l'Ouest et à l'Est de la RD Congo.

5.4. Production de la farine semi-industrielle

5.4.1. Introduction

Pour diminuer les pertes post-récoltes de banane et plantain, leur conférer une valeur ajoutée et faciliter l'export des fruits vers les marchés éloignés, il y a un besoin d'introduire la technologie de traitement qui puisse faciliter la production de la farine. En effet, la farine peut être facilement conservée, transportée et vendue pour la préparation d'autres aliments, seule, ou en combinaison avec le manioc, le maïs ou la farine de *Treculia africana* (qui est riche en protéines pour les enfants atteints de la nutrition). Le séchage des bananes épluchées au-dessus du foyer

dans des ménages de certaines ethnies de la RD Congo existait dans les régions de forte production, cependant, le produit obtenu était d'une faible qualité à cause de la fumée. Les figures 5.5, 5.6, 5.7, 5.8 et 5.9 montrent les procédures de l'obtention de la farine à partir des bananes et plantains.



Figure 5.5. Epluchage (a) et découpage en cossettes (b) de banane et plantain

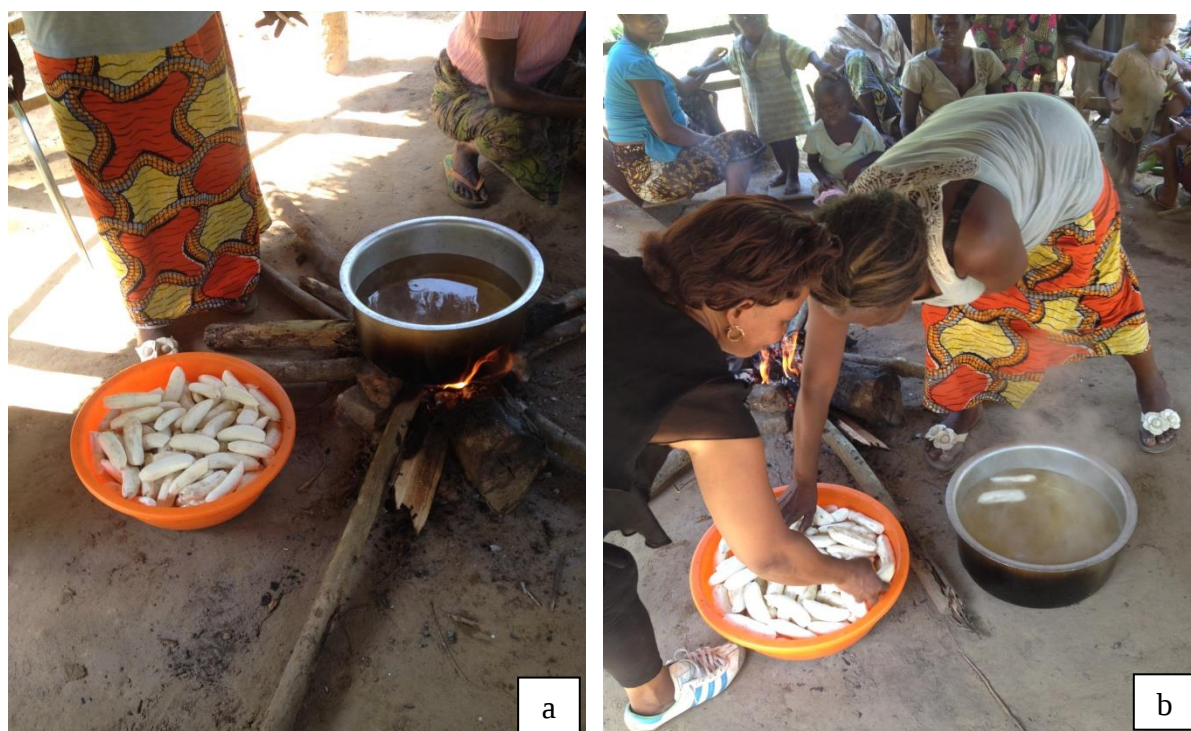


Figure 5.6. Chauffage de l'eau chaude (a) et trempage (b) de banane et plantain



Figure 5.7. Séchage au soleil et au feu sur un étagier



Figure 5.8. Cossettes sèches et farine de banane et plantain



Figure 5.9. Mise en sachet ou emballage

Afin d'en améliorer la qualité et de diversifier les usages alimentaires, la technique mise au point consiste à l'épluchage des bananes et plantains non mûres (même des régimes immatures des plantes tombées), au découpage en petites tranches, au trappage pour 3 à 5 minutes dans une eau chaude additionnée de jus de citrons pour préserver la couleur blanche. On procède ensuite au séchage au soleil ou sur un étagier placé à 1,5 m au-dessus de feu de braise jusqu'au séchage parfait. Les cossettes séchées sont pilées au mortier ensuite tamisées, ou mieux, elles sont moulues au moulin, ce qui permet d'obtenir une bonne farine de banane ou plantain. Celle-ci peut être mélangée à différentes proportions avec la farine de maïs, de manioc, de soja ou de *Treculia africana* (arbre à pain africain). La farine de banane et plantain est plus appréciée comme bouillie, surtout lorsqu'elle est mélangée à la farine de *T. africana*.

