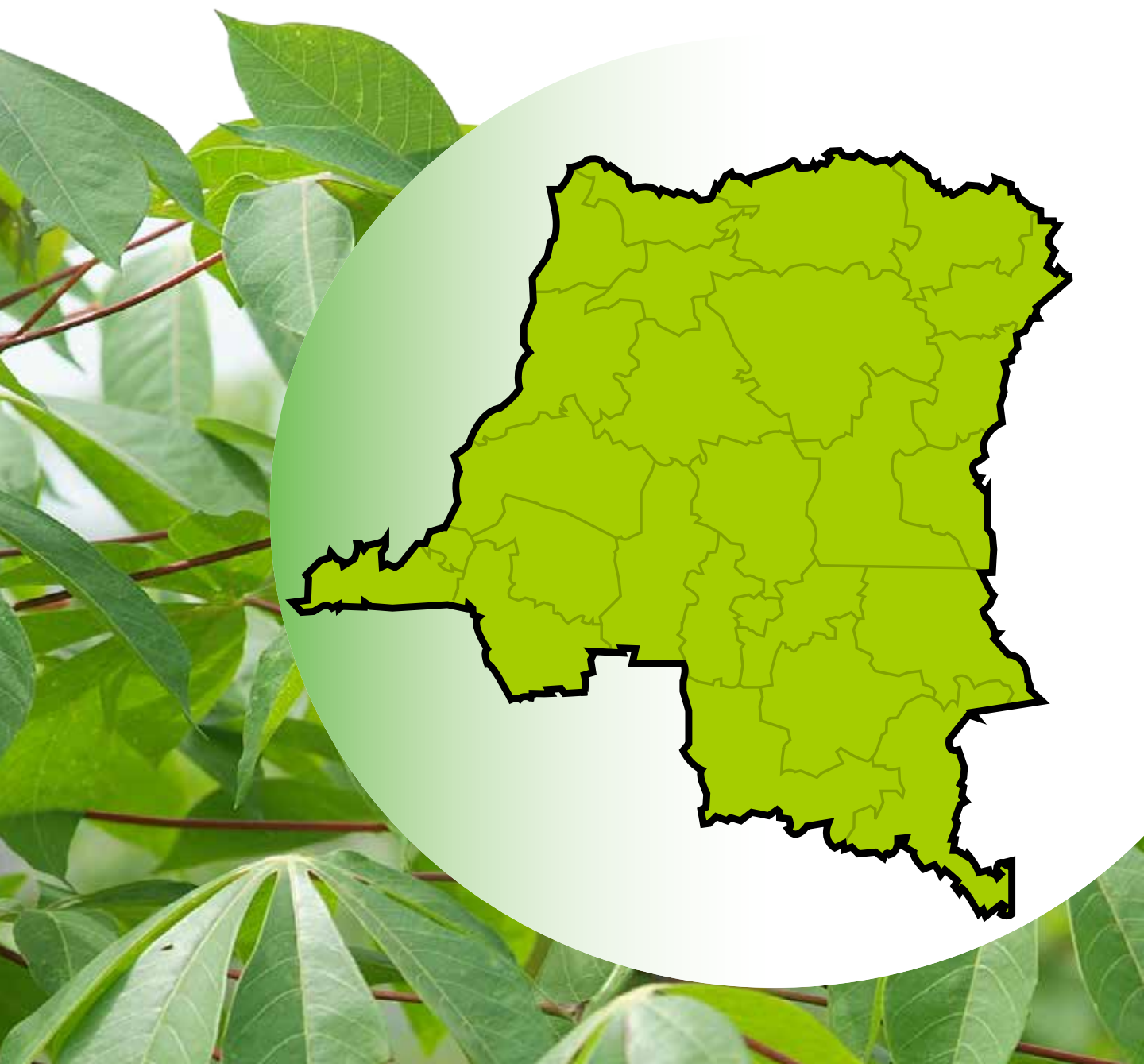


Le Manioc en RD Congo

Editeurs:

Mahungu N.M., Ndonda A.,
Kendenga T., et Bidiaka S.



Le Manioc en RD Congo

Editeurs:

**Mahungu N.M., Ndonda A.,
Kendenga T. et Bidiaka S.**

Droit d'auteur ©2022 Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA). Ce livre servira d'outil important de recherche et d'exploitation de la chaîne de valeur manioc aux institutions ainsi qu'aux étudiants de différentes promotions en sciences agronomiques. Les données comprises dans cet ouvrage ont été rapportées par leurs auteurs et n'engagent nullement IITA, INERA et USAID.

ISBN: 978-99951-69-07-7

Dépôt légal : AO 3.02108-57351

Citation : (Noms des auteurs et titre du chapitre). 2022. Pp. Dans : Mahungu N.M., Ndonga A. Kendenga T. et Bidiaka S. (Editeurs). Le Manioc en RD Congo.

Cette publication est conçue pour fournir des informations exactes et faisant autorité en ce qui concerne le sujet traité ici.



Institut International d'Agriculture Tropicale



Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques, INERA RD Congo



Ce livre a été imprimé grâce à l'appui financier de l'USAID.

Table des matières

Préface	xiv
Avant-propos	xv
Liste d'abréviations	xvi
1. Origine, Domestication et Introduction du manioc en RD Congo	1
Introduction du manioc en RD Congo et dans les pays voisins	1
Taxonomie du manioc	5
Caractéristiques botaniques du manioc	6
Importance socio-économique du manioc	8
Contraintes dans les technologies de la recherche sur le manioc en RD Congo	10
Références	11
2. Amélioration génétique et sélection du manioc en RD Congo	15
L'INEAC et la recherche agronomique	15
Recherche sur la culture de manioc à l'INEAC à partir de 1920	16
Programme National Manioc (PRONAM) de l'INERA	17
Utilisation efficiente des variétés locales dans le programme d'amélioration du manioc	23
Principes et méthodologie d'amélioration et de sélection du manioc	25
Schéma de sélection du manioc	29
Sélection variétale participative suivant les chaines de valeur	40
Biofortification du manioc en RD Congo	43
Annexes	48
1. Dispositifs d'essai non Randomisés*	48
2. Méthodologie pour observation sur la rétention des feuilles (RF)	53
3. Méthodologie de cotation de la résistance à la sécheresse	54
4. Détermination de la matière sèche et de l'amidon	54
5. Criblage préliminaire de l'amidon sans amylose et des racines juteuses sucrées dans le manioc (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) *	55
6. L'influence des épluchures des racines dans l'estimation du rendement sec des racines.	59
7. Cartographie des produits de manioc et des variétés diffusées de manioc en RD Congo (Les districts sont ceux de 2016 avant la répartition des provinces actuelles).	60
8. Résistance de la plante hôte à la cochenille farineuse du manioc	62
Références	64

3.	Système semencier du manioc	67
	Introduction	67
	Schéma de multiplication	68
	Distribution et dissémination	70
	Maintenance et reconstitution du matériel de plantation	74
	Culture in vitro ou production des vitro plants	75
	Système de certification de parcs à bois de manioc	76
	Annexe	
	1. Stockage des boutures	84
	Références	85
4.	Les ravageurs du manioc en République Démocratique du Congo	87
	Introduction	87
	Qu'est-ce qu'un ravageur ?	88
	Les principaux ravageurs du manioc en RD Congo	89
	Les ravageurs mineurs ou secondaires	113
	Références	118
5.	Les Principales Maladies du Manioc en République Démocratique du Congo et leurs méthodes de lutte	123
	Introduction	123
	La Mosaïque Africaine du Manioc	132
	La Striure Brune du Manioc	145
	L'Anthracnose	153
	La Mort des Sommités	159
	Les Pourridiés des racines tubéreuses	163
	Les pourritures sèches des racines de manioc causées par <i>Phaeolus manihotis</i> Heim	166
	Historique de la maladie des nécroses racinaires du manioc et sa répartition géographique en RD Congo	169
	Détérioration des cossettes après récolte	169
	La Cercosporiose	174
	Conclusion	180
	Références	181
6.	Les systèmes de production du manioc en RD Congo	195
	Introduction	195
	Les rotations des cultures	196
	L'écimage et démariage chez le manioc	198
	Labour et non labour, Mode de plantation des boutures	200
	Les associations culturales	201

Association manioc avec les arbres et arbustes pérennes	219
Lutte anti-érosion et conservation du sol	220
Gestion des mauvaises herbes	220
Evaluation des systèmes des cultures en association	223
Evaluation économique	231
Conclusion	232
Références	234
7. Transformation du manioc en RD Congo	241
Introduction	241
Principales transformations du manioc en RD Congo	242
Alcool	260
Les recettes à base de manioc	276
Etude d'impact environnemental (EIA) des unités de transformation	281
Annexe	
1. Défis relatifs aux facteurs environnementaux provenant des unités émergentes de traitement de manioc à petite échelle : Le cas en RD Congo*	282
Références	289
8. Socio-Economie	291
Initiative Présidentielle sur le Manioc en RD Congo (IPMa), 2010	291
Références	298
Perspectives d'accroissement de la production du manioc de 2010 à l'horizon 2020	299
Références	305
La typologie des acteurs de la filière manioc en RD Congo : Cas des provinces de Kinshasa et du Bas-Congo	307
Références	321
Transformation du manioc et ses contraintes dans une perspective commerciale	323
Contraintes de la transformation et solutions proposées	332
Références	338
Adoption des innovations agricoles pour la production des racines tubéreuses du manioc en République Démocratique du Congo	341
Références	357
9. Remarques finales sur le développement de la chaîne de valeur manioc en RD Congo	361
La recherche pour le développement du manioc en RD Congo	361
Choix des variétés et système semencier	362
Dynamique des contraintes de productivité de la culture de manioc	364
Systèmes d'exploitation agronomique et économique	365
Transformation et commercialisation	365
Références	367

Tableaux

2.1. Matériel de population source utilisé dans le programme d'amélioration initiale du PRONAM	20
2.2. Sites agroécologiques de l'INERA pour l'évaluation des géotypes du manioc en RD Congo	22
2.3. a. Performances de quelques descendants de différents parents en pépinière à graines (Mvuazi, RD Congo, 2017)	26
b. Abréviation des stations dans l'identification générique des clones en sélection	32
2.4. Réalisations et défis par INERA-IITA/RDC.	42
2.5. Variétés de manioc biofortifiées diffusées en RD Congo entre 2011 et 2019.	46
3.6. Emblavures de manioc, quantité moyenne des matériels de plantation et proportion par province en RD Congo (SNSA, 2012a).	80
3.7. Caractéristiques majeures de variétés de manioc inscrites au Catalogue variétal (Edition 2019)	81
4.8. Effet du type de labour et du paillage sur la sévérité des dégâts et l'incidence de la cochenille farineuse sur le manioc (PRONAM, 1977).	93
4.9. Influence du traitement des boutures de manioc par trempage dans l'insecticide sur l'apparition de la cochenille farineuse (PRONAM, 1977).	94
4.10. Répertoire des ennemis naturels introduits en République Démocratique du Congo dans le cadre de la lutte biologique classique de la cochenille farineuse entre 1982 et 1990 (Source Nsima She <i>et al.</i> , 1992).	95
4.11. Fréquence des espèces des plantes hôtes alternatives de la cochenille africaine des racines et tubercules dans différentes zones écologiques au Bas-Fleuve en RDC (Tata-Hangy <i>et al.</i> 2006).	104
5.12. Cotes de sévérité de la brûlure bactérienne, mosaïque et anthracnose pour les plantes de 3 et 6 mois dans les pépinières de clones à la station de l'INERA à Mvuazi, Kongo Central.	130
5.13. L'évaluation du germoplasme de manioc pour les maladies à la station de l'INERA de Mvuazi, Kongo Central, 1975.	131
5.14. Influence du niveau d'infection de la mosaïque dans le matériel de plantation sur l'incidence et la sévérité dans le champ, ainsi que la croissance et le rendement du manioc.	137
5.15. Incidence (%), sévérité et gravité (%) de la mosaïque, et le nombre des mouches blanches (<i>Bemisia tabaci</i>) par site en saison de plantation de 2009 à Ngandajika, ancienne province du Kasai Oriental, R.D.C.	139
5.16. Apparition des virus de la mosaïque du manioc dans 10 districts de l'Est de la République Démocratique du Congo	142
5.17. Trois années de comparaison de l'état des ravageurs, maladies et virus à l'Est de la République Démocratique du Congo	142
5.18. Rendements en racines tubéreuses fraîches et cote de résistance aux maladies pour les différentes variétés de manioc, Mvuazi, 1975.	143
5.19. Effets de l'inoculum de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> f.sp. manihotis et de l'alimentation de <i>Pseudotheraptus devastans</i> sur la taille des chancres et la mort du manioc.	156

5.20. Effet du temps de plantation du manioc sur la mort des sommités des tiges pendant la saison sèche et le rendement à la récolte à Mvuazi, Kongo Central	163
5.21. Contrôle des pourritures sèches des racines de manioc causées par <i>Phaeolus manihotis</i> 'Heim par les fongicides.	168
5.22. Champignons isolés des cossettes de manioc pendant le séchage et stockage dans les différents ménages et sur les marchés locaux dans le district de Ngandajika, ancienne province du Kasai-Oriental, République Démocratique du Congo.	172
5.23. Colonisation des cossettes de manioc en entreposage après deux méthodes différentes de transformation des racines tubéreuses à Ngandajika, ancienne province du Kasai Oriental.	173
5.24/ 25. Effets des méthodes de séchage et la période de l'année sur la détérioration des cossettes de manioc dans le district Ngandajika, ancienne province du Kasai Oriental, République Démocratique du Congo.	175
5.26. Incidence des taches brunes (<i>Cercospora henningsii</i>) et blanches (<i>C. caribae</i>) en relation avec la position de la feuille sur la plante de manioc dans la station de l'INERA de Mvuazi, Kongo Central.	179
6.27. Moyenne des rendements (kg/ha) des céréales en fonction du port de la variété de manioc dans les associations avec manioc dans 2 sites de la RDC. (IITA, 2013)	207
6.28. Corrélations entre les rendements du manioc et les légumineuses associées en fonction du cycle de croissance (CIAT, 1978).	208
6.29. Rendements des céréales, légumineuses et manioc en fonction des dates relatives de plantation dans les associations avec manioc dans 3 sites de la RDC (IITA, 2013).	209
6.30. Densités de plantation recommandées pour les légumineuses à grains en monoculture et en association avec le manioc. (Leihner, 1979).	211
6.31. Effet de divers écartements sur le rendement du manioc lorsque la même densité de plantation est maintenue.	212
6.32. Exportations des éléments nutritifs du sol par les racines et les graines récoltées dans une association manioc/haricot, par rapport aux exportations de manioc en monoculture (CIAT, 1978).	214
6.33. Effet des différentes doses de N appliquées sur la concentration d'N dans les feuilles de manioc et de niébé plantés en monocultures et en association (CIAT, 1980).	217
6.34. Effet des différentes doses de K appliquées sur la concentration d'N dans les feuilles de manioc et de niébé plantés en monocultures et en association (CIAT, 1980).	218
6.35. Effet des différentes doses de P appliquées sur la concentration de P dans les feuilles de manioc et de niébé plantés en monocultures et en association (CIAT, 1980).	218
6.36. Herbicides pré-émergent pour les cultures en association avec le manioc (Leihner, 1979).	222

6.37. Comparaison des rendements association et monoculture avec le LER dans 3 sites d'expérimentation en RDC (IITA, 2013).	225
6.38. Rendement du manioc et de haricot, Land Equivalent Ratio » (LER), « Area-Time Equivalency Ratio » (ATER) dans divers systèmes culturaux à CIAT-Palmira.	229
6.39. Analyse économique des divers systèmes de plantation de l'association manioc/haricot.	233
7.40. Liste des entreprises et centres de recherche bénéficiaires de l'appui de l'IITA et autres structures semi-indépendantes.	263
7.41. Les ingrédients de différents plats des feuilles de manioc.	280
7.42. Demande biologique et chimique en oxygène, phosphate, turbidité, pH et niveaux de cyanure des effluents d'extraction de manioc fermenté et d'amidon.	287
7.43. Nombre d'alevins morts.	288
8.44. Genre et ancienneté dans le métier de production.	309
8.45. Genre et ancienneté dans le métier de transformation.	310
8.46. Genre et ancienneté dans le métier de grossiste.	310
8.47. Genre du détaillant et son ancienneté dans le métier.	311
8.48. Genre dépositaire.	311
8.49. Genre du transporteur.	312
8.50. Genre d'acteurs impliqués dans la production.	313
8.51. Genre d'acteurs impliqués dans la transformation du manioc.	313
8.52. Résultats des FFS en RD Congo, 2004.	349

Figures

2.1. Schéma de sélection de manioc (IITA/INERA-DRC, 2011).	30
2.2. Rendement sec (t/ha) des quelques variétés de manioc, Kisangani 2011 (9 à 24 MAP).	36
2.3. Dispositif de l'essai uniforme de temps de maturité.	39
2.4. Les chaînes de valeur du manioc en RDC et les acteurs de la plateforme d'innovation (Graphique adapté de Mahungu <i>et al.</i> , 2008).	41
2.5. Gain génétique de la teneur en carotènes totales (TCC) observé dans les essais clonaux.	45
2.6. Schéma de dissémination du manioc biofortifié en RD Congo.	47
2.7. Pourcentage de sauvageons par classe d'amylose.	56
2.8. Nombre de sauvageons sans amylose sélectionnés par famille	56
2.9. Nombre de semis (sauvageons) par concentration en sucre.	58
3.10. Schéma de multiplication des boutures de manioc en cascade	68
3.11. Rendements moyens des variétés améliorées comparés aux variétés locales dans sept territoires de la RDC (2011).	72
3.12. Schéma de dissémination des variétés améliorées.	73

3.13. Schéma de maintenance variétale du manioc par l'obteneur (INERA).	75
3.14. Schéma de l'organisation de la production semencière en RD Congo (SENASA, 2007).	77
4.15. Effet de la topographie des champs sur la sévérité d'attaque de la cochenille farineuse sur le manioc. La sévérité des dégâts est évaluée sur une échelle de 1 à 5 où 1=sans dégâts et 5=dégâts très sévères (PRONAM, 1977).	93
4.16. Taille de la colonie de la cochenille farineuse du manioc et pourcentage de parasitisme par <i>Apoanagyrus lopezi</i> au Kongo Central, Juillet 1985-Septembre 1987.	96
4.17. Evolution temporelle de la sévérité des dégâts de CFM sur le manioc dans quelques sites selon la durée de l'établissement de <i>A. lopezi</i> . Année de lâcher : Kongo Central (1982), Kinshasa (1982), ex-Katanga (1985). La sévérité s'évalue de 1 à 5 avec 1 = sans dégât et 5 = dégâts sévères.	96
4.18. Situation de l'acarier vert du manioc et de son prédateur <i>T. aripo</i> dans différentes provinces.	101
4.19. Evolution de l'incidence de l'AVM et celle de <i>T. aripo</i> en relation avec le temps (en années) mis depuis l'introduction du prédateur au Kongo-Central.	101
4.20. Densité de populations de la CART sur le manioc planté sur billons, buttes, labour à plat et labour minimum à Tshela à 3 MAP, 6 MAP et à la récolte (PRONAM, 2003-2004).	106
4.21. Niveaux d'infestation de la CART sur le manioc des variétés Sadisa et Lueki plantés avec ou sans engrais NPK à Tshela (PRONAM, 2003-2004).	106
4.22. Cycle de développement du thrips.	109
4.23. Impacts de l'activité de l'hémiptère <i>Helopeltis sp</i> sur le manioc cultivé en savane (x----) et en forêt (o-----o) à Kiyaka, 1988 (Nombre de plantes observées = 50).	112
5.24. Symptômes caractéristiques de CBB sur le manioc : Brûlure et taches anguleuses des feuilles 1, exsudation de la gomme sur la tige 2, le flétrissement des feuilles 3 et 4 la nécrose apicale ou dessèchement des tiges à partir du sommet des plantes.	125
5.25. Abandon des débris des tiges de manioc au sol dans le champ des paysans après récolte a; les boutures infectées et destinées comme matériel de replantation b et c boutures destinées comme bois de chauffe.	127
5.26. Symptômes de la maladie de la mosaïque Africaine du manioc : en haut une plante de manioc saine (à gauche) et infectée par le virus (à droite), et en bas une plante gravement touchée (à gauche) et l'aleurode vecteur : mouche blanche (à droite).	134
5.27. Des tiges de manioc affectées d'une mosaïque légère. a et sévère b de façon uniforme du sommet à la base	135
5.28. Les symptômes caractéristiques de la maladie de striure brune du manioc: 1 et 2 Une chlorose irrégulière à taches jaunes qui est plus prononcée sur les feuilles inférieures et souvent également associée aux veines foliaires secondaires et tertiaires; 3 des lésions nécrotiques sur la tige de manioc causées par la	

- maladie; **4** symptômes de striure brune visibles sur différentes parties de la plante de manioc notamment des lésions nécrotiques sur les jeunes tiges, différents niveaux de chlorose plumeuse sur les feuilles, constrictions à la surface radiculaire ainsi que des nécroses radiculaires; et **5** constriction des racines et des ravines tubercules ainsi que la nécrose brune sèche et liégeuse des racines tubéreuses. (Source: Photos (1,2,3,5) Legg, 2014 et (4) Basavaprabhu *et al.*, 2015). 148
- 5.29. Dispersion de la striure brune du manioc en Afrique : partie de l'Afrique centrale, de l'Est et Australe montrant la superficie de dispersion courante de la maladie. Source: FAO, 2013. Disponible à <http://www.fao.org/emergencies/fao-inaction/stories/storiesdetail/en/c/196813/>). 151
- 5.30. Symptômes de l'anthracnose du manioc : Tige d'une plante avec des dépressions ovales peu profondes **a**, des chancres lacérés sur la tige **b** et la défoliation sévère due à la maladie **c**. (Crédit photo: Lukombo Nsingi). 154
- 5.31. *Pseudotheraptus devastans* sur une la feuille de manioc (Source: Msikita *et al.*, 2000). 155
- 5.32. Symptômes caractéristiques de la mort des sommités du manioc. **a** Les plantes jaunissant par suite son initiation, **b** suivi de la nécrose des tiges avec l'exsudation d'une gomme de couleur brunâtre, **c** du flétrissement et dessèchement des feuilles, **d** ainsi que la mort complète à partir des parties apicales de plusieurs plantes affectées. (Source: Muimba-Kankolongo *et al.*, 1989). 159
- 5.33. La propagation de la mort des sommités du manioc du point initial de son apparition sur le clone 02864 à Mvuazi, Kongo Central. Source: PRONAM, 1983. 161
- 5.34. La progression de la mort des sommités pendant les semaines après l'apparition des premiers symptômes sur les plantes du cultivar 02864 au mois de juin à Mvuazi, Kongo Central, République Démocratique du Congo. (Source : PRONAM, 1980). 163
- 5.35. Carpophores de *Phaeolus manihotis* au niveau du collet d'un plant de manioc et pourritures racinaires sèche d'un plant affecté. 167
- 5.36. Traitement post-récolte du manioc dans le territoire de Ngandajika ancienne province du Kasai Oriental dans le centre de la République démocratique du Congo, et contamination par les moisissures des chips et de la farine. **a** puces détériorées vendues sur les marchés locaux; **b** Séchage au soleil des copeaux de manioc sur les débris végétaux déposés au sol dans les champs; **c** Séchage au soleil des chips de manio sur une plate-forme construite avec des matériaux ligneux dans les villages; et **d** farine de mauvaise qualité obtenue à partir de copeaux moisiss. 171
- 5.37. Cercosporiose sur les feuilles des plantes de manioc : **a** Feuilles de manioc affectées par des taches blanches (*Cercospora caribae*), **b** taches brunes (*C. henningii*) et **c** large brûlures brunes (*C. viscosae*). (Source : PRONAM, 1984). 177
- 6.38. Comparaison des rendements en racines tubéreuses (t/ha) de manioc dans 15 soles en savane (variété Ngandajika) et en forêt (variétés Mbongo et Nsansi) en 2010-2011. 197

6.39. Ecimage consistant à détacher l'apex plus trois jeunes feuilles.	199
6.40. Développement normal des tiges chez Nsansi (Sans écimage).	199
6.41. Emergence des tiges chez Nsansi (variété à ramification entre 50 et 80 cm du sol.)	199
6.42. Arrangements spatiaux manioc en association avec légumineuses.	213
6.43. Chronographe des systèmes des essais des cultures manioc/haricot.	228
7.44. Schéma de production des cossettes à gauche et Photo 7.32 (à droite): Cossettes de manioc non fermentées ou Mpandu, Ngandajika.	250
8.45. Chaîne des valeurs du manioc.	327
8.46. Procédés de fabrication des produits de manioc. (Source : Agbor, 1995 et Nkiere, 1984 cités par Khonde, 2001 et adaptation personnelle pour Gari).	329
8.47. Prix moyen (FC/kg) de quelques dérivés du manioc à Matadi (INS, 2016).	332
8.48. Prix moyen (FC/kg) de quelques dérivés du manioc à Kisangani (INS, 2016).	332
8.49. Distance des transformateurs par rapport aux stations de recherche (Gimbi et Yangambi) (Km).	335
8.50. Production nationale du manioc de 1991 à 2011 (en tonnes) (MINAGRIDER, 2013b et INS, 2015).	343
8.51. Production nationale du manioc de 2002 à 2011 (en tonnes) (MINAGRIDER, 2013b et INS, 2015).	343
8.52. Rendement moyen (t/ha) du manioc de certains pays producteurs (Ndambi <i>et al.</i> , 2014 ; Yomeni <i>et al.</i> , 2012 ; Kanju <i>et al.</i> , 2012 ; FAO, 2013 et IITA, 2015).	344
8.53. Catégories des acteurs suivant l'adoption à travers le temps (Everett Rogers, 1995).	347
8.54. Schéma de multiplication et distribution des variétés améliorées.	351
8.55. Typologie des exploitations agricoles (%).	354
8.56. Superficie emblavée (ha).	354
8.57. Répartition des ménages par rapport à l'adoption des variétés améliorées (%).	355
8.58. Taux d'adoption des variétés améliorées (%).	355

Photos

- 1.1. **1** Les fleurs mâles et femelles sont sur une même inflorescence
(plante monoïque), les fleurs femelles s'ouvrent avant les fleurs mâles
(protogynie), **2** les fruits à maturité et un prêt à la déhiscence ;
3 les graines de manioc (crédit photo 3 : IITA) 7
- 2.2. Au niveau de l'essai clonal (INERA-Mvuazi, 2014) les génotypes à
croissance rapide et qui ramifient à plus de 1,5 m (exemple sur la photo)
sont sélectionnés s'ils renferment d'autres traits importants (rendement,
résistance, qualité des produits). Ces génotypes s'adaptent mieux aux
cultures associées, convenance au sarclage, etc. 23
- 2.3. Tranches de racines de manioc avec les deux tranches inférieures par clone
colorées à l'iode et les deux tranches supérieures non colorées comme témoin. La
réaction à l'application d'iode est bien évidente dans les deux clones du côté droit. 57

2.4. Le clone de manioc 70453 résistant à la cochenille farineuse planté en serre 3 MAP, comparé à une variété sensible, 02864 rabougrie par l'attaque de la cochenille. A gauche, le clone de manioc 70453 résistant à la cochenille comparé à un plant sensible à droite.	62
3.5. Conservation des boutures de manioc à l'ombre (à gauche) et mauvaise conservation des boutures en vrac et au soleil (à droite).	84
4.6. La cochenille farineuse du manioc.	91
4.7. Recroquevillement des feuilles, raccourcissement des entrenœuds par la cochenille farineuse.	92
4.8. Vue microscopique de l'AVM.	98
4.9. Dégâts de l'acarien vert du manioc allant des simples taches sur les feuilles jusqu'à la défoliation de la plante.	99
4.10. Un Phytoséiide (en jaune) prédateur de l'acarien vert du manioc (IITA, 1985).	102
4.11. Individus des cochenilles africaine des racines et tubercules (agrandi au microscope) collés sur la plante ; forme des tiques (Photo Google par Georg Goergen (IITA, Cotonou).	103
4.12. Racine tubéreuse et partie souterraine du manioc infestées par la CART.	105
4.13. Clichés des thrips du tabac et thrips californien adultes, A. N. Sparks, Jr., université de Géorgie à www.insectimages.org	107
4.14. Les symptômes causés par les thrips sur le manioc.	108
4.15. Croquis de l'adulte de <i>Helopeltis</i> spp tiré de Szent-Ivany (1961).	110
4.16. Nymphe et adulte de <i>Helopeltis</i> sp (photo tirée de Wikipedia, the free encyclopedia).	110
4.17. A. Lésions adjacentes aux veines la feuille déployée et sur pétioles (voir les flèches) ; B. Feuilles mortes suites aux perforations prononcées.	111
4.18. Vue microscopique de <i>B. tabaci</i> (gauche) ; population abondante de la mouche blanche (milieu) et fumagine sur feuilles basales (droite) Crédit photo IITA.	113
4.19. Nymphe d'un criquet (gauche) et plant de manioc défolié par une colonie des criquets grégaires (droite).	114
4.20. La cochenille à bouclier (<i>Aonidomytilus albus</i>).	114
4.21. Cochenille molle à Mulungu, Sud Kivu (à gauche) et feuilles avec fumigènes (à droite).	115
4.22. Une punaise hémiptère <i>Pseudotheraptus devastans</i> sur un pied de manioc (Crédit photo IITA ; Msikita <i>et al.</i> , 2000)	115
4.23. Jeune plants de maïs (gauche), de niébé (milieu) et de manioc infestés par le shimbu. La flèche montre la cochenille, et le système racinaire endommagé.	116
4.24. Jeune plant de manioc de 3 mois infesté par le shimbu (Photo IITA-RDC, 2017).	117
7.25. Epluchage des racines tubéreuses de manioc, Bukavu, Sud-Kivu et épluchures de manioc séchées pour aliments des porcs à LAYUKA Madimba, Kongo Central.	242
7.26. Nettoyage des racines tubéreuses de manioc dans une unité de transformation, Kinshasa.	243

7.27. Epluchage et nettoyage des racines tubéreuses de manioc rouies dans un ruisseau, Mvuazi, Kongo Central.	244
7.28. Séchage des cossettes produites par fermentation sèche, Mboko, Sud-Kivu.	245
7.29. Séchage sur claies du manioc au Plateau de Batéké, Kinshasa et Cossettes de manioc fermentées étalées sur une toiture de maison, Kwilu	247
7.30. De gauche à droite cossettes séchées au soleil et fumées en vente dans la province du Kwilu.	247
7.31. Cossettes emballées en sacs en polyéthylène et en panier de raphia (Crédit photo à droite, Ndonga A., 2015).	249
7.32. (à droite): Cossettes de manioc non fermentées ou Mpandu, Ngandajika.	250
7.33. Chikwangues de type Ndika au Kongo Central.	251
7.34. Préparation du Mombita, Djolu, Province de la Tshuapa.	252
7.35. Rowe, Mboko, Sud-Kivu.	252
7.36. Chikwangue utilisée comme colle pour l'étanchéité d'un pneu tubeless, Kinshasa.	253
7.37. Boule de Malemba, Kisangani.	254
7.38. Pilage des racines tubéreuses cuites à la vapeur et lituma, Kisangani.	256
7.39. Moleki nzela ou Mole ou encore Molécule, Kisangani.	259
7.40. Visite d'étude au Thai Tapioca Institute par des acteurs majeurs Congolais du secteur manioc, Thaïlande 2009.	262
7.41. Eplucheur DORNOW, capacité optimale 50 tonnes des racines tubéreuses Mfumu Kento, Plateau de Bateke.	264
7.42. Un prototype d'éplucheuse Nzongo III.	265
7.43. Une vue des machines laveuses des racines tubéreuses (Usine LAYUKA Madimba).	265
7.44. Découpeur-râpe et râpe pour racines tubéreuses de manioc.	266
7.45. Bacs de rouissage remplis des micro-cossettes (Matchem, 2008).	266
7.46. Presse à crique hydraulique Bukanga Lonzo.	267
7.47. Séchage des micro-cossettes sur des claies surélevées (LAYUKA, Madimba, 2016).	267
7.48. Vue extérieure et intérieure du séchoir cabinet de Kinkanzi/Muanda, Kongo Central.	268
7.49. Flash dryer, Bukanga Lonzo, 2016.	269
7.50. Séchoir solaire ELOUMAH, Mvuazi, 2014.	269
7.51. Grilloir à gari IITA/Kalambo, Sud Kivu, 2014.	270
7.52. Sacs de farine rouie de manioc de certaines compagnies de transformation ; (Source photo à droite : Niangisi A., 2020).	270
7.53. Une vue de l'unité d'extraction d'amidon de LAYUKA SARL, Madimba, Kongo Central.	274
7.54. Granules d'amidon de manioc déposés au fond d'un bassin, Gemena, 2014.	275
7.55. Pilage des feuilles de manioc, Djolu, province de la Tshuapa (à gauche) et à Kinshasa (à droite).	279
8.56. Cossette attaquées par les moisissures (Marché de Kinza-Mvuete, Kongo Central, 2016).	333
8.57. Axe Matadi-Kinza-Mvuete, 2015.	336
8.58. Axe Kisangani-Banalia, 2015.	336

Préface

Écrire un ouvrage qui traite d'une culture vivrière aussi importante qu'est le manioc revêt d'un intérêt indéniable en République Démocratique du Congo dans la mesure où cette plante est la plus manipulée par la majorité de Congolais qui l'utilisent dans leur alimentation pour ses racines tubéreuses et ses feuilles.

On lui attribue des nombreuses qualifications, parfois controversées, mais qui progressivement se déchaînent avec l'avancée de la recherche sur cette culture. En réalité, le manioc est la principale plante cultivée dans le pays. Elle occupe plus de la moitié des emblavures et est très prisée grâce à sa bonne composition en hydrates de carbone, principale source de calories.

En RD Congo et par son importance, plusieurs programmes ont été développés pour améliorer la productivité du manioc et juguler les principales infections et ravageurs qui réduisent le rendement aux champs. L'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), grâce à son expertise avérée dans la recherche sur les plantes à racines et tubercules et aussi à son partenaire scientifique et technique qu'est l'Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques (INERA), a largement contribué dans l'amélioration génétique du germoplasme de la RDC, la lutte contre les principales maladies et ravageurs du manioc, le développement des bonnes pratiques agricoles, la mise en place des technologies post-récolte appropriées et capables d'apporter une plus-value aux produits à base du manioc et aussi, dans la mise en place d'un système intelligent et raisonné dans la gestion de la culture du manioc.

Ce livre est le fruit de plusieurs décennies d'activités de recherche menées en RD Congo. Il présente sans ambages, les résultats obtenus par des chercheurs dévoués qui ont usé de tous leurs efforts, leurs temps et leurs capacités scientifiques non seulement pour rédiger les lignes qui composent cet ouvrage mais aussi conduire avec perspicacité et dévouement les travaux de recherche sur terrain. Ils ont tenté de décortiquer les divers domaines du manioc afin de permettre à vous, investisseurs et exploitants dans la culture du manioc, chercheurs, professeurs, étudiants, et même les producteurs et agriculteurs de vous accaparer cette œuvre et avec comme objectif, celui d'accroître au plus haut niveau possible le rendement du manioc en RD Congo et redonner au pays, sa place de plus grand producteur mondial du manioc.

La RD Congo possède plusieurs atouts pour reconquérir sa place d'antan dans la production du manioc. Les terres arables ainsi que le capital humain étant déjà disponibles, voici cet outil important pour booster la production du manioc qui a subi des baisses parfois drastiques au fil des années et aussi réorganiser, de manière conséquente et rationnelle, la chaîne de valeur du manioc. Il y a lieu de croire cette fois-ci que tous les ingrédients sont réunis pour faire décoller la production et productivité du manioc en RD Congo.

N. Sanginga, DG, IITA

Avant-propos

En République Démocratique du Congo (RDC), le manioc constitue la culture de base pour plus de 70% de la population. Culture de subsistance à l'origine, le manioc tend à devenir une culture commerciale au même titre que le café, le coton, le cacao, le caoutchouc, etc., et procure des revenus substantiels aux producteurs agricoles. Son importance varie selon les caractéristiques agroécologiques, socio-économiques et les habitudes alimentaires de chaque région.

Ce livre aborde les différents aspects de la filière manioc en RD Congo. Il constitue un document de référence qui vise à apporter tant des connaissances scientifiques et techniques aux différents acteurs intervenant dans cette filière. Nous recommandons, d'une manière générale, ce livre à tous ces acteurs (producteurs, étudiants, enseignants, chercheurs, commerçants, exploitants, etc.) quel que soit leur niveau d'intervention dans la chaîne de valeur du manioc.

Préparé par des chercheurs et enseignants chevronnés et expérimentés issus de l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), de CIAT/HarvestPlus, de l'Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques (INERA) et des institutions d'enseignement supérieur et universitaire de la RDC, cet ouvrage regorge des nombreuses informations se rapportant aux différents aspects de la production, conservation, transformation et commercialisation de la culture du manioc. Ces chercheurs ont travaillé en étroite collaboration dans le but de réhabiliter la culture du manioc qui s'est retrouvée à maintes reprises sujette aux attaques des maladies et ravageurs des cultures, et a fait l'objet des itinéraires techniques peu performantes. Ce qui a entraîné la dégénérescence des variétés jadis performantes et a conduit à la fragilisation des environnements. Les conséquences les plus immédiates de cette situation sont avant tout la perte de la productivité et la dégradation des écosystèmes, cause logique contribuant au dérèglement du climat.

Le Gouvernement de la République qui est resté très attentif à ces divers problèmes survenant à la culture du manioc, a développé un programme de recherche et de développement en vue de trouver des solutions alternatives et adéquates à chaque fois que la culture du manioc faisait face à des contraintes biotiques ou abiotiques qui impactaient négativement sur sa production. C'est dans ce contexte que fut initié au sein de l'INERA, le Programme National Manioc (PRONAM) à la suite de la destruction sévère de la culture du manioc par la bactériose, associée plus tard à l'apparition spectaculaire et dévastatrice de la cochenille farineuse.

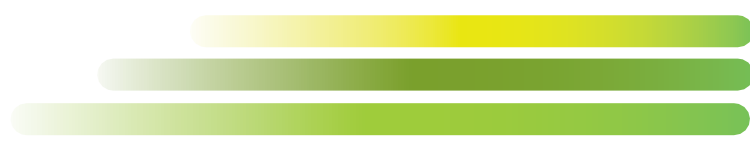
Vous trouverez dans ce livre, un condensé des résultats des travaux de recherche réalisés depuis la création du PRONAM en RD Congo en 1974. En plus, il couvre, à travers une brève historique, la genèse de la recherche sur le manioc en RD Congo. Ce livre est un véritable chef d'œuvre qui n'a épargné aucun aspect sur la culture du manioc. Il vous permettra ainsi de bien cerner les divers contours de la culture du manioc afin de mieux la connaître et l'exploiter dans le seul but de satisfaire les utilisateurs et surtout les ménages agricoles tout en leur assurant un bien-être. Ce livre constitue en quelque sorte le couronnement des efforts et sacrifices consentis par les chercheurs pour remettre le manioc à l'abri des facteurs qui impactent négativement sur sa filière. Nous sommes ainsi rassurés que ce livre trouvera une grande audience auprès de tous ces acteurs de la filière manioc évoluant tant à l'intérieur qu'en dehors de la République Démocratique du Congo.

Prof. Mbuya A.K., DG INERA

Liste d'abréviations

ACMV	: Virus de la Mosaïque Africaine du manioc (African cassava mosaic virus)
ADN	: Acide désoxyribonucléique
AP	: Associations paysannes
ATER	: Area Time Equivalency ou équivalence de superficie en temps
AVM	: Acarien vert du manioc
BCP	: IITA-Biological Control Program
CAD	: Maladie de l'antracnose du manioc (Cassava anthracnose disease),
CART	: Cochenille Africaine des Racines et Tubercules
CBB	: Bactériose du manioc (Cassava bacterial blight)
CBSD	: Striure Brune de manioc (Cassava brown streak disease)
CBSV	: Virus de la striure brune du manioc (cassava brown streak virus)
CEP	: Champ École Paysanne
CIAT	: Centre International d'Agriculture Tropicale, Cali, Colombia
CFM	: Cochenille Farineuse de Manioc
CIBC	: Commonwealth Institute of Biological Control
CMD	: Mosaïque Africaine du Manioc (Cassava mosaic disease)
CMG	: Variante recombinante de Gemini virus
CNP ou HCN	: Potentiel en cyanogène (Abrév. anglaise) ou acide cyanhydrique
CR	: Competitive Ratio.
EACMV	: Virus de la mosaïque de l'Est d'Afrique (East Africa cassava mosaic virus)
EIA	: Etude d'Impact Environnemental
FAO	: Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
GLCI	: Initiative manioc Grands Lacs
IITA	: Institut International d'Agriculture Tropicale (International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria)
IPMa	: Initiative Présidentielle sur le Manioc en RD Congo
IPM	: Integrated Pest Management (Gestion Intégrée des Ravageurs)
LER	: Land Equivalent Ratio (ou en Français : Ratio de la Terre Équivalente)
MNRM	: Maladie de Nécrose Racinaire du Manioc (CRND : Cassava Root Necrosis Disease)
ONGD	: Organisations non gouvernementales de développement

PME	: Petites et Moyennes Entreprises
PRONAM	: Programme National Manioc de l'INERA
RID	: Recherche-Innovation-Développement
RD Congo	: République Démocratique du Congo
SAH TM	: Technologie hydroponique semi-autotrophique (Semi Autotrophic Hydroponics)
SENASEM	: Service National des Semences (RD Congo)
SNSA	: Service National des Statistiques Agricoles
UgV	: Virus de la mosaïque, souche hybride de l'Ouganda
UNIKIK	: Université de Kikwit, RD Congo
UNIKIN	: Université de Kinshasa, RD Congo
UPoCA	: Unleashing the Power of Cassava in Africa in Response to the Food Price Crisis



Origine, Domestication et Introduction du manioc en RD Congo

Mahungu N.M¹, Bakelana Z.T², Kombo G.R.A.³ et Bidiaka S.M⁴

¹IITA, Kinshasa, RD Congo

²INERA Mvuazi, Kongo Central, RD Congo

³Laboratoire de Sélection et Amélioration des Plantes, Institut national de Recherche Agronomique, Brazzaville, R Congo

⁴CIAT/HarvestPlus, Kinshasa, RD Congo

Introduction du manioc en RD Congo et dans les pays voisins

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) est une ancienne espèce de plantes à racines riches en amidon. Il a évolué comme une culture vivrière depuis qu'il est devenu important à partir du deuxième et du troisième millénaires avant JC (Lathrap, 1973 ; Allem, 2002). La plante est censée avoir été domestiquée 4000 ans avant JC et son centre d'origine est en Amérique du Sud (Allem, 2002 ; Nassar et Ortiz, 2008). Il est probablement domestiqué dans la région amazonienne (Olsen et Schaal, 2001 ; Olsen, 2004). Le processus de domestication du manioc impliquait la sélection de la taille, de la racine, de l'aptitude de croissance, du nombre de tiges et de la capacité de propagation clonale par les boutures. Environ 98 espèces de *Manihot* sont connues (Rogers et Appan, 1973). Les barrières sexuelles au sein du genre semblent faibles, ce qui indique une évolution récente du genre (Nassar, 1982). La plupart des hypothèses de domestication traditionnelles ont envisagé que la culture soit une « compilospecies » dérivée d'un ou plusieurs complexes d'espèces, soit au Mexique et en Amérique centrale (Rogers et Appan, 1973), soit dans tout le Néotropique (Sauer, 1993 ; Rogers, 1963 ; Ugent *et al.*, 1986). *M. esculenta* Crantz est le seul cultigène de la famille des Euphorbiacées (O'Hair, 1995).

Le manioc cultivé depuis fort longtemps par les populations locales fut découvert par les européens en 1500 quand le navigateur portugais Cabral accoste le Brésil avec ses hommes (Wikipédia, 2004).

Les premières mentions précises du manioc sont faites par Jean de Léry qui aborde les côtes du Brésil en 1557, et à court de provisions troque des objets manufacturés contre des vivres dont de la farine de manioc. De retour en France, Léry publie à La Rochelle le récit de son voyage (L'Histoire d'un voyage fait en la terre du Brésil, autrement dit Amérique) dans lequel il fait mention de la racine de manioc. Plus tard, une description scientifique en est faite par Willem Piso dans son ouvrage *Historia Naturalis Brasilæ* publié en 1648 à Amsterdam.