Chapitre 6. Les maladies et ravageurs

Onautshu O., Tchatchambe N.B.J., Ibanda B., Dhed'a D., Adheka J., Swennen R.

6.1. Situation générale des maladies de bananier et plantain dans les différentes zones agroécologiques

Les maladies et ravageurs demeurent les principaux facteurs limitant la production de la banane et du plantain. Il s'avère donc nécessaire de les connaître afin d'éviter et de maîtriser leur propagation dans les champs.

Les dégâts occasionnés par les parasites et les ravageurs peuvent être directs ou indirects. De manière directe, ils entraînent la destruction de la cellule de l'hôte pour nourrir les parasites. Ils se présentent ainsi sous forme de déformations, nécroses, taches, pourritures et peuvent entraîner le nanisme ou la chute de plants. De manière indirecte, ils agissent par l'intermédiaire de substances émises soit par le parasite, soit par le végétal en réaction à son attaque.

6.1.1. Maladies bactériennes

❖ Flétrissement bactérien

Le flétrissement bactérien du bananier (BBW) ou Banana *Xanthomonas* Wilt (BXW) ou encore la flétrissure de l'ensète est une maladie bactérienne causée par *Xanthomonas campestris* pv. *musacearum* (XCM). Après avoir été identifié à l'origine sur un proche parent de la banane, *Ensete ventricosum*, en Ethiopie dans les années 1960, BXW a émané en DR Congo en 2001. Le BXW attaque tous les cultivars en réduisant à néant la production et a déjà ravagé les bananiers et plantains dans les territoires de Kalehe (province du Sud Kivu), Masisi, Rutshuru, Nyiragongo, Beni (Nord Kivu), Irumu et Mahagi (Ituri).

Parmi les nombreuses maladies qui infectent les bananiers et plantains, le BXW et le bunchy top ont été les plus dévastateurs ces dernières années. Le BXW est présent uniquement dans la région d'altitude.

Une inquiétude a surgi au sujet des moyens de subsistance des producteurs et des millions de personnes qui dépendent de cet aliment de base suite à la diminution du rendement due à l'infection par BXW.

Les symptômes de BXW peuvent être classés en deux domaines : les symptômes sur l'inflorescence et les symptômes sur le fruit (Figure 6.1 et 6.2). Les symptômes sur les fruits sont généralement utilisés pour distinguer les BXW des autres maladies de bananier et plantain. Un exsudat bactérien est excrété par les organes de la plante (Figure 6.2 et 6.4) et ceci est un signe obligatoire que BXW peut être présent. Les symptômes communs sur le fruit incluent la décoloration interne et la maturation prématurée du fruit. Une coupe transversale de la banane infectée par BXW est caractérisée par la décoloration jaune-orange des faisceaux vasculaires et la cicatrisation des tissus brun foncé.



Figure 6.1. Murissement précoce des fruits, flétrissement et pourriture du bourgeon mâle



Figure 6.2. Présence des taches brunes à l'intérieur des fruits

Les symptômes sur l'inflorescence incluent un flétrissement graduel et un jaunissement des feuilles (Figure 6.3) plus le flétrissement des bourgeons mâles (Figure 6.1).

De nombreux facteurs peuvent affecter la combinaison des symptômes de la maladie. Ceux-ci comprennent le cultivar particulier infecté, comment la maladie a été transmise et la saison de croissance actuelle. Les symptômes apparaissent normalement dans les 3 semaines après l'infection, bien que le temps nécessaire pour atteindre les différents stades d'expression des symptômes puisse différer selon le cultivar, le stade de croissance des plantes, le mode de transmission de la maladie et les conditions environnementales. L'expression des symptômes s'est avérée être plus rapide chez les cultivars à cuire de haute altitude par rapport aux autres cultivars à cuire, chez les jeunes plantes par rapport aux plantes matures et pendant la saison humide par rapport à la saison sèche. Les plantes infectées montrent un jaunissement et un flétrissement progressifs des feuilles (Figure 6.3), ainsi qu'une maturation inégale et prématurée des fruits (Figure 6.1). Les symptômes de bourgeons mâles sont d'abord observés si l'infection s'est produite à partir de l'inflorescence mâle (Figure 6.2), tandis que les symptômes de flétrissement des feuilles sont les premiers observés si l'infection survient par d'autres parties de la plante telles que racines, cormes, gaines foliaires et feuilles.



Figure 6.3. Jaunissement des feuilles et flétrissement de pseudo-tronc

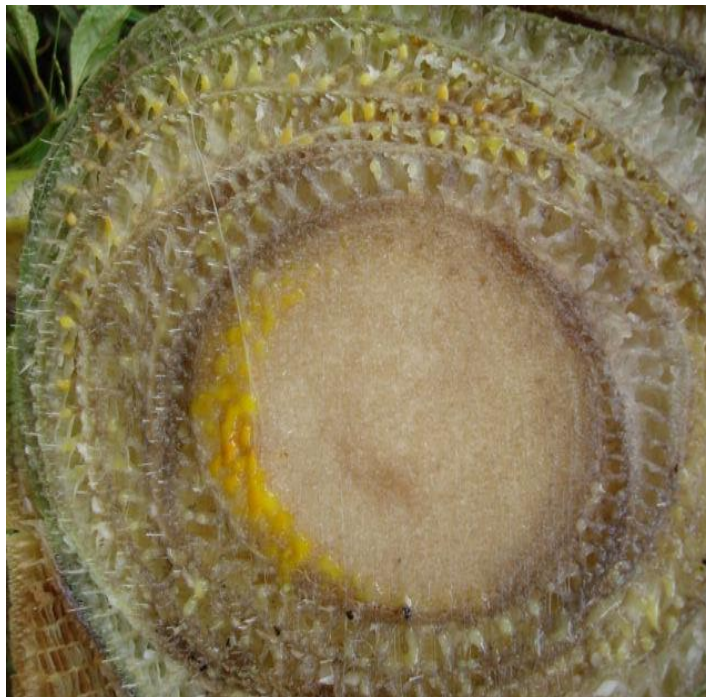


Figure 6.4. Suintement du liquide jaune du pseudo-tronc

La maladie se propage par un vecteur (insecte) qui transmet le XCM au niveau du bourgeon mâle mais aussi par l'utilisation des outils infestés et les parties du bananier infecté. La méthode

prophylactique consiste à ne pas importer de plants de bananiers et plantains provenant des champs où la maladie est présente. Les pieds atteints doivent être détruits avec création d'une zone tampon sans culture de bananiers et plantains dans un périmètre de 5 à 20 m. Il est conseillé de respecter une période de deux ans avant de replanter des bananiers sur les parcelles infectées. Entre chaque parcelle, les outils, bottes, chaussures seront désinfectés. A titre préventif, il faut enlever le bourgeon mâle après l'apparition du dernier fruit porté par la main ce qui évite que les insectes volent vers la sève de la plante quand un bractée est tombé.

6.1.2. Maladies virales

❖ Maladie de Bunchy Top du bananier (BBTD)

Parmi les nombreuses maladies qui infectent les bananiers et plantains, le BXW et le bunchy top ont été les plus dévastateurs ces dernières années. La maladie du bunchy top se retrouve partout dans le pays. Cette maladie est causée par un virus, appelé Banana bunchy top virus (BBTV). Ce dernier a des petites particules isométriques, dont le génome est constitué d'ADN monocaténaire à plusieurs composantes. La maladie se transmet par un Aphidae, le puceron du bananier (*Pentalonia nigronervosa*) qui se nourrit sur les pétioles (Figure 6.5). Ensuite le virus se propage par la multiplication végétative des plants infectés. Les plants infectés par le Bunchy top exhibent divers symptômes. Lorsque la maladie est avancée, ils prennent l'apparence de la rosette, avec des feuilles étroites, dressées et progressivement de plus en plus courtes, d'où l'appellation de « Bunchy top » (sommet touffu) (Figure 6.6). Ils montrent les stries vert-foncées de longueur variable dans les nervures latérales, la nervure principale et les pétioles. Les sommets sont ramifiés. Tous les cultivars sont susceptibles. Le seul traitement à appliquer aux plantes malades est la destruction complète.