Beaucoup d'hypothèses ont été émises concernant l'origine du manioc. De Candolle et Vavilov considèrent le Brésil comme le centre d'origine du manioc du fait de sa grande

diversité variétale dans ce pays (Silvestre et Arraudeau, 1983). D'autres centres ont été récemment identifiés : le premier étant localisé au Mexique et en Amérique centrale (Guatemala et Honduras) et le second situé dans les régions sèches de l'Amérique du sud et les savanes du Venezuela.

La fabrication du tapioca est attestée pour la première fois dans un livre de John Nieuhoff qui réside au Brésil, entre 1640 et 1649. Il parle de la fabrication d'une sorte de gâteau fait de farine de manioc nommé *tipiacica* (Wikimedia, 2004).

Du 15ème au 17ème siècle, des explorateurs portugais ont établi des ports et des stations d'échanges sur les côtes africaines et les îles voisines. Ils ont commencé l'introduction du manioc par ces points avant 1600. A partir de ces points, il a été diffusé par les africains et a atteint des grandes zones à l'intérieur du continent sur 2 à 3 siècles (Carter *et al.*, 1992). Le manioc est actuellement présent dans presque toutes les zones de l'Afrique tropicale où les conditions sont adaptées pour sa culture (Carter *et al.*, 1992). Au cours de sa diffusion à travers le continent, le manioc a remplacé des produits de base traditionnels dans les zones diverses de l'Afrique tropicale et son impact social et environnemental est considérable, bien que toujours pas entièrement compris. Il est donc d'une importance capitale pour notre compréhension sur les transformations agricoles contemporaines, d'expliquer les raisons de cette rapide adoption.

Les portugais ont apporté le manioc en Afrique d'abord sous forme de farine ou 'farinha'. La farine de manioc a été utilisée comme provision pour les navires faisant la navette entre l'Afrique, l'Europe et le Brésil. La première mention de la culture de manioc en Afrique remonte à 1558 (Mauny, 1953 ; Pasch, 1980 ; Silvestre and Arraudeau, 1983). Il a été d'abord cultivé dans l'unique but de ravitailler les bateaux négriers jusqu'à environ 1600. Ross (1975) relève que les introductions multiples et plus ou moins simultanées ont eu lieu dans les stations portugaises de commerce : Fernando Po (Bioko en Guinée Equatoriale), les îles de São Tomé et Príncipe, Sierra Leone, et sur les côtes angolaises, entre Luanda et l'embouchure du fleuve Congo.

Les connaissances sur la diffusion du manioc à l'intérieur durant les 250 années suivantes sont extrêmement clairsemées. Des écrits des explorateurs européens qui ont atteint l'Afrique centrale au 19è siècle, il est mentionné qu'à ce moment-là, le manioc avait été incorporé avec succès dans de nombreux systèmes agricoles. La diffusion du manioc à travers l'Afrique semble avoir été réalisée à travers divers mécanismes. Le plus important semble avoir été les contacts initiaux avec la culture portugaise-brésilienne, par laquelle la culture a été installée, par le fleuve et probablement le commerce sur terre et par les migrations massives. Vers la fin du 19è et au cours du 20è siècle, les administrateurs coloniaux ont encouragé sa diffusion et ont développé la culture.

Les caractéristiques botaniques du manioc, telles que sa capacité à survivre et à émerger parmi la haute végétation et la viabilité de ses boutures, doivent avoir grandement facilité cette diffusion. Il est aussi intéressant de noter que la consommation assez fréquente ou sporadique des feuilles de manioc a probablement été une invention africaine (Jones, 1957).

Lorsque les portugais ont introduit la culture dans le royaume Kongo, près de l'embouchure du fleuve Congo, il a été adopté dans le cadre d'une assimilation culturelle,

consciemment promue par le Roi. Les colons portugais et africains ont tous commencé à cultiver le manioc (Carter *et al.*, 1992). Un des premiers rapports sur la culture du manioc en Afrique centrale est dû à Brun en 1611 (Rössel, 1987). Il a décrit la préparation de la farine de manioc amer à Loango. Il est probable que le manioc avait déjà été cultivé depuis quelques années à Loango avant cette date. En 1620, Bras Correa a été témoin de la culture du manioc “à la manière brésilienne” par les colons portugais à Mpinda à l’embouchure du fleuve Congo (Rössel, 1987).

En 1640, l’explorateur allemand Dapper a mentionné Luanda (Angola) comme la première région de production de manioc, avançant comme raisons de sa culture :

- la fertilité du sol (qui n’a pas convenu à d’autres cultures) ;
- la proximité de la ville comme marché ;
- la pression portugaise sur les populations pour produire le manioc et sauvegarder les provisions alimentaires pour la ville (Rössel, 1987).

En 1687, Cavazzi mentionne le manioc comme la nourriture aussi bien des pauvres que des riches au sein du royaume Kongo (bien qu’autrefois le mil et le sorgho étaient préférés au manioc).

En 1704, Lucques note que le maïs avait été remplacé par le manioc comme culture de base. Au milieu du 18^e siècle, le manioc était la principale culture vivrière parmi les Kakongo vivant au nord de l’embouchure du fleuve Congo et, en 1787, dans le royaume Kongo (Rössel, 1987).

La première diffusion du manioc à l’intérieur du continent, pour le Congo précolonial, a été réalisée seulement par les africains. Les européens ne sont entrés à l’intérieur que plus tard (le premier était Stanley, en 1877), tant que le fleuve Congo ne pouvait pas être accessible à partir de la mer (Harms, 1981). On suppose que le manioc a été initialement disséminé dans l’ensemble des territoires des groupes bantous de l’ouest et du centre par le commerce (Murdoch, 1959). Il est probable que le manioc a été transporté à partir de l’embouchure du fleuve Congo dans la direction Sud- Est, sur des longues distances sur les routes du commerce. Sa diffusion était probablement très lente. Les Lamba, vivant dans ce qui est actuellement l’extrême Sud- Est de la RD Congo (ex. Zaïre), au bout de la route du commerce partant de Bié et Silva Porto (Nova Lisboa, Angola), ont connu le manioc en 1852 (Pasch, 1980).

Wood (1985) a noté que le manioc a été introduit en haut Zambèze seulement au cours des années 1830 par les migrants Mbunda à partir du Nord- Est de l’Angola, où il était déjà connu au début du 17^e siècle. Pasch (1980) conclut, à partir des études linguistiques basées sur la similarité des noms locaux du manioc sur les routes du commerce, que plusieurs de ces routes ont contribué à la diffusion de la culture. La première route s’étendait de l’Angola au Mozambique, tandis qu’une autre deuxième route menait probablement du centre de la RD Congo vers le Nord du Zimbabwe. Une troisième route connectait Lozi (sur les frontières actuelles du Zimbabwe) vers Tonga en Zambie, comme il est indiqué par exemple par le fait que le terme ‘mwanja’ (manioc) avait été adapté de Lozi à Tonga. Les dates de la diffusion sont difficiles à vérifier en utilisant les preuves linguistiques.

Au contraire, la diffusion du manioc vers le Nord- Est, le long du Fleuve Congo et ses affluents, semble avoir été beaucoup plus rapide. Le commerce fluvial a été un mécanisme

évident, mais quelles étaient les raisons de son adoption ? L'expansion du manioc à travers le pays aurait été rapide à cause de son adaptabilité à une large gamme de régimes climatiques et aux divers types de sols et de son intégration facile aux différents systèmes culturels traditionnels.

Jones (1957) pense que le manioc a pu remplir une niche importante de l'agriculture en zone de forêt humide, où peu de cultures ont été correctement adaptées à l'environnement. Il a attribué cette situation à la récente occupation d'une grande partie de la zone de forêt par les peuples bantous, qui sont originaires des zones de savane et qui manquaient de culture de base adaptée à la forêt tropicale humide. De plus, il a noté que beaucoup de peuples du Bassin du Congo ont été habitués à la culture de la banane, une culture qui exigeait des pratiques culturelles semblables, avait des périodes de récoltes similaires et exigeait des techniques de traitement semblables.

Cependant, ces sources s'appuient seulement sur les groupes qui avaient déjà développé une certaine forme de culture semi sédentaire de l'agriculture, contrairement aux chasseurs et ramasseurs.

Le manioc semble avoir remplacé le millet, l'igname et le plantain comme aliment de base dans la plupart des zones le long du fleuve Congo, aboutissant à une augmentation du commerce des produits agricoles. En 1698, le manioc était déjà l'aliment de base à Stanley (Malebo) Pool, près de Kinshasa. De là, il s'est étendu en amont et à l'intérieur. Harms (1981), cite comme raisons de cette introduction :

- La production élevée de calorie par unité de surface ;
- La résistance à la détérioration après transformation.

La consommation était répandue parmi les populations riveraines. Le manioc était particulièrement adapté pour être emporté au cours des voyages, considérant sa forme transformée comme la 'chikwangue', et a constitué une ration équilibrée en combinaison avec du poisson (Harms, 1979). Le commerce du manioc a rapidement pris des dimensions énormes, puisque les populations riveraines ne produisaient pas suffisamment de manioc pour leur propre consommation.

A la fin du 19^e siècle, un observateur a mesuré quotidiennement une expédition de 40 tonnes le long de la rivière Alima dans l'actuelle République du Congo. D'autres ont mesuré 150 tonnes/ semaines et 14- 17 tonnes/ jour. Quelques tribus se sont spécialisées dans le commerce du manioc et ont créé des marchés le long de la rivière. Le Pool Malebo était le centre régional du commerce, le manioc était transporté sur un rayon de 250 km (et parfois plus) autour de cette région (Harms, 1979 et 1981).

Il a paru évident aux explorateurs francophones en Afrique centrale de soutenir l'hypothèse d'une diffusion fluviale. Prioul (1957), dans la revue de littérature en République Centrafricaine, cite les relations riveraines de l'Oubangui comme accélératrices de la diffusion du manioc. A partir de la fin du 19^e siècle, il était bien établi entre Oubangui, Oudda, Ndris et Gbaya (Nana Membre). Il y a des indications que, au 19^e siècle, au nord de Bangui et dans les savanes, le manioc a pu avoir été supplanté temporairement comme aliment de base contemporain par la banane et, en savane, par les céréales. A partir du Congo, il a été diffusé vers les parties de l'Est de ces territoires le long de la rivière Sangha, autant que Yokadouma au Cameroun au cours du 19^e siècle.

Jones (1959) suggère que la diffusion du manioc à l'intérieur du Cameroun, du Gabon et de la Guinée Equatoriale n'a commencé qu'au cours du 20^e siècle.

Une preuve plus récente permet de modifier cette image. Il est vrai que, dans les premières sources de 1640, le manioc n'était pas mentionné comme plante alimentaire dans l'Estuaire (hinterland de Libreville) et, en 1682, il n'est pas mentionné au Cap Lopez, mais il est très probable que le manioc a pris de l'importance après 1760 au Gabon, quand le commerce des esclaves a pris de l'ampleur. Éventuellement, il est devenu la culture vivrière principale dans l'Estuaire en 1865, au Moyen-Ogooué (sud de Libreville) et parmi les Fang. Il était certainement devenu une plante largement cultivée dans la région de Franceville en 1875. Cependant, dans quelques zones intérieures, comme Ogooué-Maritime et N'Gounié, il était rarement trouvé (Rössel, 1987).

En 1850, Barth (explorateur allemand) a observé le manioc dans le nord du Cameroun parmi les Fulani, qui étaient probablement responsables de la diffusion de la culture dans cette zone. La plupart des noms du manioc dans les langues aux alentours sont proches du nom en Fulani ou en Fulfulde 'mbai' (Rössel, 1987). Nous pouvons conclure que le manioc peut avoir été diffusé par le fleuve Congo dans une grande partie de l'Afrique centrale au cours du 18^e et le 19^e siècle.

Il était présent sur les rivages occidentaux des Lacs Nyassa et Tanganyika dans la deuxième moitié du 19^e siècle où les européens ont d'abord exploré la zone.

Dans quelques zones, la diffusion plus répandue entre fleuves semble avoir été un processus plus lent, étant dépendant du commerce et a été gêné par des relations politiques et probablement la guerre. Avant l'imposition de l'administration européenne, la migration était probablement le principal moyen de diffusion du manioc à travers les lignes de partage des eaux.

Taxonomie du manioc

La taxonomie du manioc selon Allem (1994) est la suivante :

Règne : Plantae

Sous - règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Embranchement : Cormophytes

Sous - embranchement : Phanérogames

Classe : Magnoliopsida

Sous - classe : Rosidae

Ordre : Euphorbiales

Famille : Euphorbiaceae

Sous - famille : Crotonoidae

Tribu : Manihoteae

Genre : *Manihot*

Espèce : *Esculenta*

Le manioc *M. esculenta* a un nombre chromosomique $2n = 36$ et est un allotétraploïde avec un nombre de base $x = 9$. Cependant il se comporte comme un diploïde lors de sa multiplication sexuelle. Selon Pernès and Lourd (1984), *Manihot esculenta* est un complexe d'espèces.

Allem (1994) en comparant morphologiquement les populations sauvages et les formes cultivées de *Manihot esculenta* propose une subdivision de l'espèce en trois sous-espèces. *Manihot esculenta* subsp. *Esculenta* comprenant toutes les variétés en culture tandis que les deux autres sous-espèces *Manihot esculenta* subsp. *Flabellifolia* et *Manihot esculenta* subsp. *Peruviana* sont à l'état sauvage. Ces deux dernières sont considérées comme les plus proches parents sauvages du manioc cultivé. Dans un passé récent le manioc amer était appelé comme *Manihot utilisima* Pohl et le manioc doux comme *Manihot aipi* Pohl (Commission UE, 2008). *M. utilisima* Pohl est un synonyme encore utilisé par certains auteurs. (<https://fr.wikipedia.org/wiki/Manioc#Synonymes>, 20 mai 2020).

Caractéristiques botaniques du manioc

Organes végétatifs

Manihot esculenta Crantz est un arbuste ou petit arbre pouvant atteindre 5 m de haut, à ramification généralement trichotomique. Les rameaux, fragiles, à l'écorce lisse, de couleur variant du blanc crème au brun foncé, ont une moelle très épaisse. Toutes les parties de la plante contiennent un latex blanc. Le système racinaire est constitué de racines traçantes pouvant atteindre 1 m de long. Certaines racines subissent un phénomène de tubérisation, par accroissement secondaire dû au cambium, qui démarre un à deux mois après la plantation. Les racines tubérisées sont farineuses et peuvent atteindre 50 cm de long ou plus dépendant des variétés et de la texture de sol. Leur nombre varie selon les cultivars et les facteurs environnementaux comme la photopériode. En général, on en compte de 4 à 8 par plant (Wikimedia, 2004).

Les feuilles, alternes, ont un limbe, de 6 à 25 cm de large, profondément palmatipartite, de couleur vert foncé à la face supérieure, glauque à la face inférieure. Le nombre de lobes, toujours impair, est variable, souvent de 3 à 7 lobes. Les lobes sont généralement oblancéolés (le lobe médian, entier, mesurant de 6,5 à 15 cm de long sur 2 à 6 cm de large), progressivement aigus-acuminés à leur extrémité, rétrécis à la base, moyennement pubescents près de la nervure médiane ou presque glabres. Le pétiole, souvent rougeâtre, long de 4 à 25 cm, porte à sa base deux stipules triangulaires-lancéolées, de 4 à 5 mm de long sur 2 mm de large, rapidement caduques (Wikimedia, 2004).

Biologie florale

Le manioc est une plante monoïque : les fleurs mâles et femelles sont portées sur la même plante. Les fleurs toujours terminales sont unisexuées et regroupées sur la même inflorescence, celle-ci étant une panicule terminale. Les fleurs femelles peu nombreuses et situées à la base de l'inflorescence apparaissent avant les fleurs mâles en grand nombre. Cette apparition séquentielle des fleurs favorise leur ouverture différée dénommée protogynie et justifie la présence de l'allogamie chez le manioc.

A cause de sa nature allogame, le manioc cultivé est hautement hétérozygote. Cependant un champ d'une variété particulière est composé des génotypes homogènes parce que le manioc est communément propagé par voie végétative avec des boutures. L'hybridation des parents sélectionnés est alors nécessaire afin de créer des populations sources avec une grande variabilité génétique (Mahungu, 2017).

Les fleurs mâles sont portées par des pédicelles minces, de 5 mm de long. Le calice est formé de lobes triangulaires, subaigus, glabres de 6 mm de long sur 4 mm de large. Les étamines, au nombre de 10 réparties en deux verticilles, ont un filet libre, mince, glabre, blanc, long de 7 mm pour la plus longue, de 2,5 mm pour les plus courtes. Les anthères, petites (1,5 mm de long), jaune pâle, présentent une touffe apicale. Le disque réceptacle présente 10 lobes concaves, aigus. Les fleurs femelles, portées par des pédicelles de 7 mm de long, incurvées, font jusqu'à 2,5 cm de diamètre. Les sépales triangulaires-ovales, subaigus font 1 cm de long sur 0,5 cm de large. L'ovaire, rose, de forme botryoïdale, mesure 2 x 2 mm. C'est un ovaire trilobulaire supporté par un disque réceptacle glandulaire à 5 lobes faiblement marqués. Il présente 6 ailes étroites et un style terminé par un stigmate à 3 lobes. Chacune des loges renferme un ovule simple (Wikipédia, 2004).



Photo 1.1. **1** Les fleurs mâles et femelles sont sur une même inflorescence (plante monoïque), les fleurs femelles s'ouvrent avant les fleurs mâles (protogynie), **2** les fruits à maturité et l'un d'eux prêt à la déhiscence ; **3** les graines de manioc (crédit photo 3 : IITA)

Le fruit est une capsule de forme ellipsoïde à subglobuleuse, de 1,3 à 1,7 cm de diamètre. Il présente 6 ailes longitudinales, verdâtres, crénelées ou onduleuses.

L'endocarpe ligneux compte trois loges renfermant chacune une graine. Le fruit se sépare en trois coques lors de la déhiscence (Wikipédia, 2004).

Les graines, ellipsoïdes à pentagonales déprimées, de 1,1 cm de long sur 5,5 mm de large et 3,5 mm d'épaisseur, ont une testa un peu brillante, gris pâle, parfois tachetée de noir. Elles présentent une grande caroncule de 3 mm de large à l'extrémité du micropyle (Wikipédia, 2004).

Importance socio-économique du manioc

Le manioc a été domestiqué initialement pour la consommation directe des racines, qui contiennent beaucoup de glucides. Le manioc est cultivé comme nourriture pour l'homme et les animaux et comme matière première industrielle.

Les racines de manioc et les feuilles sont appropriées pour la consommation humaine. Les premières sont une importante source de carbohydrates et les secondes, de protéines et de minéraux (FAO, 1998).

Le manioc est consommé sous un certain nombre de formes : en farine, en tranches de racines, en racine râpée (cuite, à la vapeur ou frite à la poêle) en racine entière cuite à la vapeur et en tapioca à gros grains fabriqué en dessert (Knudsen *et al.*, 2005).

Le marché du manioc est diversifié. Le manioc devient une culture commerciale importante pour des fermiers et petits cultivateurs, des intermédiaires aussi bien que des vendeurs aux marchés divers et devient de plus en plus une culture industrielle importante.

La FAO utilise une classification d'utilisation de manioc comme nourriture (traditionnel : frais, des farines et des pâtes), comme aliment de bétail (chips, les boulettes et des mélanges de feuille) et l'amidon utilisé comme base (des secteurs alimentaires et non-alimentaires) (FAO, 1998).

La nourriture constitue l'utilisation finale majeure de la culture mais aussi pour les marchés locaux et régionaux pour l'aliment de bétail, l'utilisation industrielle et les énergies futures. Cependant, les racines contiennent peu de protéines et peu de micronutriments nutritifs, comparées à la patate douce, la pomme de terre, le haricot, le maïs et le blé.

La qualité nutritionnelle des racines de manioc est en général faible, 100 grammes de poids brut de manioc blanc fournissent 160 kcal principalement comme glucides (38 g), l'eau (60 g), protéine (1,4 g), matière grasse (0,3 g) et des traces de fer (0,3 g), niacine (0,9 g), thiamine (0,09 g), riboflavine (0,05 g), calcium (16 mg), potassium (271 mg), zinc (0,3 g) et la vitamine C (21 g) (USDA, 2016 ; Benesi, 2005).

En plus, le manioc produit des glucosides cyanogènes, ce qui est souvent considéré à tort ou à raison comme un danger pour la santé des consommateurs, en particulier les populations qui en dépendent comme culture de base. Il existe un certain nombre de variétés de manioc, chacune ayant des concentrations totales d'acide cyanhydrique (HCN) variant selon l'altitude, le site géographique et les conditions saisonnières et de production. Les variétés cultivées sont en conséquence classifiées comme douces ou amères, selon leur teneur en HCN dans les racines. Quoiqu'il existe une corrélation positive entre la teneur en HCN dans les feuilles et dans les racines dans beaucoup de populations/germoplasme de manioc (Cooke *et al.* 1978 ; Mahnugu, 1992), vu la quantité de HCN dans les feuilles, les variétés ayant une faible teneur en HCN dans leurs racines doivent avoir leurs feuilles bien macérées (pilées) pour leurs consommations comme légume.

La norme pour le manioc amer définit les variétés amères de manioc comme celles contenant plus de 50 mg/kg de cyanures exprimés en tant que HCN (FAO/OMS, 2013).

Les racines tubérisées provenant des variétés amères doivent être traitées (transformées) avant d'être consommées, alors que celles obtenues des variétés douces pourraient être consommées fraîches ou cuisinées directement.

Dans tous les programmes de recherche sur le manioc situés en Afrique subsaharienne, l'IITA et les instituts nationaux prennent en compte les problèmes de toxicité dans le développement des variétés de manioc. Les niveaux du cyanure toxique potentiel contenu dans le manioc sont considérablement réduits grâce au programme d'amélioration en sélectionnant les variétés qui contiennent la plus faible quantité possible de potentiel en cyanure.

Il n'est pas établi une corrélation entre la teneur en potentiel de cyanure (CNP) dans les racines ou les feuilles et les traits agronomiques et/ou la résistance aux maladies et ravageurs (Mahungu N.M. *et al*, 1994). Un apport élevé en cyanure provenant de manioc amer insuffisamment transformé peut provoquer un nombre de maladies dont la maladie paralytique « Konzo », qui survient souvent pendant la saison sèche parmi la population rurale avec un régime pauvre en protéines. Cependant, dans de nombreuses zones infestées de singes, les agriculteurs préfèrent les variétés « amères » pour se protéger contre les ravages des singes et le vol des humains. Ces variétés sont normalement potentiellement dangereuses pour la santé si elles ne sont pas correctement transformées. Mahungu *et al.*, (1987) avaient rapporté que les produits subissant la fermentation dans l'eau et ceux bien râpés et bien séchés avaient une teneur en cyanures non détectable, ainsi ne présentent aucun danger d'intoxication.

De plus, la consommation par les citadins pourrait être stimulée par une diversification en produits de manioc à valeur ajoutée, comme le pain, les biscuits, les nouilles, les gâteaux, les frites, les aliments pour bébés et des édulcorants (FAO, 1998).

Les feuilles sont aussi importantes comme légumes dans certaines régions de l'Afrique. En outre, plus récemment, les feuilles de manioc sont utilisées (après broyage et séchage) comme un supplément minéral expérimental pour les bébés et les nourrissons, dans le Nord Est du Brésil (CNPMF, 1996).

Bien que la majorité des données sur le manioc concernent les racines, les feuilles de manioc sont très importantes dans quelques pays. En RD Congo, les feuilles ont une valeur marchande plus grande que les racines (Lutaladio and Ezumah, 1981). Il a été estimé que les feuilles de manioc comptent approximativement pour 68 % de la production végétale dans le pays (Tshibaka et Lumpungu, 1989).

L'Étude collaborative sur le manioc en Afrique (COSCA) a montré que le manioc constitue une source de revenu pour un grand nombre de ménages plus que les autres cultures (Nweke, 1996). Il tolère la sécheresse, les sols pauvres et peut même produire un rendement économique sur des sols où d'autres cultures ne peuvent pas produire (IITA, 1990). « Dans la majorité des pays d'Afrique tropicale, la racine de manioc est une denrée de base qui constitue une réserve importante en cas de perte d'autres cultures vivrières, et de plus en plus une culture de rente pour le marché urbain ».

Contrairement aux autres cultures de base, elle se développe bien dans des conditions marginales et défavorables de fertilité du sol et des précipitations. Il tolère un large éventail de pH du sol, de 4 à 8 (Howeler, 1978).

Contraintes dans les technologies de la recherche sur le manioc en RD Congo

Les contraintes liées à la filière du manioc sont multiples et communes à plusieurs autres cultures (Kankonde *et al.*, 2006 ; Kinkela S. *et al.*, 2006 ; Munyuli *et al.*, 2007, Moloba *et al.*, 2019 ;).

Il y a d'abord les *contraintes d'ordre général*, à savoir : l'inexistence d'une politique agricole cohérente dans le pays, définissant les objectifs généraux et quantifiant les besoins en vivres des populations ; l'approvisionnement irrégulier et insuffisant en différents intrants agricoles ; la difficulté d'accès due au mauvais état des routes et des voies navigables ; la prédominance du système traditionnel et le manque ou l'insuffisance d'encadrement.

Contraintes liées à la production : Quand bien même certaines provinces seraient un peu en avance sur un facteur par rapport à d'autres, les contraintes les plus marquantes sont : (i) moindre utilisation des boutures sélectionnées/améliorées. En 2012, il n'y avait que 15% des besoins qui étaient atteints suivant les efforts de réhabilitation du manioc par le gouvernement et les investisseurs en développement suivant le projet multi-donateurs coordonné par IITA, (ii) les maladies et ravageurs, (iii) le manque d'outillage, (iv) les techniques culturales non appropriées dans certains systèmes de production, (v) le moyen de transport et/ou d'évacuation des produits. A cela s'ajoute aussi le problème de coût et de l'insuffisance de la main d'œuvre, des sols pauvres, de l'absence des crédits et des conflits de terres allouées à l'exploitation (problèmes fonciers). En outre, le délabrement des infrastructures réduit l'accès des paysans producteurs aux marchés et en même temps leur empêche l'accession aux intrants améliorés. Il faut aussi noter que, l'utilisation des outils peu performants comme la machette, la houe et la hache, limite les superficies emblavées.

Les contraintes liées à la transformation sont principalement l'insuffisance des infrastructures (bacs de rouissage, claie de séchage) et des équipements modernes de transformation du manioc (éplucheuse, râpe/découpeuse, presse, séchoirs modernes). Etant donné que la production de manioc après avoir été stabilisée dans sa chute (1991-2000) avait commencé à augmenter légèrement de 2012 à ce jour passant de 14 millions de tonnes/an à 45 tonnes en 2018 (FAO, 2018). Des besoins en technologies de transformation semi-industrielle et industrielle devraient être résolus pour la promotion du secteur manioc dans le pays.

Les entraves à la commercialisation : sont dues aux difficultés liées aux problèmes d'accès aux centres de production (mauvais état des routes de desserte agricole) ; aux innombrables taxes, à la vétusté ainsi qu'à l'insuffisance de moyens de transport, aux tracasseries policières et administratives, à l'accès très limité de crédits, aux coûts de distribution élevés entre les niveaux de demi-gros et de détail.

L'insuffisance d'entretien des routes de desserte agricole, la mise hors service des bacs et ponts, le manque de pièces de rechange et de moyens de transport, la pénurie et les prix élevés de carburant constituent un goulot d'étranglement dans la commercialisation des produits agricoles dont le manioc.

Compte tenu du fait que généralement le prix du manioc et de ses produits dérivés ne varient pas beaucoup pendant les six mois suivant le rythme de récolte des céréales, ce fait devient un facteur qui limite l'impact de stockage (emmagasiner) pour des fins de spéculation.

Pour faire face aux contraintes de la culture du manioc, la recherche a entrepris depuis quelques décennies, des travaux pour trouver des solutions et relancer la culture du manioc en RD Congo.

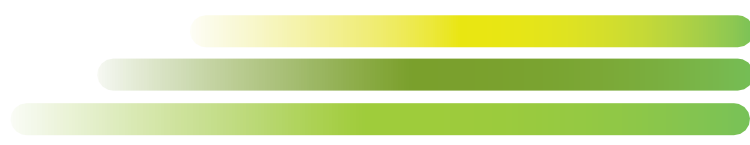
Plusieurs variétés de manioc ont été injectées en RD Congo à partir des centres de recherche de l'IITA en Afrique afin de constituer un germoplasme complexe, une base de sélection des variétés résistantes d'abord à la bactériose, puis à la mosaïque. A cet effet, l'IITA qui travaille en RD Congo en étroite collaboration avec l'INERA à travers le PRONAM renseigne que plus ou moins 30 variétés ont été sélectionnées à ce jour et sont diffusées et disséminées sur base de leur résistance aux différentes maladies, spécialement la mosaïque et la bactériose de manioc (INERA, 2007 ; INERA, 2008 ; SENASEM, 2012, MINAGRIDER, 2012). Actuellement l'accent est mis sur la résistance à la striure brune du manioc (CBSD) et à la maladie des nécroses racinaires du manioc (MNRM ou CRND en Anglais : Cassava root necrosis disease). Ces variétés répondent aux différentes chaînes de valeur de manioc en RD Congo pour les racines et les feuilles.

Références

- Allem, A. C. 1994 b. Manihot germplasm collection priorities. p.87-110. In. Proceedings of The First Meeting of The International Network For Cassava Genetic Resources. IPGRI, Rome.
- Allem, A.C. 2002. The origins and taxonomy of cassava (*Manihot esculenta* Crantz subspecies *esculenta*). In: Hillocks, R. J., M.J. Thresh and A.C. Bellotti (eds.). Cassava: Biology, production and utilisation. CABI International, Oxford. pp.1-16.
- Benesi I.R.M., Labuschagne M.T., Dixon A.G.O., Mahungu N.M., Genotype x environment interaction effects on native cassava starch quality and potential for starch use in the commercial sector. *African Crop Science Journal*, 2004, 12, 205-216
- Carter, S.E., L.O. Fresco, P.G. Jones and J.N. Fairbairn. 1992. An atlas of cassava in Africa: Historical, agroecological and demographic aspects of crop distribution. CIAT, Cali, Colombia. pp.85.
- CNPMF. 1996. Internal research data. EMBRAPA-CNPMF, Cruz das Almas-BA, Brazil
- Collares, R. M., Miklasevicius, V.S.L., Bassaco, M.M., Salau, P.G.N., Mazutti, M.A., Bisognin, D.A. and Terra, L.M. 2012. Optimization of enzymatic hydrolysis of cassava to obtain fermentable sugars. *Journal of Zhejiang University-Science B (Biomedicine and Biotechnology)*, 13:579 – 586.
- Cooke, R.D., Howland A.K. and Hahn, S.K., 1978. Screening cassava for low cyanide using an enzymatic assay. *Experimental Agriculture*, 14: 367 – 372.
- Diallo, Y., Gueye, M. T., Sakho, M., Darboux, P. G., Kane, A., Barthelemy, J. P., et Lognay, G. 2013. Importance nutritionnelle du manioc et perspectives pour l'alimentation de base au Sénégal (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement = Biotechnology, Agronomy, Society and Environment [= BASE]*, 17(4).
- Doyle McKey, Marianne Elias, Benoît Pujol, Anne Duputié, Marc Delêtre et Delphine Renard. 2019. Maintien du potentiel adaptatif chez les plantes domestiquées à propagation clonale : Leçons de gestion par les cultivateurs de manioc amérindiens. <https://doi.org/10.4000/ethnoecologie.741>
- FAO. 1998. Report of a FAO consultancy by the European Group on Root, Tuber and Plantain co-ordinated by Dr. Guy Henry, CIRAD (Revision 25/10/98)
- FAOSTAT. 2017. FAO Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO. 2018. FAOSTAT 2018.

- Harms, R. W. 1979. Fish and cassava: The changing equation. *African Economic History* 7:113-116.
- Harms, R. W. 1981. River of wealth, river of sorrow. Yale University, New Haven, CT.
- Howeler, R.H. 1978. The mineral nutrition and fertilization of cassava. In: *Cassava Production Course*. CIAT, Cali, Colombia pp 247-292.
- <https://fr.wikipedia.org/wiki/Manioc#Synonymes>, 20 mai 2020
- INERA (Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques). 2007. Le Catalogue des Matériels Génétiques. 63 p. Kinshasa.
- INERA (Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques), 2008 : Rapport annuel 2007, 87 p. INERA – Mvuazi.
- Jones, W.O. 1957. Manioc in Africa. Stanford University Press. Stanford, CA. pp 315
- Kankonde M., Kinkela S., Ntoto M., Biloso M., Mpanzu B. et Belani M. 2006. Seconde évaluation du projet : Réponse urgente à la recrudescence de la mosaïque africaine du manioc en RDC. Proseca, 80 p.
- Kinkela Savy.C., M., Biloso M., Belani M. Et Mpanzu B. 2006. Seconde évaluation du projet « Réponse urgente à la recrudescence de la mosaïque du manioc en RDC », Kinshasa, PROSECA, 73 P.
- Knudsen I, Søborg I, Eriksen F, Pilegaard K, Pedersen J. 2005. Risk assessment and risk management of novel plant foods. Concept and principles. *Tema Nord* 2005: 588. pp. 47-49.
- Lathrap, 1973. The antiquity and importance of long distance trade relationship in the moisttropics of pre- Colobian South America. *World Archeology*5, 170- 186.
- Lutaladio N. B. and Ezumah H. C. 1981 Cassava leaf harvesting in Zaire. In: *Tropical Root Crops Research Strategies for the 1980s. Proceedings First Triennial Symposium ISTRC Afiica Branch*, pp. 134-136 (Terry E. R., Oduro K. A. and Caveness F., eds). Ibadan : IDRC.
- Mahungu N.M. 1994. Relationships between cyanogenic potential of cassava and other agronomic traits. *Acta Horticulturae* 375. Cassava Safety.
- Mahungu N.M., Hahn, S.K. and Cheda, H.R., 1994. Cyanide and cassava breeding. In: *Root Crops and Food Security in Africa; Proceedings of the Fifth Triennial Symposium of the ISTRC-AB*, Kampala, Uganda, 24 – 28 Nov. 1992. (M.O. Akoroda, ed.
- Mahungu N.M. 2017. Cours d'amélioration spéciale des plantes, Université Kongo, RD Congo ; pp 60
- Mahungu N.M., Y. Yamaguchi, A.M. Almazan and S.K. Hahn, 1987. Reduction of cyanide during processing of cassava into some traditional African foods. *J. Food Agriculture*. 1: 11-15.
- Mauny, R. 1953. Notes historiques autour des principales plantes cultivées d'Afrique occidentale. *Bulletin IFAN B* 15(2):684-731.
- MINAGRIDER. 2012. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Plan National d'Investissement Agricole (PNIA), 2013 – 2020
- Moloba Lukombo Yannick, Mobula Meta Victor, Ntoto Mvubu Roger, Mahungu Nzola Meso. 2019. Dynamique Socio-économique de l'adoption des variétés améliorées du manioc en République Démocratique du Congo (RDC) : Cas des Provinces de Kongo Central et la Tshopo. Doi: 10. 19044/esj.2019.v15n15 p346 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n15p346](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n15p346)
- Moyo, C.C., I.R.M. Benesi and V.S. Sandifolo. 1998. Current status of cassava and sweetpotato production and utilisation in Malawi. The Department of Agricultural research and Technical Services report submitted to the Ministry of Agriculture and Irrigation Development. pp.41.
- Munyuli T.M.B., Tshisinda T., Legg J.P., Lema A., Mwangi M., Mahungu N. and Ntawuruhunga P. 2007. The potential of utilizing cassava landraces diversity

- resources for the effective management of pests and diseases of economic importance in Democratic Republic of Congo. In Mahungu, N.M. and Manyong, V.M. (eds.) (2007) *Advances in Roots and Tuber Crops Technologies for Sustainable Food security, Improved Nutrition, Wealth Creation and Environmental Conservation in Africa*. Proceedings of 9th ISTRC-AB
- Murdoch, G. P. 1959. Africa: Its peoples and their culture history. McGraw Hill, New York.
- Nassar, N.M.A. 1982. Collecting wild cassava in Brazil. *Indian J. Genet.* 42: 405-411.
- Nassar, N.M.A., and R. Ortiz. 2008. Cassava genetic resources: manipulation for crop improvement. *Plant Breeding Reviews* 31:247-275.
- Nweke, F.I., B.O. Ugwu, and A.G.O. Dixon. 1996. Spread and performance of improved cassava varieties in Nigeria. Collaborative study of cassava in Africa (COSCA). Working paper No. 15.
- O'Hair, S.K. 1995. Cassava. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/CropFactSheets/cassava>. (Accessed 11 August 2006).
- Olsen, K. and Schaal, B. 2001. Microsatellite variation in cassava *Manihot esculenta*, Euphorbiaceae and its wild relatives: evidence for a southern Amazonian origin of domestication. *American Journal of Botany* 88, 131-142.
- Olsen K.M. 2004. SNPs, SSRs and inferences on cassava's origin. *Plant Molecular Biology* 56:517-526
- Pasch, H. 1980. Linguistische Aspekte der Verbreitung Lateinamerikanischer Nutzpflanzen in Afrika. Unpublished thesis, University of Cologne, Cologne.
- Pernès J. et Lourd M., 1984. Organisation des complexes d'espèces. In Pernès J. (Ed), *Gestion des ressources génétiques des plantes*. Volume 2. Paris : ACCT-Lavoisier. 25 p
- Prioul, C. 1957. Notes sur la diffusion du manioc dans la partie centrale du territoire Centrafricain. Ministère du Plan, Bangui. 9p.
- Rogers, D.J. 1963. Studies of *Manihot esculenta* Crantz and related species. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 90 (1): 43-54.
- Rogers, D.J. and S.G. Appan. 1973. *Manihot* and *manihotoides* (Euphorbiaceae): a computer assisted study. Organisation for Flora Neotropica. Monograph 13. Hafner, New York. pp.278.
- Rössel, G. 1987. Gewas innovaties in Gabon van prehistorie tot koloniale tijd. Unpublished M.Sc. thesis. Department of Agricultural History, Wageningen Agricultural University, Wageningen.
- Sauer J.D. 1993. *Historical Geography of Crop Plants: a selected Roster*. Boca Raton (FL, USA) : CRC.
- SENASA (Service National des Semences). 2012. Règlement technique de la production, du contrôle et de la certification des semences des principales cultures vivrières et maraîchères. Pp. 45-50. Projet Appui au Secteur Semencier (ASS/CTB) Ministère de l'Agriculture et du Développement rural. Kinshasa
- Sylvestre, P., et Arraudeau, M. 1983. Le manioc, technique et production tropicale. Maison neuve et Larose, Paris, p.262
- Ugent D., Pozorski S., Pozorski T. 1986. Archeological manioc (*Manihot*) from coastal Peru. *Economie Botany*, 40: 78-102.
- USDA: Agricultural Research Service, US Department of Agriculture. 2016.
- Wikipedia, 2004
- Wikimedia, 2004
- Wood, A. P. 1985. A century of development measures and population redistribution along the Upper Zambezi. In: Clarke, J. I.; Khogali, M.; Kosinski, L. A. (eds.). *Population and development projects in Africa*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 163-175. *Acta Hort.*, 375, 69-78.



Amélioration génétique et sélection du manioc en RD Congo

Mahungu N.M¹, Bidiaka S², Bakelana T³, Binzunga M³, Tata Hangy W¹, Ndombo D.¹, Lukombo S¹, Nluta S³, Mukendi D⁴, Mwangu K⁵, Musungayi E⁶, Tambu E³. et Sumbu D².

¹IITA, Kinshasa, RD Congo

²CIAT/HarvestPlus, Kinshasa, RD Congo

³INERA Mvuazi, RD Congo

⁴INERA Ngandajika, RD Congo

⁵INERA Kiyaka, RD Congo

⁶INERA Mulungu, RD Congo

L'INEAC et la recherche agronomique

En 1933, le Gouvernement Belge créa l'Institut National pour l'Etude Agronomique du Congo Belge (INEAC) par Arrêté royal du 22 décembre 1933 et installé par Sa Majesté le Roi des Belges, le 24 mars 1934 afin de conduire la recherche agronomique. L'INEAC était en fait le résultat de la transformation d'un organisme préexistant, la Régie des Plantations, mais avec un mandat différent d'installer des champs d'expériences de l'INEAC (Bulletin Agricole du Congo Belge, Volume XXVI (3) : 267-270) et avait, avec les moyens mis à sa disposition, à atteindre le but lui assigné : «le progrès scientifique de l'agriculture au Congo Belge» (Jurion, 1952). L'INEAC, dès sa création, répartit ses services en trois Sections dont la Section des recherches scientifiques, la Section des recherches agronomiques et la Section des plantations.

Dans l'ensemble, tous ces services étaient basés au Secteur central de Yangambi avec la Section des recherches scientifiques ayant quatre divisions (Botanique, Agrogéologie, Phytopathologie et Entomologie, et Technologie), la Section des recherches agronomiques ayant cinq divisions (Palmier Elaeis, Caféier, Hévéa, Plantes vivrières, et Forestière) et la Section des plantations dont cinq plantations à Lula, à Gazi, à Barumbu, à Yangambi, et Centrale de Yangambi. A part le Secteur de Yangambi, il y avait deux autres Secteurs, celui des Régions Est (Station de Mulungu-Tshibinda, Station de Nioka et Stations du Ruanda-Urundi) et du Bas-Congo (Station fruitière en voie de création et Plantation expérimentale à créer). En plus, il y avait deux stations cotonnières dont une principale de Bambesa et une secondaire de Ngandajika.

C'est probablement dans la Division des plantes vivrières de Yangambi qu'on pouvait insérer le manioc dans trois des 11 thèmes retenus dont la sélection des variétés indigènes

de plantes vivrières, l'étude systématique des variétés indigènes et dans les essais divers : conservation et expédition de semences et de boutures, stimulation de la germination, désinfection des semences.

Recherche sur la culture de manioc à l'INEAC à partir de 1920

La recherche formelle sur l'amélioration du manioc en RD Congo débuta vers les années 1920 avec l'introduction et l'évaluation des variétés sur des parcelles d'observation (Pynaert, 1928). Le même auteur rapporta que le manioc, si répandue au point de vue alimentaire, était vénéneuse dans toutes ses parties. Il n'y avait pas de village en région tropicale où l'on ne parlait pas des cas d'empoisonnement mortel dus à la consommation du manioc cru et provenant d'une confusion entre les variétés. Ainsi par la sélection, dit-il, l'homme avait réussi à produire tout un groupe de variétés considérées par de nombreux auteurs comme formant une espèce. Il s'agissait du *Manihot palmata* Muel Arg. (*M. aipi* Pohl.), *M. dulcis* Baill., *Jatropha dulcis* Rottb.

La sélection du manioc, aussi bien son amélioration, débuta en 1933 par la recherche des meilleures variétés locales. Les travaux commencèrent par l'installation d'une grande collection d'accessions (descendances végétatives), composé d'un lot important de matériels issu du Jardin botanique d'Eala à l'Equateur et d'un matériel nombreux récolté dans des cultures paysannes de toutes les régions congolaises ou encore des introductions étrangères.

Dans le but de créer des clones plus performants, des champs des semenceaux ou des pépinières à graines furent installés, d'abord à partir de graines illégitimes (d'origine parent mâle inconnue) récoltées dans les jardins polyclonaux ; ensuite, à partir des graines provenant des champs isolés ne comprenant qu'un ou deux clones (champs mono- ou biclonaux ; enfin, pour une faible partie, de matériel légitime (d'origine de deux parents connue) issu de croisements artificiels dirigés.

La sélection clonale à l'INEAC était plus basée sur les matériels introduits et locaux et sur des croisements entre les variétés locales et introduites. Les premiers essais de rendement étaient conduits à 5 km de Boma au Kongo Central pour évaluer 28 variétés introduites du Brésil, Cuba, Java, Floride (USA), Antilles, Singapour, Sri Lanka et la Réunion qui avaient montré une grande variabilité des rendements allant de 9 à 52 t/ha. La variété *Creolinha* introduite de Java donna les rendements les plus élevés.