Figure 6.5. Le vecteur du BBTV
(*Pentalonia nigronervosa*)

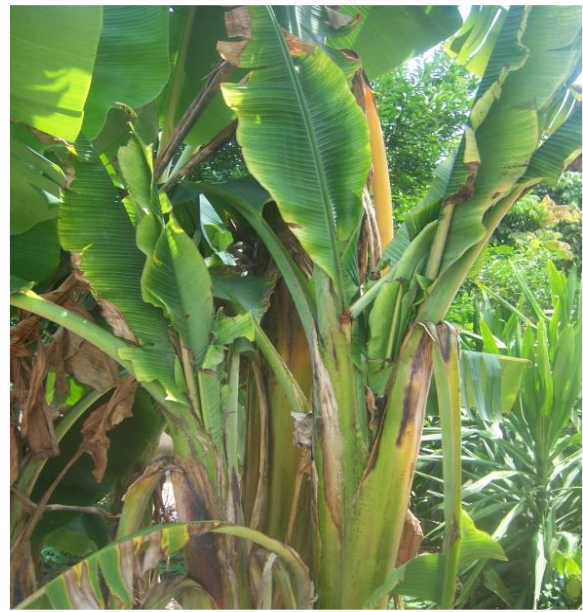


Figure 6.6. Bananiers en forme de rosette infectés par BBTV

La méthode prophylactique consiste à utiliser le matériel de plantation sain et détruire les plantes infectées y compris les rejets même s'ils ne montrent pas des symptômes.

❖ Mosaïque en plages du bananier

La mosaïque en plages du bananier (Figure 6.7) est due au virus de la mosaïque du concombre (CMV) dont 2 groupes sérologiques sur 3 ont de l'importance. Ce virus a une large gamme d'hôtes entre autres les mauvaises herbes. Les attaques sont sporadiques et localisées. Elles sont devenues fréquentes sur les *vitro* plants. La contamination a lieu en pépinière ou au champ. L'expression des symptômes est maximale 2 à 3 mois après plantation. Les causes de la plus grande sensibilité sont inconnues.

La mosaïque apparaît entre la nervure centrale et les bords des feuilles infectées. La mort de la feuille peut survenir dès l'émergence (Figure 6.8) et ensuite un rejet sain prend la relève. Ces symptômes peuvent être forts ou peu prononcés sur certaines feuilles ou totalement absents sur d'autres. Il arrive souvent qu'après quelques feuilles virosées toutes les autres feuilles ne manifestent pas des symptômes.



Figure 6.7. Chlorose et distorsion foliaire



Figure 6.8. Pourriture du cœur du bananier

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 les plus susceptibles des tous les autres sous-groupes.

❖ **Striure du bananier ou mosaïque en tiret**

Cette maladie est causée par un virus qu'on appelle *Banana streak virus* (BSV). Ce virus a la particularité d'avoir des parties de son génome intégrées dans le génome de la plante hôte. Au moins cinq souches virales différentes sont intégrées au génome de l'espèce *Musa balbisiana* (noté B). La maladie se caractérise par des tirets jaunes sur le limbe des feuilles formant des mosaïques chlorotiques, évoluant en nécroses (Figure 6.9). La sévérité des symptômes dépend des souches virales présentes, de la nature du cultivar infecté et des conditions environnementales. Surtout les plantains sont touchés. Les pertes de rendement peuvent être négligeables ou très élevées. Il arrive souvent qu'après quelques feuilles virosées toutes les autres feuilles ne manifestent pas des symptômes.



Figure 6.9. Stries jaune doré (décolorée) sur feuille



Figure 6.10. Cochenille, vecteur du BSV

L'apparition des symptômes est la plupart du temps dépendante des conditions de températures. Ainsi, des bananiers peuvent être infectés sans qu'il y ait apparition de symptômes mais le virus est aussi transmis par des cochenilles (Figure 6.10).

La lutte contre cette maladie virale est difficile parce que liée au mode de transmission persistant et circulant. Néanmoins, la prévention comme l'utilisation de matériel sain et la destruction de toutes les plantes présentant les symptômes de virus et des plantes se trouvant autour de plantes infectées diminue la maladie.

6.1.3. Maladies fongiques

❖ Cercosporioses

La cercosporiose noire ou maladie des raies noires du bananier et plantain est provoquée par le champignon *Paracercospora fijiensis* (ancien nom *Mycosphaerella fijiensis*). La cercosporiose jaune ou maladie de Sigatoka est provoquée par le champignon *P. musicola*. Les bananiers dessert sont sensibles aux deux maladies. Les plantains sont sensibles à la cercosporiose noire mais ils sont largement tolérants à la cercosporiose jaune sauf en altitude.

En climat tropical la cercosporiose noire prend généralement le dessus sur la cercosporiose jaune.

Les symptômes de la cercosporiose noire et jaune sont très semblables sur le terrain. Nous donnerons ici une description sommaire des symptômes communs à ces deux cercosporioses (Figure 6.11). De petites taches en forme de tiret apparaissent sur les feuilles. Les lésions en s'élargissant se nécrosent et s'entourent d'un halo noir lui-même entouré d'un halo jaune. La zone centrale de la lésion se dessèche et tourne généralement au gris sur la face supérieure de la feuille pour la cercosporiose jaune et sur les deux faces pour la cercosporiose noire.

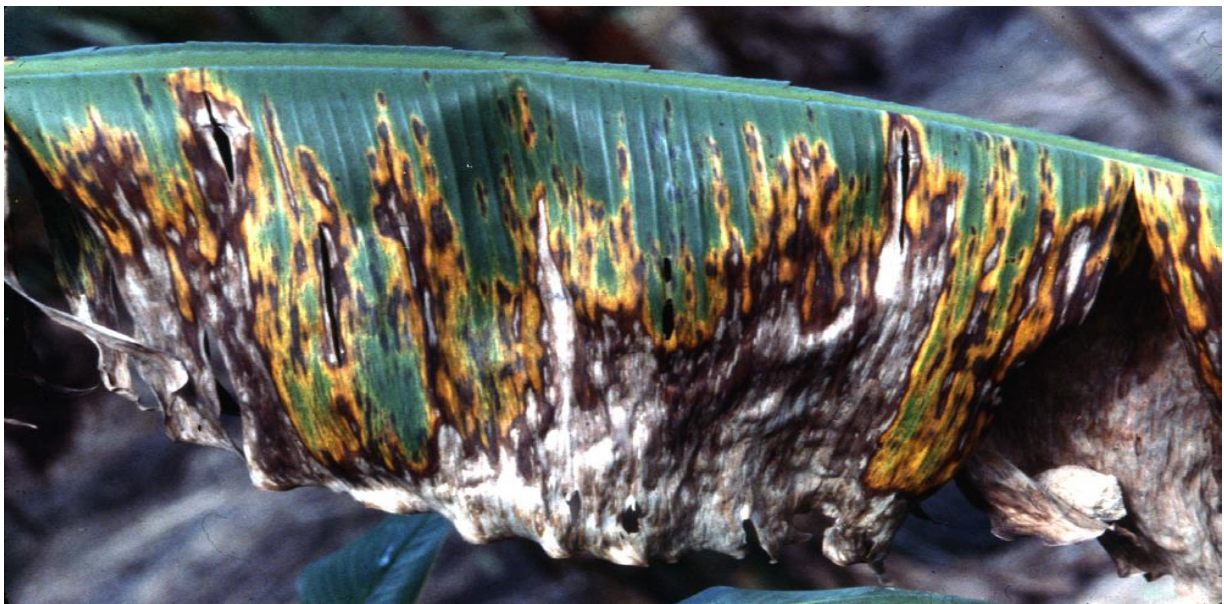


Figure 6.11. Les symptômes de la cercosporiose noire

La première source de contamination d'un plant de bananier ou plantain sain provient d'un autre bananier atteint par la maladie. Les spores de *Paracercospora* sp. permettent par l'intermédiaire du vent et de la pluie la dissémination de la maladie à courte distance – d'un plant à l'autre – et à longue distance – d'une parcelle à l'autre. Pour germer à la surface foliaire, les conidies et ascospores ont besoin d'eau. Le champignon se développe ensuite à l'intérieur et à la surface des feuilles provoquant des nécroses. L'optimum de température pour le développement de *P. fijiensis* est de 27 °C.

Le champignon ne tue pas la plante mais les symptômes deviennent de plus en plus importants avec le vieillissement des bananiers et plantains. La diminution de la photosynthèse associée aux nécroses entraîne des pertes de rendement (jusqu'à 50 % de la récolte) et diminue la qualité

des fruits qui mûrissent précocement. Le contrôle consiste de couper les feuilles ou des parties de feuilles atteintes par des symptômes avancés.

❖ Maladie de Panama

La maladie de Panama est provoquée par le champignon *Fusarium oxysporum f. sp. cubense*. La maladie est principalement disséminée par la plantation de matériel végétale contaminé. Le champignon phytopathogène est naturellement présent dans les sols. En RD Congo seulement les Gros Michel (banane dessert) et Pisang Awak (banana à cuire et à bière) sont touchés. La maladie provoque la mort de la plante en passant d'abord par le jaunissement et la chute des feuilles (Figure 6.12), l'éclatement du pseudo-tronc et la décoloration et la nécrose vasculaire de la tige (Figure 6.13).