Elskens (1913) donna les caractères distinctifs de trois « espèces » de manioc cultivées par les indigènes de la région de Yangambi (District de Stanleyville, actuelle Province de la Tshopo) classées en manioc doux *Akuru* et *Apeli* et en manioc amer *Limela* ou *Libela*. En 1935, les variétés comme Ilunga, Stanleyville, Kabumba, Biti Asumnai, Eala étaient parmi les variétés amères et demi-douces de Baudouinville. Eala no. 272 et Tshibinda étaient évaluées à Rubona (Rwanda) pour leur réaction à la mosaïque (Lefèvre, 1935). L'auteur conclut à l'époque que le « manioc doux serait plus atteint par la mosaïque que le manioc amer » ; la mosaïque étant parmi les maladies importantes du manioc, était reportée pour la première fois dans le pays par Janssens en 1917 (Staner, 1931).

Quelques variétés améliorées telles que 02864, Amer d'Eala, Creolinha, etc., et tant d'autres qui ont évolué plus tard comme des variétés locales mais sûrement venant du

programme de sélection de l'INEAC par la signification de leurs noms tels que Mundele Mpaku (le Blanc d'impôt - sûrement l'Administrateur blanc), Mpelo Longi (le Père catholique enseignant), et les croisements interspécifiques entre *M. esculenta* Crantz et *Manihot glaziovii* en Afrique.

Les chercheurs ont aussi conduit des essais agronomiques qui ont amené aux recommandations aux paysans sur la préparation de terrain, la maintenance de la fertilité des sols, la conservation et préparation du matériel de plantation, les dates de plantation, le sarclage, les cultures associées et la récolte.

Pendant que le manioc alimentaire, *Manihot esculenta* Crantz fut introduit en RD Congo au 16^{ème} siècle et s'est répandu en Afrique Centrale et Orientale, Janssens (2001) rapporte que les plantations de *Manihot glaziovii* étaient développées et multipliées d'une façon étonnante de 1883 à 1900 en Tanzanie (alors Afrique Orientale Allemande) principalement pour l'exploitation du caoutchouc.

Programme National Manioc (PRONAM) de l'INERA

Création du PRONAM

En 1970, l'INEAC devient Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques (INERA) par ordonnance-loi n° 70/061 du 11 mars 1970, qui le plaça sous la tutelle de la Présidence de la République de 1970 à 1974 et de celle du Ministère (à l'époque Département) de l'Agriculture de 1974 à 1978. C'est en 1982 que l'INERA passera sous la tutelle du Département (Ministère) de l'Enseignement Supérieur, Universitaire et de la Recherche Scientifique.

Toutefois, pour relever le niveau et la qualité de la recherche, pendant son rattachement au Ministère de l'Agriculture (alors Département de l'Agriculture et du Développement Rural du Zaïre), les Programmes nationaux de recherche furent créés à l'INERA notamment ; le Programme National Maïs (PNM), en 1972, le Programme National Manioc (PRONAM) en 1974, et le Programme National Légumineuses (PNL) en 1980. Ces programmes sont restés au sein du Ministère de l'Agriculture pendant que l'INERA passait sous tutelle du Ministère de la Recherche Scientifique. En 1984, ces programmes nationaux étaient intégrés au sein du Projet de Recherche Agronomique appliquée et de Vulgarisation (RAV), pour enfin être placés sous la Coordination du Service National de Recherche Agronomique et Vulgarisation (SENARAV) de 1990 jusqu'à leur intégration à l'INERA (<http://inera-rdc.org/index.php>, 7 mai 2020).

Le PRONAM fut créé en 1974 par un Mémorandum d'Accord entre le Conseil Exécutif du Zaïre (Gouvernement de la RD Congo) et l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) d'Ibadan, Nigéria, à la suite d'une épidémie de la maladie des brûlures bactériennes du manioc, ou cassava bacterial blight (CBB) en anglais.

Depuis sa création jusqu'en avril 1980, le PRONAM était entièrement financé par le Gouvernement du Zaïre (RD Congo) y compris les fonds de formation des nationaux à l'IITA. C'est dans sa seconde phase qui débuta en mai 1980 que l'Agence Américaine pour le Développement International (USAID) prit en charge le paiement en devises des salaires du personnel expatrié de l'IITA pour l'assistance technique du programme, le coût de la formation du personnel national de recherche et vulgarisation et des équipements,

pendant que les fonds de contrepartie servaient au fonctionnement du programme. Le but du projet était de «développer le cadre institutionnel de la capacité du PRONAM⁽¹⁾ à mener des recherches adaptatives et appliquées sur le manioc et⁽²⁾ de mettre des nouvelles technologies du manioc à la disposition des agriculteurs de subsistance du pays.»

Au commencement du PRONAM, Dr. H.C. Ezumah, de nationalité nigériane et cadre de l'IITA, fut le premier Directeur depuis la création du PRONAM jusqu'en juin 1976, remplacé momentanément par Mr. P.H. Hayness (agronomiste) jusqu'en 1978 et puis revenir à ce poste jusqu'en 1979. Dr. Ezumah était chargé de la sélection et amélioration du manioc jusqu'en 1978 où il est remplacé par Dr. T.P. Singh et se chargera de l'agronomie. Dr. T.P. Singh, améliorateur/sélectionneur, deviendra Directeur a.i. du PRONAM de 1980 à 1982 et sera remplacé par Dr. F.E. Brockman, qui fut le dernier Directeur expatrié de 1983 à 1985 à la création du RAV. Au sein du RAV, étant donné que la direction des programmes nationaux devrait être assumée par des nationaux, Dr. N.M. Mahungu devient le premier Directeur Congolais du PRONAM entre 1985 et 1989. Il est remplacé par Dr. She H. Nsiama en 1990. Dr. A. Muimba-Kankolongo prend la relève de la direction en 1991 et Ir. MSc. K. Landu assumera l'intérim de directeur du PRONAM jusqu'à l'intégration des programmes de SENARAV (PNM, PNL et PRONAM) au sein de l'INERA fin 1991. Dans l'entre-temps, l'USAID changera la coopération technique du SENARAV au Consortium du Sud-Est pour le développement international (SECID) en tant que contractant d'assistance technique de l'USAID avec l'Université du Sud à Bâton Rouge, en Louisiane, comme l'institution principale d'exécution de l'effort avec cinq experts du SECID pour le PNM, PNL et PRONAM qui quittèrent le pays en 1992 de suite des troubles civils.

Au début du PRONAM, les arrangements faits avec le Gouvernement stipulaient que le Directeur de Secteur (DISEC) de l'INERA Mvuazi était ipso facto Co-Directeur du PRONAM. Ainsi, de 1974 à 1979, ce rôle était assumé par Ir. Kande Beya suivi de Dr. Jean Michel M. Magema de 1977 à 1979. Dr. Jacques N.B. Lutaladio fut nommé DISEC de l'INERA et Co-Directeur du PRONAM de 1979 à 1984. A l'avènement du RAV en 1985, cet arrangement avec l'INERA fut abrogé.

Les experts de l'IITA qui ont œuvré au PRONAM sont présentés ci-après, selon leur période d'affectation, pays d'origine et expertise ou responsabilité, tous basés à Mvuazi sauf si autrement mentionnés. Il s'agit de Dr. H.C. Ezumah (Nigéria, 1974-1979, Systèmes de production) ; Mr. P.H. Hayness (Trinité-et-Tobago, 1976-1978, Agronomie) ; Dr. K.F. Nwanze (Nigeria, 1977-1980, Entomologie) ; Mr. M. Veloso (Portugal, 1979-1986, Mécanique) ; Dr. R.P. Pacumbaba (Philippines, 1977-1980, Pathologie) ; Dr. T.P. Singh (Inde, 1978-1983, Génétique/Amélioration) ; Mr. W.W. Fiebig (USA, 1977-1980, Vulgarisation, Station de Kiyaka) ; Mr. G.L. Servant (USA, 1982-1987, Administration, Kinshasa) ; Dr. H.D. Hennessy (USA, 1981-1986, Entomologie) ; Dr. S.J. Pandey (Inde, 1981-1987, Vulgarisation) ; Dr. F.E. Brockman (USA, 1982-1985, Agronomie, puis Conseiller Principal à la Coordination RAV, Kinshasa, 1985-1990) ; Mr. B. Chitti Babu (Inde, 1984-1990, Gestion des champs) ; Mr. B. Cameron (USA, 1985-1990, Vulgarisation, Station de Kiyaka) ; Dr. O.A. Osiname (Nigeria, 1986-1990, Agronome et Conseiller Principal) ; Dr. C.D. Bartlett (Royaume Uni, 1986-1990, Système d'exploitation agricole) ; Mr. F. Garcia (Espagne, 1986-1990, Mécanique Auto) ; Dr. F. Florini (USA, 1987-1990, Vulgarisation).

Le personnel national affilié à la recherche ayant œuvré au PRONAM, Ingénieur Agronome (A₀) et Ingénieur Agronome Technicien (A₁) par ordre d'année d'engagement sont repris ci-dessous avec les titres académiques émanant de la formation du PRONAM à travers l'IITA et/ou de l'avancement professionnel. Pour les PhD, les travaux de thèse étaient conduits à IITA Ibadan pour la co-supervision et les titres étaient défendus dans les universités américaines et/ou Université d'Ibadan. Un bon nombre des cadres nationaux était réparti dans les stations de l'INERA de Mvuazi et Gimbi au Kongo Central, Ngandajika dans l'ex-province du Kasai Oriental (présentement dans la province de la Lomami), Mulungu au Sud Kivu et Kisangani dans l'ex-province Orientale (présentement dans la province de la Tshopo). Chacune de ces stations avec des sites d'adaptation pour les études d'adaptation générale et/ou spécifique des technologies testées surtout pour les interactions entre les génotypes de manioc et les différents environnements.

Au moment de la rédaction de ce livre (2020) un grand nombre d'agents du PRONAM est à la retraite ou évolue dans l'enseignement universitaire et/ou sont décédés. Le MSc₁ indique le niveau master (Maîtrise) d'un an délivré dans le système britannique pour ceux n'ayant pas complété les deux ans de M.Phil., équivalent au MSc de deux ou trois ans des USA. Tous les nationaux étaient formés dans le système anglophone dont certains ont acquis le titre de Docteur (PhD). Pour ces derniers, le titre de MSc. ou M.Phil est sous-entendu dans le PhD.

Il s'agit de Ir. MSc. K. Sebasigari (1974, Amélioration) ; Ir. MSc₁ N. Kilumba (1975, Agronomie) ; Prof. Dr. Ir. Jacques NB Lutaladio (1976, Agronomie) ; Ir. MPhil. T. Anota (1976, Entomologie) ; Ir. L. Simba (1976, Pathologie) ; Ir. MSc₁ M. Tshikaya (1976, Agronomie) ; Prof. Dr. Ir. N.M. Mahungu (1977, Génétique/Amélioration) ; Prof. Dr. Ir. G. Muyolo (1977, Pathologie) ; Dr. Ir. T. Muaka (1977, Entomologie) ; Dr. Ir. A. Muimba-Kankolongo (1977, Pathologie) ; Dr. Ir. K. Kiala (1977, Génétique/Amélioration) ; Dr. Ir. I.N. Kasele (1977, Physiologie/Agronomie) ; Dr. Ir. S.H. Nsiama (1977, Entomologie) ; Ir. MSc. K. Landu (1977, Agronomie) ; Ir. MSc. N. Mbulu (1977, Agronomie) ; Ir. A₁ T. Mutombo (Vulgarisation) ; Ir. A₁/MSc₁ B.B. Ifefo (1978, Agronomie) ; Dr. Ir. T. Kasu (1979, Entomologie) ; Ir. A₁/MSc₁ D. Ndombo (1979, Sélection) ; Ir. A₁ K. Phuti (1979, Pathologie) ; Ir. A₁ N. Ndambi (1982, Agronomie) ; Ir. A₁ S. Tubanza (1983, Amélioration) ; Ir. A₁ M.Phil. K. Tata Hangy (1984, Entomologie) ; Ir. MSc. M. Bidiaka (1985, Génétique/Amélioration) ; Ir. MSc. S. Lukombo (1986, Technologies alimentaires) Ir. A₀ R. Mayala (1985, Sélection) ; Ir. A₁ L. Kapongu (1983, Entomologie) ; Ir. A₁ V.K. Belawaku (1984, Agronomie) ; Ir. A₁ M. Masombi (1984, Géométrie/Topographie) ; Mr. T. Ngembo (G3, 1984, Documentaliste) ; Ir. A₀ D. Lutete (1986, Pathologie) ; Mr. K. Kassongo (1986, Sociologie) ; Ir. MSc. T. Muamba (1986, Pédologie) ; Ir. A₁ K. Kamizelo (1986, Agronomie) ; Ir. A₁ T. Mpungu (1986, Agronomie) ; Ir. A₀ E. Mbo (1986, Génie Rural). Les personnes citées ci-dessus sont celles ayant rejoint le PRONAM avant son intégration à l'INERA en 1992. Actuellement le PRONAM, comme un des programmes de l'INERA a gardé son siège à Mvuazi pendant que le programme des plantes à tubercules est à Mulungu. Le PRONAM est toujours dynamique et continue à bénéficier de l'appui technique de l'IITA en tant que partenaire et autres organisations à travers des projets de recherche pour le développement.

Nos hommages aux collègues qui nous ont quitté pour l'au-delà et n'ont pas eu l'opportunité de contribuer aux chapitres de ce livre, à part Prof. A.K. Lema qui a su contribuer avant son décès. D'autres comme Ir. MSc. K. Landu, Dr. H.D.

Nsiamia She, Dr. K. Kiala, Dr. I. Kasele, Ir. A₁ V. Belawaku, Prof. Dr. G. Muyolo, Dr. Jean-Michel M. Magma et Dr. T. Kasu ont contribué à la solidification des travaux du PRONAM pour lesquels les auteurs se sont référés et les remercient à titre posthume.

Relance de la recherche sur le manioc au PRONAM dès 1974

Il était convenu que les matériels de manioc avec lesquels le PRONAM devait initier sa recherche en amélioration variétale, donc la population de base, devraient être rendus disponibles à la station de l'INERA Mvuazi. Ceci avait permis l'implantation du PRONAM suivant les arrangements entre le Gouvernement du Zaïre (GOZ, présentement Gouvernement de la RD Congo) et l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA).

Les accents ont été mis sur les aspects suivants entre 1974 et 1978 (Ezumah, 1980) :

- Collection du germoplasme et évaluation au champ pour la résistance aux principales maladies et ravageurs ainsi que d'autres caractéristiques importantes. A peu près 196 accessions de manioc étaient entretenues par l'INERA à Mvuazi.
- Recombinaison et production des graines résultant des cultivars exotiques et des variétés locales sélectionnées.
 - Sous des conditions d'isolement ;
 - Comme croisements multiples dans les champs à pollinisation libre, et
 - Comme croisements contrôlés pour l'incorporation des caractéristiques spécifiques désirables.
- Des essais préliminaires de rendement dans différents sites de diverses conditions écologiques ;
- Des essais avancés de rendement dans les locations diverses pour leur adaptation écologique ;
- Démonstration dans les champs des paysans par le canal des agences nationales et multiplication des variétés améliorées à haut rendement, résistantes aux maladies et ravageurs.

Le matériel rassemblé à Mvuazi de 1974 à 1976 était groupé dans six sous-populations d'après leur source comme repris dans le Tableau 2.1.

De ces sélections sortiront des variétés telles que A 56, F 100, etc. issues respectivement des sous-populations IITA-A et INERA-F définies dans le Tableau 2.1.

Tableau 2.1. Matériel de population source utilisé dans le programme d'amélioration initiale du PRONAM

Sous-population	Description
IITA – A	Mélange de graines de l'essai préliminaire de rendement 1973
IITA – B	Mélange des graines de 1973 OP de 58308 (source résistance à la CMD)
IITA – C	Mélange des graines des hybrides de l'essai préliminaire de rendement 1973
INERA – D	Mélange des graines des pollinisations libres des clones INERA 1974
Paysans – E	Mélanges des graines issues des champs des paysans
INERA – F	Sélections clonales des collections INERA

Source : Ezumah, 1980

Ce faisant, il y a eu beaucoup de croisements naturels et dirigés interspécifiques entre les deux espèces. C'est ainsi que l'IITA tirera la source de résistance à la mosaïque du manioc de la variété 58308 sélectionnée à Amani, Tanzanie vers les années 1940 (Hahn S.K., 1980). Plus tard, le programme d'amélioration de l'IITA en collaboration avec le Programme National Manioc (PRONAM) de l'INERA développera un clone résistant à la cochenille farineuse du manioc, 70453 (voir l'encadré ci-dessous), mais un manioc sans racines tubéreuses notables (Singh, 1982). On pense que 70453 serait aussi un des pédigrées des croisements interspécifiques entre *M. esculenta* et *M. glaziovii*.

Du point de vue historique, il convient de noter que dans la première phase où le défi à relever par la recherche PRONAM/IITA était la lutte contre la bactériose, il y a eu : Kinuani (TMS 30085/30), Tshilobo (30085/30/10), F100, Pululu (TMS 40230/3), Mvuama (MVZ 83/138) et RAV (MVZ 85/297) comme variétés alternatives. Actuellement, les quatre premières variétés de cette série de six, ont été retirées du Catalogue national suite notamment à leur forte susceptibilité à la mosaïque.

La résistance à la mosaïque n'a pas été réalisée d'un seul trait mais suivant plusieurs vagues d'injection progressive et d'acquisition d'immunités. En effet, la première vague de variétés introduites, à savoir : Zizila (MVZ 99/038) ; Butamu (MVZ 99/395) et Ngandajika (MVZ 99/150), bien qu'ayant manifesté une résistance à la mosaïque africaine de manioc (ACMV et EACMV), était néanmoins susceptible à la souche Ougandaise (UgCMV) de la mosaïque reportée au pays en 2000 (Mahungu *et al.* 2000). A cet effet, des opérations phytosanitaires étaient exigées pour accompagner leur utilisation dans différents programmes de réhabilitation de la culture du manioc si des résultats satisfaisants devaient être réalisés. Ces opérations phytosanitaires consistaient à élaguer des plantes malades au fur et à mesure de l'évolution de la plantation.

Les principales variétés de la recherche qui étaient en diffusion de 2001 à 2004 sous financement USAID, par le Projet manioc exécuté par l'IITA en étroite collaboration avec l'INERA sont : RAV, Mvuama, Sadisa, Mahungu et Lueki. Ces variétés, bien que toujours en diffusion, sont de moins en moins disséminées à cause de leur susceptibilité aux attaques de la souche ougandaise de la mosaïque. Cependant, il y a lieu de rappeler ici la résistance de certains paysans à se débarrasser de ces cultivars malgré qu'ils ne soient pas résistants à la mosaïque suite au fait qu'ils manifestent certaines caractéristiques désirables telles que la blancheur de la farine, l'élasticité de la pâte et tant d'autres.

En 2005, toujours sous financement USAID, l'IITA a développé pour les zones de basses altitudes plusieurs variétés de manioc résistantes à la mosaïque avec un potentiel productif élevé. Il s'agit de : Disanka (I 95/211), Mvuazi (I95/528, Nsansi (I 95/160) ainsi que d'autres variétés développées à partir de la Station de l'INERA Mvuazi et à partir de l'INERA Mulungu en collaboration avec le Réseau est-Africain de recherche sur les plantes à racines et tubercules (EARRNET) et qui ont été présentées officiellement au Gouvernement Congolais pour leur inscription au Catalogue national en Juin 2008. Il s'agit de : Mbankana (I 92/067), Obama (TME 419), Vuvu (I 94/0330), Wina (I 2001/1229) et Kindisa (I 2001/1661) pour les zones de basse altitude et de Liyayi

(MM 96/0287), Namale (MM 96/7204), Mayombe (MM 96/7752), Nabana (MM 96/4653), Litoi (MV 2006/114, Mugoli (MM97/2015) et Sawasawa (MM 96/3920) pour les zones de haute altitude. Outre leur résistance aux ravageurs et maladies de manioc, et leur productivité élevée (25-45 t/ha), certaines de ces variétés comme Vuvu (I 94/0330), Wina (I 2001/1229) et Kindisa (2001/1661) sont biofortifiées et riches en bêta-carotène (un précurseur de la vitamine A). D'autres sont spécifiques à certains usages particuliers tels que la chikwangue, le fufu, les feuilles de manioc, l'amidon, etc. Leurs rendements sont généralement plus élevés en sols forestiers par rapport aux zones savanicoles et la plupart d'entre elles sont déjà inscrites au Catalogue variétal des cultures vivrières (SENASA, 2012). Cependant, une série de variétés améliorées était présentée officiellement en Juin 2013, notamment Bomengo (M98/115), Litoi (2006/114), Muzuri (2006/073), Ilona (MVZ 2007/126), Kansakako (MVZ 2007/102) et Mutiene (I 92/326) et figurent déjà dans la liste provisoire en instance d'être inscrites dans le prochain Catalogue national.

Il y a lieu de noter que la variété TME 419, nommée « Obama » en référence au Président Américain par rapport au financement de l'USAID ayant permis la sélection de la quasi-totalité des variétés en diffusion, est très performante et figure parmi les meilleures variétés vulgarisées à ce jour par l'IITA. Cependant, elle présente une forte susceptibilité vis-à-vis de la maladie des nécroses racinaires du manioc (MNRM).

La recherche, à travers l'IITA et l'INERA, continue de fournir des efforts pour développer des variétés en fonction d'autres caractéristiques notamment le goût, la couleur de la pulpe, la teneur en amidon, etc. Ces variétés en diffusion sont en multiplication et dissémination, mais l'étendue du pays est tellement vaste et complexe qu'atteindre tout le pays constitue une tâche ardue et complexe. En effet, selon la FAO (2010), entre 2001 et 2008, il y a eu 652.316 ménages agricoles qui ont bénéficié de 32.615.8000 mètres linéaires des boutures représentant 8153,95 hectares à travers les 11 provinces d'alors du pays. Soit une moyenne de 1165 hectares/an à travers l'exécution des Projets manioc financés par l'USAID et exécutés par l'IITA avec FAO et SECID comme des principaux partenaires.

Afin d'évaluer les génotypes en sélection pour leur adaptation générale et spécifique, les essais d'amélioration et de sélection du manioc sont conduits dans les différents sites agro écologiques du pays tels que repris dans le Tableau 2.2.

Tableau 2.2. Sites agroécologiques de l'INERA pour l'évaluation des génotypes du manioc en RD Congo.

Station/Site	Province	Données GPS		Altitude (m)	Végétation
		Latitude	Longitude		
Mvuazi	Kongo Central	05°27' S	14°53' E	432	Savane
Gimbi	Kongo Central	05°29' S	13°22' E	480	Transition Forêt-Savane
Mbankana	Kinshasa	04°27' S	16°11' E	596	Savane
Kiyaka	Kwilu	05°16' S	18°57' E	735	Forêt
Ngandajika	Lomami	06°45' S	23°27' E	780	Savane
Kisangani	Tshopo	00°42' N	25°14' E	414	Forêt humide
Yangambi	Tshopo	00°49' N	24°29' E	470	Forêt humide
Boketa	Sud Ubangi	03°11' N	19°46' N	475	Transition forêt-savane
Mulungu	Sud-Kivu	02°20' S	28°46' E	1650	Forêt de montagne
Kipopo	Haut Katanga	11°34' S	27°24' E	1200	Savane

Dans chaque location il y a des sites d'adaptation surtout avec les partenaires qui facilitent les essais mères-bébés.

Utilisation efficace des variétés locales dans le programme d'amélioration du manioc

Les variétés locales cultivées par les paysans possèdent non seulement des mauvais attributs mais aussi des bonnes qualités. Parmi les mauvaises qualités, on cite leur faible rendement généralement dû à leur susceptibilité aux maladies et aux ravageurs et entraîne l'insécurité alimentaire chez les utilisateurs (les paysans). Les bons caractères comme la longue durée de conservation dans le sol, la qualité de produits frais et après transformation, la blancheur, le port (érigé), la texture, la stabilité de la matière sèche dans le temps sont attribués aux variétés locales.

L'approche utilisée pour le développement de ces variétés de recherche est les croisements contrôlés et non contrôlés entre les parents possédant des traits désirables.

Importance des variétés de manioc locales (avantages et désavantages)

Les variétés locales sont celles rencontrées chez les paysans et généralement présentent certaines faiblesses. Selon les récentes évaluations dans les essais en stations et dans la collection nationale maintenue au Centre de recherche de Mvuazi en RD Congo lorsque celles-ci sont prises comme témoins pour les maladies et ravageurs du manioc, elles présentent des faibles rendements dus à leur susceptibilité à certaines contraintes biotiques. Cependant, il y a aussi quelques bonnes qualités que possèdent ces variétés. Elles renferment certains gènes désirables qui les font maintenir chez les paysans en dépit des variétés performantes issues de la recherche qu'ils adoptent. Les paysans maintiennent généralement beaucoup de variétés locales à cause de leurs traits agronomiques comme :



Photo 2.2. Au niveau de l'essai clonal (INERA-Mvuazi, 2014) les génotypes à croissance rapide et qui ramifient à plus de 1,5 m (exemple sur la photo) sont sélectionnés s'ils renferment d'autres traits importants (rendement, résistance, qualité des produits). Ces génotypes s'adaptent mieux aux cultures associées, convenance au sarclage, etc.

- La haute qualité de produits frais et transformés ;
- La longue durée de conservation dans le sol ;
- La bonne teneur en matière sèche et qui se maintient longtemps dans la racine.
- La hauteur de ramification pour une bonne compétition avec les cultures associées.

Dans le programme de sélection des clones qui vont s'adapter aux cultures associées, les génotypes qui croissent vite et ramifient au-delà de 1,5 m comme illustré dans la photo 2.2.

Lors des tests organoleptiques organisés dans des Centres de recherche de l'INERA sur différents produits de transformation du manioc, les variétés locales en général, prise comme témoins pour la qualité des produits comme le fufu et la chikwangue ainsi des paramètres comme la texture et la couleur très blanche du produit.

Efficacité des variétés locales

Pendant que les chercheurs s'attèlent au rendement élevé et à la résistance aux maladies et ravageurs, les paysans et d'autres utilisateurs s'intéressent aussi à la qualité des produits pour la consommation et pour le marché.

Les variétés locales constituent une importante source de diversité de gènes pour l'amélioration des variétés à améliorer. L'introduction des variétés locales comme parents dans le programme d'amélioration génétique et sélection, augmente la probabilité d'obtenir des progénitures qui puissent rencontrer les desiderata des producteurs et autres utilisateurs et ainsi, faciliter l'adoption des variétés améliorées.

Il est donc recommandé au programme d'amélioration et de sélection de manioc de garder les variétés locales dans une collection comme banque de gènes des traits à incorporer dans des croisements en cas de besoin.

Création de la diversité génétique locale par les paysans

Dans leurs systèmes de production, les paysans gardent le manioc au champ pour plusieurs mois allant de 12 à 24 mois ou plus. Beaucoup de ces variétés fleurissent et produisent des fruits déhiscents qui, après 90 jours, lâchent des graines qui tombent et germent dans le champ. Les semis ou sauvageons issus desdites graines correspondent à de nouveaux génotypes recombinants et génétiquement différents des plantes mères du même champ à cause l'allogamie du manioc. A la récolte du champ, les paysans, consciemment ou souvent par mégarde, incorporent les boutures des plantes issues de graines avec celles de leurs plantes mères (leurs parents femelles) et ainsi créent la diversité génétique des variétés localement cultivées dans leurs contrées. D'où la variabilité phénotypique et/ou génotypique observée souvent dans le germoplasme local. Doyle *et al.* (2012) ont observé le même fait avec les germoplasmes des paysans Amérindiens au Brésil.

En RD Congo où le manioc a été introduit depuis plus de six siècles, les clones d'origine ont sûrement continué à produire des nouveaux semis (sauvageons) en ségrégation, passant des clones en variétés locales par les paysans en plus de certaines mutations sporadiques et rares des cellules somatiques. Ainsi, un clone supérieur diffusé auprès des

producteurs/paysans par les améliorateurs devient une variété par suite des variations potentielles du clone dues aux mélanges des boutures émanant des semis (sauvageons) et de certaines mutations.

Des variétés locales pour le développement des variétés améliorées

Lors des croisements contrôlés effectués dans le bloc des croisements, les variétés locales sont souvent considérées comme parents femelles sur lesquelles, les organes mâles sont émasculés pour incorporer des gènes des parents mâles qui font défaut. Normalement les traits à transférer des parents mâles sont monogéniques et à hérédité simple comme la résistance aux maladies et ravageurs, les traits de qualité nutritive et industriels.

C'est ainsi que le schéma actuel de sélection de l'INERA/PRONAM ensemble avec l'IITA/DRC considère aussi certains critères spécifiques des paysans notamment la capacité des racines à pouvoir se conserver pendant plus ou moins 24 mois dans le sol sans subir la détérioration de l'amidon. Ce schéma permet la sélection des variétés hâtives et tardives. Ce faisant, les paysans et/ou les gros producteurs peuvent planter pendant la saison principale de plantation, des variétés présentant différentes époques de maturité afin de rationaliser les récoltes et par conséquent réduire les ruptures d'approvisionnement avec l'irrégularité des pluies dues au changement climatique.

Principes et méthodologie d'amélioration et de sélection du manioc

Principes d'amélioration

L'amélioration des plantes peut être définie comme l'art et la science de changer génétiquement les plants (Allard, 1960). C'est aussi une évolution de la culture dirigée par l'homme à travers une décision consciente de garder la progéniture de certains parents en préférence des autres (Simmonds, 1978).

Les principales étapes dans l'amélioration des plantes :

- Identification ou développement des populations desquelles les sélections peuvent être faites.
- Sélection des génotypes supérieurs et stables à adaptation générale ou spécifique.
- Adoption et utilisation des clones supérieurs pour une production utile et commerciale

■ Population source

L'amélioration des plantes est limitée aux gènes qui sont disponibles ou présents dans les populations (pool génétique). La sélection est effective seulement là où il existe une variation génétique significative. En plus, son effectivité est en rapport des fréquences des allèles désirables contrôlant le caractère à sélectionner (Hahn *et al*, 1979). Le germoplasme est collecté des sources variables pour avoir la chance de trouver des individus ayant un nombre de caractéristiques désirables. Le germoplasme est alors évalué et les clones supérieurs sont sélectionnés pour créer la population source pour l'amélioration.

La population à améliorer est constituée des génotypes qui ont des gènes associés avec des caractéristiques désirables. La population peut être améliorée par une recombinaison cyclique et une procédure de sélection tout en gardant un degré élevé de variabilité génétique. Les méthodes conventionnelles de la population source peuvent aussi être utilisées en faisant des croisements entre deux parents sélectionnés (IITA, 1990).

Dans l'hybridation inter-variétale, le succès de créer des bonnes populations sources dépend largement de la sélection des parents ayant des valeurs de sélection élevées. Ceci pourrait être illustré dans les résultats reportés dans le Tableau 2.3 où les parents de manioc des variétés *RAV* et *Litoy* avaient leurs progénitures sélectionnées respectivement de 74 et 61 % pour la résistance à la CMD comparées aux descendants des autres variétés comme la variété *Vuvu* avec seulement 30 % de sa progéniture sélectionnée pour la résistance à la CMD.

En considérant les deux maladies importantes sévissant dans la province du Kongo Central, la mosaïque du manioc (CMD) et la maladie des nécroses racinaires du manioc (MNRM), la progéniture du parent YBI 2011/323 avait des semis (sauvageons) les plus sélectionnés (22%) pour une résistance duelle aux deux maladies. YBI 2011/323 serait un bon parent à utiliser dans le criblage pour la résistance duelle des semis (sauvageons) à

Tableau 2.3. Performances de quelques descendants de différents parents en pépinière à graines (Mvuazi, RD Congo, 2017)

Parents	Nombre total des semis (sauvageons)	Nombre des semis (sauvageons) sélectionnés		
		CMD (%)	MNRM* (%)	CMD et MNRM (%)
Frite	3880	2011 (51,83)	429 (11,05)	5 (0,13)
Ilona	261	125 (47,89)	15 (5,74)	5 (1,91)
Kansakako	216	108 (50)	88 (40,74)	11 (5,09)
Litoy	334	202 (60,48)	14 (4,19)	8 (2,39)
Mogoli	180	91 (50,56)	17 (9,44)	6 (3,33)
MVZ 2011B/102	1155	616 (53,33)	124 (10,73)	15 (1,29)
Obama	201	89 (44,28)	10 (4,97)	5 (2,48)
RAV	566	416 (73,50)	209 (36,92)	9 (1,59)
Vuvu	180	54 (30)	15 (8,33)	8 (4,44)
YBI 2011/323	431	203 (47,10)	191 (44,31)	17 (21,51)
Zizila	244	105 (43,03)	8 (3,27)	6 (2,45)

*MNRM : Maladie des nécroses racinaires du manioc.

ces maladies. Des résultats similaires étaient reportés avec les variétés locales du Malawi (Kamphunobi et Nausi) et le clone TMS 91934 de l'IITA qui avaient un nombre élevé de descendants sélectionnés pour leur résistance vis-à-vis de la mosaïque et de l'acarien vert (Mahungu, 1993).

Pour le manioc, quelques caractéristiques importantes qui sont hautement héritable ont été publiées par beaucoup d'auteurs (Mahungu *et al*, 1983). Le rôle des gènes additifs dans la détermination de ces caractéristiques est significatif (Belloti and Kawano, 1980).

a. Avantages des plantes à propagation végétative

Les plantes à racines et tubercules sont des plantes propagées par voie végétative, ainsi les méthodes de sélection les plus convenables pour ces plantes sont quelque peu différentes de celles utilisées pour les plantes multipliées par graines. Les plantes à propagation végétative sont caractérisées par les avantages suivants :

- Aussi longtemps qu'elles sont propagées par voie végétative et en absence d'une mutation spontanée, aucune ségrégation génétique ne se fait même si elles sont génétiquement hétérozygotes,
- La vigueur des plants F1 résulte des effets additifs et non additifs. L'hétérosis peut être fixé végétativement, il est permanent, et il est alors possible de sélectionner des individus ayant des caractéristiques désirables à la génération F1.

b. Désavantages des plantes à propagation végétative

- Beaucoup de cultivars ne fleurissent pas dans les conditions naturelles,
- L'hérédité de leurs caractères est toujours très compliquée à cause de l'hétérozygotie et la polyploïdie,
- Beaucoup de maladies et insectes sont transmis par la propagation végétative,
- L'échange des matériels de sélection est difficile à cause de la quarantaine locale réglementant l'exportation et l'importation des matériels végétatifs.

2 Méthodes de sélection

La méthode d'amélioration des populations appropriées à choisir doit convenir aux ressources génétiques disponibles et à leurs variations génétique et environnementale dans la population à améliorer. Les principaux gènes qui affectent les traits qualitatifs sont relativement faciles à transférer dans des populations, étant monogéniques et leurs effets facilement identifiés. Comme dit ci-haut, de tels traits viennent des parents mâles lors des recombinaisons génétiques. Cependant la substitution n'est pas aisée pour les traits polygéniques qui affectent les caractères quantitatifs tels que le rendement en racines tubéreuses, qui en général sont gardés par les parents femelles lors des recombinaisons génétiques. Les recommandations de base d'un gain génétique durable sont communes à toutes les cultures et avec les méthodes non exhaustives ci-après :

- Avoir des bonnes populations de départ avec une variabilité génétique adéquate pour les traits recherchés
- Sélectionner des bons parents (Tableau 2.3), et
- Faire une sélection efficiente (Simmonds, 1979).

3 Sélection participative pour l'amélioration et la sélection variétale

a. Identification des besoins des paysans dans les variétés cultivées

L'identification préalable des besoins de paysans et d'autres acteurs des chaînes de valeur exploitées dans le développement des variétés cultivées augmente les possibilités du taux d'adoption desdites variétés. Ceci se fait normalement à travers les plateformes d'innovation réunissant les représentants des acteurs principaux des chaînes de valeur. Diverses méthodes peuvent aussi être utilisées séparément ou en combinaison pour identifier les besoins des acteurs des chaînes de valeur de manioc du pays et/ou de la province. Ces méthodes comprennent l'évaluation participative rurale (PRA), l'examen des cultures dans les champs de paysans à maturité ou proche de maturité, ou la présélection des variétés par les paysans dans des essais variétaux plantés dans la station de recherche ou en milieu réel. Si les ressources le permettent, le germoplasme local peut être collecté et planté dans un essai avec des variétés diffusées comme témoins.

Ceci fournit les informations que l'évaluation participative rurale peut ne pas révéler puisque :

- Le degré de diversité peut être évalué dans un essai.
- Le degré de réconciliation entre les noms donnés aux variétés locales par les paysans et leurs phénotypes peuvent être déterminés, et
- Les performances des variétés recommandées peuvent être comparées avec celles des variétés locales.

Wicombe et Joshi (1996) suggère deux approches de sélection participative :

La sélection variétale participative (PVS, en Anglais participatory variety selection) implique les paysans dans la sélection du matériel caractérisé en ségrégation provenant des programmes de sélection. Ce matériel inclut les variétés diffusées, des variétés aux stades avancés de sélection, et des lignées avancées non en ségrégation.

Cependant la sélection des plantes participative (PPB - en Anglais participatory plant breeding) implique les paysans dans la sélection des génotypes issus du matériel génétiquement divers encore en ségrégation. La différence entre PVS et PPB peut, à première vue, ne pas paraître grande. Pourtant PPB nécessite plus de ressources que PVS, et PVS identifié du matériel qui peut être adopté plus rapidement par le secteur semencier formel.

La plupart des travaux publiés sur la recherche participative pour l'amélioration et la sélection variétale peuvent être définis comme la sélection variétale participative parce que les paysans ont obtenu des produits presque finis pour évaluer dans leurs champs. La sélection participative des variétés de manioc avec les paysans en RD Congo a aidé à sélectionner surtout les variétés avec les qualités organoleptiques recherchées par les consommateurs.

b. Sélection variétale participative

La sélection variétale participative pour identifier les variétés préférées a trois phases : (1) identification des besoins de paysans, (2) recherche du matériel

approprié à évaluer avec les paysans et (3) expérimentation dans les champs des paysans. Une fois identifiée, la semence (boutures) des variétés préférées des paysans doit être rapidement multipliée et fournie, à un coût raisonnable, aux paysans.

La sélection des plantes participative est une extension logique de la sélection variétale participative. S'il est indispensable d'impliquer les paysans dans la sélection des variétés, il n'est pas alors nécessaire d'attendre jusqu'aux produits finis. Les paysans peuvent être impliqués dans la sélection du matériel en ségrégation encore dans les stations de recherche. Néanmoins, pour le manioc, les matériels en ségrégation sont sélectionnés en F1 dans la pépinière à graines. Ainsi, à partir de l'essai clonal et dans d'autres étapes de sélection, des évaluations sont faites sur les matériels non ségrégants, qui sont déjà des clones ou variétés appropriés pour la sélection variétale participative.

En Tanzanie, la sélection variétale participative du manioc conduit dans la région de Bukoba (Kapinga *et al* 1997) a résulté à la sélection par les paysans et les chercheurs des deux variétés locales, un clone introduit de l'IITA sous forme de culture de tissus et une lignée améliorée localement. Dans ce processus, les paysans ont sélectionné une variété améliorée locale (Kiryunikwe 13) pourtant très susceptible à la mosaïque mais avec un bon rendement en racines tubéreuses. Les chercheurs avaient à expliquer aux paysans pourquoi une telle variété ne pouvait pas être sélectionnée comme elle pouvait jouer le rôle de propagatrice de la mosaïque dans leurs champs. Ainsi, dans la recherche participative, il est toujours d'une nécessité que les variétés sélectionnées répondent aux objectifs des paysans et des chercheurs.

Schéma de sélection du manioc

Méthodologie générale

Le développement des variétés de manioc se fait suivant un cycle classique connu sous le nom de cycle de sélection partant de l'évaluation des semis (sauvageons) issus des graines obtenues d'une diversité parentale et aussi de différents milieux, en passant par l'évaluation clonale, l'essai préliminaire de rendement, l'essai avancé de rendement et enfin en essai uniforme de rendement suivi des sélections successives (Figure 2.1). Les clones prometteurs, retenus au cours de ce dernier cycle de sélection seront évalués dans les différentes écologies sous la gestion du paysan dans leurs champs (Essai en milieu réel).

Le schéma de sélection décrit ci-dessous (Figure 2.1.) implique une approche multidisciplinaire où la participation des sélectionneurs/améliorateurs, des pathologistes, des entomologistes, des experts en agronomie, des technologistes alimentaires, des socio-économistes, des vulgarisateurs, paysans, etc., est également importante.

Le manioc étant hétérozygote, il y a une ségrégation des traits dans la population F1. La sélection clonale est appliquée à partir de la F1 pour l'identification des clones supérieurs. Ainsi, il n'y a pas de raison de continuer à la F2 avant de commencer la sélection.

Tous les essais de sélection sont conduits sans application d'engrais pour simuler les systèmes de production des paysans en Afrique où la culture du manioc est faite sans

Nouveau schéma de sélection, RDC 2011

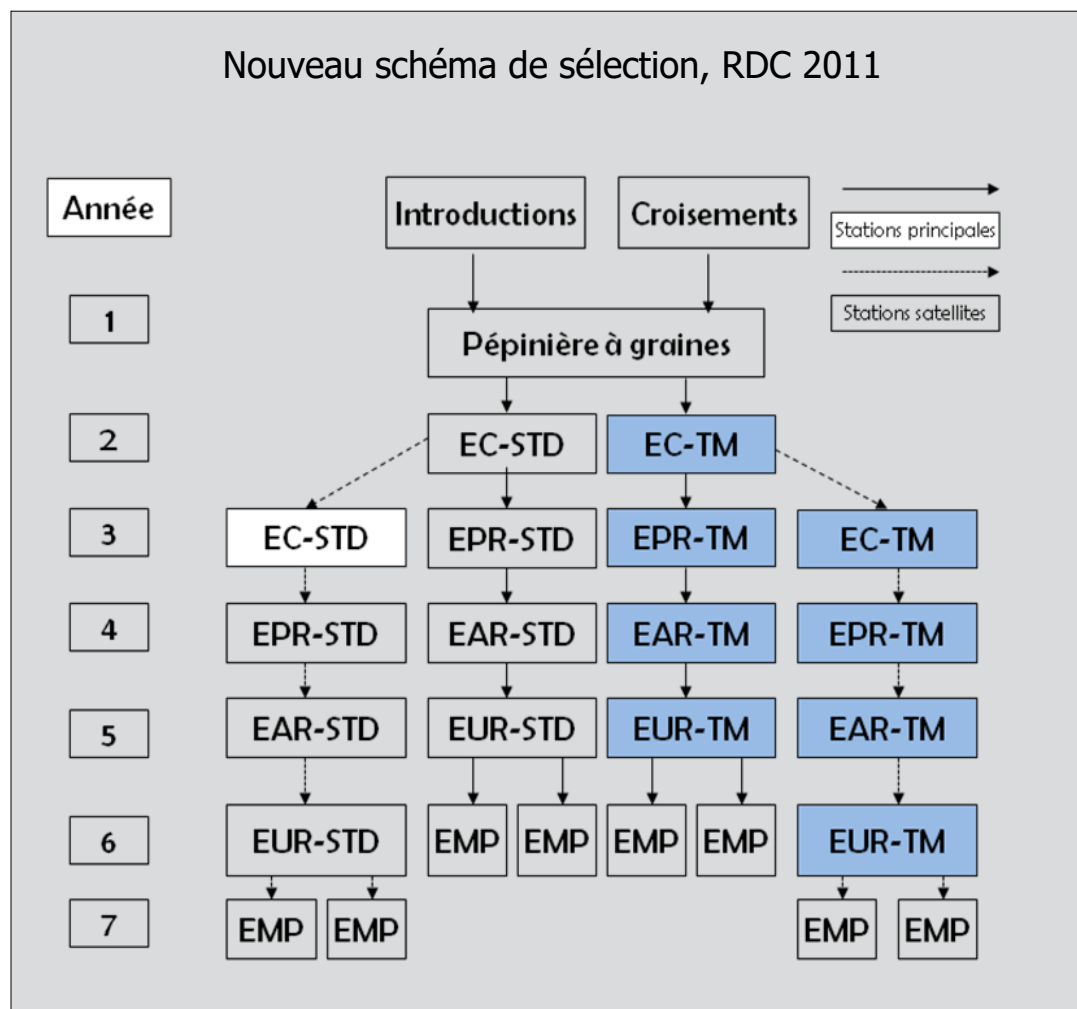


Figure 2.1. Schéma de sélection de manioc (IITA/INERA-DRC, 2011).

apport d'engrais. Cependant les engrais peuvent être appliqués à partir des essais avancés pour évaluer la réponse des génotypes vis-à-vis de tels apports ou traitements pour les plantations commerciales.

La sélection du manioc implique fondamentalement le semis des graines F1 obtenues par pollinisation artificielle (les deux parents sont connus) et/ou pollinisation ouverte (seulement le parent femelle est connu).

Ce processus consiste à :

- La diversification des sources de gènes par la sélection récurrente accélérée,
- La recombinaison et incorporation des gènes désirables pour une amélioration du germoplasme (croisements libres en champs et blocs des croisements),
- Introduction des graines collectées des variétés améliorées (résistances multiples, bêta-carotène, matière sèche, potentiel HCN, etc.) et des variétés locales (adaptation locale, qualité des produits, etc.),
- Evaluation et sélection "tandem" des variétés sur base des critères susmentionnés.

En plus des données quantitatives et qualitatives à prendre dans les essais de sélection, il y a de noter les observations sur la rétention des feuilles et le calcul de la matière sèche et de l'amidon des racines par gravité spécifique telles que décrites ci-dessous.

Bien que les sélections soient faites sur le manioc cultivé en monoculture, une attention devra être faite sur les caractéristiques morphologiques appropriées au système de production prédominant de la contrée/région. Ainsi les géotypes à port érigé comme indiqué ci-haut sont préférés pour les cultures associées.

Chaque essai de sélection devra comprendre une variété locale et une variété améliorée comme témoins.

La variété locale doit être la plus cultivée par les paysans avec un rendement élevé. Les deux témoins sont des références pour la sélection des nouvelles variétés qui doivent être supérieures au moins au témoin local (progrès génétique vis-à-vis de la population locale) et au témoin amélioré (gain génétique vis-à-vis du programme d'amélioration). Le matériel de plantation des témoins doit être indemne des maladies et ravageurs, surtout pour la variété locale parfois susceptible, pour mieux comparer son potentiel de rendement et évaluer le niveau de résistance des clones en évaluation suivant le niveau d'infection/infestation du témoin susceptible.

I Essais conventionnels de sélection

Objectif général :

Développer les variétés de manioc répondant à la sécurité alimentaire et à usage multiple et spécifique (industrie).

Objectif spécifique :

Développer des variétés de manioc à haut rendement sec en racines et en feuilles, résistantes aux principales maladies (CMD, CBB, CBD, MNR, CAD, etc.) et ravageurs majeurs (AVM, CM, CART, Thrips et Helopeltis, etc.) et ayant une valeur nutritive élevée.

En plus des données quantitatives et qualitatives à prendre dans les essais de sélection, il y a lieu de noter les observations sur la rétention des feuilles (Annexe 2) comme facteur d'adaptation à la saison sèche, et le calcul de la matière sèche et de l'amidon des racines par gravité spécifique telles que décrites ci-dessous.

a. Bloc des croisements (BC)

Objectif : Incorporer les traits désirables dans différentes variétés de manioc (améliorées et locales) à partir des croisements contrôlés et des pollinisations libres.

Méthodologie : Blocs complètement randomisés avec 2 répétitions et parcelles de 3 m x 4 m par clone. Les croisements diallèles complets (full diallel crosses) seront effectués dans

les blocs de croisement. En général, les parents mâles sont choisis parmi ceux ayant des traits monogéniques à transférer sur les parents femelles à haut rendement.

b. Pépinière à graines (PG)

Objectif : Identifier et sélectionner les semis (sauvageons) ayant une bonne résistance aux maladies et ravageurs majeurs du manioc et de traits désirables.

Méthodologie : Des milliers de graines sont collectées (variétés améliorées et locales) et les croisements faits des parents ayant des caractéristiques désirables. Issues de diverses sources génétiques et regroupées selon leurs familles d'origine, ces graines sont semées et évaluées en pépinière à graines. Chaque famille est répartie en 3-4 lots, selon le nombre des semis (sauvageons), de manière à constituer 3-4 blocs. Les plants sont repiqués aux écartements de 1 m x 0.5 m.

Les semis (sauvageons) sont étêtés 1 mois avant la saison sèche afin d'affaiblir le plant pour l'expression de la CMD et des feuilles tendres pour l'attaque probable des ravageurs. A la récolte des semis (sauvageons), seule la résistance aux maladies, ravageurs et la couleur de la pulpe sont parmi les critères importants de sélection. Les traits agronomiques et le rendement en racines fraîches ne sont pas considérés à ce stade à la suite de leur variation une fois que le semis (sauvageon) (génotype) est propagé par clonage.

c. Essai clonal (EC)

Objectif : Évaluer les performances clonales des semis (sauvageons) représentant chacun un clone sélectionné de la pépinière à graines en termes de résistance aux maladies et ravageurs, de rendement potentiel en racines tubéreuses à 12 mois après plantation y compris l'indice de récolte et autres traits agro-botaniques. Les traits agronomiques et les composantes du rendement en racines sont enregistrés à partir de cette étape.

Un deuxième avantage de la propagation clonale est que la bouture contient beaucoup plus de réserves qu'une graine, ce qui entraîne un développement plus rapide de la plante. Aussi, la propagation clonale permet d'obtenir plus de racines, car à chaque nœud souterrain de la tige bouturée peuvent se former plusieurs racines adventices qui se tubérisent.

Méthodologie : Les clones en évaluation sont plantés chacun, selon la disponibilité des matériels, en une ligne de 3-5 plants (1 m x 1 m) et sans répétition. Une série des 10 clones, est suivie des témoins (amélioré et local) auxquels est associé un parent pour une comparaison. Le nombre des clones estimé en centaines ou milliers varie en fonction du nombre des plants sélectionnés en pépinière à graines et de la pression des maladies dans le site.

A ce niveau de sélection, les essais clonaux sont déjà catégorisés selon la couleur de la pulpe des racines tubéreuses (blanche ou jaune). Les clones présentant des caractéristiques particulières telles que la teneur élevée en eau des racines (plus de 80% et sucrée) et moins d'amylose seront marqués dans les EC-ST pour leur suivi. C'est à cette étape que les clones sont identifiés en indiquant le préfixe de la station d'où il est sélectionné. Ce préfixe est une abréviation de trois lettres suivant un entendement des améliorateurs en Afrique sous la coordination de l'IITA et en RD Congo, cela est comme suit pour les stations principales avec pépinières à graines (Tableau 2.3b) :

Tableau 2.3b. Abréviation des stations dans l'identification générique des clones en sélection

Station	Abréviation
Kipopo	KPP
Kisangani	KIS
Kiyaka	KYK
Mulungu	MLG
Mvuazi	MVZ
Ngandajika	GJK
Yangambi	YBI

Le préfixe est suivi de l'année de sélection et du classement du semis (sauvageon) dans la parcelle de sa famille comme le clone YBI 2011/323 indique que son semis (sauvageon) a été sélectionné à la station de Yangambi et cloné en 2011, semis (sauvageon) no. 323 dans sa famille en pépinière à graines. Toutefois dans le carnet de champ et rapport annuel, sa famille d'origine sera documentée pour suivre sa généalogie.

Le dispositif expérimental standard est utilisé pour l'EC (Annexe 1)

Données à prendre :

- Taux de reprise à 2 et 4 semaines,
- Taille de plantes et hauteur de ramification à 3, 6, 9 et 12 mois après plantation (MAP),
- Période de ramification,
- Incidence et sévérité des maladies (CMD, CBB, MNRM et CBSD) et ravageurs (AVM, CM et CART) à 3, 6, 9, et 12 MAP,
- Poids et forme des racines tubéreuses,
- Taux des pourritures racinaires,
- Couleur de la pulpe (très blanche, blanche, blanchâtre, crème, jaunâtre, jaune, très jaune et orange),
- Indice de récolte,
- Matière sèche et amidon par la méthode de poids spécifique, (voir Annexe 3).
- Teneur en amylose des racines (voir Annexe 4)

d. Essai préliminaire de rendement (EPR)

Objectif : Évaluer de manière participative et à 12 mois après plantation (Sélection participative des variétés - PVS) le rendement en racines tubéreuses et les autres traits agronomiques des clones et leur comportement vis-à-vis des maladies et ravageurs du manioc, en comparaison avec les témoins (variétés améliorée et locale).

Méthodologie :

Dispositif expérimental : Blocs complètement randomisés avec 6 blocs (répétitions) et parcelles de 5 plants comme traitement (1 m x 5 m) dont 3 répétitions sans engrais et 3 autres avec engrais (appliquer 3 MAP, NPK 17-17-17, 300 kg/ha mais ceci peut varier

selon les résultats de l'analyse du sol avant plantation). Le nombre des clones est compris entre 50 et 60 clones à répartir en 1 ou 2 essais dans chaque site. Suivant la disponibilité de terrain et de matériel de plantation, l'application des engrais peut commencer à partir des essais avancés de rendement (étape suivante).

Données à prendre :

- Taux de reprise à 2 et 4 semaines,
- Taille de plantes et hauteur de ramification à 3, 6, 9 et 12 MAP,
- Age (en mois) de ramification (lorsqu'au moins 50 % des plants ont ramifiés),
- Incidence et sévérité des maladies (CMD, CBB, CAD, MNRM et CBSD) et ravageurs (AVM, CM et CART) à partir de 3 MAP et tous les 3 mois jusqu'à 12 MAP.
- Rétention des feuilles à 9 et 12 MAP,
- Appréciation à 6 et 12 MAP du port et des feuilles sur les plants par les paysans (au moins 20, sans récolter les feuilles),
- Poids et forme des racines tubéreuses,
- Taux des pourritures racinaires à la récolte,
- Couleur de la pulpe (très blanche, blanche, blanchâtre, crème, jaunâtre, jaune, très jaune et orange)
- Indice de récolte,
- Matière sèche et amidon (par la méthode de poids spécifique),
- Teneur en amylose des racines,

e. Essai avancé de rendement (EAR)

Objectif : Évaluer, à 12 MAP, de manière participative le rendement en racines tubéreuses et les autres traits agronomiques des clones et leur comportement vis-à-vis des maladies et ravageurs du manioc, en comparaison avec les témoins (variétés améliorée et locale).

Méthodologie :

Dispositif expérimental : Blocs complètement randomisés avec 6 répétitions dont 3 sans engrais et 3 autres avec engrais (à appliquer 3 MAP, NPK 17-17-17, 300 kg/ha mais ceci peut varier selon les résultats de l'analyse du sol avant plantation) et parcelles de 4 m x 8 m comme traitement avec 15-20 clones dans chaque site.

Données à prendre :

- Taux de reprise à 2 et 4 semaines,
- Taille de plantes et hauteur de ramification à 3, 6, 9 et 12 MAP,
- Age (en mois) de ramification (lorsqu'au moins 50 % des plants ont ramifiés),
- Incidence et sévérité des maladies (CMD, CBB, CAD, MNRM et CBSD) et ravageurs (AVM, CM et CART) à partir de 3 MAP et tous les 3 mois jusqu'à 12 MAP,
- Rétention des feuilles de 6 à 12 MAP
- Appréciation à 6 et 12 MAP du port et des feuilles sur les plants par les paysans (au moins 20, sans récolter les feuilles),
- Poids et forme des racines tubéreuses,
- Taux des pourritures racinaires à la récolte,
- Couleur de la pulpe (très blanche, blanche, crème, jaunâtre, jaune, très jaune et orange),
- Indice de récolte,
- Matière sèche et teneur en amidon et en amylose,
- Étude parallèle : % de l'écorce dans la racine (3 racines/rep), voir Annexe 5

f. Essais uniformes de rendement (EUR)

Objectifs : Évaluer, à 12 MAP, de manière participative le rendement en racines tubéreuses et les autres traits agronomiques des clones et leur comportement vis-à-vis des maladies et ravageurs du manioc, en comparaison avec les témoins (variétés améliorée et locale).

- Évaluer la stabilité de ces variétés pour une appréciation de leur adaptation (spécifique ou générale) sur plusieurs sites (G x E).
- Évaluer la réponse de ces variétés à la fertilisation.

Méthodologie :

Le dispositif expérimental est celui de blocs complètement randomisés avec 6 répétitions dont 3 sans engrais et 3 autres avec engrais (à appliquer 3 MAP, NPK 17-17-17, 300 kg/ha mais ceci peut varier selon les résultats de l'analyse du sol avant plantation) et un nombre réduit des clones en évaluation (5 à 8 clones avec deux témoins amélioré et local) dans un essai par site. Les parcelles sont de 4 m x 10 m par clone.

N.B. Chaque année, il y a généralement 2 essais uniformes de rendement, l'EUR 2 étant la reconduction d'EUR 1 pour une seconde évaluation.

g. Essais en milieu paysan (Essais mère-bébé/Mother-Baby trials)

Objectif : Évaluer les clones en fin sélection dans les conditions et sous la gestion du paysan en vue d'accélérer leur adoption.

Méthodologie :

L'évaluation des clones se fera par la méthode participative « Mère-Bébé » (ou en Anglais Mother-Baby design). Le nombre d'essais est fonction de la disponibilité de matériel de plantation. Dans chaque site (location), des clones se trouvant en évaluation dans l'EUR seront plantés dans un endroit central ou représentant le site (location) où ces variétés seront diffusées en dispositif randomisé comme EUR et géré par le chercheur (essai Mère), sous la gestion du chercheur.

Il sera remis, à raison de 3 clones, auprès de 5-10 producteurs. Il est recommandé que chaque clone se retrouve chez un même nombre de paysans mais pas nécessairement les mêmes paysans. Chaque paysan plantera un essai («baby») de 3 clones avec une de ses meilleures variétés comme témoin, de préférence, dans un rayon raisonnable autour de l'essai mère installé dans leur rayon.

Données à prendre :

- Sur l'essai mère (dispositif comme EUR et sous la gestion du chercheur) : Rendement en racines tubéreuses, incidence et sévérité des maladies (CMD, CBB, MNRM et CBSD) et ravageurs (AVM, CM et CART), et qualité des produits préparés à base du manioc (selon l'appréciation des producteurs).
- Données qualitatives exprimées par les paysans (Très bonne variété (5), bonne (4), assez bien (3), mauvaise (2) et très mauvaise (1) ; Pourquoi adoptée ou rejetée ? Les analyses statistiques et leur interprétation sont suivant Wicombe et Joshi (1996)

2 Essais conventionnels de temps de maturité

a. Justification

Dans le processus normal de sélection, les clones sont tous évalués pendant un cycle de 12 mois, ce qui favorise l'estimation de la précocité des clones et conduit par conséquent à l'élimination des clones tardifs qui, avec cette durée du cycle, n'ont pas encore pu exprimer leur potentiel maximal de rendement. Les producteurs de manioc récoltent souvent leurs champs (variétés locales et améliorées) au-delà de 12 mois selon leurs besoins. Pourtant les variétés améliorées sont pour la plupart précoces et ne supportent pas une longue conservation des racines tubéreuses dans le sol. Ceci conduit à une réduction de rendement sec due à une détérioration de la qualité de l'amidon qui est souvent converti en sucre (manioc spongieux).

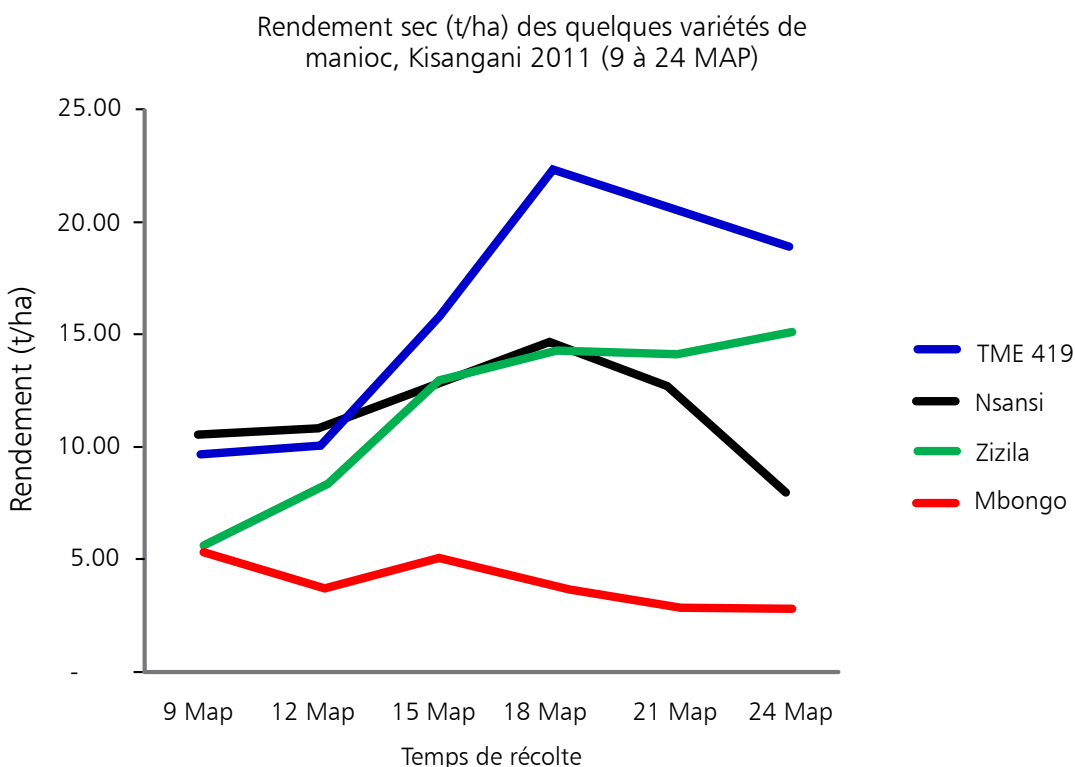


Figure 2.2. Rendement sec (t/ha) des quelques variétés de manioc, Kisangani 2011 (9 à 24 MAP).

L'essai clonal constitue le premier lot des matériels clonés au stade de reproduction précoce et constitue pour cela une grande variabilité dans le temps de maturité. L'évaluation du temps de maturité à ce stade préliminaire de sélection où le nombre des clones en évaluation est encore assez important serait appropriée pour identifier les clones à maturité précoce et/ou tardif.

Suivant le nouveau schéma de sélection tel que repris ci-haut, les clones sélectionnés pour l'essai clonal seront évalués à 12 mois (évaluation standard – ST) et à 24 mois (évaluation de temps de maturité – TM). Ainsi comme sur d'autres cultures, les variétés

précoces (maturité de 9 à 12 mois), semi-tardives (maturité de 15 à 18 mois) et tardives (maturité de 18 à 24 mois) seront mises au point et répondre aux besoins d'utilisation par les paysans et autres producteurs/transformateurs. Certains exploitants auront ainsi à planter les variétés précoces et tardives au même moment et échelonner les récoltes selon leur capacité de transformation.

Mahungu *et al.* 2020 ont évalué les clones en sélection et diffusés et ont identifié la variété *Zizila*, qui, à 24 mois donnait encore un bon rendement sec comparée à la variété *Mbongo*, qui, à 15 MAP commençait à perdre son rendement sec.

Les variétés *Obama* et *Nsansi* ont commencé à perdre leurs rendements secs à partir de 18 MAP. De ce groupe, on peut classer la variété *Mbongo* comme hâtive, *Obama* et *Nsansi* comme semi-tardives tandis que *Zizila* comme variété tardive mais bonne à partir de 12 MAP. Une telle variété peut être exploitée par les producteurs qui utilisent les variétés hâtives et tardives. La sélection précoce avec augmentation et stabilité du rendement sec en racines est la voie à suivre. Avec l'avancée de la génétique moléculaire, l'identification des marqueurs pourra assister l'identification des clones précoces, moyens et tardifs au niveau de l'EC et éviter le coût supplémentaire et l'encombrement des essais de temps de maturité.

b. Essai clonal de temps de maturité (EC-TM)

Objectif : Évaluer, à 24 MAP, le rendement en racines tubéreuses et les autres traits agronomiques des clones et leur comportement vis-à-vis des maladies et ravageurs du manioc, en comparaison avec les témoins précoces et tardifs (variété améliorée et locale).

Méthodologie :

Les clones en évaluation sont plantés chacun, selon la disponibilité des matériels, en une ligne de 3-5 plants (1 m x 1 m) et sans répétition. Une série des 10 clones est suivie des témoins (amélioré et local) pour une comparaison. Le nombre des clones estimé en centaines ou milliers varie en fonction du nombre des plants en pépinière à graines et de la pression des maladies dans le site. La récolte des racines tubéreuses intervient à 24 MAP.

Données à prendre à 24 MAP, les mêmes que celles de l'EC standard

c. Essai préliminaire de rendement de temps de maturité (EPR-TM)

Objectif : Évaluer, à 18 et 24 MAP, de manière participative, comme dans l'EPR standard, le rendement en racines tubéreuses et les autres traits agronomiques des clones et leur comportement vis-à-vis des maladies et ravageurs du manioc, en comparaison avec les témoins précoces et tardifs chacun pour les variétés améliorées et locales.

Méthodologie :

Dispositif expérimental : Deux champs, de préférence adjacents, seront plantés pour être récoltés l'un à 18 MAP et le second à 24 MAP. Chaque essai sera en blocs complètement randomisés avec 3 répétitions ayant des parcelles de 5 plants comme traitement (1 m x 5 m).

Données à prendre :

Les mêmes que celles de l'EPR standard mais récolté à 18 et 24 MAP et ajouter :

- Rétention des feuilles tous les 3 mois à partir de 9 à 12 MAP et de 18 à 24 MAP,
- Appréciation à 6 et 18 MAP du port et des feuilles sur les plants par les paysans (au moins 20, sans récolter les feuilles),
- Appréciation à 18 et 24 MAP, par au moins 20 paysans, du port du clone, des formes et dimensions des racines, et autres caractéristiques recherchées par les producteurs

d. Essai avancé de rendement de temps de maturité (EAR-TM)

Objectif : Évaluer, à 15, 18 et 24 MAP, de manière participative, comme dans l'EAR normal, le rendement en racines tubéreuses et les autres traits agronomiques des clones et leur comportement vis-à-vis des maladies et ravageurs du manioc, en comparaison avec les témoins précoces et tardifs (variété améliorée et locale).

Méthodologie :

Dispositif expérimental : Blocs complètement randomisés avec 4 répétitions ayant des parcelles de 4 m x 10 m). Pour l'évaluation du temps de maturité, les récoltes des racines tubéreuses interviennent sur quatre plants internes et à trois différentes dates, soit à 15, 18, et 24 MAP.

Données à prendre :

- Même données que celles de l'EAR standard
- Pourcentage (%) de l'écorce dans la racine (3 racines/rep), voir Annexe 5
- Appréciation à 15, 18 et 24 MAP, par au moins 20 paysans, du port du clone, des formes et dimensions des racines et autres caractéristiques recherchées par les producteurs.

e. Essai uniforme de rendement de temps de maturité (EUR-TM)

Justification :

Au cours de leur développement, les variétés de manioc sont évaluées communément sur une période de 12 mois. Les producteurs de manioc récoltent leurs champs (variétés locales et améliorées) au-delà de cette date. Pourtant les variétés améliorées sont pour la plupart précoces. Cette longue conservation des racines tubéreuses dans le sol conduit à une réduction de rendement due à une détérioration de leur qualité. En outre, le caractère périssable des racines tubéreuses fraîches après-récolte constitue aussi une contrainte majeure à leur conservation à l'état frais pendant une longue période. Les racines de manioc fraîches perdent assez rapidement leur valeur commerciale par une détérioration physiologique après-récolte (PPD). Pour réduire ces pertes, les racines fraîches sont transformées aussitôt après leur récolte soit en aliments ou utilisées comme matières premières pour l'industrie.

En supposant que le degré de périssabilité (bio-dégradation) pourrait varier entre différents génotypes, la présente étude se propose de voir la réaction de celles-ci par rapport à leur temps de stockage à l'étalage (en dehors du sol). Il sera aussi question d'apprécier le degré d'association de ce caractère avec des paramètres comme âge de récolte, matière sèche ou teneur en eau, amidon, couleur jaune de la pulpe (β -carotène).

Dans cet essai, il sera question d'évaluer les clones prometteurs sur une période de plus de 12 MAP, soit jusqu'à 24 MAP comme il en est le cas chez les producteurs.

Objectifs :

- Déterminer le temps de maturité (précoce ou tardif) des variétés en fin sélection, en comparaison avec les témoins précoces et tardifs chacun pour les variétés améliorées et locales) à 9, 12, 15, 18, 21 et 24 MAP ;
- Déterminer la durée de conservation en terre de la qualité des racines et évaluer le degré de biodégradation des racines tubéreuses de manioc après récolte et exposées à l'air libre.

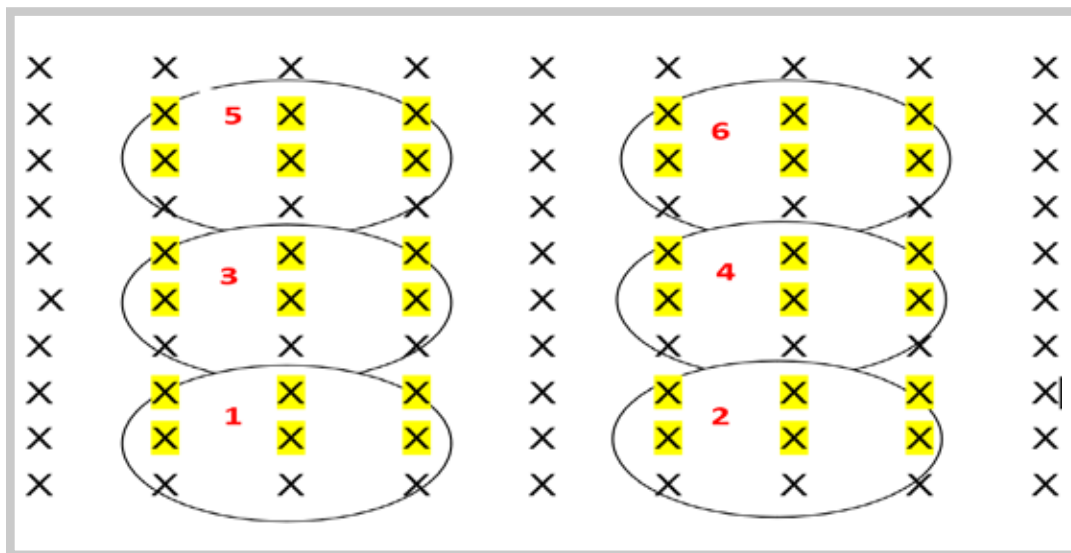


Figure 2.3. Dispositif de l'essai uniforme de temps de maturité.

Matériels et méthodes :

Les variétés en fin sélection (EUR-TM) et en diffusion sont regroupées en 2 essais : un à pulpe blanche et un autre à pulpe jaune et plantées en blocs complètement randomisés avec 3-4 répétitions constituées chacune des parcelles de 9 m x 10 m. Les récoltes des racines tubéreuses se feront sur les 6 plants intérieurs, laissant de part et d'autre 2 pieds comme plants de bordure et tous les trois mois à partir de 9 MAP suivant le schéma ci-dessous.

Pour l'évaluation de la dégradation, un échantillon constitué d'au moins 12 racines tubéreuses par variété sera tiré de 4 plants de chaque répétition. Les racines devront être déterrées avec soins en gardant leur pédoncule et tout en évitant de les blesser pour ne pas occasionner des contaminations.

Les racines ainsi récoltées seront conditionnées et conservées dans un endroit approprié mais à l'air libre pour simuler les conditions de vente de manioc frais aux marchés pour des observations 24, 48, 96 et 168 heures après récolte. A chaque période, des observations seront faites sur 3 racines constituant chacune une répétition

Exemple d'une parcelle de 9 m x 10 m avec 6 récoltes échelonnées des 6 plants/récolte et laissant des bordures.

Données à prendre :

- Même que celles de l'EAR standard ci-dessus
- Appréciation à 15, 18 et 24 MAP, par au moins 20 paysans, du port du clone, des formes et dimensions des racines et autres caractéristiques recherchées par les producteurs.
- Poids des racines tubéreuses, matière sèche et amidon
- Teneur en MS, amidon, sucre, β -carotène (si possible sur les variétés à pulpe jaune)
- Teneur en CNp
- Taux de biodégradation des racines

Sélection variétale participative suivant les chaînes de valeur

Définitions des concepts

La sélection participative est définie comme une forme de sélection où la recherche associe les agriculteurs à la définition des objectifs de sélection et à la conduite du processus de sélection en vue de mettre au point des variétés répondant mieux aux attentes des agriculteurs, mieux adaptées aux conditions du milieu et à leur condition d'utilisation. La recherche travaille avec des groupes de paysans déjà organisés au niveau de leur communauté.

A cet effet, le chercheur fournit les protocoles et les intrants, forme les agriculteurs sur la conduite des essais et les méthodes de sélection participative, analyse les résultats des essais ; les parcelles de sélection sont installées en champ d'agriculteurs ; ces derniers réalisent des évaluations des variétés en champ et en post-récolte pour enfin identifier les variétés qui répondent à leurs attentes.

Toutefois dans chaque parcelle de sélection, le chercheur mesure les variables agronomiques standards et les rendements en racines tubéreuses ; les variétés sont également évaluées par les paysans d'abord au champ puis en cuisine pour les aspects organoleptiques. L'analyse des résultats agronomiques et des appréciations des producteurs permet au chercheur de déterminer les variétés qui s'approchent le plus des attentes définies.

La chaîne de valeur se réfère à toutes les activités et tous les services qui apportent un produit (ou un service) de la conception à l'utilisation finale dans une industrie particulière – d'approvisionnement en intrants à la production, la transformation, la vente en gros et enfin, le détail. Elle est appelée ainsi parce qu'une valeur est ajoutée au produit ou au service à chaque étape.

Une chaîne de valeur dans l'agriculture désigne l'ensemble des acteurs et des activités qui font passer un produit agricole de base du stade de la production dans les champs à sa consommation finale, processus dont chaque stade voit de la valeur être ajoutée au produit. Une chaîne de valeur peut être un lien vertical ou un réseau entre diverses organisations d'entrepreneurs indépendantes et peut concerner la transformation, l'emballage, l'entreposage, le transport et la distribution.

La chaîne de valeur d'un produit est donc axée sur la demande et sur la satisfaction des besoins du consommateur grâce à un processus de valorisation de produit. Une variété de manioc mise au point à partir de la sélection participative est un produit de qualité et sera donc plus compétitive dans la chaîne de valeur parce qu'elle répond mieux aux attentes des agriculteurs et du consommateur, bref du marché.

Méthodologie de recherche impliquant la sélection participative dans les chaînes de valeur du manioc en RD Congo.

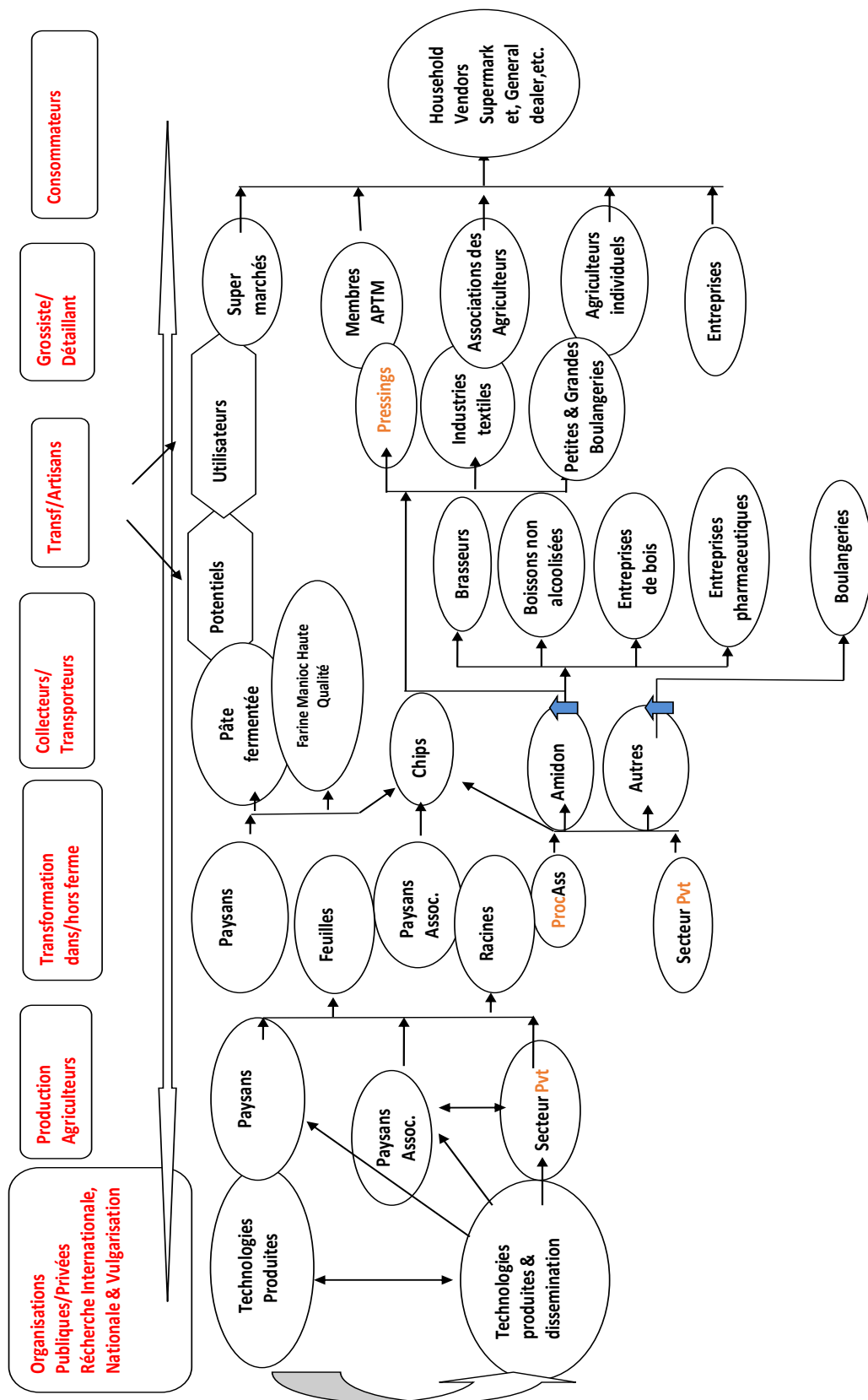


Figure 2.4. Les chaînes de valeur du manioc en RDC et les acteurs de la plateforme d'innovation (Graphique adapté de Mahungu *et al.*, 2008).

Tableau 2.4. Réalisations et défis par INERA-IITA/RDC.

Période	Réalisations majeures et défis
1974 -1985	Implication de l'IITA dans le programme de l'INERA et création du PRONAM Mise au point des variétés à haut rendement, résistantes à la CBB, CMD et autres maladies/ravageurs Mise au point du clone 70453 résistant à la cochenille farineuse du manioc, seule résistance reportée au monde (voir Annexe 7).
1985-1997	Faisant suite aux effets d'entraînement de l'ex. Projet SENARAV, la production nationale de manioc avait atteint 19 millions de t/an avec une productivité moyenne de 15 t/ha. Les variétés mises au point étaient résistantes à la souche africaine de la mosaïque (ACMV) et à la CBB.
1997-2002	On observe une chute de la moyenne de la production nationale, à 5-7 t/ha. Cette période est caractérisée par plusieurs guerres à travers le territoire national et par une recrudescence de l'épidémie de la CMD due à la souche ougandaise EACMV-Ug.
2002-2007	Relance de la productivité du manioc, jusqu'à 20 t/ha. Mise en œuvre de la stratégie de recherche et développement (IITA-USAID, etc.) et, plusieurs variétés résistantes à la souche ougandaise de la mosaïque ont été mises au point. Un accent particulier a été mis sur la transformation du manioc, qui a permis la diffusion de la technologie de production des micro-cossettes et a permis une diversification des produits de consommation de manioc (amidon, micro-cossettes, farine panifiable, etc.).
2007-2014	Une stabilité est observée sur la productivité du manioc qui oscille autour 15 millions de t/an. Renforcement des PME sur les filières de manioc après leur voyage d'étude en Thaïlande et financement par USAID via IITA allant de USD 10 000 à 300 000/PME.
2015-2020	La productivité nationale et moyenne de manioc devrait atteindre 45 millions de t/an. Depuis 2018, les statistiques de la FAO confirment cette production faisant de la RD Congo 3ème producteur du manioc au monde. Suivant l'Initiative Présidentiel sur le manioc, un accent particulier est en train d'être mis sur l'industrialisation de la culture pour la production de la farine fermentée de haute qualité, de la farine panifiable, de l'amidon, début d'étude sur le biocarburant.

La sélection variétale participative suivant les chaînes de valeur va à partir des schémas en RD Congo au niveau des EPR jusqu'au EUR par des équipes de 25-30 personnes par station de recherche de l'INERA, ces équipes sont composées des femmes et des hommes cultivant le manioc. Ils passent trois fois durant le cycle végétatif à 3, 9, 12 MAP (récolte) pour faire les choix des variétés qui les intéressent suivant certains caractères de leur choix tels que la taille, la forme de feuilles, la vigueur de la plante, le pourcentage de levée, la croissance, la ramification à la récolte, le goût, la forme de racines tubéreuses, le rendement et les qualités de sous-produits de transformation. (Pondu, fufu, chikwangue, lituma, etc.), la matière sèche, la teneur en amidon, etc. Pendant que les variétés se trouvent en EUR, les meilleures sont installées dans les EMP chez 20 à 30 paysans appelés « Bébé » et l'EUR en station est considéré comme « Maman ».

Depuis 2002, plus de 300 EMP ont été installés à travers le pays pendant plus de 3 ans dans les conditions paysannes pour confirmer les variétés intéressantes après le feedback à la recherche des variétés répondant aux critères des paysans. Selon leurs utilisations spécifiques, ces variétés sont multipliées sur des petites parcelles de 10 ares (semence de souche) suivi par SENASEM/INERA et ensuite multipliées sur des grandes parcelles de ± 5 ha en station (boutures de base) ensuite diffusées auprès des agriculteurs, ONGDs, écoles, églises et associations paysannes et aux secteurs privés (champs secondaires, semences commerciales). L'annexe 6 reprend la cartographie des principaux produits visés par le programme d'amélioration et sélection du manioc ainsi que la distribution des variétés améliorées à travers le pays.

Biofortification du manioc en RD Congo

En RD Congo, le manioc à pulpe jaune est généralement consommé frais ou bouilli dans les ménages ruraux tout comme dans les centres urbains. Il est souvent intéressant de constater que le consommateur préfère les racines tubéreuses de petites dimensions (entre 3 à 5 cm de diamètre) pour les manger fraîches ou bouillies avec les arachides, (Ndombo *et al.*, 1988).

Au cours des années 80's, le Programme National Manioc (PRONAM) avait initié des travaux de recherche sur le manioc jaune doux à la suite de sa consommation sous forme crue ou bouillies en milieu rural et dans les grands centres urbains. Les travaux avaient commencé par la mise en place d'une collection des variétés locales de manioc à pulpe jaune et l'appréciation de la coloration jaune sur base d'observation visuelle de ces variétés dont *Dinkondo 2*, *Dinkondo 3*, *Dinkondo 4*, *Dinkondo 6*, *Dinkondo-Kindinga*, *Diki 2*, *Dimeya*, *Mpeku* et *Munsambu* jusque-là conservées en collection (PRONAM, 1986, 1987).

La reconnaissance de la déficience des micronutriments tels que le fer, l'iode, le zinc et la vitamine A comme un problème global de santé publique et un des principaux défis de développement a donné une opportunité à l'amélioration pour la teneur en micronutriments (Pfeiffer and McClafferty, 2007). Ainsi, par la biofortification, une nouvelle approche d'amélioration initiée par le Programme HarvestPlus, l'augmentation des teneurs en micronutriments dans les cultures vivrières devenait possible par les méthodes conventionnelles d'amélioration des plantes. Le but ultime du Programme est de réduire la malnutrition due à la déficience en micronutriments principalement le fer, le zinc et la vitamine A parmi les populations vulnérables des pays en développement avec comme conséquences l'amélioration de la sécurité alimentaire et leur bien-être.

En RD Congo, HarvestPlus en collaboration avec le PRONAM et d'autres partenaires, vise à améliorer le statut en vitamine A des femmes et enfants congolais par l'introduction des variétés de manioc jaune riche en provitamine A (bêta-carotène) pour une production et une consommation directe par les ménages ruraux. Ce programme vise aussi à disséminer les boutures de manioc riches en provitamine A à plus d'un million des ménages congolais et à promouvoir la consommation des produits à base de manioc biofortifié.

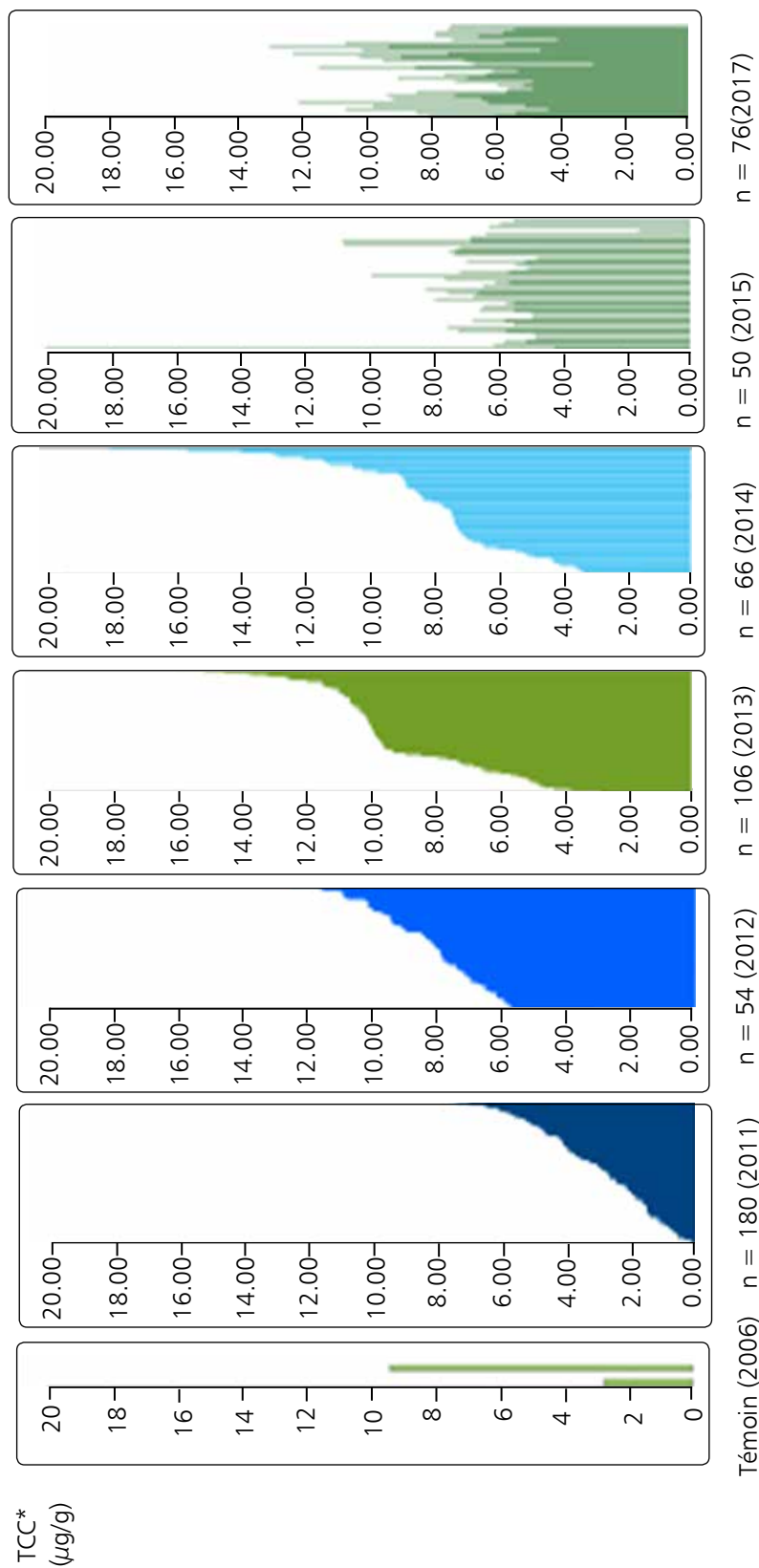
Au début de ce programme de HarvestPlus, IITA Ibadan (Nigeria) introduisit quelques clones de manioc à chair jaune sous forme des vitroplants en 2001 et ensuite des lots des graines issues des parents à pulpe jaune. De ces différentes introductions, des variétés à pulpe jaune performantes telles que I2001/1661 (*Kindisa*), I2001/1229 (*Wina*) et I94/0330 (*Vuvu*) ont été identifiées localement et diffusées à travers le pays. Des échantillons de ces variétés envoyées plus tard à IITA/Ibadan pour des analyses des carotènes vont révéler une teneur de 9.5 µg/g en carotènes totales pour la variété I2001/1661, la première variété biofortifiée largement diffusée sous le nom de «Kindisa» (qui veut dire fortifiant en langue locale Kikongo) en RD Congo.