Figure 6.12. Jaunissement et chute des feuilles (Source : Viljoen, 2018)



Figure 6.13. Décoloration et nécrose vasculaire de la tige (Source : Viljoen, 2018)

Le champignon s'attaque au système vasculaire des bananiers. Lorsque le bananier meurt les spores du champignon peuvent se conserver dans le sol, les débris végétaux, les hôtes alternatifs (*Heliconia*, Musacées sauvages) pendant plus de 30 ans.

La dispersion du champignon au sein d'une parcelle se fait par les rejets infectés, l'eau, les outils et l'homme venant d'un champ infecté. Les bulbes contaminés permettent au champignon

de se disséminer sur de plus longues distances. Les plantes atteintes ne fructifient pas, ce qui entraîne une perte totale de la production. Les plantes infectées doivent être éliminées et le producteur doit changer de cultivars ou même faire la rotation culturale.

6.2. Ravageurs

Deux types de ravageurs constituent les principaux ennemis de la culture du bananier et plantain. Ce sont les charançons et les nématodes.

6.2.1. Charançon

Le charançon noir du bananier et plantain (*Cosmopolites sordidus*) est un insecte de l'ordre des coléoptères. C'est un ravageur majeur des cultures de bananes desserts, banane d'altitudes et plantains. Le sous-groupe Cavendish est particulièrement sensible aux charançons.

Les adultes volent rarement et seul un faible pourcentage d'individus se déplace jusqu'à 25 m tous les six mois. La contamination des cultures de bananiers et plantains se fait principalement par l'intermédiaire des plants infestés et par la population présente dans les déchets du précédent cultural : pseudo-troncs de bananiers et plantains laissés au sol. A l'échelle de la parcelle, les populations de charançons sont réparties en agrégats.

Les dégâts sont provoqués par la larve de *C. sordidus* qui creuse des galeries dans le bulbe, la tige du bananier et plantain et parfois dans le pseudo-tronc (Figure 6.14). Ces galeries d'alimentation affaiblissent le bananier ou plantain provoquant parfois sa chute. Les attaques de charançons peuvent également entraîner des pourritures au niveau des galeries, elles perturbent les émissions racinaires limitant l'alimentation et le développement du bananier ou plantain. Les pertes de rendement atteignent 30% lorsque 25% des bulbes sont infectés sur une parcelle.



Figure 6.14. Galeries creusées dans le bulbe de bananier par les charançons

Comme les charançons se propagent dans le matériel végétal, les rejets doivent être nettoyés en enlevant toutes les racines et en pelant la surface du bulbe. Seules les bulbes sans galeries seront gardés. Ils sont ensuite plongés dans l'eau bouillante pendant 30 secondes.

6.2.2. Nématodes

Les nématodes, minuscules animaux dans le sol, causent des dégâts au système racinaire du bananier et plantain. L'absorption d'eau et d'éléments minéraux est réduite de façon drastique. Les plantes infectées croissent lentement. Les nématodes causent des dégâts au niveau du système racinaire (Figure 6.15 et 6.16) provoquant la chute des plantes (Figure 6.17). Les pertes de rendement varient entre 20 et 80%.



Figure 6.15. Racine saine du bananier

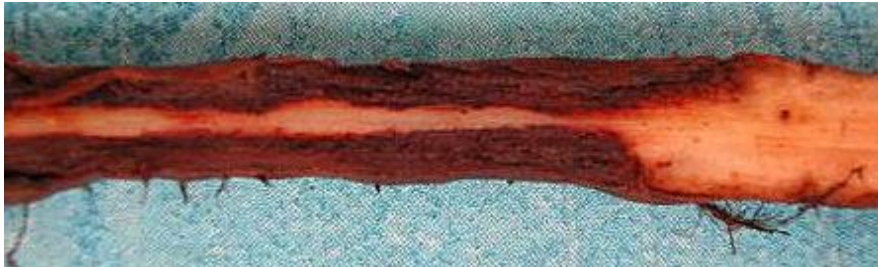


Figure 6.16. Racine infectée du bananier



Figure 6.17. Chute des bananiers due aux nématodes

❖ *Radopholus similis*, *Pratylenchus coffeae* et *P. goodeyi*

Le nématode migratoire *Radopholus similis* est l'un des plus importants parasites des racines. La pénétration de ce parasite se produit préférentiellement à proximité de l'apex des racines, mais peut avoir lieu sur toute la longueur de la racine. Au fur et à mesure de sa progression inter et intracellulaire, *R. similis* se nourrit aux dépens du cytoplasme des cellules du parenchyme

cortical, détruisant ainsi les parois cellulaires et provoquant la formation de tunnels qui évoluent en nécroses. Ces dernières peuvent s'étendre à l'ensemble du cortex mais le cylindre central n'est jamais attaqué bien que *R. similis* puisse y pénétrer lorsque les tissus sont très jeunes.

Deux autres espèces migratoires de nématodes, *Pratylenchus coffeae* et *P. goodeyi*, sont des prédateurs majeurs des bananiers et plantains. Leurs dégâts sont très similaires à ceux causés par *R. similis*.

❖ ***Meloidogyne incognita* et *M. javanica***

Les deux nématodes sédentaires, *Meloidogyne incognita* et *M. javanica*, appelés aussi nématodes à galle des bananiers, parasitent les racines des bananiers et plantains partout où ces plantes sont cultivées. *M. arenaria* et occasionnellement d'autres espèces du genre *Meloidogyne* peuvent également être associées aux bananiers et plantains. Malgré leur large répartition et parfois leur grande abondance, les nématodes à galle ne sont pas considérés comme ayant un pouvoir pathogène important. Ils sont généralement présents en association avec *R. similis* et *Pratylenchus* spp.

Comme les nématodes se propagent surtout par le matériel végétal, les rejets doivent être nettoyés en enlevant toutes les racines et en pelant la surface du bulbe. Ils sont ensuite plongés dans l'eau bouillante pendant 30 secondes.

Chapitre 7. Perspectives

Dhed'a B., Onautshu O.D., Adheka J., Lebisabo B.C., Kasaka D.L., Tutu T.S. et R. Swennen

La production des bananes et plantains de la RD Congo occupe la 10^{ème} position dans le monde. Par rapport aux autres produits vivriers, leur production vient en second lieu après le manioc. De plus, ils jouent un rôle dans l'amélioration du revenu de la population à cause de leur grande valeur marchande.

Malgré cette importance, la production par hectare est très faible. La production des plantains est à peine au niveau de 20 % de leur potentiel tandis que celle des bananiers de haute altitude est à moins de 15 %. Afin d'augmenter la production face à la démographie croissante, l'approche actuelle consiste à accroître les superficies cultivées faute de connaissance de techniques culturales et de gestion des maladies et ravageurs. Hors, les bananiers et plantains sont des plantes avec un comportement pérenne à exploiter. Il est donc nécessaire de développer la culture intensive avec plus d'intrants et spécialement avec des plantes saines, plus d'engrais et biofertilisants, ainsi que des cultivars améliorés. En plus, il faut créer des valeurs ajoutées aux fruits afin de stimuler le commerce régional. Ces technologies sont applicables sur les 6 systèmes de culture actuels en DR Congo.

Plantes saines

A l'heure actuelle, tous les champs en RD Congo sont plantés avec des rejets. Comme ces rejets ne sont pas traités convenablement tel qu'expliqué dans le chapitre 4, les nouveaux champs, indemnes des maladies et ravageurs, sont très vite infectés par des nématodes, charançons et le Bunchy Top virus avec des diminutions graves sur la production par hectare et réduction de vie des champs.

Il est tout à fait possible de mettre en place des plantes qui sont complètement saines de maladies et ravageurs avec des *vitro* plants (Figure 7.1). Ces derniers sont exempts des nématodes, insectes, et champignons mais doivent être indexés pour vérifier s'ils contiennent des virus. A l'heure actuelle, il n'existe pas de laboratoire de culture *in vitro* commerciale en RD Congo sauf les laboratoires expérimentaux comme celui de l'UNIKIS.



Figure 7.1. Vitro plants de bananiers et plantains en tube (a) et en pot (b)

Engrais et biofertilisants

Le bananier et plantain exportent beaucoup de nutriments des champs à travers la récolte des régimes. Il est donc absolument nécessaire d'appliquer la matière organique et engrais pour remplacer ces pertes comme expliqué dans le chapitre 4.