Des travaux de sélection se basant sur le schéma classique de sélection du manioc continueront par la suite au PRONAM avec l'appui technique de l'IITA et le financement de HarvestPlus dans diverses stations de l'INERA et durant plusieurs années. L'amélioration variétale était faite suivant la méthode conventionnelle intégrant la sélection participative et se focalisait sur les caractéristiques agronomiques et technologiques habituelles associées à la teneur en bêta-carotène et acceptables par les consommateurs. Cette teneur est déterminée en utilisant l'appareil iChek™ de la pépinière à graines à l'essai préliminaire de rendement où se retrouvent un nombre important des semis (sauvageons) et des clones et par le spectrophotomètre dans les essais avancés et les essais uniformes de rendement pour une confirmation de cette teneur avant la diffusion des variétés et leur inscription au Catalogue national.

L'amélioration et la sélection de la teneur en carotènes totales (TCC) reposent sur différentes combinaisons des croisements entre les géotypes à pulpe jaune ayant des traits agronomiques et une bonne qualité des produits, étant donné que les variétés biofortifiées élités devront intégrer une TCC élevée et des bonnes performances agronomiques. Des sélections pour ce trait ont été faites sur des semis (sauvageons) issus des croisements contrôlés et artificiels dans des pépinières à graines successives. Une augmentation de la TCC proche de 20 µg/g a été observée dans le germoplasme en développement durant une période de six (6) années (Figure 2.5), soit un gain génétique en croissance constituant ainsi un bon indicateur dans l'amélioration de ce trait.

Les clones élités ayant un haut rendement sec en racines tubéreuses associé à une teneur élevée en carotènes totales, une bonne réaction aux principales maladies et ravageurs du manioc et de bonnes caractéristiques agronomiques sont identifiés à partir des sélections des essais uniformes de rendement (EUR) pour entrer dans le processus de pré-diffusion. De plus, ces clones sont testés pour une deuxième année en essai uniforme de rendement pour les attributs pertinents pour la stabilité des caractères et leur adoption.

La sélection participative impliquant les producteurs et les consommateurs de manioc lors de la sélection variétale dans les EUR et les PVS est utilisée pour faciliter l'adoption des variétés de manioc biofortifié par les utilisateurs finaux.



*Teneur en carotènes totaux mesurée avec iChek

Figure 2.5. Gain génétique de la teneur en carotènes totales (TCC) observé dans les essais clonaux.

Tableau 2.5. Variétés de manioc biofortifiées diffusées en RD Congo entre 2011 et 2019.

Variété	Nom officiel	Rendement frais (t/ha)	TCC (µg/g)	Matière sèche (%)	Sévérités maladies		
					CMD	CBSD	CBB
I 2001/1661	<i>Kindisa</i>	35.0	9.5	27.0	1	1	1
MVZ 2011B/0360	<i>Vimpi</i>	29-35	8.5	32.1	1	1	1
GKA 2012/149	<i>Lumonu</i>	30-35	8-10	35.0	1	1	1
GKA 2011/274	<i>Mukolessi</i>	30-35	7.0	35-40	1	1	1

Source : Catalogue national des variétés des cultures vivrières en RD Congo, 2019

Des tests organoleptiques sont également organisés pour évaluer l'acceptabilité de différents produits à base de manioc jaune par les consommateurs.

En RD Congo, les racines tubéreuses du manioc sont transformées sous diverses formes des produits largement consommés. La rétention des caroténoïdes dans le manioc biofortifié dans différents produits à base de manioc (bouilli, fufu et chikwangue) a été évaluée dans une étude utilisant quatre (4) génotypes à pulpe jaune à savoir *Kindisa*, *Vuvu*, *Vimpi*, et MVZ 2012/044 (Taleon *et al.*, 2019). Une teneur élevée comme une bonne rétention de la provitamine A après préparation de ces produits a été observée dans le manioc bouilli suivi du fufu et de la chikwangue. Les résultats obtenus indiquaient que le manioc jaune biofortifié bouilli pourrait être un produit alimentaire efficace pour améliorer l'apport de provitamine A dans les zones où il existe une carence en cette vitamine. L'étude recommandait aussi l'amélioration de la transformation du fufu et de la chikwangue avant de promouvoir le manioc biofortifié dans les zones déficientes en vitamine A à forte consommation de manioc. Une étude antérieure (Mikatele 2019) avait démontré qu'avec le séchage rapide par flash dryer, la couleur jaune était mieux retenue et la teneur en bêta-carotène significativement) élevée comparée au séchage au soleil. Ainsi, dans la même optique de l'étude de Taleon *et al.* (2019), il est recommandé l'amélioration du séchage de la farine pour le fufu (le séchage par flash dryer qu'au soleil) pour une meilleure rétention en bêta-carotène

La multiplication des matériels de plantation des variétés se fait selon le schéma classique où le matériel de base est produit par PRONAM et les autres catégories avec les ONG, les agris multiplicateurs, et les associations des producteurs.

La dissémination des matériels de plantation auprès des ménages agricoles est principalement assurée par deux canaux, une dissémination directe étant faite par HarvestPlus en collaboration avec le PRONAM et à travers des ONG productrices des semences et agri multiplicateurs ou même des associations des producteurs et une autre dite indirecte et la plus importante s'effectuant par des échanges des

matériels de plantation entre les producteurs ou les ménages agricoles. Cette activité est rendue effective par un contrat entre les partenaires impliqués dans ce programme de dissémination et une utilisation des matériels de qualité provenant des noyaux de base ou champs de multiplication secondaire installés et régulièrement suivis dans des centres de recherche.

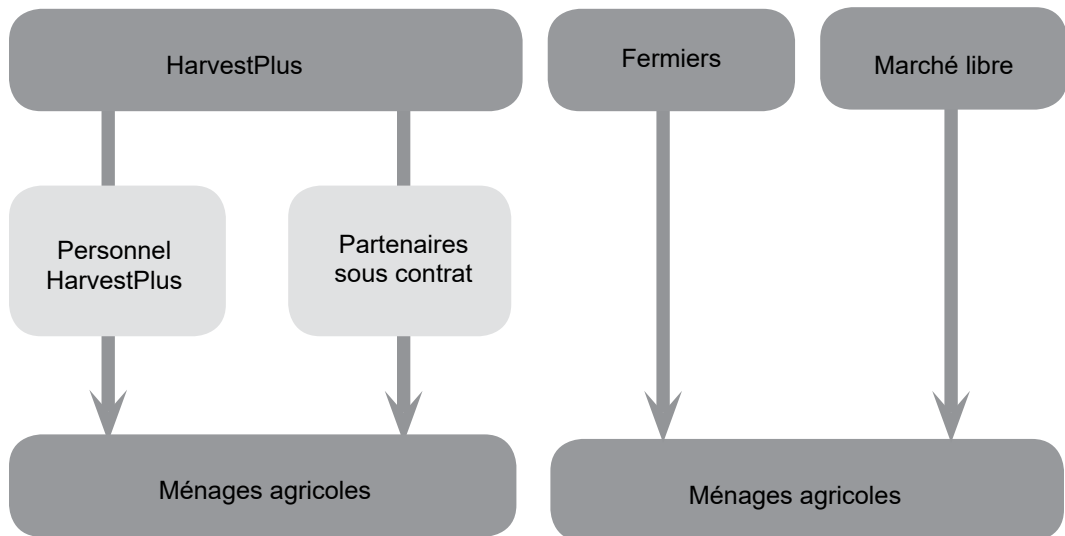


Figure 2.6. Schéma de dissémination du manioc biofortifié en RD Congo.

Le schéma de dissémination (Figure 2.6) montre les opérateurs y impliqués et les canaux par lesquels les matériels de plantation atteignent les producteurs et les ménages agricoles, qui sont les consommateurs et utilisateurs du manioc.

Des champs de multiplication tertiaire des boutures de manioc biofortifié établis par des partenaires au sein des communautés villageoises servent aussi des points de dissémination, étant donné leur proximité auprès des ménages bénéficiaires et consommateurs de ce produit, chaque producteur individuel ou ménage recevant du matériel végétal pour emblaver 10 ares.

Après près de tant d'années de dissémination des boutures de manioc biofortifié appuyée par des campagnes de sensibilisation sur la consommation des produits à base de manioc biofortifié, environ 1700000 personnes ont été atteintes directement ou indirectement à travers diverses organisations de développement partenaires au programme et plus de 50000 hectares ont été emblavés avec le manioc jaune biofortifié et ce, avec la contribution financière du Programme HarvestPlus, la collaboration technique du PRONAM et l'appui technique de l'IITA.

Annexe 1.

Dispositifs d'essai non Randomisés*

Mahungu N.M. et Frangoie A. Cours de formation des chercheurs et techniciens de recherche INERA, Atelier de programmation annuelle du plan de travail IITA/INERA, Kola (Mbanza-Ngungu), 15–19 août 2011

*Texte de base tiré du "Manuel sur les essais au champ dans le cadre de la Coopération Technique" de Klaus Rohrmoser assisté par Manfred Wermke, CTA, Eschborn, 1986).

1 Éléments du dispositif d'essai

- **Parcelle** : la plus petite unité de superficie élémentaire de l'essai
- **Variante ou traitement** : élément vérifié, regroupe toutes les parcelles ayant le même traitement
- **Répétition** : présence de deux ou plusieurs parcelles avec le même traitement
- **Bloc** : comprend soit une répétition de tous les traitements (bloc complet) soit une répétition d'une partie seulement des traitements (bloc incomplet)
- **Randomisation** : distribution au hasard ; la répartition au hasard de tous les traitements dans un bloc. Les parcelles sont randomisées afin de pouvoir calculer l'influence de l'hétérogénéité du sol et des parcelles adjacentes. Les essais randomisés sont plus précis que les essais non randomisés.

2 Dispositifs d'essai non randomisés/Dispositif standard

- **Caractéristiques** : Un témoin, servant de traitement comparatif est intercalé à intervalles constants entre les traitements étudiés. Exemple : essai clonal du manioc dans le schéma de sélection.
- **Avantages** : Ce dispositif se prête bien pour des essais de démonstration, ou des tests préliminaires et des essais multi-locaux, par exemple pour la présélection des clones/variétés ou pour le test de descendance de lignées élités si l'on dispose de très peu de semence ou boutures. Le dispositif standard représente du point de vue réalisation et analyse la méthode d'essai la plus simple ; il est aussi particulièrement indiqué si l'on ne dispose pas de personnel qualifié ni de grandes superficies.
- **Désavantages** : Il n'est pas adapté à tous les autres objets d'essai car le calcul des différences de sol est partiel et celui des effets des parcelles adjacentes impossible.
- **Randomisation des traitements** : Les traitements ne sont pas randomisés, mais disposés selon un ordre systématique.
- **Calcul des influences non souhaitées** : les différences de sol ne sont calculées que partiellement à l'aide du témoin ; les effets de bordure des parcelles adjacentes ne sont pas du tout calculés.

- **Répétitions** : Chaque clone (traitement) n'est réalisé qu'une seule fois. Il n'est pas répété. Seul le témoin est répété plusieurs fois. Entre deux parcelles du témoin, on intercale 4 à 6 clones (traitements), toutefois avec le nombre élevé des clones en essai clonal, un maximum de 10 clones est utilisé pour ne pas avoir une grande superficie. Plus les parcelles du témoin ne sont écartées, le calcul des différences de sol n'est plus possible.
- **Disposition des parcelles** : cas de l'essai clonal pulpe blanche à Mvuazi

Dispositif standard, cas de l'EC 2009/2010 pulpe blanche à Mvuazi

Tém. 1 RAV	Tém 2 Boma	1 10/01	2 10/0	3 10/0	4 10/04	5 10/05	6 10/06	7 10/07	8 10/0	9 10/0	10 10/1	Tém. 1 RAV
Tém. 1 RAV	Tém 2 Boma	20 10/20	19 10/19	18 10/18	17 10/17	16 10/16	15 10/15	14 10/14	13 10/13	12 10/12	11 10/11	Tém 2 Boma

3 Dispositif des parcelles allongées

Le dispositif des parcelles allongées a été introduit en 1924 par Zade. En principe c'est un dispositif standard dont chaque parcelle se prolonge sur toutes les répétitions. Les parcelles peuvent être cultivées sans interruption. La subdivision en répétitions peut être faite soit après la levée, soit avant la récolte, en traçant des bandes séparatives perpendiculairement à la direction du semis.

- **Caractéristiques** : Un témoin servant de traitement comparatif est intercalé à intervalles constants entre les traitements étudiés.
- **Avantages** : Ce dispositif est indiqué si l'on ne dispose pas de personnel qualifié ; il se prête bien pour des essais de travaux du sol, d'irrigation ou de fumure avec l'avantage que les travaux par traitement se font à travers les répétitions.
- **Désavantages** : Il n'est pas adapté pour un grand nombre de traitement, car les parcelles-témoins prennent beaucoup de place sur le champ d'essai.
- **Randomisation des traitements** : Les traitements ne sont pas randomisés au niveau des répétitions mais présentent le même ordre systématique dans chaque répétition.
- **Calcul des influences non souhaitées** : Les différences de sol sont calculées partiellement (plus que dans le dispositif standard) à l'aide des témoins et les effets de bordure ne sont pas calculés.
- **Répétitions** : Selon l'homogénéité du sol, 4 à 6 répétitions sont disposées l'une après l'autre. Entre deux parcelles-témoins, il ne doit pas y avoir plus de 6 traitements.

Dispositif des parcelles allongées en 4 répétitions

Tém. 1	1	2	3	Tém. 2	1	2	3	Tém. 3
Tém. 1	1	2	3	Tém. 2	1	2	3	Tém. 3
Tém. 1	1	2	3	Tém. 2	1	2	3	Tém. 3
Tém. 1	1	2	3	Tém. 2	1	2	3	Tém. 3

4 Collecte des données et analyse pour le dispositif standard

Suivant le dispositif de la méthode standard ci-dessus, les données prises lors de la récolte de l'essai clonal se présentent comme suit :

N°	Clone	Poids racines (kg/pied)	N°	Clone	Poids racines (kg/pied)
1	RAV	2,33	13	Boma	1,50
2	Boma	2,00	14	2010/028	3,70
3	2010/001	3,25	15	2010/029	2,00
4	2010/002	0,67	16	2010/030	2,00
5	2010/003	0,80	17	2010/031	2,00
6	2010/004	2,60	18	2010/032	4,50
7	2010/005	1,00	19	2010/033	3,50
8	2010/006	1,75	20	2010/034	0,50
9	2010/007	3,40	21	2010/035	
9	2010/008	2,45	22	2010/036	
10	2010/009	2,33	23	2010/037	
11	2010/010	2,33	24	RAV	
12	RAV	1,75	25	Boma	2

L'objet de l'essai clonal est de savoir quel clone est supérieur au témoin local et même au témoin amélioré. L'analyse statistique se fera pour chaque trait et un seul témoin à la fois sera considéré.

Dans le cas de l'essai clonal de Mvuazi, le contrôle sera la variété locale Boma, la même analyse peut se faire également en utilisant le contrôle amélioré RAV, etc. Pour faire l'analyse statistique, on établit le tableau suivant :

Collecte des données et analyse pour le dispositif standard.

Traitement	Poids racines (kg/pied)	Facteur de correction (F)	Poids racines corrigé (kg/pied)	D*	D ²	Seuil de signification
Boma 1 (Témoin 1)	0,25	4.67				
2010/001	2,33	4,33	10,08	8,92	79,49	***
2010/002	2,00	3,99	7,98	6,81	46,36	***
2010/003	3,25	3,65	11,86	10,69	114,30	***
2010/004	0,67	3,31	2,22	1,05	1,10	0
2010/005	0,80	2,97	2,38	1,21	1,46	0
2010/006	2,60	2,63	6,84	5,67	32,17	***
2010/007	1,00	2,29	2,29	1,12	1,26	0
2010/008	1,75	1,95	3,42	2,25	5,06	**
2010/009	3,40	1,61	5,48	4,31	18,62	***
2010/010	2,45	1,27	3,12	1,95	3,81	**
Boma 2 (Témoin 2)	1,25	0,93				
2010/028	2,33	0,90	2,101	0,93	0,87	0
2010/029	1,75	0,87	1,522	0,36	0,13	0
2010/030	1,50	0,84	1,257	0,09	0,01	0
2010/031	3,70	0,81	2,982	1,82	3,30	x
2010/032	2,00	0,77	1,548	0,38	0,15	0
2010/033	2,00	0,74	1,485	0,32	0,10	0
2010/034	2,00	0,71	1,421	0,25	0,06	0
2010/035	4,50	0,68	3,055	1,89	3,56	**
2010/036	3,50	0,65	2,264	1,10	1,21	0
2010/037	0,50	0,62	0,308	-0,86	0,74	0
Boma 3 (Témoin 3)	2,00	0,58				
Moyenne de l'essai	2,20					
Moyenne du contrôle	1,17					
Somme D				50,26		
M _D				2,51		
Somme D ²					313,76	

* : D = Différence entre les rendements corrigés et la moyenne des témoins

On élimine les effets de l'hétérogénéité du sol sur les rendements mesurés à l'aide du facteur de correction F. Comme il n'y a pas de répétition dans le dispositif standard, on calcule d'abord la moyenne des témoins : (Boma 1+Boma 2+ Boma 3)/3 = (0,25+1,25+2,00)/3 = 1,166

Puis les facteurs de correction pour chaque témoin :

F = Moyenne des témoins/Témoin correspondant donc pour Boma 1 (1,166/0,25=4,66), Boma 2 (1,166/1,25=0.933) et Boma 3 (1,166/2.0=0,583)

La différence entre les facteurs de correction de deux témoins voisins est divisée par le nombre plus 1 de parcelles situées entre ces deux témoins. Si l'on additionne le quotient ainsi obtenu cumulativement au facteur F du témoin présentant le **plus petit facteur de correction**, on obtient les facteurs de correction pour les rendements mesurés entre ces 2 témoins :

Différence entre F de Boma 1 et de Boma 2 (4,666– 0.933) = 3,733

$$3,733 / (10+1) = 0,339$$

Ainsi F de 2010/010 = F de Boma 2 (0.933) + 0,339= 1,272

F de 2010/009 = F du clone précédent, 2010/001 (1.272) + 0,339= 1,611

F de 2010/008 = F du clone précédent, 2010/002 (1,611) + 0,339= 1,951

F de 2010/007 = F du clone précédent, 2010/003 (1,951) + 0,339= 2.290

Calculer de même manière jusqu'au clone avant Boma 1 qui est

F de 2010/001 = F du clone 2010/009 (3,987) + 0,339= 4,327

Pour éliminer des rendements pesés les effets de l'hétérogénéité du sol, on multiplie ceux-ci avec les facteurs de correction, on obtient ainsi les rendements corrigés.

Pour vérifier le degré de signification pour la différence entre les rendements corrigés et la moyenne des témoins, on calcule l'erreur-type selon la formule suivante

$$S_d \backslash \sqrt{\frac{\sum D^2 - MD \times D}{t(t-1)}}$$

$$\sum D^2 = \text{Somme des carrés des différences?}$$

$$M_D = \text{Moyenne des différences?}$$

$$\sum D = \text{Somme des différences ?}$$

$$T = \text{Nombre de traitements}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum 313,75 - 2,513 \times 50,262}{20(20-1)}} = 0,702$$

$$\text{Coefficient de variation} = \frac{0,702 \times 100}{2,201}$$

Les p.p.d.s. sont obtenues à l'aide du test « t » :

Pour P_{5%} S_d × t_{5%} = 0,702 × 1,966 = 1,380 Kg/pied ;

Pour P_{1%} S_d × t_{1%} = 0,702 × 2,588 = 1,818 Kg/pied ;

Pour P_{0,1%} S_d × t_{0,1%} = 0,702 × 3,316 = 2,329 Kg/pied

Les valeurs t pour les d.d.l. de l'erreur-type t(t-1) = 380 se trouve dans la table et qu'on peut trouver à partir d'Excel.

Si l'on compare les différences (D) entre les rendements corrigés et la moyenne des témoins dans le tableau de résultats avec les p.p.d.s, le test de signification montre

que les rendements des 5 clones suivantes : 2010/001 ; 2010/002 ; 2010/003 ; 2010/006 et 2010/009 sont très hautement significatifs par rapport au rendement du témoin Boma. Le rendement des 3 clones suivants : 2010/008 ; 2010/010 et 2010/035 sont hautement significatifs par rapport au témoin Boma, le rendement du clone 2010/031 est significatif par rapport au témoin Boma. Par contre, les rendements des autres clones restants ; ne se distinguent pas significativement, c'est-à-dire que ces clones ont le même effet que le témoin Boma sur le rendement.

Pour le cas de la sélection, nous considérons la probabilité de 5%. Par conséquent, dans l'exemple ci-dessus, sur 20 clones testés 9 seront retenus pour l'étape suivante, c'est-à-dire l'Essai préliminaire de rendement (EPR).

Annexe 2.

Méthodologie pour observation sur la rétention des feuilles (RF)

(Tiré de Mahungu et Kanju, 1996)

1 Croissance de nouvelles feuilles et sénescence des feuilles

La croissance de nouvelles feuilles et la sénescence des feuilles sont cotées subjectivement et mensuellement à partir de 6 MAP ou au début de la saison sèche sur une échelle de 1-3 où :

- Croissance de nouvelles feuilles
 - 1 = croissance apicale normale
 - 2 = croissance apicale réduites (comme si/ou affectée par CGM)
 - 3 = pas de croissance apicale (pas de formation apparente de nouvelles feuilles)
- Sénescence de vieilles feuilles
 - 1 = pas de chute apparente ou évidente des feuilles ou jaunissement des vieilles feuilles
 - 2 = quelques (1-2) feuilles jaunissantes/sèches ou mortes à la suite de l'âge
 - 3 = jaunissement/dessèchement prononcé des vieilles feuilles différentes de la sénescence normale

2 Longueur de la tige avec feuilles

Cette mesure quantitative est très importante comme elle indique la présence réelle des feuilles sur la plante et leur réduction ou maintenance subséquente aussi longtemps que la sécheresse persiste. Elle est mesurée à partir de la feuille vivante la plus basse à la toute dernière feuille (apicale) vivante. Si la plante est ramifiée et certaines feuilles sont en dessous de la ramification, la mesure sera prise de la feuille vivante la plus basse jusqu'à une ramification seulement (de préférence, la plus longue et suivant la ramification plutôt que prendre le point correspondant le plus élevée comme si on mesurait la hauteur de la plante. Au cas où la plante a deux segments des parties couvertes par les feuilles, on prendra soin de prendre les deux comme A (la partie en haut) et B (la partie en bas).

Annexe 3.

Méthodologie de cotation de la résistance à la sécheresse

Un des objectifs de la sélection du manioc est d'identifier les génotypes qui supportent une longue saison sèche ou une longue période de sécheresse mieux que ceux qui sont facilement affectés par le stress d'humidité combiné avec une forte évapotranspiration potentielle (ETP).

Une méthode de cotation a été suggérée en mesurant ou évaluant la capacité de rétention des feuilles chaque mois à partir de 6 MAP ou au début de la saison sèche.

Les données seront reportées comme 1/1 ou 1/2, 1/3, 2/1 jusqu'à 3/3 indiquant la combinaison de la croissance et la sénescence des feuilles. Un clone coté 1/0 indique qu'au moment de la cotation, il avait une nouvelle croissance des feuilles et pas de sénescence pendant qu'un clone coté 3/3 indique pas de nouvelle croissance des feuilles associée à une importante chute de vieilles feuilles. Ensuite la(es) partie(s) couverte(s) par les feuilles seront reportées sur la colonne suivante.

La combinaison des données des points 1 et 2 donne une image/idée complète du comportement de la plante pendant la saison sèche comme ceci renseignera aussi quand les plantes ont recommencé à donner des nouvelles feuilles pendant ou à la fin de la saison sèche.

Annexe 4.

Détermination de la matière sèche et de l'amidon

L'estimation de la teneur en matière sèche et en amidon des clones en évaluation se base sur la méthode de gravité spécifique. Cette méthode consiste à prélever et peser simultanément dans l'eau (P_e) et à l'air libre (P_a) pour chaque clone, un échantillon de racines tubéreuses fraîches dont le poids varie entre 300 et 500 g. La gravité spécifique calculée comme suit, $X = P_a / (P_a - P_e)$, est introduite dans les équations respectives pour donner les teneurs en matière sèche et amidon.

$$\text{Matière sèche (\%)} = 112.1 \cdot X - 106.4$$

$$\text{Amidon (\%)} = 158.3 \cdot X - 142$$

La matière sèche est aussi déterminée par la méthode de séchage à l'étuve qui consiste à prélever et peser au moins deux échantillons de racines tubéreuses fraîches de poids variant entre 300 et 500 g (P_f). Les échantillons préparés sont placés à l'étuve à une température de 105° C pendant 24 heures et sont pesés jusqu'à avoir un poids constant (P_s). La teneur en matière sèche est calculée en utilisant la formule $MS (\%) = (P_s / P_f) \times 100$.

Annexe 5.

Criblage préliminaire de l'amidon sans amylose et des racines juteuses sucrées dans le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) *

Mahungu N.M.¹, Lukombo S¹., Bidiaka S¹., Nluta S¹., Binzunga M⁴., Bakelana T⁴., Tata Hangy W¹., Ndombo E.,¹ Ndonga A¹., Abass A²., Kulakow P³ et Tambu E⁴.

¹IITA, Kinshasa, RD Congo

²IITA, Dar-Es-Salaam, Tanzanie

³IITA, Ibadan, Nigeria

⁴INERA Mvuazi, Kongo Central, RD Congo

*Poster présenté à IITA Ibadan pendant la semaine de programmation annuelle 2010 (IITA R4D Week 2010)

Introduction : L'amidon de manioc est généralement d'un blanc pur et a de très faibles niveaux de matières grasses et de protéines. Ceux-ci le rendent approprié pour les industries alimentaires et pharmaceutiques sans passer par une grande partie de l'amidon modifié requis comme cela est fait à partir de céréales et /ou d'autres amidons de racines et de tubercules.

En examinant diverses chaînes de valeur du manioc, les objectifs de sélection visent entre autres l'identification de clones supérieurs pour répondre aux denrées, aux aliments pour animaux et aux matières premières industrielles. Cela nécessite des racines avec des caractéristiques de qualité spécifiques qui répondent mieux aux besoins de diverses industries. Pour les industries de l'amidon, différentes approches de sélection pour développer et identifier des clones avec de nouvelles propriétés d'amidon ont été initiées (Ceballos *et al.*, 2007).

■ Amidon sans amylose

Dans le manioc, l'amylose varie de 17 à 25% (Fernandez *et al.*, 1996), certains auteurs rapportent de 13 à 30%. Le criblage de l'amidon des racines avec un amylose réduit (amidon lié aux granules) inférieur à la normale est poursuivi afin d'avoir de l'amidon cireux qui a tendance à avoir une viscosité élevée, un indice de gonflement élevé et une faible solubilité. L'amidon cireux possède des propriétés de collage uniques requises par certaines industries.

Matériels et méthodes : 4459 plants (sauvageons) à pollinisation libre et en ségrégation de six familles (TME 419, Zizila (MV 98/038), Nsansi (I 95 / 160), Mvuazi (I 95 / 528), Disanka (I 95 / 211) et I 94 / 330) ont été récoltés à 12 mois après plantation (novembre 2010) à la station de recherche de Mvuazi (S 05 ° 27 ', E 14 ° 54'; 465 m asl). Sur chaque plante, deux tranches de la partie centrale des racines ont été réalisées et la pulpe a été colorée avec une goutte de solution d'iode à 2% (2 g de KI et 0,2 g de I2 dans 100 ml d'eau distillée). La couleur de la tranche variait de la coloration brun-rougeâtre (classe 1) disparaissant peu de temps

après, typique des colorations sans amylose, brun-rougeâtre mais ne disparaissant pas (classe 2), bleu clair (classe 3) à normal amylose-amylopectine, taches de bleu foncé (classe 4).

Résultats et discussion : Des tâches très distinctives ont été observées dans les tranches de racines des descendances naturellement en ségrégation des 6 familles, indiquant une variation de la teneur en amylose de l'amidon de racine de manioc. La distribution était de 11, 30, 1205 et 3215 respectivement pour les classes 1, 2, 3 et 4. Ces résultats corroborent l'hypothèse selon laquelle 0,3 à 0,7% de l'amidon des semis criblés avaient une faible teneur en amylose sur la base de leur réaction à la coloration à l'iode.

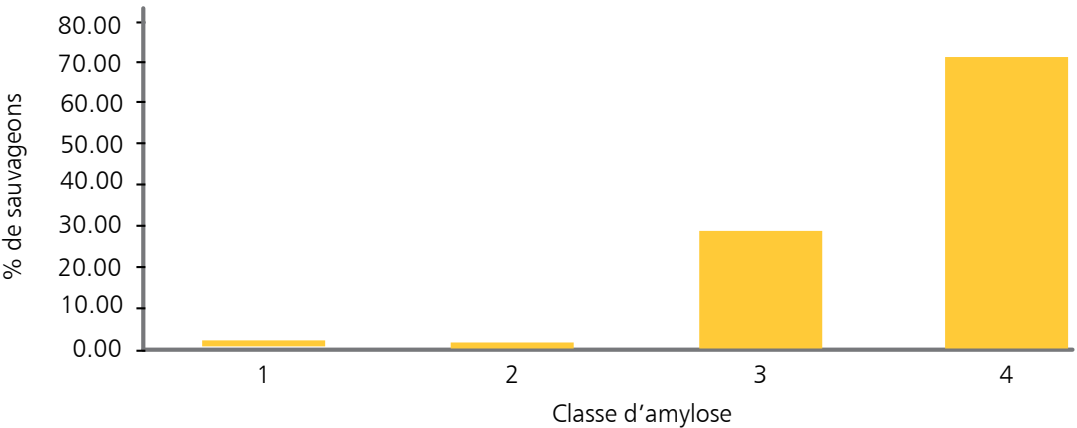


Figure 2.7. Pourcentage de sauvageons par classe d'amylose.

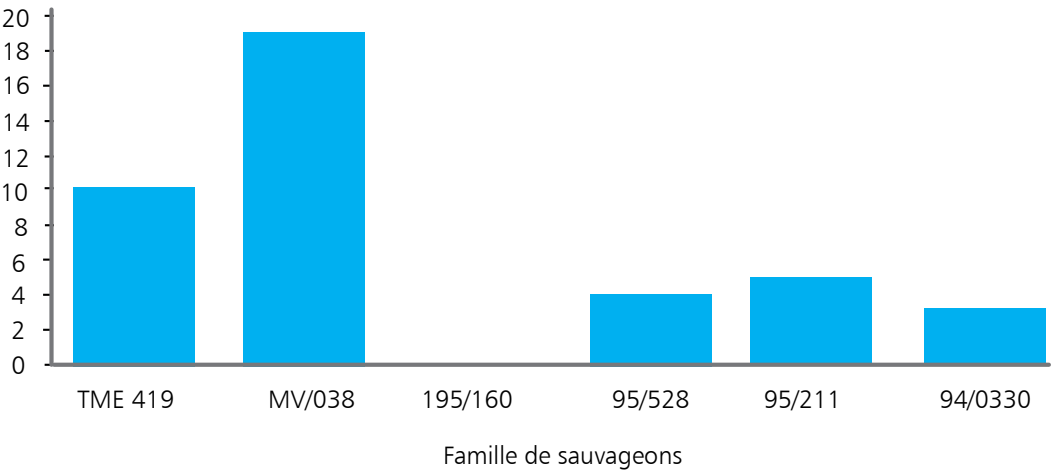


Figure 2.8. Nombre de sauvageons sans amylose sélectionnés par famille

Ces résultats préliminaires seront confirmés car les semis (sauvageons) sélectionnés des classes 1 et 2 seront clonés et analysés davantage en utilisant la méthode colorimétrique de détermination de l'amylose pour confirmer leur statut sans amylose en plus de tester d'autres propriétés de l'amidon telles que celles de collage, etc.



Photo 2.3. Tranches de racines de manioc avec les deux tranches inférieures par clone colorées à l'iode et les deux tranches supérieures non colorées comme témoin. La réaction à l'application d'iode est bien évidente dans les deux clones du côté droit.

2 Manioc juteux et sucré

La production du manioc est plus compétitive que la canne à sucre pour son faible coût de production, son adaptation à plusieurs conditions édapho-climatiques et son rendement élevé à l'hectare. Toutefois l'éthanol du manioc est plus coûteux à produire que celui de la canne à sucre à cause de procédés de transformation exigeant de grandes quantités d'énergie.

En remplaçant ces procédés par la fermentation suivie de la distillation, on réduirait considérablement le coût de production et rendre l'éthanol à base de manioc plus compétitif par rapport à beaucoup d'autres cultures.

Le manioc avec ses potentialités élevées peut à la fois contribuer à assurer la sécurité alimentaire de la population congolaise, fournir la matière première à plusieurs industries et participer et contribuer aussi aux besoins énergétiques en produisant de l'éthanol (biocarburant) comme la canne à sucre.

La RD Congo peut aussi, comme les autres pays, adopter des stratégies nationales pour le développement de procédés de transformation des racines fraîches en produits secondaires dont l'éthanol dans une optique commerciale axée sur la filière carburant. L'éthanol est maintenant mélangé à l'essence dans plusieurs pays à 10, 20, 30, 40 % (E10, E20, E30, E40, respectivement). Au Brésil, il y a des flexi-véhicules qui utilisent l'éthanol à 100% comme aussi les mêmes véhicules utilisent de l'essence pure ou mélangée à l'éthanol.

Une sélection des variétés de manioc appropriées à la production et productivité de l'éthanol est nécessaire. A cet effet, les variétés avec plus de sucre dans les racines et moins de matière sèche (manioc juteux) conviendraient à une production rentable de l'éthanol. Des travaux en cours à l'INERA-Mvuazi ont montré qu'il existe des variétés de manioc avec un taux élevé de sucre allant de 2.8 à plus de 55 mmol/l comme repris dans le graphique 3 ci-dessous.

3 Méthodologie dans la détermination de la teneur élevée en sucres dans les racines tubéreuses avec le test de kit de diabétique

La technique de recherche des clones à teneurs élevées en sucres avec les bandelettes de glycémie pour diabétiques est une méthode qualitative en usage pour identifier au sein d'une grande population des clones présentant une potentialité de teneur élevée en sucres élevée.

Après récolte, deux racines tubéreuses sont prises au hasard sur chaque pied de manioc et elles sont étiquetées. Sur la pulpe de chaque racine tubéreuse, on prélève un disque d'environ 1 cm³. Chaque disque est pressé avec deux doigts. Une bandelette de glycémie est posée pendant quelques secondes sur le jus qui est sorti pendant le pressage. La bandelette est laissée au repos pendant quelques secondes (conformément aux recommandations de la marque) pour développer la coloration correspondant à la concentration en glucose. Cette teneur est exprimée en milli mole de glucose par ml (mM glucose/ml). Les clones avec une concentration élevée sont retenus pour des évaluations plus poussées.

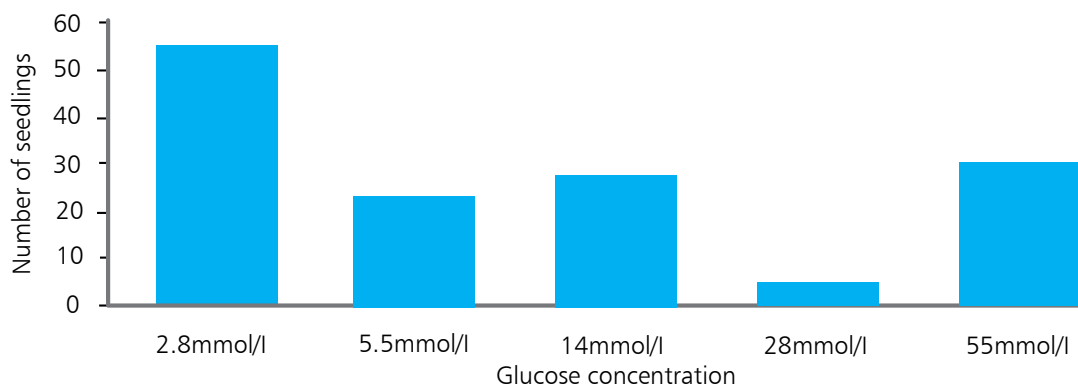


Figure 2.9. Nombre de semis (sauvageons) par concentration en sucre.

Annexe 6.

L'influence des épluchures des racines dans l'estimation du rendement sec des racines.

L'influence des épluchures des racines de manioc dans les estimations économiques du rendement sec des racines*

Introduction

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) est la principale culture vivrière de la République démocratique du Congo (RDC) où il est consommé par 70% de la population estimée à 70 millions de personnes. Les racines et les feuilles transformées sont consommées sous diverses formes. Les racines sont épluchées avant d'être transformées en différents produits alimentaires et recettes. Lors de la sélection pour un rendement en racines sèches, la teneur en matière sèche de la pulpe est considérée comme le principal facteur influençant le rendement sec provenant du rendement des racines fraîches. Moins d'attention est accordée à d'autres facteurs tels que les épluchures et les fibres. Des recherches ont été effectuées pour évaluer l'importance des épluchures des racines dans les pertes après récolte et la variabilité génétique variétale du contenu des épluchures des racines.



Figure 1.

Table 1.

Variété	Poids des racines fraîches (kg)	Poids épluchures fraîches (kg)	% épluchures sur poids total racines	Poids frais pulpe (kg)	% matière sèche pulpe	Rendement sec (kg)
MVZ2008/003	1000	182.5 ± 24.7cd	18.3 ± 2.4cd	817.5 ± 24.7ab	45.14 ± 1.4ab	369.2 ± 22.6a
MVZ2008/223	1000	217.5 ± 24.7b	21.8 ± 2.4b	782.5 ± 24.7c	46.5 ± 1.4ab	364.1 ± 23.2a
MVZ2008/330	1000	267.5 ± 10.6a	26.8 ± 1.0a	732.5 ± 10.6d	50.1 ± 2.8a	367.1 ± 25.8a
MVZ2010/061	1000	202.5 ± 0.6bcd	20.3 ± 1.0bcd	797.5 ± 10.5abc	41.7 ± 3.7b	332.2 ± 25.7a
MVZ2010/067	1000	202.5 ± 3.5bcd	20.3 ± 0.3bcd	797.5 ± 3.5abc	42.5 ± 0.9ab	338.9 ± 9a
Obama	1000	205 ± 28.2bc	20.5 ± 2.8bc	795 ± 28.2bc	44.9 ± 6.4ab	355.9 ± 38.3a
RAV	1000	175 ± 7d	17.5 ± 0.7d	825 ± 7a	45.2 ± 0.8ab	373.1 ± 4.1a

Objectif

Cette étude a été menée pour déterminer l'effet et l'importance des écorces de racines fraîches de manioc afin de recommander la meilleure méthode pour sélectionner des clones performants afin de minimiser les pertes après récolte dues aux épluchures.

Matériels et méthodes

Des racines de manioc fraîches de 8 clones ont été récoltées lors d'un essai de rendement avancé à la station de l'INERA Mvuazi (05°27' S 14°53' E, 432 msl). Province du Kongo Central en RDC. Un échantillon de 1000 kg de racine de manioc fraîche prélevée sur chaque clone. Les racines ont été épluchées à l'aide d'un couteau bien aiguisé (figure 1). Les pulpes et les épluchures des racines ont été séparées et les données suivantes : poids des racines fraîches, poids des épluchures fraîches. Le poids de la pulpe fraîche a été mesuré et le rapport entre les épluchures des racines fraîches ainsi que la teneur en matière sèche des pulpes des racines et le rendement sec économique des racines étaient calculés (Tableau 1).

Résultats et discussion

Il a été observé que le poids des écorces de manioc pouvait influencer le poids frais des racines épluchées et le rendement sec en racines qui a varié de 18 à 27 % selon les variétés. La variété à épluchure mince comme RAV avec un rapport d'épluchage de 17,5 % est sortie avec 82,5 % du poids de la pulpe après épluchage alors que la variété avec épluchure épaisse comme MVZ2008 / 0330 avec 26,7 % avait 73,3 % de pulpe après épluchage.

Concernant le rendement en produits secs, aucune différence significative n'a été observée entre toutes les variétés faisant l'objet de cette étude due sûrement à leur teneur en matière sèche.

Conclusions et Recommandations

Les sélectionneurs doivent prendre cela en considération dans leurs programmes de sélection, car les transformateurs ne prendront généralement pas en compte que le rapport des épluchures par rapport au poids des pulpes varie selon les variétés.

Nzola M. Mahungu¹;

J. Kalemba²;

S. Niuta³;

O. Nuambote²;

S. Bidiaka⁴

T. Bakelana³

M. Binzunga³

¹International Institute of

Tropical Agriculture (IITA)

4163. Av. Haut-Congo

Kinshasa. DRC

n.mahungu@cgiar.org

²University of Kongo

Mbanza-Ngungu

Kongo Central. DRC

³Institut National pour

l'Etude et Recherche

Agronomiques (INERA)

Mvuazi

Kongo Central. DRC

⁴CIAT/HarvestPlus

c/o IITA-DRC

4163. Av. Haut-Congo

C/Gombe

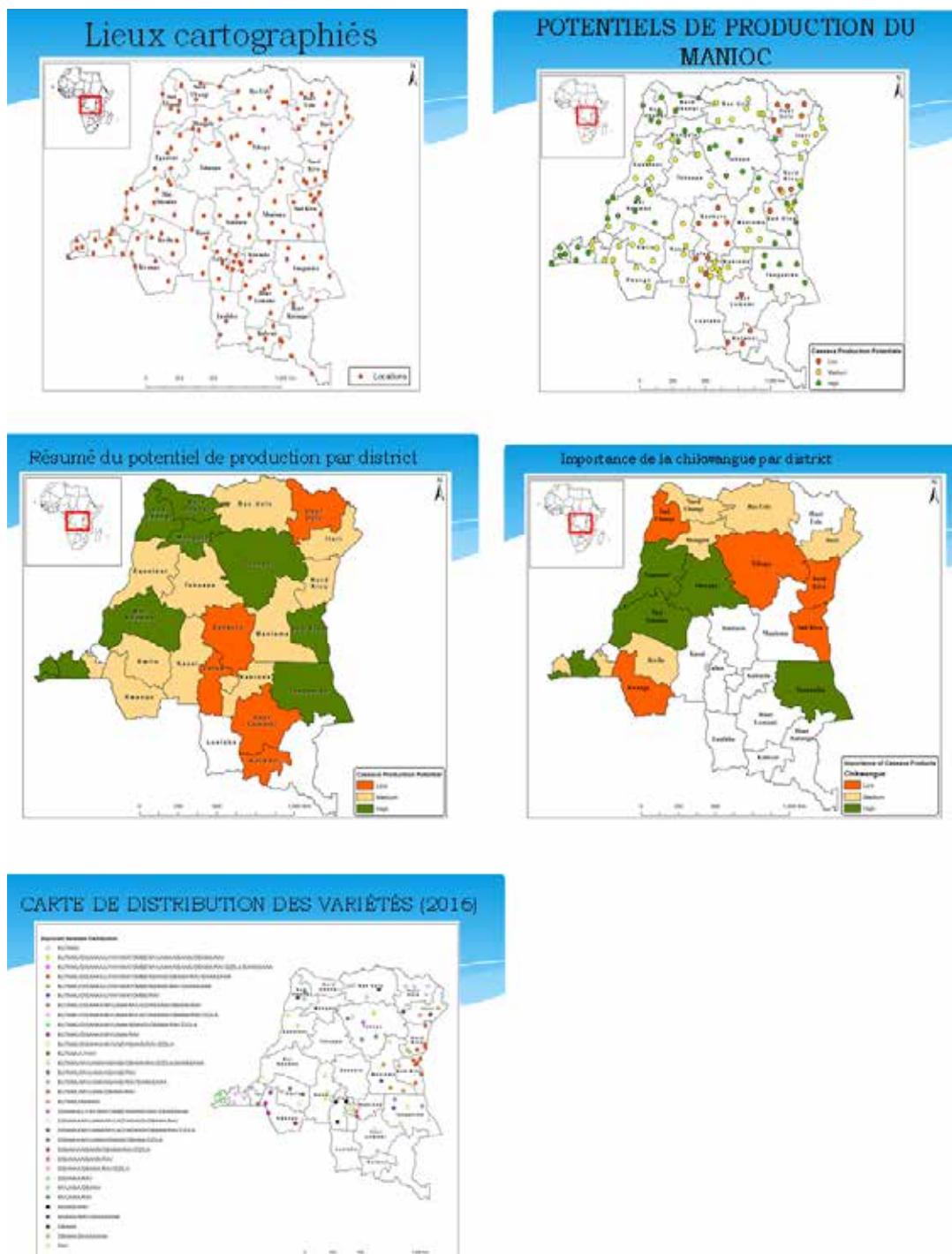
Kinshasa. DRC



*Poster at World Congress on Root and Tuber Crops, 5-10, oct., 2015, Nanning, China

Annexe 7.

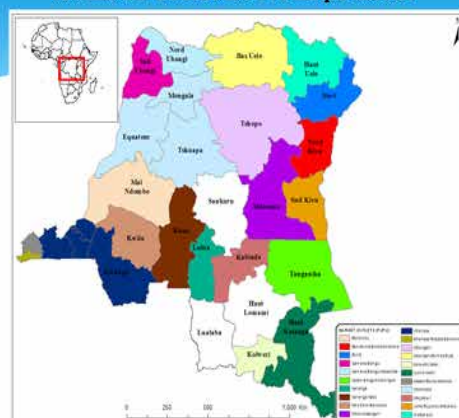
Cartographie des produits de manioc et des variétés diffusées de manioc en RD Congo (Les districts sont ceux de 2016 avant la répartition des provinces actuelles).



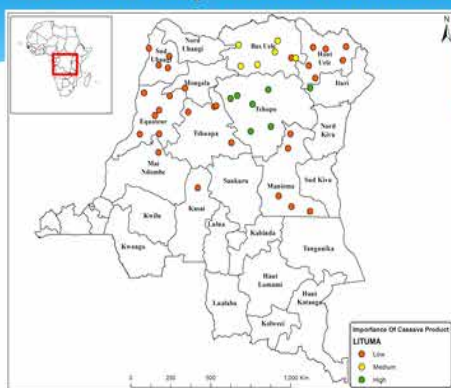
Importance du fufu par district



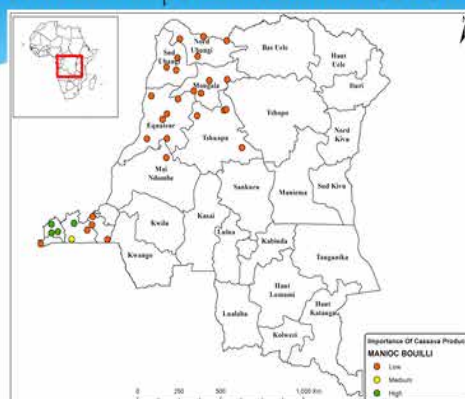
Résumé sur les marchés du Fufu par district



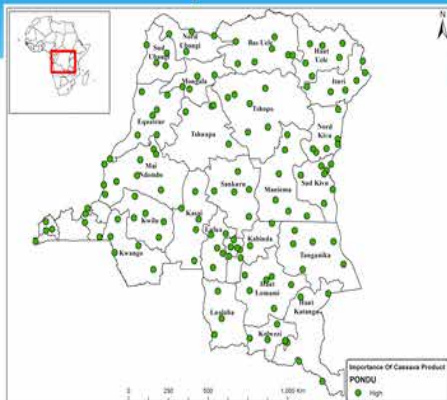
Carte sur l'importance du Lituma



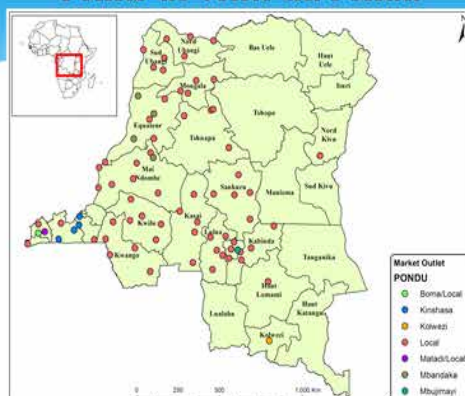
Carte sur l'importance du Manioc Bouilli



Carte sur l'importance du Ponde



Points de vente du Ponde



Résistance de la plante hôte à la cochenille farineuse du manioc

L'utilisation des variétés résistantes constitue l'un des moyens de gestion des ravageurs le plus économique dont l'adoption par les agriculteurs semble être facile. Pour la sélection des variétés résistantes contre la cochenille (CFM), le PRONAM avait développé une méthode d'évaluation des clones en vue d'en détecter les plus résistants. Cette méthode consista à un double criblage pour la résistance des semis (sauvageons) en pépinière à graines et des clones dans différents essais de sélection.

Le premier criblage avait lieu au champ après infestation naturelle au milieu de la saison sèche, période à laquelle, l'incidence d'attaque et la sévérité des dégâts devenaient plus visibles, la saison sèche étant la période des grandes pullulations des populations de la CFM. Le second criblage se faisait en serre sur des clones ayant montré

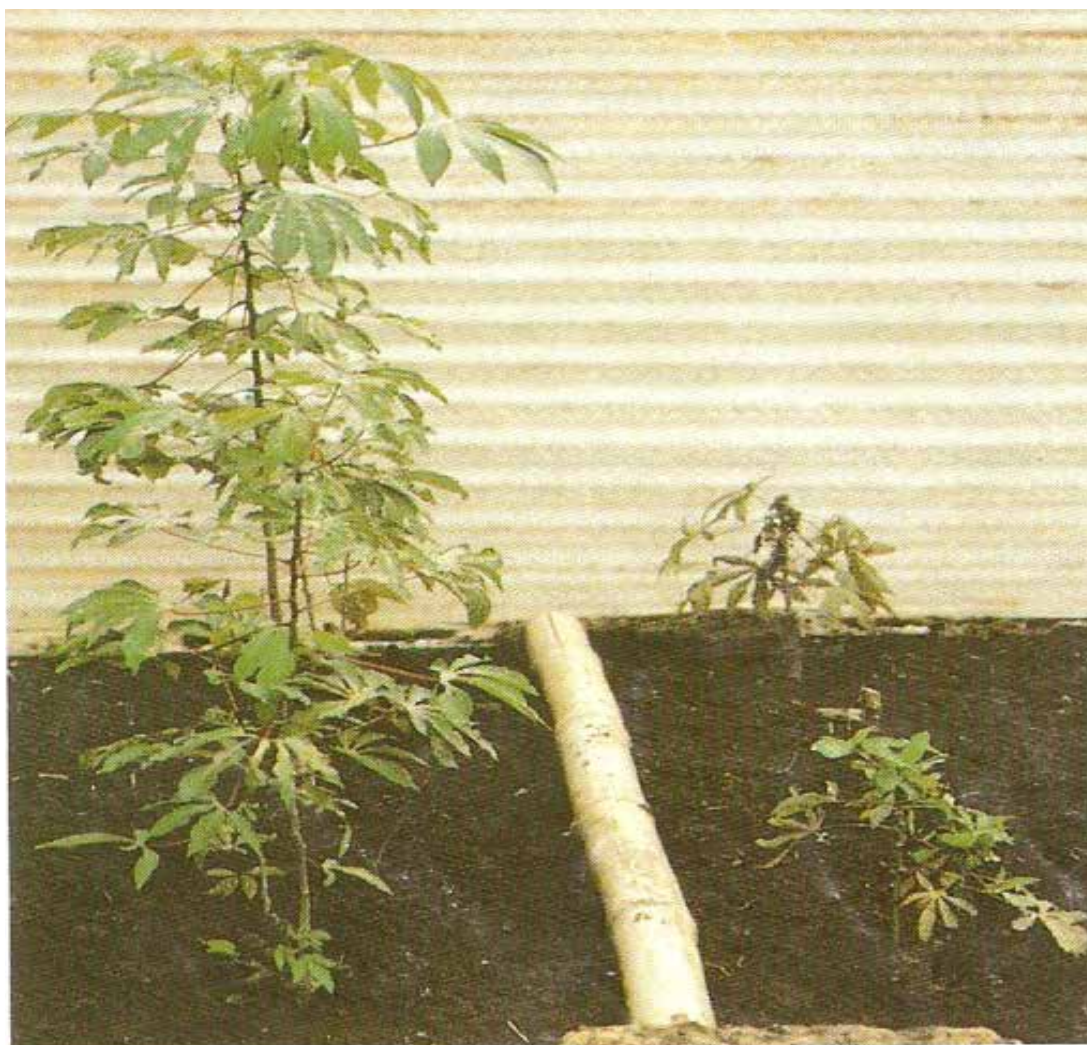


Photo 2.4. Le clone de manioc 70453 résistant à la cochenille farineuse planté en serre 3 MAP, comparé à une variété sensible, 02864 rabougrie par l'attaque de la cochenille (voir encadré ci-dessous). A gauche, le clone de manioc 70453 résistant à la cochenille comparé à un plant sensible à droite.

un niveau de résistance acceptable lors du premier criblage. Une échelle de cotation de 1 à 5 (avec 1 et 2 caractérisant une bonne résistance au ravageur, 3 une résistance modérée, et 4 et 5, une susceptibilité) permettait d'identifier le niveau de résistance de différents clones.

Des criblages en répétition avaient permis d'identifier en 1981 le clone 70453 qui avait une tolérance élevée et durable à la CFM. Les résultats d'une étude en serre avaient montré que la population de CFM augmentait plus lentement sur les plants de 70453 que sur ceux d'autres clones. Aussi, ce clone n'avait pas manifesté le recroquevillement des feuilles ni le raccourcissement des entrenœuds, symptômes caractéristiques des attaques de la CFM (voir encadré). Malheureusement son rendement en racines tubéreuses était nul. Il est gardé dans la collection du germoplasme et servait de source de résistance dans des croisements avec d'autres clones ayant des caractéristiques souhaitées.

Singh, T.P. (tiré du « Le Point de la recherche, IITA 1981).

Les chercheurs avaient utilisé quelques plants en serre lors du premier essai réalisé sur le clone il y a trois ans. Par la suite, les expériences ont porté sur un nombre plus important de plants et se sont déroulées dans des conditions plus naturelles. Tout comme lors de premier test, les populations de cochenilles se sont développées moins rapidement sur le clone 70453 que sur les plants témoins. En effet, huit semaines après l'infestation initiale, on ne dénombrait qu'une moyenne de 11 cochenilles par plant sur le clone résistant, comparé aux 420 insectes par plant témoin.

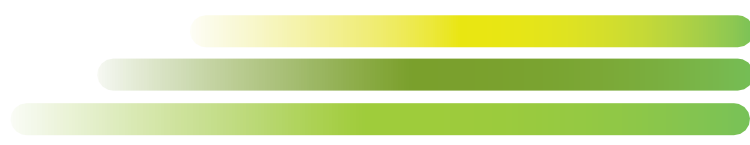
Afin d'évaluer la réaction des plants à l'infestation (c'est-à-dire le degré de tolérance), les chercheurs ont essayé d'ajouter des cochenilles à un groupe de plants résistants pour que ceux-ci comprennent environ le même nombre de ravageurs que les plants témoins sensibles. Cette expérience s'est soldée par un échec puisque les populations de cochenilles n'ont pu se développer d'une manière significative, même après adjonction de plusieurs centaines d'insectes chaque semaine. En général, les ravages d'un nombre limité de cochenilles suffisent à provoquer, après une ou deux semaines, les symptômes caractéristiques de l'enroulement foliaire et du fléchissement des tiges. Or, les plantes les plus sévèrement attaquées du clone 70453 n'ont manifesté aucun enroulement des feuilles ; les signes extérieurs de l'infestation se limitaient parfois à un fléchissement léger et passager des tiges.

Le clone 70453 est de type non-pubescent, et la résistance à la cochenille semble être due à un phénomène d'antibiose. Ainsi ce dernier caractère est-il actuellement incorporé dans des populations de manioc afin de poursuivre le processus de sélection.

Références

- Allard, R.W. between Allard, and 1960 and then read Allard, R.W. 1960. Principles of Plant Breeding, John Wiley & Sons, Inc. New York, pp 485.
- Bulletin Agricole du Congo Belge, Volume XXVI (3) : 267-270.
- Commission, Communications provenant des Institutions et Organes de l'Union Européenne. Notes explicatives de la nomenclature combinée des Communautés Européennes (2008/C 133/01) <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2008:133:0001:0402:FR:PDF>; 20 mai 2020
- Elskens, O. 1913. La culture du manioc dans la région de Yangambi (District de Stanleyville). Bulletin Agricole Congo Belge 4, 765-771.
- Ezumah H.C. : 1980, Rapport de progrès sur le Programme de la Sélection du PRONAM 1974 - 1978. Publication du PRONAM Série no. 5, Rapport de progrès no.1 ; pp. 25. Monographie.
- Hahn, S.K., E.R. Terry., K. Leuschner., L.O. Akobundu, C. Okali and R. Lal. 1979. Cassava Improvement in Africa. *Field Crops Research* 2: 193-226.
- Hahn, S.K., Howland, A.K. and Terry, E.R. 1980. Correlated resistance of cassava to mosaic and bacterial blight diseases. *Euphytica* 29 : 305-311. <http://inera-rdc.org/index.php>,
- IITA. 1990. Le manioc en Afrique tropicale : Un manuel de référence. pp.190
- IITA/RDC 2011. Annual Workplan of cassava CMD II project, pp 19.
- INERA (Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques), 2007 : Le Catalogue des Matériels Génétiques. 63 p. Kinshasa.
- INERA (Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques). 2008 : Rapport annuel 2007, 87 p. INERA - Mvuazi.
- Janssens M. J. J. 2001. Manioc, Edition Raemaekers R.H., 2001. Agriculture en Afrique Tropicale. DGCI, 1634 p
- Jurion, F. 1952. Le rôle de l'INEAC dans le développement de l'agriculture congolaise. Bulletin d'information de l'INEAC. Vol. 1. Nos 1-2. Juin 1952.
- Kankonde M., Kinkela S., Ntoto M., Biloso M., Mpanzu B. et Belani M., 2006. Seconde évaluation du projet : Réponse urgente à la recrudescence de la mosaïque africaine du manioc en RDC. Proseca, 80 p.
- Kapinga R., B. de Steenhuijsen-Piters, S. Kanju, D. Swagara, C. Rugutu and N.M. Mahungu. 1997. Selection of cassava varieties by farmers in the Lake Zone of Tanzania. *African journal of Root and tuber Crops* 2: 228 – 253.
- Kinkela S., Mpanzu B., Kinkela N., Belani M. et Sankiana M. 2015. Étude de la satisfaction des bénéficiaires du Projet d'Appui à la Réhabilitation et à la Relance du Secteur Agricole (PARRSA). MULTINA-DMK, 113 p.
- Klaus Rohrmoser et Manfred Wermke. 1986 "Manuel sur les essais au champ dans le cadre de la Coopération Technique", CTA, Eschborn, 1986
- Lefèvre, P., 1935. Quelques considérations sur la mosaïque du Manioc. Bulletin Agricole du Congo Belge 26,442-447.
- Mahungu Nzola, Adrien Ndonga, Sylvain Bidiaka, Anderson Kehbila, Willy Tata-Hangy, Evariste Tambu and Mamy Binzunga, 2021. Screening cassava for time of maturity to respond to various market needs: Case study in African sub-tropical zones. *J. Sc. Food Agric*, 2021 Nov.17, DOI: 10.1002, PMID: 34791664
- Mahungu N. M. and E. Kanju, 1997. Cassava breeding manual compiled by Reference document at the Regional Workshop on cassava breeding, Kibaha, Tanzania, August 25-30, 1997. 56 p.
- Mahungu N.M, Dixon A., Hanna R., Legg J. and Koko M., 2000. Assessment of cassava pests and diseases in Kinshasa and Bas-Congo, DRC, Report multidisciplinary team of scientists. IITA, 16 p.

- Mahungu N.M. et Mkumbira J. 1993, Annual Report, Strengthening Cassava Research and Development Project, FAO Malawi, 85 pp
- Mahungu N.M., Rusike J., Jumbo S., Sandifolo V., Mhone A., Nthonyiwa A. and Chisusu G. 2008. Shifting from production to market-led research for development. *ROOTS* 11 (2): p.5.
- Mikatele K., Bidiaka S., Sumbu D., Binzunga M., Nsuanda A. et Mahungu N. 2019. Effet de la durée de conservation des farines de manioc jaune (*Manihot esculenta* Crantz) sur la rétention de la teneur en β -carotène et de sa coloration jaune. Mémoire de fin d'étude, Université Kongo, inédit.
- MINAGRIDER, 2012. Catalogue variétal des cultures vivrières : Maïs, Riz, Haricot, Arachide, Manioc, Patate douce, Pomme de terre et Bananier. SENASEM, Kinshasa, p.102-112.
- Moloba Y., Mobula, V., Ntoto R. et Mahungu N. 2019. Dynamique Socio-Économique de l'adoption des Variétés Améliorées du Manioc en République Démocratique du Congo (RDC) : Cas des Provinces de Kongo Central et la Tshopo ; European Scientific Journal May 2019 Edition Vol.15, No.15 p. 346-362
- Munyuli T.M.B., Tshisinda T., Legg J.P., Lema A., Mwangi M., Mahungu N. and Ntawuruhunga P. (2007). The potential of utilizing cassava landraces diversity resources for the effective management of pests and diseases of economic importance in Democratic Republic of Congo. In Mahungu, N.M. and Manyong, V.M. (eds.) (2007) *Advances in Roots and Tuber Crops Technologies for Sustainable Food security, Improved Nutrition, Wealth Creation and Environmental Conservation in Africa*. Proceedings of 9th ISTRC-AB
- Ndombo D., N.M. Mahungu et S. Lukombo. 1992. Evaluation et potentialité de manioc à pulpe jaune au Zaïre. Proceedings of the fourth triennial symposium of the International Society for Tropical Root Crops-Africa Branch. p. 113-116
- Pfeiffer W.H. and B. McClafferty. 2007. Biofortification: Breeding micronutrient-dense crops. In Kang MS and Priyadarshan PM (eds). Breeding major food staples. Chapter 3. Blackwell Publishing. pp. 61-91.
- Programme National Manioc (PRONAM). 1987. Rapport annuel pour l'année 1986. Kinshasa. Zaïre
- Programme National Manioc (PRONAM). 1988. Rapport annuel pour l'année 1987. Kinshasa. Zaïre
- Pynaert, L., 1928. Le Manioc. Bulletin Agricole du Congo Belge 19 (2): 163-241.
- Service National de Semences (SENASEM). 2019. Catalogue national variétal des cultures vivrières : Répertoire des variétés homologuées de plantes à racines, tubercules et du bananier. Secrétariat Général à l'Agriculture, Ministère de l'Agriculture. pp. 55-60
- Simmonds, N.W. 1981. Principles of Crop Improvement. Longman Inc. NY. Pp 408
- Singh T.P., N.M. Mahungu and K.A. Muimba, 1982. Role of cassava germplasm introduction and quarantine in Zaire. Workshop on Tropical Root and Tuber Crops Germplasm Distribution and Plant Regulations, IITA, Ibadan, April 28 –30, 1982.
- Staner, P. 1931. Mosaique des feuilles de manioc. Bulletin Agricole du Congo Belge 22 : 75-80.
- Taleon V., D. Sumbu, T. Muzhingi, and S. Bidiaka. (2019). Carotenoids retention in biofortified yellow cassava processed with African traditional methods. Journal of the Science of Food and Agriculture, 99: 1434 - 1441
- Wicombe J. and Joshi A. 1996. Farmer participatory approaches for varietal breeding and selection and linkages to the formal seed sector. In: Participatory plant breeding. Proceedings of a workshop on participatory plant breeding 26-29 July 1995, Wageningen, The Netherlands (P. Eyzaguirre and M. Iwanaga, Editors), IPGRI.



Système semencier du manioc

Bidiaka S.M¹, Frangoie A², Tata H.W²., Bakelana T³., Ndonda A²., Binzunga M³. Sumbu D¹ et Mahungu N.M².

¹CIAT/HarvestPlus, Kinshasa, RD Congo

²IITA, Kinshasa, RD Congo

³INERA, Mvuazi, RD Congo

Introduction

En culture, la propagation du manioc se fait par des boutures. Lorsque ces dernières proviennent des champs n'ayant pas subi la phytosanitation ou l'indexation des virus elles contribuent à véhiculer des maladies et plus particulièrement les maladies virales dont la mosaïque et la striure brune. En considérant les statistiques de la période allant de 1990 à 2010 en RD Congo, le manioc occupait en moyenne 2 millions d'hectares qui représentaient environ 40% de la superficie sous cultures vivrières. En dehors de la technique traditionnelle de multiplication du manioc qui consiste à prélever les boutures de tiges après la récolte des champs destinés à la production des racines tubéreuses, la recherche a mis au point deux méthodes de propagation rapide du matériel végétal chez le manioc, à savoir : la diffusion par culture *in vitro* y compris la technologie hydroponique semi-autotrophique (Semi Autotrophic Hydroponics - SAHTM) et la multiplication rapide par mini-bouture.

La culture *in vitro* des méristèmes apicaux et la technologie SAH sont souvent utilisées pour le rinçage en vue du maintien des variétés par la régénération des matériels infectés par certaines maladies virales à partir de cellules végétales apicales habituellement indemnes de ces infections. Elles permettent aussi de produire une grande quantité de matériel de plantation et n'est pas sujette aux fluctuations de aux fluctuations des saisons agricoles. Elles apportent par conséquent un progrès considérable par rapport aux méthodes traditionnelles, avec un taux de multiplication d'au moins 100 fois plus élevé.

Une nouvelle variante de multiplication sans virus à grande échelle du matériel de plantation propre *in vitro* consiste à utiliser la technologie SAH obtenue sous licence via IITA de SAH Techno Plant Propagation Systems. Cette technologie s'est révélée être une technique rapide pour produire plus de 200 000 à 250 000 plants par an sur une superficie de 20 m². L'infrastructure SAH en RD Congo est établie à la station de IITA Kalambo (Bukavu) et prévue d'être installée dans certaines stations de l'INERA dont celle de Mvuazi.

La multiplication rapide par mini boutures a pour but d'augmenter le taux de multiplication entre deux générations de multiplication végétative successives par rapport au taux assez faible en propagation traditionnelle. Cette technique est souvent utilisée lorsqu'on veut diffuser de nouvelles variétés rapidement. Outre la multiplication

rapide à partir des pépinières, les mini boutures peuvent se développer en sacs de polyéthylène sans sol (pré-reprise). Il s'agit là d'une variante plus rapide, plus rationnelle et plus commode.

En RD Congo, la production semencière est organisée par un règlement technique de la production, du contrôle et de la certification des semences. Il existe aussi un catalogue variétal qui reprend toutes les variétés autorisées pour la multiplication semencière en RD Congo. Toutefois, le système de protection ou droits d'obtenteurs ne sont pas encore reconnus dans la pratique car les obtenteurs ne jouissent pas de la rémunération de leur travail. En RD Congo, les besoins en boutures améliorées sont importants, soit 5 milliards de mètres linéaires. Depuis 2001, il y a eu et il existe encore, plusieurs projets de dissémination des variétés améliorées de manioc à travers la RD Congo.

Schéma de multiplication

Niveaux de multiplication

Le schéma de multiplication utilisé pour le manioc comprend à partir des plants de prébase, trois niveaux hiérarchisés : plants de base (niveau primaire), plants certifiés R1 (niveau secondaire) et plants certifiés R2 (niveau tertiaire). Ceux-ci reposent sur le principe de multiplication en cascade qui vise, par une augmentation rapide de la quantité des boutures saines d'un niveau à l'autre, à rendre disponible et en un temps relativement court, du matériel de plantation de bonne qualité aux producteurs de manioc. Les paysans producteurs sont normalement approvisionnés en matériel de plantation à partir des parcs à bois tertiaires.

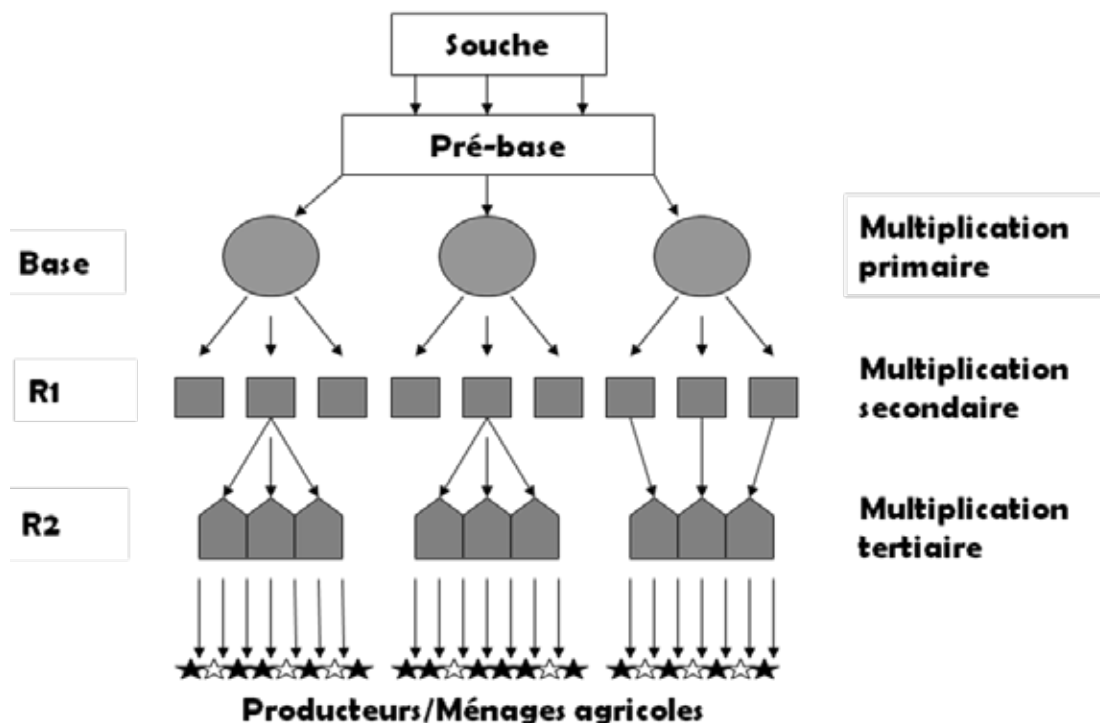


Figure 3.10. Schéma de multiplication des boutures de manioc en cascade

1 Multiplication primaire

Les plants de base (multiplication primaire) sont produits principalement au sein des stations de l'INERA. Cette catégorie, aussi certifiée par SENASEM, constitue essentiellement la source de matériel de plantation pour la production des plants certifiés R1. Ces plants de base peuvent toutefois servir à approvisionner directement le niveau R2 et le cas échéant directement les producteurs suivant la disponibilité du matériel.

2 Multiplication secondaire

Au niveau de la catégorie R1 (multiplication secondaire), on fait intervenir les communautés de base organisées et opérationnelles sur terrain (organisations non gouvernementales de développement - ONGDs -, les associations paysannes, le secteur privé, etc.). Ces organisations sont sélectionnées sur la base de critères bien définis (localisation géographique, capacités techniques et opérationnelles) et en fonction des objectifs visés (superficies à couvrir, production de matériel attendue). Elles sont en général enregistrées par le SENASEM. Un protocole d'accord approprié lie la Recherche ou le projet encadreur avec ces organisations. Les clauses de ce protocole visent à ce que le matériel de plantation produit puisse atteindre le plus grand nombre possible. Une fois récoltés, ces matériels servent à la mise en place de champs de la catégorie R2.

3 Multiplication tertiaire

La catégorie R2 (multiplication tertiaire) est la plus rapprochée des producteurs et est mise en œuvre au sein des associations paysannes (AP) et des champs école paysans (CEP). Elle est le principal niveau de distribution des boutures saines de manioc qui sont produites aux ménages agricoles. Le type de protocole d'accord entre chaque partenaire (AP, CEP...) et la Recherche ou le projet encadreur à travers les ONGDs partenaires stipule que la totalité des boutures saines qui sont produites doivent être distribuées à tous les membres de l'AP ou du CEP bénéficiaire et éventuellement, à d'autres producteurs isolés non-membres de ces organisations.

Opérations dans les parcs à bois

1 Plantation

Dans les parcs à bois secondaire et tertiaire, on utilise les micro-boutures de 10 ou 15 cm provenant de parcs à bois primaires et qui ne passeront pas par l'étape des pépinières. Les écartements seront de 1 m x 0,5 m ou de 75 cm x 50 cm, pour des densités respectives de 20.000 et 40.000 plants/ha correspondant à des quantités de matériel de plantation de 2.000 et 4.000 mètres linéaires par hectare lorsqu'on utilise des micro-boutures de 10 cm et de 3000 et 6000 mètres linéaires par hectare lorsqu'on utilise des micro-boutures de 15 cm.

2 Entretien et travaux spéciaux

Ils comprennent le regarnissage des vides, 3 à 4 semaines après plantation ; la phytosanitation, du regarnissage à la récolte par arrachage complet des pieds atteints de maladies à virus, bactériennes et cryptogamiques, des ravageurs comme la cochenille farineuse, dès l'apparition des symptômes (le plant est enlevé immédiatement du champ) ; les sarclages en débarrassant les herbes nuisibles surtout lors des 4 premiers mois de

croissance des plantes ; le buttage, appliqué pendant les 2^{ème} et 3^{ème} sarclages ; la fertilisation minérale (dose : 50-50-50 ou 75-50-75 en fonction de la densité et/ou fertilité du sol) avec application fractionnée (tout le P et K à la plantation comme dose de fonds et 40 à 46 kg N au redressement appliqué 30-40 jours de plantation. La fertilisation organique (fumier de ferme, enfouissement résidus végétaux, paillage) est aussi appliquée quand c'est possible.

3 Coupe des boutures

La coupe des boutures intervient à partir du 9^{ème} mois après plantation, cette première coupe s'appelle recépage ; il se fait à 20-25 cm du collet. Après recépage, plusieurs rejets de tiges émergent de chaque souche, les élaguer endéans 45 jours laisser que 2-3 repousses qui donneront à leur tour des tiges utilisables comme boutures en agriculture. Un élagage tardif lorsque les tiges sont déjà étiolées affecte la qualité des boutures. Si possible, désherber correctement et épandre l'engrais pour obtenir une nouvelle récolte 6 mois plus tard. On peut faire jusqu'à 3 recépages sur la même parcelle avant de l'enlever complètement, surtout sur les sites à faible incidence des maladies.

Distribution et dissémination

Distribution/diffusion du matériel de plantation

Les techniques de multiplication ne présentent guère d'intérêt si le matériel de plantation ne pouvait être distribué/diffusé efficacement et/ou vendu aux agriculteurs ou aux institutions qui en font la demande. Les tiges de manioc sont encombrantes et ne peuvent pas se conserver longtemps. Par conséquent, leur transport et leur distribution/vente méritent un effort particulier de la part des agents responsables afin que le matériel puisse être mis à la disposition des agriculteurs.

Certains exploitants ayant besoin de variétés améliorées se rendront même sur le lieu de production des boutures afin d'en prendre livraison. Cependant, nombre d'agriculteurs ne disposent pas des moyens de se rendre sur les lieux de production ou ignorent jusqu'à l'existence même des variétés améliorées. Considérant la périssabilité des tiges/boutures, il est conseillé de faire la coupe qu'avec l'assurance de la disponibilité du véhicule.

Le matériel de plantation peut être distribué/vendu efficacement par le truchement de l'un ou de plusieurs des canaux suivants :

- Projets spéciaux de développement agricole ou de multiplication financés par les pouvoirs publics et/ou des donateurs ;
- Centres de multiplication du ministère de l'agriculture occupant un emplacement stratégique ;
- Projets agricoles privés ou projets de missions ;
- Projets de lycées agricoles ;
- Réunions spécialisées (stages de formation, journées agricoles, foires agricoles, etc.) ;
- Transport du matériel de plantation en camions ou véhicules vers les villages et les exploitations ;
- Parcelles de démonstration ;
- Essais multilocaux en milieu réel où les variétés sont fournies aux exploitants à des fins d'expérimentation, les bonnes variétés étant conservées par les agriculteurs ;
- Echange de matériel de plantation entre cultivateurs.

Dissémination des variétés améliorées

Les agriculteurs producteurs du manioc s'échangent généralement les variétés de façon horizontale d'un agriculteur à un autre plus proche ou lointain selon les circonstances. Le plus souvent, il s'agit de variétés locales sensibles qui disséminent les principales maladies telles que la mosaïque, la bactériose, la striure brune du manioc.

Dans toutes les provinces de la RD Congo, on cultive le manioc. Des dizaines de variétés locales parmi les plus importantes sont utilisées par les exploitants, nous citerons à titre illustratif : *Nsumbakani*, *Nsiangi-Nsiangi*, *Mpelo-longi*, et *Boma* dans le Kongo Central ; *Kinkongolo*, *Mundjoko*, *Muzesu*, *Madelene*, *Nouama* au ex-Bandundu ; *Mankanu*, *Ngamanza*, *jaune*, *Dikando*, *Marie Buata* à Kinshasa (Plateau de Batéké) ; etc. avec des rendements moyens généralement faibles surtout si les bonnes pratiques agricoles ne suivent pas. Il existe encore et cela dans toutes les provinces de la RD Congo, des larges zones dans lesquelles les paysans n'utilisent pas encore les variétés améliorées.

Grâce à l'exécution des projets de développement sous financement extérieur et/ou externe, celles-ci pénètrent progressivement dans les milieux reculés de différentes provinces.

Plusieurs services publics et des organisations non gouvernementales appuient les petits exploitants multiplicateurs des semences, communément appelés agri-multiplicateurs et enregistrés par le SENASEM du Ministère de l'Agriculture, par de formation et l'octroi des intrants ainsi que le financement des certaines opérations liées à la production semencière ainsi qu'à l'inspection au champ jusqu'à la certification.

Plusieurs variétés améliorées de manioc ont été injectées en RD Congo par le PRONAM à partir des stations de recherche de l'IITA en Afrique afin de constituer un germoplasme complexe, une base de sélection des variétés résistantes à la mosaïque de manioc. A cet effet, plus ou moins 20 variétés sélectionnées à ce jour sont en diffusion sur la base de leur résistance aux différentes maladies, spécialement la mosaïque de manioc (INERA a, 2006 ; INERA b, 2007).

Les principales variétés de la recherche qui étaient en diffusion de 2001 à 2004 sous financement de l'Agence Américaine pour le Développement International (USAID), par le Projet Manioc exécuté par l'IITA en étroite collaboration avec PRONAM/INERA sont *Mvuama*, *Sadisa*, *RAV*, *Mahungu* et *Lueki*. Ces variétés toujours en diffusion sont de moins en moins disséminées à cause de leur susceptibilité aux attaques de la mosaïque causée par le virus de souche Ougandaise introduite au pays vers fin des années 90's, bien qu'ayant été sélectionnées comme résistantes à la mosaïque de souche Africaine. Cependant il y a lieu de rappeler ici la résistance des certains paysans à se débarrasser totalement de leurs cultivars malgré qu'elles ne soient pas résistantes à la mosaïque suite au fait qu'elles manifestent certaines caractéristiques recherchées telles que la blancheur de la farine, l'élasticité de la pâte et tant d'autres. Toutefois, cette attitude est recommandée pour éviter une érosion génétique.

En 2005, toujours sous financement de l'Agence Américaine pour le Développement International (USAID), le PRONAM/INERA, en étroite collaboration avec l'IITA, a développé pour les zones de basses altitudes cinq variétés de manioc résistantes à la mosaïque des souches Ougandaise et Africaine avec un potentiel productif élevé. Il s'agit de *Butamu*, *Disanka*, *Mvuazi*, *Nsansi* et *Zizila*. En plus de ces cinq variétés, huit autres dont

cinq développées à partir de la Station de l'INERA-Mvuazi et trois à partir de l'INERA-Mulungu en collaboration avec EARRNET ont été présentées officiellement au Ministère de l'Agriculture par le Ministère de la Recherche Scientifique (INERA/IITA) en Juin 2008. Il s'agit de *Mbankana*, *Obama* (TME 419), *Vuvu* (I 94/0330), *Wina* (I 2001/1229) et *Kindisa* (I 2001/1661) pour la zone de basse altitude et de *Liyayi*, *Mayombe* et *Sawasawa* pour la zone de haute altitude. En plus de leur résistance aux maladies et ravageurs du manioc et leur productivité assez élevée (25-45 t/ha), il y a la variété *Kindisa* qui est biofortifiée et contient une bonne teneur en bêta-carotène qui est précurseur de la vitamine A et les autres sont spécifiques à certains usages (chikwangu, fufu, feuilles de manioc, amidon, etc.). Les rendements de ces différentes variétés sont généralement plus élevés en sols forestiers par rapport aux zones savanicoles.

Depuis 2001, il y a eu plusieurs projets et initiatives de dissémination des variétés améliorées de manioc à travers la RD Congo. Notons à titre exemplatif le cas du Projet 'Unleashing the Power of Cassava in Africa in Response to the Food Price Crisis' (UPoCA), exécuté par IITA en partenariat avec les organisations non gouvernementales de développement (ONGDs) qui, dans le but d'accroître la productivité du manioc, avait facilité la dissémination de 18 variétés à haut rendement de manioc en RD Congo en distribuant 5,2 millions de mètres de boutures à 28675 ménages agricoles qui ont emblavé 2618 ha à travers 7 de 11 provinces du pays entre 2009 et 2010 sous l'encadrement de 11 ONGDs. En 2011, l'évaluation comparative des rendements des variétés améliorées disséminées par l'action du Projet UPoCA par rapport aux variétés locales a permis de se rendre compte de la supériorité de variétés améliorées par rapport aux variétés locales. En effet, le nombre moyen de racines tubéreuses par plant était de 4,4 pour les variétés améliorées contre 2,7 pour les variétés locales. Les rendements ont varié d'une région à l'autre avec les valeurs les plus élevées enregistrées à Kisangani (48 t/ha) dans la ceinture de la forêt tropicale de la Province Orientale et à Seke-Banza (29 t/ha) en forêt dans la Province du Kongo Central. L'accroissement moyen enregistré avec les variétés améliorées a été de 63% plus important que les rendements obtenus avec les variétés locales.

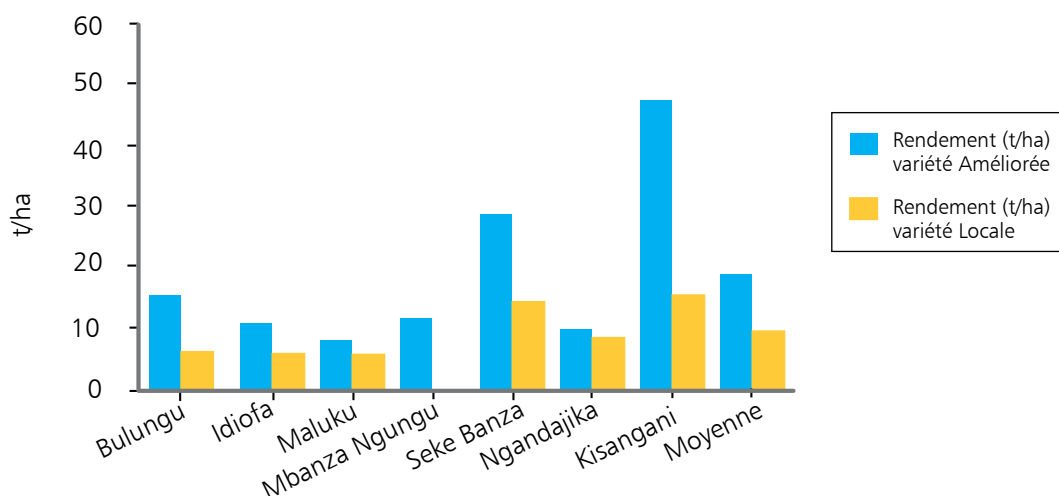


Figure 3.11. Rendements moyens des variétés améliorées comparés aux variétés locales dans sept territoires de la RD Congo (2011).

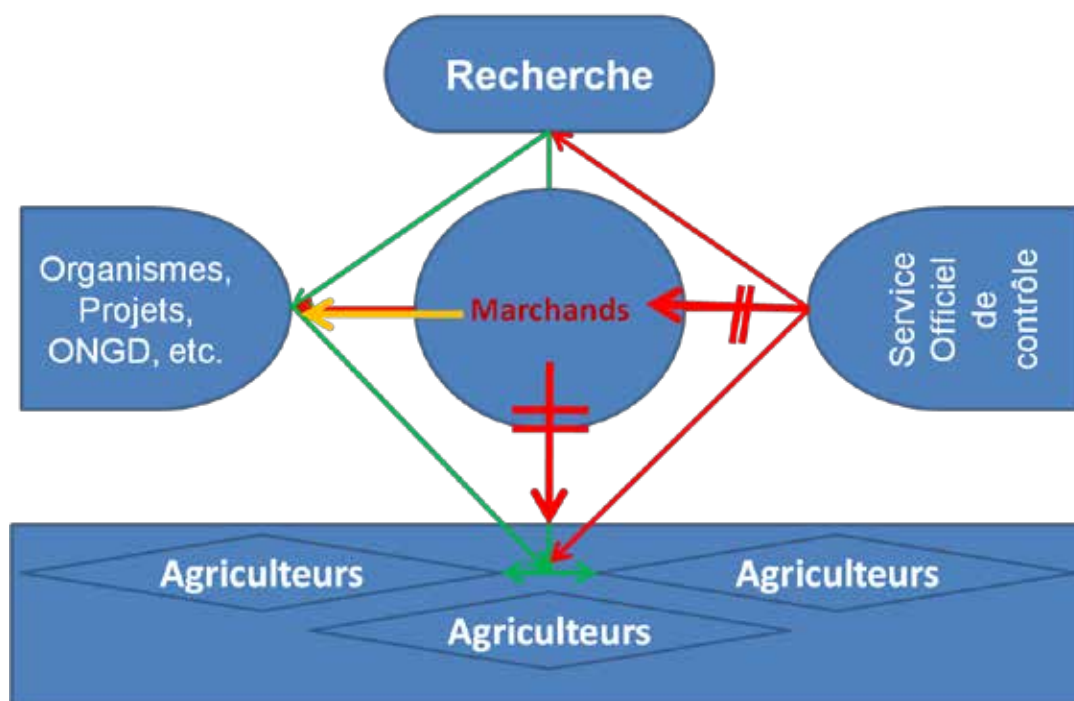


Figure 3.12. Schéma de dissémination des variétés améliorées.

En RD Congo, les besoins en boutures améliorées sont importants, soit 5 milliards de mètres linéaires si on tient compte de la superficie moyenne annuelle qui est de 2051627 hectares (SNSA, 2012) et en raison de plus ou moins 2500 mètres linéaires de boutures pour emblaver un hectare.

Les institutions de recherche et les organisations de développement et de vulgarisation n'ont pas suffisamment de moyens pour arriver à assurer le rinçage des boutures existantes moins performantes et introduire les nouvelles variétés améliorées plus performantes. Selon certaines sources anonymes, en 2012, la demande en boutures améliorées était couverte à plus ou moins 15 % des besoins. L'amélioration de la production nationale qui oscille actuellement autour de 30 millions de tonnes par an (FAO, 2020) dépend en grande partie de la disponibilité des boutures des variétés améliorées à haut rendement et résistantes aux principales maladies auprès des agriculteurs. On devra donc prendre des mesures afin de mettre en place un dispositif de maintenance, de multiplication et de distribution des boutures améliorées afin de satisfaire la demande en boutures et permettre un accroissement de la production.

En outre, étant donné que les coûts de transport des boutures pour atteindre les points les plus reculés sont élevés, on devra penser également à faire éclater les structures de maintenance et de multiplication des boutures et les décentraliser le plus que possible. De cette façon, on pourra disposer des boutures améliorées dans les localités les plus reculées et par conséquent, minimiser les coûts de transport et améliorer le système de distribution.

Maintenance et reconstitution du matériel de plantation

Le manioc est allogame, par conséquent, les plantes provenant des graines de manioc sont le résultat des recombinaisons et généralement, elles sont génétiquement différentes des parents.