Une technique nouvelle consiste à appliquer des biofertilisants. Les biofertilisants les mieux connus sont les champignons mycorhiziens arbuscules. Ces mycorhizes développent des filaments mycéliens souterrains (hyphes) dans le sol et dans les racines des bananiers et plantains. Dans cette association mutualiste, les champignons approvisionnent les bananiers et plantains en éléments nutritifs (surtout phosphore mais aussi azote) et en eau. En revanche, les bananiers et plantains fournissent aux mycorhizes de l'énergie par des sucres. Grâce aux mycorhizes, le sol est mieux exploré car ces champignons ont besoin de 100 fois moins de matériels biologiques que la plante pour explorer le même espace d'absorption dans le sol. En plus, les mycorhizes protègent le système racinaire contre les nématodes grâce à leur capacité d'induire la résistance systémique. Ils entraînent également l'augmentation de la ramification du système racinaire de la plante. Par conséquent, les bananiers et plantains mycorhizés ont nettement moins de nématodes et donc manifestent moins de chute. Les mycorhizes jouent alors le rôle du fertilisant et protègent les racines contre les organismes pathogènes telluriques. Ces

bananiers et plantains mycorhizés ont donc un rendement nettement supérieur (Figure 7.2) et produisent pendant plusieurs cycles.

Il n'existe pas des compagnies en RD Congo qui peuvent fournir les mycorhizes pures pour traiter les rejets avant la plantation. Néanmoins, on trouve toujours dans les champs quelques plantes des bananiers et plantains avec un bon développement végétatif et une production supérieure.



Figure 7.2. Régimes de banane (a) et plantain (b) avec mycorhizes

Ces plantes vivent en association avec des bactéries et champignons symbiotiques, un complexe qui est connu à peine. Vue le manque de fournisseur des mycorhizes, on peut alors prendre des échantillons de sol autour de ces pieds des bananiers et plantains vigoureux pour les appliquer dans les trous où on installera les nouveaux rejets afin d'établir des champs avec des mycorhizes.

Cultivars améliorés

En RD Congo tous les champs sont installés avec des cultivars locaux, donc susceptibles aux maladies et ravageurs. Hors, il existe des cultivars améliorés des plantains et bananes de haute

altitude. Ils proviennent des programmes d'amélioration de l'IITA (Institut International d'Agriculture Tropicale), de NARO (National Agricultural Organisation), Uganda, de CARBAP (Centre de Recherche pour le Bananier et Plantain), Cameroun et de FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola), Honduras.

A l'heure actuelle, les hybrides plantains de l'IITA (appelés PITA) et hybrides des bananiers de haute altitude de l'IITA et NARO (appelés NARITA) sont testés en RD Congo. Les productions des PITA sont autours de 20 tonnes par hectare alors que les cultivars locaux produisent 2 tonnes par hectare au deuxième cycle. Les NARITA ont une production jusqu'à 33 tonnes par hectare tandis que les cultivars locaux produisent autours de 10 tonnes par hectare. Cette production élevée des nouveaux hybrides est due soit à la résistance aux nématodes, au charançon, aux cercosporioses ou au bunchy top soit à la résistance combinée. Il y a à peu près une cinquantaine d'hybrides disponibles en RD Congo qui sont en cours d'évaluation (Figure 7.3).



Figure 7.3. PITA en culture *in vitro* (a) et au champ (b)

Valeurs ajoutées aux fruits

Les bananes et plantains produits sont acheminés vers les centres urbains, mais ils connaissent des grandes pertes post-récolte. Afin de réduire ces pertes et créer des valeurs ajoutées pour les

paysans, on devrait s'investir dans la transformation des fruits. Dans le chapitre 5, différents usages sont discutés mais la production de la farine des bananes et plantains est la plus prometteuse car, cette farine peut être conservée pendant plusieurs mois. En plus, on peut utiliser des régimes de différents cultivars même s'ils sont un peu immatures à cause de la verse. Cette farine, riche en nutriments et en énergie, peut aussi être mélangée avec des protéines végétales. Les plantes saines, les mycorhizes, les cultivars améliorés et la technologie de farine des bananiers et plantains sont disponibles à l'UNIKIS.

Au sujet des auteurs



Benoît DHED'A DJAILO est Docteur en Sciences, Faculté des Sciences de Bio ingénieurs de la Katholieke Universiteit Leuven (KU Leuven, Belgique), 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 (RD Congo)



Joseph ADHEKA GIRIA est Docteur en Sciences, Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani, RD Congo. Il est Professeur associé à la Faculté des sciences de l'Université de Kisangani



Didy ONAUTSHU ODIMBA est docteur en Sciences agronomiques et ingénierie biologique de l'Université Catholique de Louvain (UCL), Belgique. Il est Professeur Associé et chef de laboratoire de phytopathologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani, RD Congo



Rony SWENNEN est Docteur en Sciences de Bio ingénieurs, Faculté des Sciences de Bio ingénieurs, Professeur, Chef de laboratoire d'Amélioration de cultures tropicales de la Katholieke Universiteit Leuven (KU Leuven, Belgique)