Il s'agit de nouvelles variétés. Ainsi, la reconstitution du matériel de départ pour le manioc se fait par la bouture de tige d'un plant répondant aux caractéristiques de la variété telle qu'elle a été décrite par la recherche et le catalogue variétal. La maintenance se fait normalement par la recherche, en général l'obteneur de la variété dans ce cas, INERA).

Le but de la maintenance de la pureté génétique d'une variété est le transfert aussi fidèlement que possible du patrimoine génétique de la variété d'une génération à une autre. Cependant, il est important de noter que pendant ce processus, la variété ne doit être ni améliorée ni dégradée, elle doit fournir un flux continu des semences de pré base pour une multiplication ultérieure dans les étapes successives du programme de multiplication des semences. Toutefois pendant tous les cycles végétatifs et plus qu'un clone est utilisé comme variété après un bon nombre d'années en culture, il connaît une sorte de dégénérescence variétale. Celle-ci apparaît avec accumulation des charges virales, des mutations somatiques spontanées (quoique très faibles et rares), de mélange des boutures des variétés semblables par les paysans, des semis (sauvageons) d'une variété qui poussent dans un champ récolté tardivement et à la récolte, les boutures du semis (sauvageon) et du parent sont prises comme une même variété pendant qu'elles sont différentes, etc. Ainsi dans le système semencier, il est recommandé de renouveler la semence de prébase à partir d'un champ isolé gardé à cet effet suivant le schéma proposé à la figure 4.

La bouture de souche du clone à faire homologuer comme variété à diffuser auprès du SENASEM en plus de son phénotypage, passe par un premier génotypage pour s'assurer de son patrimoine génétique. Ensuite elle passe par une culture de méristème pour s'assurer qu'elle est indemne des virus des maladies importantes et est gardée comme vitro plant dans le laboratoire de culture de tissu pendant qu'un autre lot est établi in vivo dans un champ isolé dans les stations de recherche, pour le moment INERA-Mulungu/IITA-Kalambo à Bukavu dans le Sud Kivu et INERA-Mvuazi au Kongo Central qui ont ces facilités. Avant le renouvellement de la semence de base, un deuxième génotypage est effectué pour confirmer le patrimoine génétique du clone. A partir de cette étape, le schéma normal de la multiplication est suivi et ainsi, un nouveau stock est obtenu avec une pureté génétique du clone qui, phénotypiquement et génétiquement est identique au clone-mère de départ lors de son homologation et admission dans le Catalogue variétal des cultures vivrières du Ministère de l'Agriculture.

La maintenance doit continuer indéfiniment aussi longtemps que la variété se trouve en production. Elle doit être répétée et contrôlée dans tous les cycles de la production commerciale d'une variété.

Le développement d'une agriculture durable passant nécessairement par l'existence, la maintenance et le renouvellement d'un germoplasme amélioré, le matériel de départ ou G0 de chaque variété inscrite au catalogue permet de

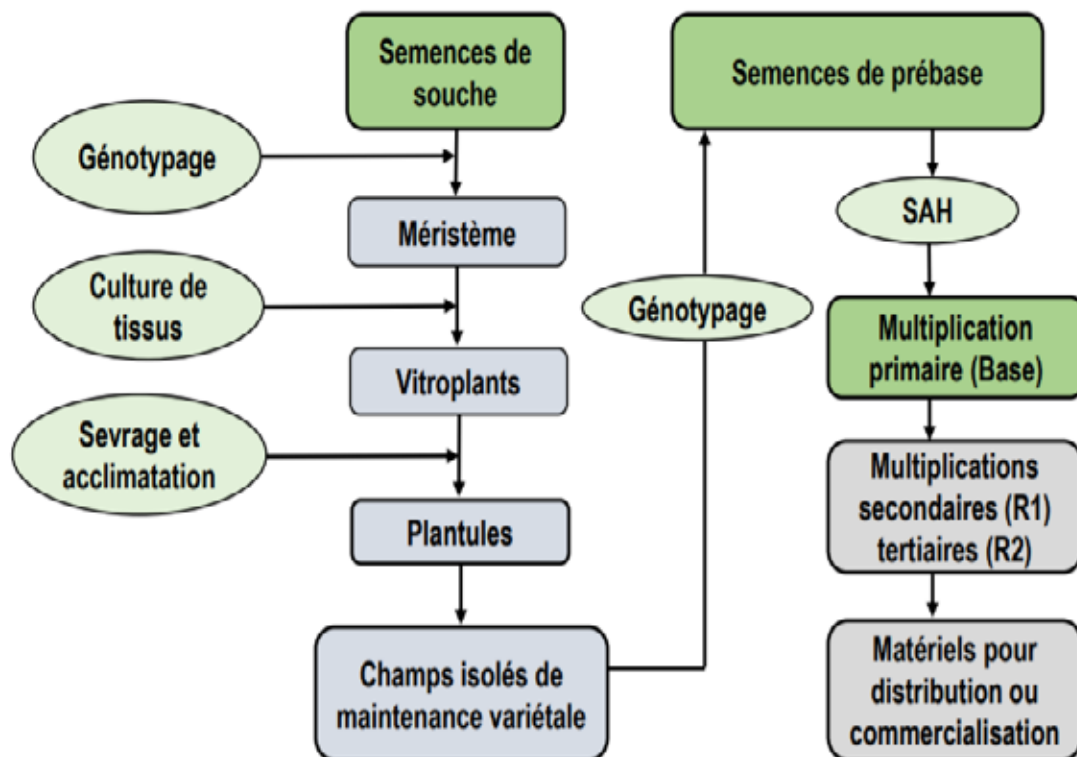


Figure 3.13. Schéma de maintenance variétale du manioc par l'obteneur (INERA).

poursuivre chaque année la sélection conservatrice (généalogique) de la variété. Dans le cas de la production des plants (boutures) comme le manioc, le point de départ de la multiplication est une bouture saine de la variété et les boutures qui en sont issues.

Il est préférable d'utiliser des boutures saines, fraîchement coupées et bien conservées. Si la conservation des boutures dure longtemps, cela augmente les différences variétales de vigueur à la reprise. Il est très important de prélever les boutures sur des plantes-mères saines. Il faut examiner soigneusement les parcs à bois afin d'éviter la transmission des bio-agresseurs dont les plus courants sont des virus pour la CMD et la CBSD ; des bactéries comme pour la CBB ; des champignons comme l'anthracnose ; des ravageurs comme les cochenilles et les acariens.

Culture in vitro ou production des vitro plants

La culture *in vitro* ou culture hors de l'organisme, dans un environnement artificiel, permet de cultiver les cellules ou les tissus d'une plante en conditions contrôlées. Il s'agit en fait pour le cas du manioc, de la mise en culture de tissus sur un milieu artificiel et sous asepsie rigoureuse pour qu'ils prolifèrent en plante. Elle est utilisée au niveau de la recherche dans les laboratoires de cultures des tissus pour maintenir saines les boutures des variétés en vue de leur dissémination. Elle offre en outre une méthode fiable de stockage et de conservation *in vitro* du germoplasme.

Le milieu de la culture *in vitro* renferme des sels minéraux, des régulateurs de croissance, des vitamines, des acides aminés, des adjuvants organiques complexes, des glucides, de l'eau distillée ainsi que la matrice du milieu. Il existe sur le marché plusieurs milieux déjà préparés tels quels ou après modification par les laboratoires de culture *in vitro*. Parmi ceux-ci, citons les milieux de Helder, de Nitsch, de White ainsi que le milieu de Murashige et Skoog (MS).

Tous ces milieux sont commercialisés et d'autres milieux peuvent être élaborés dans le laboratoire de culture *in vitro* à l'aide des listes de composition.

Les étapes de la technique de micropropagation *in vitro* peuvent être résumées comme suit :

- Utiliser des boutures apicales d'un cm avec un nœud comprenant le bourgeon et une partie du pétiole et de la tige non lignifiée d'un plant de manioc ;
- Introduire les nœuds dans un récipient et stériliser successivement à l'éthanol (70%) pendant 5 minutes, puis à l'hypochlorite de sodium (10%) additionnée de quelques gouttes de détergent durant 20 minutes.
- Rincer trois fois en changeant chaque fois l'eau distillée stérile ;
- Retirer les nœuds du récipient à l'aide d'une pince stérile et les placer dans une boîte de pétri recouverte d'un papier filtre stérile destiné à absorber l'excédent d'eau ;
- Placer les nœuds dans le milieu de culture et incubé dans la salle de culture.

Des micro-plants dotés de 4 à 5 nœuds sont obtenus après 5 semaines. Ils seront éventuellement transférés en vue de leur durcissement, puis repiqués en champ. Le cas échéant, ils sont emballés en vue de leur distribution internationale ou utilisés comme point de départ d'un nouveau cycle de multiplication. Dans ce dernier cas, les micro-plants sont extraits du tube, sectionnés en plusieurs micro-boutures d'un à deux nœuds sous une hotte à flux laminaire pour être finalement repiqués sur un nouveau milieu de culture. Le taux de multiplication *in vitro* du manioc est estimé à 5 par période de 6 semaines.

La distribution du matériel *in vitro* se fait sous la forme de micro-plants conservés en tubes après une confirmation de l'absence des maladies et insectes présents chez la plante mère. Cette démarche est essentielle compte tenu des risques de propagation des maladies et des ravageurs par l'emploi d'un matériel à propagation végétative. Les éprouvettes sont conditionnées dans une boîte en carton et accompagnées d'un certificat phytosanitaire, d'un permis d'importation, d'un bordereau d'expédition et d'une brochure renfermant des recommandations quant à la manipulation du matériel *in vitro*. Les milieux de transplantation (tourbe comprimée, vermiculite, etc.) et les conteneurs (par exemple des pots en tourbe) sont emballés et envoyés avec le matériel *in vitro*.

La durée du transport sera la plus courte possible. Un séjour prolongé dans l'obscurité (de la boîte) se solde par un taux de reprise faible. Pour des déplacements de plus de 4 jours, on prend des précautions qui s'imposent.

Système de certification de parcs à bois de manioc

Schéma de l'organisation de la production semencière en RD Congo

Pour déclarer certifier un parc à bois, le règlement technique de la production, du contrôle et de la certification des principales cultures vivrières et maraîchères (SENASA, 2012) fixe les règles et normes suivantes pour la culture du manioc.

On distingue dans la filière semencière en RD Congo, cinq (5) groupes d'acteurs dont trois principaux ou acteurs directs et deux qui viennent en appui aux trois premiers en tant qu'acteurs indirects.

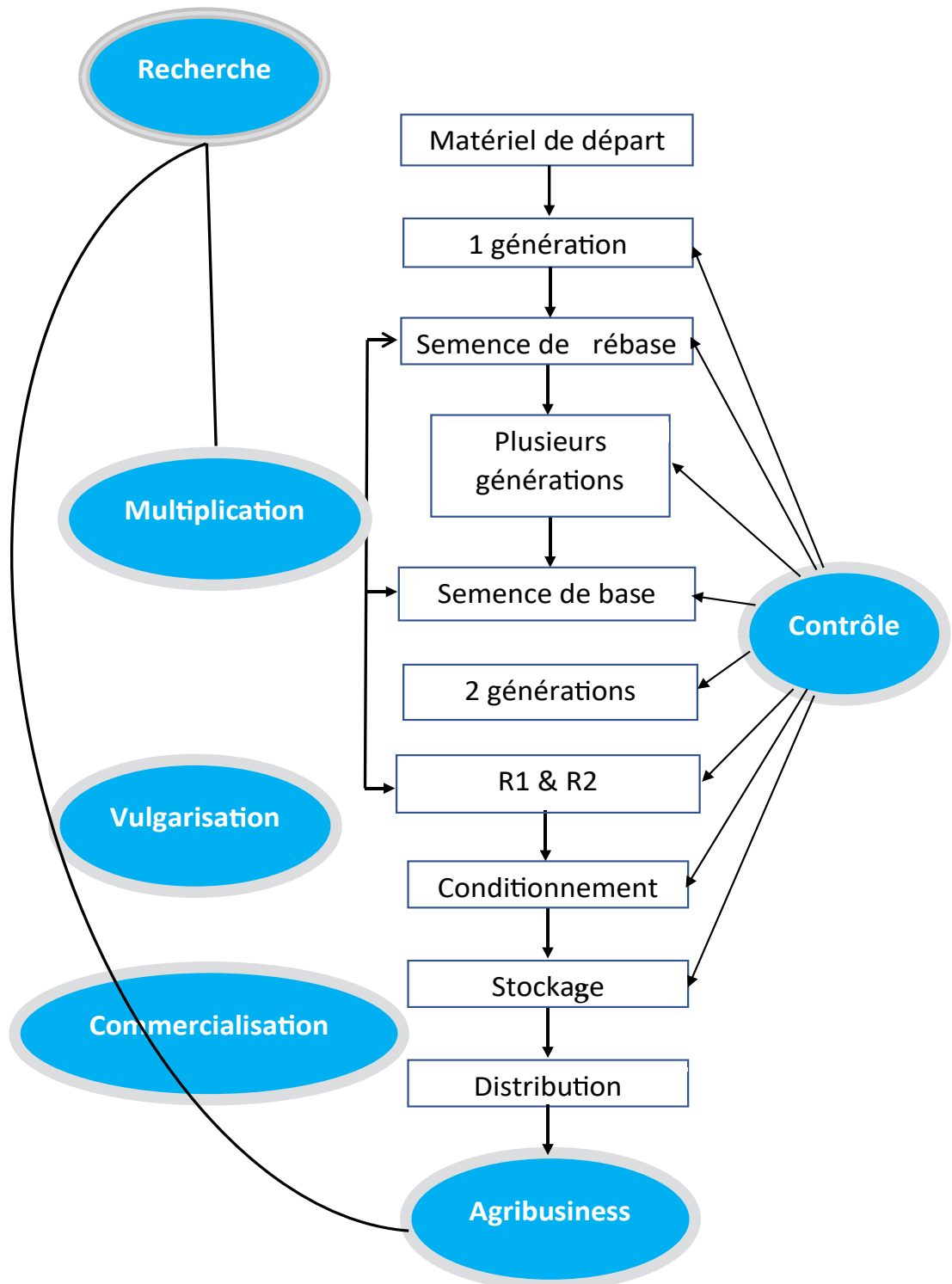


Figure 3.14. Schéma de l'organisation de la production semencière en RD Congo (SENASEM, 2007).

1 La Recherche

La recherche joue un rôle important en amont de la filière semencière en mettant au point des variétés performantes et en assurant le maintien de leur identité. Son rôle s'étend dans la multiplication de la semence souche (G_0) aux semences de Base (G_3 ou G_4) en passant par le pré base (G_1 à G_2). A cet effet, en tant qu'Institution de Recherche, l'IITA joue un rôle important en amont de la filière semencière par la création et sélection variétale, la production des semences ou plants de prébase et base du manioc.

2 Les Multiplicateurs

Le rôle des multiplicateurs parmi lesquels on peut citer les fermes semencières, les groupements semenciers ainsi que les agri-multiplicateurs individuels, s'étend dans la multiplication de la semence de base (G_3 ou G_4) en semences certifiées (R1 et R2).

3 Le contrôleur

Le contrôle des cultures ainsi que la certification de semences sont assurés par le Service officiel de contrôle (SOC), représenté en RD Congo par le SENASEM. Ce service contrôle par le biais de ses Inspecteurs et analystes, la multiplication semencière de la semence de pré-base (G_1) jusqu'à la semence certifiée (R1 et R2). Il est aussi compétent pour faire le contrôle des semences de qualité déclarée (SQD) et les semences standards. Ce contrôle se fait au champ, pendant le conditionnement, le stockage et la distribution.

4 Acteurs indirects

A côté de ces trois acteurs directs (recherche, multiplicateurs et contrôleurs) de la filière semencière, il existe d'autres intervenants qui viennent en appui à la filière. Il s'agit notamment des organismes de développement et de vulgarisation qui appuient les groupements semenciers et les agri-multiplicateurs ainsi que des organismes de commercialisation qui s'occupent du conditionnement, du stockage et de la distribution ou vente.

Règlements techniques de la production, du contrôle et de la certification des plants

En RD Congo, la production semencière est organisée par un règlement technique de la production, du contrôle et de la certification des semences. Le but du contrôle et de la certification pour le cas du manioc est de maintenir et mettre à la disposition des utilisateurs des plants de haute qualité appartenant aux variétés améliorées en assurant leur identité et leur pureté génétique.

Une nouvelle édition de ce document a été publiée à la fin 2012 par le Ministère de l'Agriculture à travers son service spécialisé, le SENASEM avec le soutien du Projet Appui au Secteur Semencier (ASS) de la Coopération Technique Belge. Le règlement technique reprend les normes de production, du contrôle et certification de 10 cultures vivrières dont celles du manioc et de semences de légumes.

1 Catégories des plants

Selon le règlement technique de la production, du contrôle et de la certification des semences en RD Congo, la production des semences grains (céréales, légumineuses et légumes) et des plants est fondée sur le principe de la filiation généalogique qui suppose que les semences ou plants en multiplication doivent- être issues initialement de la semence ou du plant de souche ou matériel parental (G0) à partir de laquelle toutes les autres catégories (pré-base, base, certifiée, et semence de qualité déclarée (SQD) et semences standard) sont obtenues en une ou plusieurs générations.

Ainsi, le schéma de multiplication utilisé en RD Congo comprend les catégories respectives suivantes : semence de souche (G0), semence de pré base (G1 à G2 ou G3), semence de base (G3 ou G4), semence certifiée de première (R1) et deuxième (R2) reproduction ainsi que la SQD.

En RD Congo, le système de protection ou droits d'obteneurs n'est pas encore reconnu dans la pratique car les obtenteurs ne jouissent pas de la rémunération de leur travail, en outre concernant l'inscription des nouvelles variétés au catalogue variétal, le schéma de l'inscription d'une variété au catalogue variétal constitue jusque-là, un cercle vicieux par manque de loi semencière et de respect de la réglementation en vigueur. On assiste passivement à la cassure de ce schéma dès l'étape de recherche et sa renaissance plus loin, à la commercialisation des semences ou plants. La gestion du catalogue se voit ainsi être empiétée car les variétés naissent, dégénèrent ou cessent d'être multipliées en toute irrégularité.

2 Catalogue variétal

Il existe un catalogue variétal qui reprend toutes les variétés autorisées pour la multiplication semencière en RD Congo. Une nouvelle édition de ce document a été publiée à la fin 2012 par le Ministère de l'Agriculture à travers son service spécialisé, le SENASEM avec le soutien de ASS. Le catalogue variétal donne des informations sur les variétés homologuées de 10 cultures vivrières dont la commercialisation des semences est autorisée sur l'ensemble du territoire national.

En RD Congo, la décision d'inscription d'une nouvelle variété dans le catalogue doit être en principe sanctionnée par la signature d'un Arrêté du Ministre de l'Agriculture. La variété ainsi inscrite est vulgarisée, et peut désormais être multipliée et commercialisée sous réserve des droits reconnus à l'auteur de son obtention. La plupart de variétés proposées par le PRONAM/INERA en collaboration avec l'IITA sont inscrites progressivement au Catalogue variétal des cultures vivrières dont la toute dernière édition publiée en 2012 reprend 24 variétés (Anonyme 4, 2012a).

Emblavures de la culture du manioc en RD Congo

En considérant les statistiques de la période allant de 1990 à 2010, le manioc occupe en moyenne 2 millions d'hectares qui représentent environ 40% de la superficie sous cultures vivrières. Il est principalement produit au niveau des ménages. Le manioc est la culture vivrière la plus importante du pays.

Selon l'annuaire des statistiques agricoles (2000-2006) du SNSA, il occupe la première place en superficie (Anonyme 4, 2010 ; Ngonde, 2008 et Anonyme 5, 2012).

Il est à noter qu'en considérant la moyenne de 21 ans (1990-2010) les quatre premières provinces, qui sont respectivement, le Bandundu, le Katanga, la Province Orientale et l'Equateur, couvrent à elles seules près du 2/3, soit 63,4% des emblavures du manioc. Par contre, trois autres provinces qui représentent l'ancien grand Kivu (Maniema, Nord et Sud Kivu) ne représentent que 1/7, soit 14,6% des emblavures nationales en manioc, le Kongo Central et les deux Kasaï représentent un peu plus du cinquième des emblavures nationales en manioc, soit 21,9% et enfin la capitale Kinshasa vient en dernière position avec 0,12% (Anonyme 5, 2012). Dans les exploitations des champs de manioc, la conservation des boutures récoltées est décrite dans l'Annexe 1 ci-dessous.

A la suite de la recrudescence de la mosaïque, une maladie dont les effets des attaques ont fait perdre autour de 50% de productivité du manioc (Lema *et al.* 2007) et dont la prolifération au stade primaire s'effectue par les boutures, la production du manioc avait connu à partir des années 1993 une baisse très sensible allant de 19 millions de tonnes à 14 millions de tonnes par an. Financé par l'USAID, le Projet « Réponse rapide à la recrudescence de la mosaïque de manioc », initié en 2001 et exécuté principalement par l'IITA jusqu'en 2012, a développé, des variétés de manioc tolérantes à la mosaïque, multiplié et distribué leurs boutures en réponse à cette baisse spectaculaire de la production. Depuis plus de 8 ans, ce projet est finalement arrivé à stabiliser la production autour de 15 millions de tonnes par an sur l'ensemble du territoire national et des efforts énormes continuent à être fournis de façon à relever le niveau de croissance de la production. Toutefois, deux autres maladies, la striure brune du manioc (CBSD) à l'est du pays et les nécroses racinaires du manioc (MNRM), ont commencé à émerger de plus en plus et nécessitaient une attention toute particulière.

Tableau 3.6. Emblavures de manioc, quantité moyenne des matériels de plantation et proportion par province en RD Congo (SNSA, 2012a).

Province (avant la nouvelle configuration de la RD Congo en 2016)	Superficie moyenne (ha) (1990-2010)	Quantité moyenne des boutures (m) (1990-2010)	Proportion de la quantité des boutures par province
Bandundu	413.987	1.034.967.500	20,35
Katanga	399.672	999.180.000	19,64
Province Orientale	263.615	659.037.500	12,96
Equateur	211.798	529.495.000	10,41
Kasaï Oriental	160.506	401.265.000	7,89
Bas-Congo	151.902	379.755.000	7,47
Kasaï Occidental	132.948	332.370.000	6,53
Sud Kivu	113.512	283.780.000	5,58
Maniema	96.242	240.605.000	4,73
Nord Kivu	88.008	220.020.000	4,33
Kinshasa	2.384	5.960.000	0,12
Total	2.034.573	5.086.435.000	100,00

Tableau 3.7. Caractéristiques majeures de variétés de manioc inscrites au Catalogue variétal (Edition 2019)

Variété	Principaux caractères agronomiques				Principaux caractères morphologiques et chimiques				Aires de culture (provinces/ zones agro-écologiques)	
	Durée de maturité (mois)	Période de récolte (mois)	Type variétal	Rendement en station/milieu paysan (t/ha)	Résistance		Hauteur (dépend de l'environnement)			
					Maladies	Ravageurs	Plants (cm)	Hauteur de la première ramification (cm)		Teneur en acide cyanhydrique CNp (Potentiel)*
Butamu	12	12 - 15	Doux	25-40/10-20	CAD ² , CMD ² , CBB ²	CGM ² , CMB ³	250-300	60-70	Moyenne	BC, KIN, BDD, EQ, KT et KOR
Disanka	10 - 12	10 - 15	Amer	35-50/20-25	CMD ¹ , CAD ¹ , CBB ¹	CGM ⁴ , CMB ³	150-200	30-50	Moyenne	BC, KIN, EQ, BDD et KOR
Ilona	15	12 - 15	Amer	25-47/15-25	CAD ³ , CMD ³	CGM ² , CMB ⁴	137	40	Faible	Sols argilo-sableux
Kansakako	10 - 12	12	Amer	35-40/15-20	CMD ² , CBB ² , CAD ⁴	CGM ⁴ , CMB ⁴	140-230	60-150	Faible	Sols sablo-argileux et argilo-sablonneux
Liyayi	12	12 - 18	Doux	35/18	CMD ² , CBB ² , CAD ³	CGM ⁴	250	50-65	Faible	Haute et basse altitudes
Lueki	12	12 - 15	Doux	25/15	CMD ² , CAD ³	CGM ² , CMB ⁴	130-220	60-75	Moyenne	BC et KIN
Mahungu	12 - 15	12 - 24	Doux	15-30/10-15	CMD ² , CAD ³	CGM ²	130-250	60-85	Moyenne	Zone forestière, BC et KIN
Malyoha	12 - 15	12 - 18	Doux	30/15-18	CAD ² , CMD ² , CBB ²	CGM ² , CMB ³	150-200	60-75	Faible	NK, SK et KT
Mapendo	12	12 - 20	Doux	40/15-18	CMD ¹ , CAD ² , CBB ² , CBSD ⁴	CGM ¹ , CMB ¹	180-200	100	Faible	Zones de hautes altitudes jusqu'à 1700 m

Tableau 3.7. Contd.

Variété	Principaux caractères agronomiques					Principaux caractères morphologiques et chimiques				Aires de culture (provinces/ zones agro-écologiques)
	Durée de maturité (mois)	Période de récolte (mois)	Type variétal	Rendement en station/ milieu paysan (t/ha)	Résistance		Hauteur (dépend de l'environnement)		Teneur en acide cyanhydrique CNp (Potentiel)*	
					Maladies	Ravageurs	Plants (cm)	Hauteur de la première ramification (cm)		
Mayombe	12 - 15	12 - 18	Doux	30-40/12-15	CMD ¹ ; CBSD ² ; CAD ² ; CBB ²	CGM ² CMB ²	150-250	65	Moyenne	Zones d'altitudes jusqu'à 1730 m
Mbankana	12	12	Doux	35-40/18-20	CMD ³ , CAD ³	CMB ⁴ ; CGM ²	120 - 200	60 - 75	Faible	Sols sableux, pauvres et acides
Mugole	12	10 - 18	Doux	35-40/20-25	CAD ¹ , CBB ¹ ; CMD ⁴	CGM ¹	170 - 200	50 - 60	Faible	Zones de hautes et moyennes altitudes
Musimwa	12	12 - 20	Amer	30-40/15-20	CMD ¹ ; CAD ¹ ; CBB ¹	CGM ²	150 - 200	50 - 60	Élevé	Zones de hautes altitudes
Mvuama	12 a15	12 - 24	Doux	25-27/9-15	CMD ¹ ; CBSD ² ; CAD ² ; CBB ²	CGM ⁴ ; CMB ²	150 - 200	75 - 100	Élevé	BC, KIN, EQ et Sud KT
Mvuazi	12	12 - 15	Amer	35-50/20-25	CMD ¹ ; CAD ¹ , CBB	CGM ²	200-220	30-45	Moyenne	BC, KIN, BDD, KT, POR, KOC, KOR et EQ
Nabana	12	12 - 15	Doux	35-45/20-25	CMD ¹ ; CBSD ² ; CAD ² ; CBB ²	CGM ⁴ CMB ²	180-220	120-150	Faible	Zones de haute et moyenne altitudes
Namale	10 - 12	10 a 12	Doux	35-45/20-25	CMD ¹ CBSD ² CAD ² CBB ²	CMB ² ; CGM ²	230-250	60-70	Faible	Zones de hautes et moyennes altitudes

Tableau 3.7. Contd.

Variété	Principaux caractères agronomiques					Principaux caractères morphologiques et chimiques					Aires de culture (provinces/ zones agro-écologiques)
	Durée de maturité (mois)	Période de récolte (mois)	Type variétal	Rendement en station/ milieu paysan (t/ha)	Résistance		Hauteur (dépend de l'environnement)				
					Maladies	Ravageurs	Plants (cm)	Hauteur de la première ramification (cm)	Teneur en acide cyanhydrique CNp (Potentiel)*		
Ngandajika	12 - 15	12 - 15	Doux	25-35/15-20	CMD ¹ , CBSD ² , CAD ² , CBB ²	CGM ² , CMB ²	150-200	45-75	Faible	Zones de basse et moyenne altitudes	
Nsansi	12	12 - 15	Doux	25-40/15-25	CMD ² , CAD ² , CBB ²	CMB ⁴ , CGM ²	180-200	45	Moyenne	BC, KIN, BDD et KT	
Nzoazuzu	12	12 - 18	Doux	30-35/10-15	CMD ² , CAD ² , CBB ²	CMB ⁴ , CGM ²	75-100	250	Faible	Toutes les écologies favorables à la culture du manioc	
Obama	12 - 15	12 - 15	Doux	45/20-30	CMD ¹ , CAD ⁴ , CBB ⁴	CGM ²	250-300	250	Faible	Zones de basses et moyennes altitudes	
Obama 2	10 - 12	12	Doux	35-45/15-20	CMD ³ , CAD ³	CGM ² , CMB ⁴	140-230	60-150	Faible	Sols sablo-argileux et argilo-sablonneux	
Papayi	15	12 - 24	Doux	15-25/6-10	CMD ¹	CGM ² , CMB ²	150-250	45	Moyenne	BC et KIN	
RAV	9 - 12	10 - 18	Doux	25-30/10-15	CAD ² , CBB ² , CMD ⁴	CGM ²	130-200	30-60	Moyenne	BC et KIN	
Sadisa	9 - 12	9 - 18	Amer	25-45/7-10	CMD ⁴ , CAD ⁴ , CBB ⁴	CGM ²	150-300	150	Elevée	BC, KOR, KOC, BDD, EQ et KIN	
Sawasawa	12 - 16	12 - 20	Doux	32/15-17	CMD ³ , CAD ³	CGM ² , CMB ⁴	150-220	60	Élevée	NK, SK, KT et POR ; altitude jusqu'à ± 1.700 m	
Vuvu	12	12	Amer	35/ 15-20	CMD ² , CAD ² , CBB ²	CMB ⁴ , CGM ²	140-200	70-90	Faible	Sols sablo-argileux et argilo-sablonneux	
Wina	12	10 - 12	Amer	30/15-20	CMD ² , CAD ² , CBB ²	CMB ⁴ , CGM ²	240 - 300	50 -70	Faible	Sols sablo-argileux et argilo-sablonneux	
Zizila	12 à 18	12 à 20	Doux	25-35/10-20	CMD ¹	CGM ² , CMB ²	200-250	80-100	Moyenne	BC et KIN	

Légende :

Maladies : CAD = Anthracnose ; CMD = Mosaïque ; CBB = Bactériose ; CBSD = Striure brune

Ravageurs : CGM : Acarien vert ; CMB : Cochenille

Sévérité : ¹ = Résistant ; ² = Tolérant ; ³ = Moyenne ; ⁴ = Sensible.

*Teneur en HCN (CNp) : Faible (moins de 5,0 mg/100 g de poids frais) ; Moyenne (plus de 10,1 mg/100 g poids frais)

Provinces (Appellation jusqu'en 2016) : BC = Bas-Congo ; KIN = Kinshasa ; EQ = Equateur ; BDD = Bandundu ; KOR = Kasai Oriental ; NK = Nord Kivu ; SK = Sud Kivu ; KT = Katanga ; POR = Province Orientale.

Annexe 1.

Stockage des boutures

(Tiré de Frangoie N., Bidiaka M., Mahungu N.M. 2012. *Module II : La production des semences certifiées, partenariat IITA-PANA/ASA. pp. 48*)

Les tiges coupées doivent être manipulées, transportées et stockées avec précaution tout en évitant de les blesser.

Le stockage à long terme de tiges de manioc est inapproprié car elles se déshydratent et sont également attaquées par des insectes et des maladies. Toutefois, pendant les récoltes effectuées en saison sèche, les tiges de manioc peuvent être conservées pendant un maximum de huit semaines. Les tiges sont liées en bottes et gardées verticalement sous un abri bien ventilé ou sous un arbre donnant une bonne ombre. (Photo 1 à gauche).

Il est recommandé de disposer les tiges de façon qu'elles s'appuient sur un support solide attaché horizontalement entre deux arbres ou piquets, d'enfouir la base des tiges et d'arroser régulièrement le sol.

Lors de stockage de longue durée des tiges de manioc, il faudra prendre les précautions suivantes :

- Eviter l'ensoleillement direct pour les prévenir de dessèchement dû à la chaleur ainsi que le vent chaud ou froid
- S'assurer à ce que les bourgeons soient dirigés vers le haut lorsque les tiges sont stockées verticalement
- Ne stocker que les tiges matures prélevées sur des plants de manioc sains

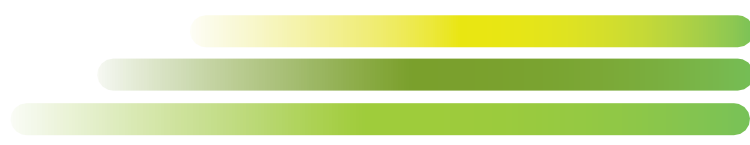
Au moment de la plantation, toutes les parties supérieures et inférieures des tiges seront éliminées et seulement les parties centrales seront utilisées pour préparer les boutures.



Photo 3.5. Conservation des boutures de manioc à l'ombre (à gauche) et mauvaise conservation des boutures en vrac et au soleil (à droite).

Références

- Anonyme 4. 2010. Revue de toutes les provinces de la R.D. Congo : Descriptif géo-agro-économique, identification des spéculations prioritaires, territoires à haute production, et commercialisation. Extraits du Programme National de Relance du Secteur Agricole et Rural (1997-2001), élaboré par le PNUD/UNOPS. SENASEM (Service National des Semences). Pp. 115-132. Projet Appui au Secteur Semencier (ASS/CTB). Ministère de l'Agriculture. Kinshasa
- Anonyme 4. 2012. Catalogue variétal des cultures vivrières. Pp. 99-120. Projet Appui au Secteur Semencier (ASS/CTB) Ministère de l'Agriculture et du Développement rural. SENASEM (Service National des Semences), Kinshasa.
- Anonyme 5. 2012a. Annuaire des Statistiques Agricoles (2000 - 2006) ». 35 p.
- Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Secrétariat général à l'Agriculture, Pêche et Elevage. SNSA (Service National des Statistiques Agricoles), Kinshasa
- Anonyme 3. 2006. Le Catalogue des Matériels Génétiques. Rapport annuel 2005, INERA-Mvuazi. Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques. RDC. p. 47-67.
- FAO, 2020. <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC>
- Frangoie N., Bidiaka M. et Mahungu N.M. 2012. Module II : La production des semences certifiées, partenariat IITA - PANA/ASA. pp.48
- Lema K.M., Dixon A., Mahungu N., Ilona P, Nluta S. Kimfuema J., Lukombo S. and Bidiaka S. 2007. Strategic cassava production rehabilitation in the Democratic Republic of Congo through accelerated germplasm development and deployment. In Mahungu, N.M and Manyong V. M. (eds) (2007) Advance in Roots and Tuber Crops Technologies for Sustainable Food security, Improved Nutrition, Wealth Creation and Environmental Conservation in Africa. Proceedings of the 9th ISTRC-AB symposium, Kenya, 1-5 November 2004. pp 540 -547.
- Ngonde Nsakala Robert. 2008. Root and Tuber Crops in DRC : Importance for Food Security and Contribution to the improvement of statistic (Racines et tubercules en République Démocratique du Congo - Importance dans la sécurité alimentaire Contribution à l'amélioration de la production des statistiques). Proceedings of the Expert Consultation on Root Crop Statistics, Paper 11. FAO, Kampala.
- Service National de Semences (SENASEM). 2012a. Catalogue variétal des cultures vivrières. Ministère de l'Agriculture et du Développement rural RDC, Projet Appui au Secteur Semencier (ASS/CTB).
- Service National de Semences (SENASEM). 2012b. Règlement technique de la production, du contrôle et de la certification des semences des principales cultures vivrières et maraîchères. Projet Appui au Secteur Semencier (ASS/CTB) Ministère de l'Agriculture et du Développement rural. Kinshasa-RDC
- Service National de Statistiques Agricoles (SNSA). 2012a. « Annuaire des Statistiques Agricoles (2000 – 2006) ». Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Secrétariat général à l'Agriculture, Pêche et Elevage. Kinshasa, RDC.
- Service National de Statistiques Agricoles (SNSA). 2012b. « L'agriculture congolaise en quelques chiffres ». Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Secrétariat général à l'Agriculture, Pêche et Elevage. Kinshasa, RDC.



Les ravageurs du manioc en République Démocratique du Congo

Tata-Hangy Willy¹; Muaka Toko²; Albert Lema Ki Munseki³; Mfuti Kupesa⁴, Tuwizana Marie⁴; Kaziama Mbuta⁵ et Nzola Mahungu¹

¹IITA Kinshasa, RD Congo

²IITA Cotonou, Bénin

³Université de Kinshasa (UNIKIN), Kinshasa, RD Congo

⁴INERA Mvuazi, RD Congo

⁵INERA Kiyaka, RD Congo

Introduction

Le présent chapitre traite de la situation des ravageurs du manioc en RD Congo. Il renseigne d'abord sur la notion de ravageur d'une manière générale et passe en revue, l'état des différents ravageurs du manioc et les dommages qu'ils causent sur la culture. Ce chapitre permettra aux lecteurs et aux différents acteurs du secteur manioc de s'accoutumer avec les différents groupes des ravageurs qui s'attaquent à la culture, leurs descriptions biologiques et écologiques, et comment les reconnaître facilement au champ sur base des dégâts qu'ils infligent. Il renseigne aussi sur les efforts fournis par la recherche pour leur gestion.

Il arrive souvent que plusieurs techniciens et agents du domaine de l'agriculture ne parviennent pas à différencier les symptômes des dégâts causés par les insectes et autres ravageurs. Ce qui fait qu'on s'attaque plus souvent aux effets plutôt qu'aux causes, entraînant ainsi dans la plupart des cas des interventions tardives ou encore inappropriées.

Les dégâts causés par les insectes aux plantes sont de divers types. Ils sont souvent physiques, causés par le traumatisme mécanique sur les plantes ou physiologiques, causés par des toxines injectées par le ravageur. Les symptômes les plus fréquemment rencontrés lors des observations sur terrain sont :

- La déformation des tissus végétaux : C'est le cas notamment de l'enroulement des feuilles, de la distorsion des tiges, de la tuméfaction, de la formation des galls et des chancres, de la décoloration foliaire et des taches foliaires, ainsi que de la réduction de la surface foliaire dont la conséquence est la diminution de l'activité photosynthétique, etc., conduisant à l'affaiblissement de la plante. Une plante affaiblie peut être attaquée par des ravageurs secondaires.
- La défoliation, qui est causée par l'activité alimentaire des insectes défoliateurs et des mineurs des feuilles, qui provoquent des dessèchements dus à la destruction de la chlorophylle (cas de la punaise *Helopeltis* sur le manioc), tandis que les défoliateurs, comme le cas des criquets *Zonocerus*, provoquent une destruction mécanique.

- Le désordre physiologique est une autre forme de manifestation de dégât causé à la plante par un ravageur. Il est souvent provoqué par une toxine injectée par l'insecte dans la plante et qui entraîne un désordre dans le développement de celle-ci. Tel est le cas du ballet de sorcier caractérisé par la production excessive et désordonnée des feuilles, de la nécrose et du craquement des endroits piqués.
- L'ouverture des voies d'entrées aux pathogènes, comme c'est le cas du *Pseudotheraptus devastans* Dist, qui pique la plante et laisse une porte d'entrée au champignon responsable des chancres de l'anthracnose du manioc.
- La transmission des maladies. Tel est le cas de la mouche blanche, *Bemisia tabaci* qui est un vecteur des agents pathogènes responsables de la mosaïque du manioc et de la striure brune, mais ne cause pas des dégâts mécaniques directs sur la culture.

Qu'est-ce qu'un ravageur ?

Ce terme est associé aux insectes phytophages comme les pucerons, les criquets, les chenilles défoliatrices et autres qui s'attaquent aux cultures de manière à nuire à l'homme. Aujourd'hui, on parle plus facilement des bio-agresseurs, terme qui s'applique à toute entité taxonomique dont, les virus, les bactéries, les mycoplasmes, les insectes, les acariens, voire de vertébrés, qui sont nuisibles aux cultures, et dont la multiplication nécessite généralement un contrôle. Cette définition s'applique aussi à tous les types de facteurs biologiques qui diminuent la rentabilité des cultures. Elle s'étend même à des plantes, que l'on ne peut pas normalement qualifier de bio-agresseurs classiques, mais dont la pullulation peut nécessiter un contrôle, soit parce qu'elles envahissent directement des cultures (mauvaises herbes), soit parce qu'elles envahissent un écosystème. Les ravageurs sont des espèces dont l'activité est hostile au bien-être de l'homme.

Du point de vue de l'agriculture, un ravageur revêt un aspect essentiellement économique, du fait qu'il cause ou non suffisamment des dégâts qui demandent que des mesures de lutte soient prises (R. Kumar, 1978). D'où la notion de seuil économique, qui se définit comme étant 'la densité à partir de laquelle des mesures de lutte devraient être initiées de manière à empêcher une population croissante du ravageur d'atteindre le niveau de préjudice économique' (Stern *et al.* 1959). De manière concise, les seuils économiques sont les niveaux des dégâts causés par les ravageurs qui impliquent le recours à des mesures de protection. Les dommages causés par les ravageurs peuvent affecter les plantes pendant leur croissance ou les produits de récolte pendant l'entreposage.

Aperçu sommaire sur les ravageurs du manioc en RD Congo

En dépit de l'importance avérée du manioc en RD Congo, sa production est confrontée à plusieurs contraintes qui la maintiennent au-dessous du potentiel attendu. Parmi ces contraintes, il y a les insectes et acariens ravageurs. Un grand nombre de ces ravageurs infligent des dégâts importants à la culture, et sont appelés « ravageurs majeurs ou principaux », tandis que d'autres causent des dégâts d'importance économique mineure et sont appelés « ravageurs secondaires ou mineurs ». Qu'ils soient majeurs ou secondaires, ces nuisibles s'alimentent soit sur les feuilles, soit sur les tiges ou sur les deux à la fois et voir sur les racines. Les ravageurs des feuilles et des tiges les plus répandus sont la cochenille farineuse du manioc (CFM), l'acarien vert du manioc (AVM), le criquet puant et les aleurodes, ainsi que plusieurs autres que l'on identifie au fil du temps. Les ravageurs

courants des tiges et des racines sont les termites, les vertébrés et la cochenille africaine des racines et tubercules (CART). Les pertes occasionnées aux productions agricoles par ces ravageurs représentent souvent plus d'un tiers des récoltes.

Sur le manioc, les pertes occasionnées par les ravageurs majeurs sur le rendement peuvent atteindre parfois 80% pour les racines fraîches et jusqu'à 100% pour les feuilles qui sont, souvent consommées comme légume par la majorité de la population congolaise. En plus, il y a certains autres dégâts non négligeables qui réduisent la capacité de reprise des boutures issues des tiges qui sont utilisées comme matériels de plantation. En effet, tout dégât sur les tiges de manioc cause des préjudices importants aux agriculteurs qui les utilisent comme matériel de plantation lors de l'installation de nouveaux champs.

En RD Congo, il est important de noter que longtemps avant les années 1970s au cours desquelles furent accidentellement introduits la CFM (*Phenacoccus manihotis* Matille-Ferero) et l'AVM (*Mononychellus tanajoa* Bondar) (Muaka & Leuschner, 1980 ; Lema and Herren, 1985) et fut observé la CART (*Stictococcus vayssierei* Richard) dans les années 1980s (Lutete *et al*, 1997) tous trois considérés à ces jours comme des ravageurs majeurs, le manioc ne souffrait que des attaques indirectes d'insectes. Parmi ceux-ci, la mouche blanche phytophage *Bemisia tabaci* Gennadius connu comme vecteur du virus responsable de la mosaïque africaine du manioc et de la striure brune, et de la punaise coreide *Pseudotheraptus devastans* Distant qui est à la base de l'anthracnose.

D'autres ravageurs tels que la punaise miridae *Helopeltis* sp et le thrips *Frankliniella* sp dont les dégâts occasionnés jadis étaient économiquement insignifiants, sont, au cours de ces dernières années fréquemment rapportés comme devenant de plus en plus nuisibles sur le manioc (Tata-Hangy *et al*, 2012). Ceci peut être dû aux perturbations climatiques observées ces derniers temps.

Le criquet *Zonocerus variegatus* L, la diaspine *Aonidomytilus albus*, ainsi que beaucoup d'autres espèces locales de cochenilles sont parfois observés d'une manière passive, car leurs dégâts n'inquiètent pas les producteurs à ces jours.

Nous présentons ci-dessous les principaux ravageurs du manioc en RD Congo, leur origine et distribution, apparence, biologie et mode reproduction, les symptômes des dégâts causés et leur gestion ou contrôle ; ainsi que les ravageurs secondaires fréquemment rencontrés sur le manioc et qui pourront devenir important avec les changements climatiques que nous vivons ces derniers temps.

Les principaux ravageurs du manioc en RD Congo

La Cochenille farineuse du manioc (Phenacoccus manihotis Matille-Ferero)

Introduction

Observée en RD Congo alors Zaïre au début des années 1970 (Hahn and Williams, 1973), la cochenille farineuse du manioc (CFM) était jadis (avant son contrôle biologique dans les années 1990) la contrainte majeure à la production du manioc. Les pertes de rendement qu'elle occasionne à la culture et sa distribution très large à travers les zones de production de manioc avaient fait d'elle un désastre économique en Afrique.

Plusieurs possibilités de lutte contre ce ravageur comprenant les méthodes culturales, chimiques et biologiques, ainsi que la sélection pour la résistance de la plante hôte étaient vite explorées. Les méthodes culturales, bien qu'assez efficaces, étaient limitées dans leur utilisation par les agriculteurs à cause de certaines contraintes socio-économiques. La lutte chimique qui est rapide et directe pour détruire le ravageur s'était heurtée à des contraintes de plusieurs ordres, entre autres ; le danger d'empoisonnement, le manque d'expertise et d'équipements nécessaires pour l'utilisation efficace des produits phytosanitaires, ainsi que le coût trop élevé des produits face à la productivité de manioc.

La résistance génétique de la plante hôte n'a pas donné des résultats importants quoique le seul programme d'amélioration PRONAM est le seul en Afrique à avoir développé un clone qui résista à la CFM (cfr. Chapitre 2 ci-dessus). La nature exotique du ravageur, ainsi que sa colonisation par des ennemis naturels locaux opportunistes avaient suggéré que la lutte biologique classique serait la seule stratégie la plus efficace pour le contrôle de celle-ci.

C'est avec l'introduction et l'établissement du parasitoïde *Apoanagyrus (Epidinocarsis) lopezi* (De Santis) (Hymenoptera ; Encyrtidae) et de deux coccinelles prédateurs *Diomus sp* et *Hyperaspis notata* (Coleoptera ; Coccinellidae) au cours des années 1980 et 1990 que cette cochenille fut maîtrisée (Nsima She *et al.* 1992 ; Tata-Hangy, 1995).

Malheureusement, malgré le succès observé dans la réduction des populations du ravageur, par ces ennemis naturels exotiques, des poches d'infestation récalcitrantes persistent encore dans certaines zones. Ces poches d'infestation inquiètent socialement et économiquement les agriculteurs d'une part, et les scientifiques et preneurs des décisions d'autre part du fait qu'elles continuent à infliger des pertes importantes sur des variétés sensibles et constituent des foyers potentiels de propagation pouvant entraîner la résurgence de ce fléau.

Origine et distribution

La CFM a été décrite pour la première fois par Matile-Ferrero (1977). Elle est originaire de l'Amérique du Sud où son action était tous les temps entravée par la présence de ces ennemis naturels. Actuellement, bien que sous contrôle par ses antagonistes naturels, la cochenille est présente sur l'ensemble du territoire national où le manioc est cultivé.

Historique

La cochenille farineuse du manioc était rapportée pour la première fois au Congo-Kinshasa, alors Zaïre, en 1973 (Hahn and William, 1973). Il se dispersa très rapidement, probablement, suite à l'absence des antagonistes naturels dans son nouvel éco système congolais au point de couvrir au cours des temps toute la zone de culture du manioc de l'Afrique subsaharienne. Elle devint très nuisible à la culture par des dégâts très sévères qu'elle causait,

Apparence

C'est un petit insecte ovale, de couleur rosâtre, recouvert d'une fine couche cireuse à aspect farineux, qui lui confère son nom de cochenille farineuse (Photo 4.6). Cet insecte porte des filaments courts sur les côtés (filaments latéraux) et assez longs sur l'extrémité inférieure de l'abdomen (filaments caudaux).



Photo 4.6. La cochenille farineuse du manioc.

Biologie et reproduction

P. manihoti est une espèce parthénogénétique. Son cycle de vie du stade œuf à l'état adulte varie de 25 à 33 jours à 27°C. Son seuil thermique inférieur est de 14,7°C et aucun développement n'a lieu au-delà de 35°C (Nwanze, 1978). En moyenne, l'adulte a une longévité de 20 jours et une fécondité se chiffrant entre 440 à 750 œufs, avec une moyenne de 18 œufs par jour (Nwanze, 1978). *P. manihoti* connaît 9 à 11 générations et la reproduction a lieu durant toute l'année (Fabres, 1981). La population atteint sa densité maximale au cours de la saison sèche. C'est aussi au cours de cette période de l'année que les dégâts causés à la culture deviennent sévères (Fabres, 1981 ; Nwanze, 1982). Ces populations diminuent parfois avant le retour des pluies à cause du manque des ressources alimentaires, car le substrat végétal acceptable se dégrade suite à l'alimentation intense des cochenilles et de l'effet de la saison. En saison humide, les pluies emportent les cochenilles et constituent, par conséquent, un facteur de mortalité.

Il n'attaque que l'espèce *Manihot* spp. Sa présence sur d'autres végétaux est purement accidentelle. On la rencontre sur les tiges, les feuilles et les extrémités du manioc souvent regroupées en colonie. En provoquant le rabougrissement des extrémités des tiges, elle se crée un habitat protégé.

Symptômes des dégâts causés

Les dégâts que *P. manihoti* cause sur les plants de manioc se caractérisent par le recroquevillement des feuilles et le rabougrissement des pousses terminales. En se nourrissant sur la plante, l'insecte lui inocule une toxine. Ceci se traduit par de profondes perturbations dans la croissance de la plante avec comme conséquence le rabougrissement de la plante suivi du raccourcissement des entre nœuds provoquant aussi la distorsion de la tige (Photo 4.7). On observe une diminution de la production foliaire et l'affaiblissement du matériel de plantation. En cas d'attaques très prononcées, on observe aussi le dépérissement des plants, surtout dans les jeunes champs. Il s'ensuit des pertes en poids des racines tubéreuses pouvant atteindre 84% (Nwanze, 1982). Ces pertes sont cependant fonction de l'âge et de la physiologie de la plante au moment de l'infestation, de la longueur de la saison sèche et de l'intensité de l'infestation.

La gestion de la cochenille farineuse du manioc

Immédiatement après l'apparition de la CFM en RD Congo, des travaux de recherche pour étudier des voies et moyens susceptibles de contenir l'ampleur des dégâts infligés

à la culture du manioc étaient entrepris. Des études étaient initiées sur différentes méthodes de lutte dont les pratiques culturales, la lutte chimique et la sélection des variétés résistantes. Etant donné le caractère exotique de ce ravageur et son statut de non nuisible dans son milieu d'origine en Amérique Latine, la lutte biologique classique par l'importation des ennemis naturels de son continent d'origine fut recommandée comme moyen idéal pouvant résoudre en court terme le problème d'attaque sur le manioc. Quelques résultats sur l'utilisation des différentes méthodes de lutte en RD Congo sont retracés ci-dessous.

a. Les méthodes culturales

Les observations faites sur la biologie de la CFM avaient montré que la sécheresse favorise le développement des populations de ce ravageur (Fabres, 1981). Nwanze, 1982 avaient observé que les dégâts de CFM devenaient de plus en plus sévères en conditions d'insuffisance hydrique du sol. Ses études sur la couverture du sol avaient révélé que le paillage après labour permettait une bonne conservation de l'humidité du sol et de ce fait minimise considérablement les dégâts causés sur le manioc (Tableau 4.8).

Il a aussi été constaté que les plantes croissant en vallée montraient une meilleure tolérance aux infestations que celles sur des plateaux et pentes, indiquant que le choix d'un bon terrain en rapport avec sa topographie jouerait un rôle dans la limitation des



Photo 4.7. Recroquevillement des feuilles, raccourcissement des entrenœuds par la cochenille farineuse.

dégâts de CFM sur la culture (Figure 4.15). Des études sur les dates de plantation avaient indiquées qu'une plantation faite juste au début de la grande saison des pluies, en octobre et novembre (dans le cas des provinces de l'hémisphère Sud) permettaient aux plantes d'acquérir la vigueur nécessaire pour tolérer les attaques possibles de CFM.

Tableau 4.8. Effet du type de labour et du paillage sur la sévérité des dégâts et l'incidence de la cochenille farineuse sur le manioc (PRONAM, 1977).

Type de labour	Couverture du sol	Sévérité* des dégâts	Incidence** (%)
Billon	Paillage	1.5	35.9
	Nu	2.3	49.2
Plat	Paillage	1.3	32.1
	Nu	2.5	61.0

*La sévérité des dégâts est évaluée de 1 à 5 ; 1= pas des dégâts et 5=dégâts très sévères (chute des feuilles).

**L'incidence indique le pourcentage des plantes infestées.

Sévérité CFM

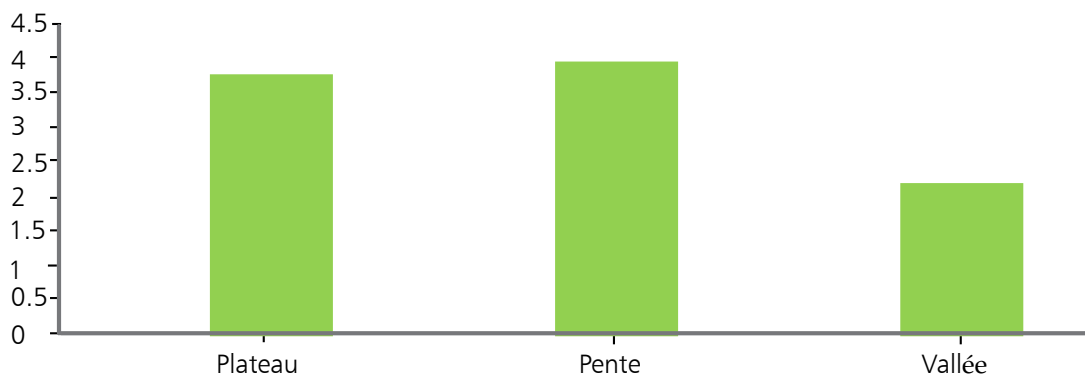


Figure 4.15. Effet de la topographie des champs sur la sévérité d'attaque de la cochenille farineuse sur le manioc. La sévérité des dégâts est évaluée sur une échelle de 1 à 5 où 1=sans dégâts et 5=dégâts très sévères (PRONAM, 1977).

b. La lutte chimique

En général, la lutte chimique constitue un moyen de lutte le plus direct pour enrayer les ravageurs des cultures. Elle consiste en l'utilisation des pesticides chimiques qui peuvent être des poisons dangereux pour plusieurs organismes vivants. Alu et Okeke (1981) avaient trouvé que l'application des produits chimiques sur le manioc attaqué par la CFM permettait une amélioration d'environ 50% de rendement sur les racines tubéreuses.

Malheureusement, les produits chimiques présentent beaucoup d'inconvénients qui limitent leur utilisation sur le manioc. Par exemple, en RD Congo les feuilles de manioc sont consommées comme légumes et font partie du régime alimentaire quotidien de la majorité de la population. De ce fait, la pulvérisation foliaire du manioc avec des pesticides constitue un danger permanent d'empoisonnement. En plus, en dépit de leur efficacité à court terme, les produits chimiques sont souvent à l'origine des infestations secondaires en favorisant à long terme une résurgence des insectes à cause de la résistance inhérente développée suite à des pulvérisations répétées. Aussi, les coûts élevés des produits chimiques face à la rentabilité de la culture rendent difficile leur accessibilité par les agriculteurs. Ainsi donc, l'utilisation des pesticides devrait être considérée comme une solution de dernier recours.

Néanmoins, le PRONAM avait envisagé la lutte chimique comme un élément du programme intégré de lutte pour limiter la propagation des ravageurs à partir des matériels de plantation. Les boutures de manioc destinées à des nouvelles plantations contiennent des stades juvéniles des ravageurs qui se réfugient souvent dans les bourgeons nouvellement développés. Le trempage des boutures infestées, dans une solution de pesticides, avant plantation suivi d'un séchage au soleil élimine les ravageurs. Une protection satisfaisante contre la CFM pendant une période de 8 semaines avait été observée à la suite du trempage des boutures dans une solution de diméthoate (Tableau 4.9).

Tableau 4.9. Influence du traitement des boutures de manioc par trempage dans l'insecticide sur l'apparition de la cochenille farineuse (PRONAM, 1977).

Traitement	Nombre de cochenilles observées / Semaines après plantation		
	2 semaines	3 semaines	5 semaines
Boutures traitées, sol stérilisé	0	0	0
Boutures traitées, sol non stérilisé	0	0	26
Boutures non traitées, sol stérilisé	2	11	246
Boutures non traitées, sol non stérilisé	2	12	287

c. La lutte biologique

En RD Congo, la lutte biologique avait commencé en 1978 avec l'adoption naturelle de la CFM par divers prédateurs et parasitoïdes locaux. Un inventaire de ces ennemis naturels locaux avait révélé que les coccinelles des genres *Exochomus* et *Hyperaspis*, souvent associés aux densités élevées de la CFM, étaient les plus fréquemment rencontrés (Figure 4.16). Un hyménoptère encyrtidae *Anagyrus spp*, parasitoïde commun de la cochenille polyphage *Phenacoccus madeirensis*, était aussi trouvé sur la CFM.

Malheureusement, l'évaluation de tous ces ennemis naturels locaux avait montré leur inefficacité dans le contrôle de ce ravageur essentiellement du fait qu'ils sont incapables de s'adapter aux faibles densités de CFM en saison pluvieuse par suite de leurs besoins

Tableau 4.10. Répertoire des ennemis naturels introduits en République Démocratique du Congo dans le cadre de la lutte biologique classique de la cochenille farineuse entre 1982 et 1990 (Source Nsiama She *et al.*, 1992).

Espèce	Nature	Année de lâcher	Statut
<i>Diomus sp</i>	Prédateur	1982-1987	Etabli
<i>Epidinacarsis lopezi</i>	Parasitoïde	1982-1991	Etabli
<i>Hyperaspis jucunda</i>	Prédateur	1982-1985	Non établi
<i>Hyperaspis notata</i>	Prédateur	1983-1990	Etabli

alimentaires élevés (Fabres et Kiyindou, 1985 ; Guiterez *et al.*, 1988). Néanmoins, ils deviennent actifs en fin de saison sèche quand les populations du ravageur sont denses. De ce fait, leur contribution en temps opportun est minimale, les plantes ayant déjà subi des dégâts considérables.

A cause de cette inefficacité de contrôle par les ennemis naturels locaux, la lutte biologique classique, qui consiste à l'introduction des auxiliaires bénéfiques à partir de la région d'origine du ravageur, fut conseillée. Plusieurs insectes bénéfiques avaient alors été introduits à partir du 'Commonwealth Institute of Biological Control (CIBC) Trinidad, et lâchés dans des champs sévèrement infestés aux environs de la station de l'INERA-Mvuazi, après une quarantaine au CIBC-Londres en Grande-Bretagne. Malheureusement, les prospections de suivi avaient indiqué que ceux-ci n'avaient pas adopté la CFM, la plupart d'entre eux ayant été récolté sur des espèces de cochenille autre que la CFM.

C'est plus tard vers les années 1982 que la lutte biologique était devenue effective en RD Congo en raison de l'étroite collaboration avec le Programme de Lutte Biologique de l'IITA (IITA-Biological Control Programme « BCP »). Des ennemis naturels (Tableau 4.10) obtenus au cours d'une exploration systématique dans l'habitat naturel du manioc en Amérique Latine étaient introduits. De ces introductions, la guêpe *Apoanagyrus (Epidinacarsis) lopezi* s'était bien établie dans plusieurs sites où elle était lâchée. Sa dispersion était tellement rapide qu'elle a facilement couvert une superficie de 130.000 km² en deux ans (Hennessey *et al.*, 1990). Cette dispersion rapide de la guêpe, couplée à sa haute spécificité et à sa capacité élevée de repérer son hôte, même en très faibles densités a fait d'elle un ennemi naturel le plus efficace pour la CFM (Hennessey *et al.* 1990 ; Herren and Neuenschwander, 1991).

L'étude de l'efficacité du parasitoïde au cours des trois premières années de son établissement a réellement révélé son impact positif sur le contrôle de la CFM. Une réponse positive de densité dépendante d'*A. lopezi* à la CFM et un taux de parasitisme allant jusqu'à 30 % étaient observés dans le Kongo Central. Le taux de parasitisme était même très élevé sur des faibles densités de population de CFM. L'alternance du taux de parasitisme avec la densité de CFM (Figure 4.16) suggère un effet de régulation de CFM par *A. lopezi*. Ainsi, *A. lopezi* a contribué d'abord à ramener significativement la densité de la CFM à un niveau plus bas et ensuite à maintenir cette population en dessous du seuil de tolérance.

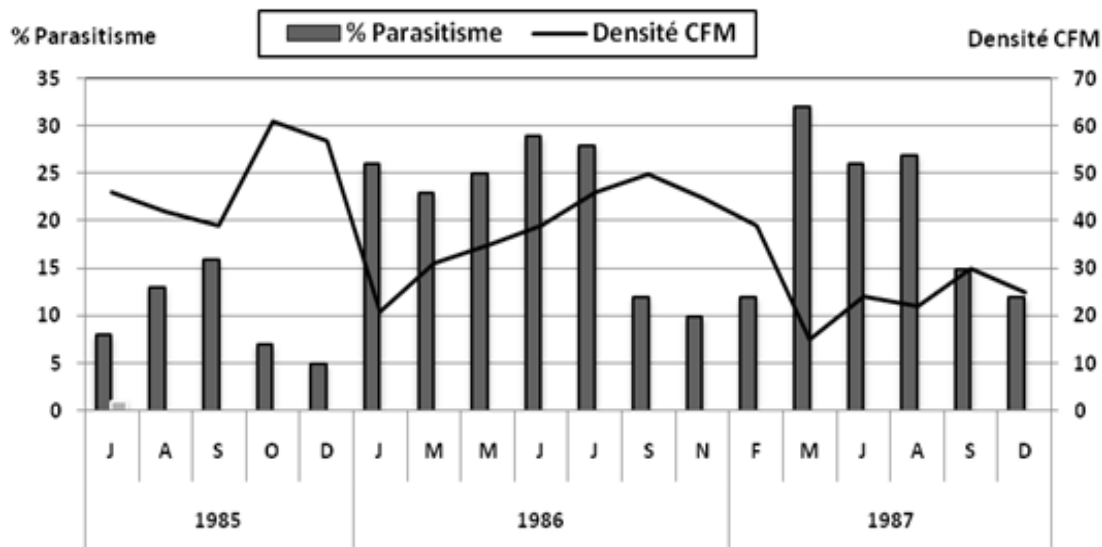


Figure 4.16. Taille de la colonie de la cochenille farineuses du manioc et pourcentage de parasitisme par *Apoanagyrus lopezi* au Kongo Central, Juillet 1985-Septembre 1987.

Une autre évidence de l'impact de *A. lopezi* sur la CFM ressort des résultats des observations faites d'une année à l'autre après les lâchers initiaux sur l'état des infestations en saison sèche (période propice pour les attaques). Ces résultats avaient montré, en 1987, des réductions sensibles des dégâts dans différents sites selon que le parasitoïde était établi depuis plus d'une année (Figure 4.17). La sévérité des dégâts était faible dans les sites de Kimbongo au Kongo Central et de Kinshasa où les lâchers initiaux avaient eu lieu en 1982, par rapport à ceux observés à Goma au Nord-Kivu et à Luena au Katanga où les lâchers avaient eu lieu en 1985.

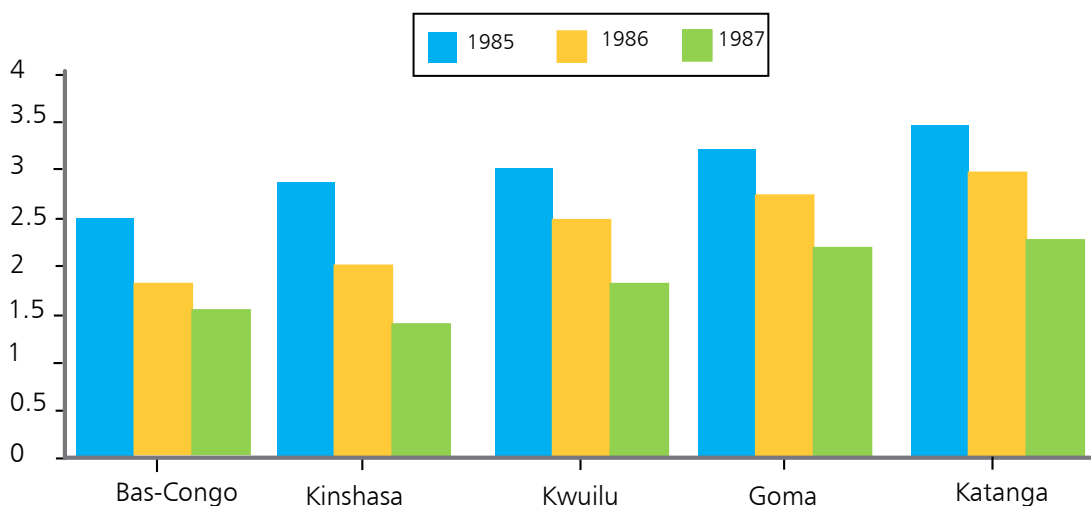


Figure 4.17. Evolution temporelle de la sévérité des dégâts de CFM sur le manioc dans quelques sites selon la durée de l'établissement de *A. lopezi*. Année de lâcher : Kongo Central (1982), Kinshasa (1982), ex-Katanga (1985). La sévérité s'évalue de 1 à 5 avec 1 = sans dégât et 5 = dégâts sévères.

Introduction

L'acarien vert du manioc (AVM), *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acarina : Tetranychidae) est un ravageur majeur originaire de l'Amérique Latine. Il fut introduit en Afrique et observé pour la première fois en Ouganda au début des années 1970 (Nyiira, 1972), à partir d'où il réussit à se propager rapidement partout où le manioc est cultivé, probablement par les échanges informels des matériels de plantation.

Rapporté en RD Congo pour la première fois en 1977 dans les provinces du Kivu frontalières avec l'Ouganda (Muaka and Leuschner, 1980), AVM s'était dispersé peu après dans plusieurs sites écologiques du pays (Tata-Hangy *et al.* 2004). Sa propagation facile était probablement favorisée par le commerce des feuilles de manioc consommées comme légume dans la presque totalité du pays ainsi que l'absence des antagonistes naturels efficaces et aux facteurs climatiques qui lui étaient favorables, mais aussi, des échanges non-contrôlés des boutures d'une zone à une autre. Les pertes de rendement dues aux attaques de ce ravageur nouvellement observé étaient estimées à 10-80% pour les racines tubéreuses (Yaninek *et al.*, 1987) et à 100% pour les feuilles légumes (Tata-Hangy, 2000 ; Tata-Hangy *et al.*, 2004). Plusieurs tentatives de lutte avaient été inefficaces pour son contrôle.

Les recherches conduites en RD Congo sur ce ravageur étaient, au départ, axées sur les observations sur son mode d'infestation et le type des dégâts qu'il causait sur la culture. Les auxiliaires qui lui étaient associés étaient inventoriés. Les résultats de cet inventaire révélèrent que plusieurs espèces des phytoséiides prédateurs locaux étaient prédominantes. Un coléoptère, *Holobus* sp. (Staphylinidae) lui était aussi associé (Nsima She *et al.* 1992). L'étude de la dynamique des populations tant du ravageur que celles des phytoséiides ennemis naturels locaux avait révélé que ces phytoséiides n'étaient pas efficaces pour contrôler les densités élevées de AVM en période des fortes infestations au début et à la fin de la saison sèche. Les études sur la distribution des différents acarins phytophages, l'AVM et l'acarien rouge *Olygonychus gossypii* (Tetranychidae) et de leurs prédateurs phytoséiides locaux sur le plant de manioc, ainsi que la fluctuation de leurs populations dans le temps indiquent que ces prédateurs locaux seraient plus associés à l'acarien rouge, qui colonise plus les vieilles feuilles de la base sur la strate inférieure de la plante.

La lutte biologique classique par l'importation des ennemis naturels exotiques, à partir de la région d'origine du ravageur, fut recommandée comme seule stratégie possible pour son contrôle, vu son caractère exotique. En 1984, l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) initia un large programme d'introduction d'ennemis naturels du ravageur, à partir de l'Amérique latine, le continent d'origine du ravageur.

Apparence

L'AVM est une araignée de taille considérablement petite qui vit sur la face inférieure de jeunes feuilles de la plante. L'acarien est invisible à l'œil nu, apparaissant comme une tâche. Cependant, il peut être vu plus clairement au champ à l'aide d'une loupe de poche ou sous microscope binoculaire (Photo 4.8). De couleur verte au départ, à l'éclosion des œufs et au stade nymphe (acarien immatures), il prend par la



Photo 4.8. Vue microscopique de l'AVM.

suite une coloration jaunâtre (au stade adulte). Comme tous les autres acariens, l'AVM est dépourvue d'antennes, d'ailes et des yeux composés. La segmentation habituelle observée chez la plupart d'arthropodes est très réduite chez les acariens. Son corps est divisé en deux tagma (parties) principaux ; le gnatosoma ou partie antérieure et l'idiosoma (abdomen) plus large sur lequel sont fixées les quatre paires des pattes.

Biologie et propagation

La reproduction de l'AVM a lieu durant toute l'année de façon sexuée et par parthénogenèse arrhénotoque. Les femelles sont diploïdes et proviennent de la reproduction sexuée. Les gamètes femelles sont produits par méiose. Les mâles haploïdes sont issus uniquement de la parthénogenèse arrhénotoque. Il est à noter qu'un seul accouplement est suffisant pour qu'une jeune femelle produise pour le restant de sa vie, des œufs donnant naissance à des mâles (œufs non fécondés) et des femelles (œufs fécondés).

Il s'écoule environ 14 jours entre le stade œuf et le stade adulte à 27°C. Le seuil thermique inférieur de développement de l'AVM est estimé à 14.4°C. L'espérance de vie totale des femelles est estimée en moyenne à 24.4 jours. Sa fécondité est située entre 20 et 90 œufs suivant la qualité du feuillage disponible (avec une moyenne de 60 œufs) aux températures comprises entre 20 et 34°C (Muaka Toko and Leuschner, 1980 ; Yanineck *et al.*, 1987). Le cycle de vie de l'AVM passe par 4 stades vitaux dont, le stade larve, deux stades nymphes (proto- et deuto- nymphe, et le stade adulte.

Le taux de croissance de l'AVM est relativement élevé sur les jeunes feuilles de manioc, surtout sur les jeunes plants. La seule raison de la baisse du taux d'accroissement intrinsèque des populations de l'AVM avait été attribuée au facteur climat, dont la pluie (Yanineck *et al.*, 1987 ; 1989).

La propagation de l'AVM se fait par le vent. A cause de sa petitesse, l'acarien est facilement transporté par le vent, d'une plante à une autre et par la suite d'un champ à un autre. Il survit également sur les tiges et se transmet par les boutures transportées par le paysan/producteur. L'AVM ne s'alimente que sur le manioc

Symptômes et dégâts causés

L'AVM suce la sève des feuilles et des extrémités des tiges de manioc. En se nourrissant, il vide le contenu des cellules du limbe foliaire après les avoir perforées à l'aide de ses chélicères. Les piqûres font apparaître de minuscules taches chlorotiques sur la face supérieure de la feuille qui finissent par envahir tout le limbe. Ces taches chlorotiques ne doivent pas être confondues avec les plages chlorotiques de la mosaïque de manioc (Photo 4.9).

Les jeunes feuilles attaquées par l'AVM deviennent plus petites et plus étroites. Le ravageur détruit les feuilles terminales qui tombent donnant aux extrémités de tiges un aspect de cierge (Photo 4.9). Les dégâts infligés au manioc par ce ravageur sont plus sévères en saison sèche qu'en saison des pluies, période à laquelle les populations de l'AVM augmentent rapidement. Les pertes de rendement causées par les attaques de *M. tanajoa* sur le manioc varient entre 30 et 60 %. Les pluies, surtout de forte intensité lessivent les acariens adultes et immatures des feuilles. Les œufs peuvent échapper au lessivage.



Photo 4.9. Dégâts de l'acarien vert du manioc allant des simples taches sur les feuilles jusqu'à la défoliation de la plante.

La gestion de l'acarien vert du manioc

Dès l'apparition de ce ravageur au cours de l'année 1977, le PRONAM qui venait d'être créée pour accroître la production du manioc, avait conduit différentes études sur les moyens classiques de lutte contre les ravageurs des cultures, notamment celui du manioc. Il s'agit de la lutte culturale, de la sélection des variétés résistantes aux attaques, de la lutte chimique ainsi que de la lutte biologique. Vu la nature exotique de l'AVM, la lutte biologique fut la méthode la plus explorée, comme ce fut pour la CFM.

a. Les méthodes culturales

D'habitude, les plus jeunes pieds de manioc souffrent plus d'attaque des ravageurs que les pieds plus âgés. On constate aussi qu'à partir de 3 à 4 mois après plantation, les racines chez la plupart des variétés de manioc commencent à tubériser. A environ 7 mois après bouturage, les plants auront formé le nombre de racines tubéreuses requis pour tout le cycle. Ce nombre augmentera très peu après cette période, mais les racines tubéreuses continueront à grossir jusqu'à la récolte. En conséquence, si l'attaque des ravageurs intervient à 7 mois ou moins, les pertes seront d'autant plus élevées que si l'infestation se produisait plus tard. Il a été donc conseillé de planter le manioc tôt au début de la saison pluvieuse pour éviter toute perte en cas d'attaque précoce de la culture par les ravageurs, entre autres l'AVM.

b. La résistance de la plante hôte

La résistance génétique avait constitué une composante importante dans la gestion de l'AVM, surtout qu'elle devrait compléter l'action de la lutte biologique impliquant le recours aux prédateurs décrits à la section ci-dessous. Tout laisse à espérer qu'une combinaison heureuse de ces deux méthodes de lutte se concrétise par la réduction considérable des populations du ravageur, et constitue la clé de la gestion intégrée.

En vue d'accroître la résistance du manioc à l'AVM, un programme soutenu de sélection avait été développé. Celui-ci portait sur la possibilité d'augmenter la densité des trichomes sur les jeunes plants de manioc portant sur la pubescence, à travers les techniques de croisements variétaux. La densité des trichomes est le nombre des poils compté au cm² sur la face inférieure de la foliole centrale d'une jeune feuille déployée, ainsi que sur l'apex. Par cette approche, divers clones caractérisés par une forte pubescence avaient montré une résistance à l'AVM. Ces résultats poussèrent à penser que si la densité des trichomes augmentait par les croisements génétiques, la résistance à l'AVM augmentait aussi dans les mêmes proportions.

c. La lutte biologique

Au départ, un complexe d'auxiliaires biologiques avait été observé, colonisant les populations de l'AVM, mais paraissait moins effectif. Parmi ceux-ci, plusieurs espèces des phytoséiides prédateurs locaux étaient prédominantes. Un coléoptère, *Holobus* sp. (Staphylinidae) était aussi fréquemment observé. L'étude de la dynamique des populations tant du ravageur que celles de ces autres ennemis naturels locaux avait révélé que ceux-ci n'étaient pas efficaces pour contrôler les densités élevées de l'AVM en période des fortes infestations au début et à la fin de la saison sèche (Yaninek and Herren, 1988 ; Tata-Hangy, 1995).

La lutte biologique classique par l'importation des ennemis naturels exotiques fut recommandée comme seule stratégie possible pour contrôler ce ravageur, vu son caractère exotique. En 1984, l'IITA initia un large programme d'introduction d'ennemis naturels du ravageur, à partir de l'Amérique latine, le continent d'origine du ravageur. Plusieurs espèces de phytoséiides prédateurs exotiques de l'AVM (Photo 4.10), dont *Amblyseius aeralis* (Muma), *Euseius concordis* (Chant), *Galendromus annectens* (De Leon), *Neoseiulus idaeus* Denmark and Muma et *N. californicus* (McGregor) ont été introduites en RDC chaque année. Malheureusement, aucune espèce de ces phytoséiides n'a réussi à s'établir.

C'est seulement en 1998 avec l'introduction, via l'IITA, de *Typhlodromalus aripo* (De Léon) que la lutte biologique de l'AVM fut effective. La toute première introduction de cette espèce eut lieu dans la province du Kongo Central. Dans cette province, *T. aripo* réussit à s'établir facilement et à se disperser rapidement. La distribution dans des nouveaux sites à travers le pays eut lieu dans les provinces de Kinshasa en 1999 et de ex-Bandundu et ex-Kasaï Oriental en 2000. Les enquêtes de suivi indiquent que ce prédateur s'était établi assez facilement partout où il avait été lâché. Les lâchers s'étaient poursuivis dans les provinces du ex-Katanga, du ex-Kasaï Occidental en 2001, et dans l'ex-province de l'Equateur en 2002. D'autres activités de redistribution avaient continué au ex-Katanga et au ex-Kasaï en 2003. Le prédateur n'avait jamais été lâché dans les provinces de l'Est du pays.

Cependant, l'action du prédateur était parfois inhibée dans plusieurs sites par certains facteurs qui n'étaient pas complètement élucidés. Parmi ces facteurs on peut citer par exemple l'effet de la variété du manioc et les conditions climatiques. Certaines variétés de manioc paraissaient être moins favorables au développement du prédateur que d'autres. D'autre part, les conditions climatiques, telles que la durée de la saison sèche et le froid rendent difficile l'établissement du prédateur, comme observé à l'ex-province du Katanga.

Les suivis ultérieurs de la dynamique des populations de l'AVM et de *T. aripo* dans les sites des lâchers indiquent un impact positif du prédateur sur la proie. La Figure 4.18 présente la situation de l'AVM et son prédateur en 2002-2003 dans les provinces du Sud-Ouest (Kinshasa/Plateau Batéké, Kongo-Central et Bandundu) et les provinces du sud dont les 2 Kasai et le Katanga. Sur la Figure 4.18, on constate que là où le prédateur avait réussi à s'établir, l'incidence du ravageur était faible. Ces données avaient montré aussi que l'action du prédateur dans ces provinces était liée en quelques sortes à la durée de la présence du prédateur dans le site depuis son établissement. Par exemple, dans les provinces du Kongo Central et de Bandundu où le prédateur était introduit et s'était établi depuis 1998 et 2000 respectivement, son incidence était de loin plus élevée que dans les Kasai et le Katanga où il était lâché en 2002. Le traitement des données de différentes provinces en fonction de temps mis depuis l'introduction du prédateur est présenté sur la Figure 4.19 ci-dessous. La figure montre une fonction inverse de l'incidence de *T. aripo* sur celle de l'AVM au fil du temps au Kongo Central.

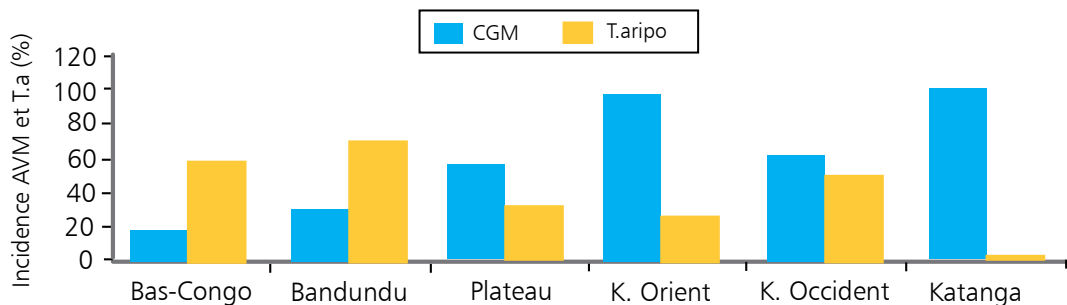


Figure 4.18. Situation de l'acarien vert du manioc et de son prédateur *T. aripo* dans différentes provinces.

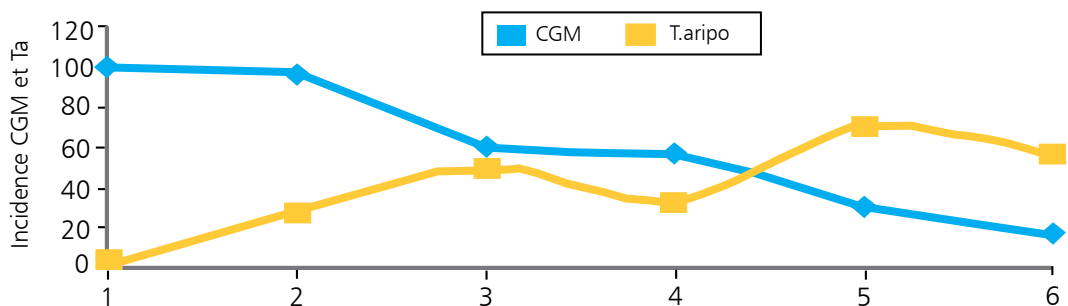


Figure 4.19. Evolution de l'incidence de l'AVM et celle de *T. aripo* en relation avec le temps (en années) mis depuis l'introduction du prédateur au Kongo-Central.



Photo 4.10. Un Phytoséiide (en jaune) prédateur de l'acarien vert du manioc (IITA, 1985).

***La cochenille africaine des racines et tubercules* [*Stictococcus vayssierei* Richard (Homoptera : Stictococcidae)]**

Introduction

La Cochenille Africaine des Racines et Tubercules (CART) *Stictococcus vayssierei* Richard (Homoptera : Stictococcidae) est une espèce indigène de cochenille qui jadis restait inconnue comme ravageur des cultures. Elle est devenue l'un des ravageurs les plus destructifs du manioc dans les zones des forêts secondaires du pays. Bien que la CART soit connue avoir existé depuis de longues dates sans pour autant causer des dégâts à la culture, elle avait été observée pour la première fois sur le manioc dans le district du Bas-Fleuve dans la province du Kongo Central, en 1977 (PRONAM 1977). C'est seulement en 1988 que des dégâts sévères causés par cette cochenille furent rapportés par les agriculteurs, dégâts qu'ils attribuent, au départ, à une espèce de fourmis (*Anoplolepis tenella*) qui vit en symbiose avec la CART, croyant que la colonie des cochenilles observée était des œufs des fourmis. Des échantillons de la CART étaient envoyés simultanément à l'Institut International d'Agriculture Tropical (IITA), Station- Bénin et à l'International Institute of Entomology en Angleterre où elle fut identifiée comme étant le *Stictococcus vayssierei* Richard, ayant été décrit sur le manioc à partir de la République Centrafricaine depuis 1971 (Richard, 1971 ; 1976). Le premier rapport sur *S. vayssierei* en tant que ravageur de manioc en RD Congo est celui de Lutete *et al.* (1997).

Apparence

S. vayssierei est une cochenille de taille réduite sans ailes tant chez les femelles que les mâles. Au premier stade de sa vie (stade juvénile), la cochenille est très mobile, montre des appendices (pattes, antennes et flagelles) visibles (Photo 4.11). Au stade adulte, l'insecte devient immobile, se couvre d'une couche cireuse qui constitue peu après un bouclier protecteur des œufs au moment de l'oviposition. Il adhère intimement à la plante sur ses parties souterraines (Photo 4.11).



Photo 4.11. Individus des cochenilles africaine des racines et tubercules (agrandi au microscope) collés sur la plante ; forme des tiques (Photo Google par [Georg Goergen](#) (IITA, Cotonou).

Biologie et écologie

S. vayssierei est vivipare. Les observations faites sur sa biologie avaient montré que son cycle de vie couvre les quatre stades de développement habituellement observés chez les cochenilles. L'œuf se développe dans l'utérus de la femelle qui donne directement naissance aux larves de premier stade. Chez les Stictococcidae, en général, les femelles peuvent pondre les œufs (oviparité) soit dans une cavité en dessous du corps, soit dans un sac cireux (ovisac) attaché au corps. D'autres peuvent aussi garder les œufs dans leurs conduits reproducteurs jusqu'à ce qu'ils soient prêts à éclore (ovoviviparité). Le premier stade de développement après l'éclosion de l'œuf souvent appelé *crawler* (en anglais) est le principal stade de dispersion des cochenilles du fait de sa forte mobilité. Le deuxième stade correspond à une croissance considérable en volume. Les stades supérieurs sont après une mue, peu mobiles ; mais, généralement, sessiles. Le cycle vital de l'insecte se passe sur la plante.

La CART est endémique aux zones forestières du bassin du Congo. C'est une espèce hypogéique de la famille des Stictococcidae et est communément associé à la fourmi *A. tenella* (Dejean and Matile-Ferrero, 1996) qui joue un rôle important dans sa biologie.

Les niveaux d'infestations sur le manioc sont fortement influencés par les types de forêts prédominantes du site où le champ est installé. Les infestations sont souvent élevées en forêts secondaires sévèrement dégradées, où le manioc est continuellement planté, et faibles en forêts secondaires suffisamment reconstituées après des longues jachères.

La CART colonise un spectre varié des plantes hôtes. Contrairement à la CFM, *P. manihotis*, dont la présence sur des espèces végétales autres que le manioc est purement accidentelle, la CART a une gamme variée des plantes hôtes. Différents auteurs font mention de plusieurs plantes cultivées, qui sont colonisées par la CART tant au Cameroun (Dejean and Matile-Ferrero 1996, Ambe *et al.* 1999) qu'en RD Congo (Lutete *et al.*, 1997), parmi lesquelles on cite ; le manioc (*Manihot esculenta* Crantz), l'igname (*Dioscorea* spp.), le *Xanthosoma sagittifolium*

Schott, l'arachide (*Arachis hypogaea* L), et le taro (*Colocasia esculenta* Schott). Une grande variation dans la préférence d'une ou une autre espèce végétale par la CART avait été observée. Le manioc est la culture préférée par la CART en RD Congo.

Des plantes hôtes alternatives sauvages étaient inventoriées dans différents types de jachère et étaient identifiées. Tata-Hangy *et al.* (2006) et Tindo *et al.* (2009) font mention de quelques-unes d'entre elles dont ; *Aframomun daniellii* Schum (Zingiberaceae); *Costus afer* Ker Gawl (Scitamineae); *Cyrtosperma senegalense* Eng. (Araceae), *Dioscorea* spp. (Dioscoreaceae.), *Haumania danckelmanniana* Braun & Shum (Marantaceae); *Palisota hirsuta* K. Schum (Commelinaceae); *Talinum triangulare* Wild (Portulacaceae). Ces plantes hôtes alternatives sont supposées être des réservoirs de la cochenille attaquant le manioc dans les champs installés après longues jachères. Une enquête conduite dans la forêt secondaire (Tableau 4.11) avait permis de déterminer la fréquence de la présence de la CART sur différentes espèces végétales dans différents types de jachères (jeune, moyenne et vieille jachères).

Tableau 4.11. Fréquence des espèces des plantes hôtes alternatives de la cochenille africaine des racines et tubercules dans différentes zones écologiques au Bas-Fleuve en RDC (Tata-Hangy *et al.* 2006).

Zone écologique	Type de jachère	Espèces des plantes échantillonnées	Nombre des plantes	
			Échantillonnées	Infestées
Zone de transition (Kinza-Vuete)	Jeune jachère	<i>Dioscorea</i> sp	6	0
		<i>Smilax krauceana</i>	3	0
	Vieille jachère	<i>Aframomum</i> sp	50	0
		<i>Dioscorea</i> sp	3	1
		<i>Hypseulodelphis violacela</i>	3	0
		<i>Smilax</i>	26	0
	Jeune jachère	<i>Aframomum</i> sp	2	0
		<i>Costus afer</i>	3	0
		<i>Cyrtosperma</i>	3	1
		<i>Dioscorea</i> sp	4	3
		<i>Haumania</i> sp	1	0
		<i>Hypseulodelphis violacela</i>	2	0
		<i>Palisota hirsuta</i>	12	0
		<i>Smilax krauceana</i>	4	3
Forêt (Bangula)	Jachère moyenne	<i>Costus afer</i>	2	0
		<i>Hypseulodelphis violacela</i>	1	0
		<i>Palisota hirsuta</i>	1	0
		<i>Smilax krauceana</i>	41	2
	Vieille jachère	<i>Aframomum</i> sp	1	0
		<i>Costus afer</i>	1	1
		<i>Dioscorea</i> sp	6	3
		<i>Palisota hirsuta</i>	2	0
		<i>Hypseulodelphis violacela</i>	6	0
	Forêt secondaire	<i>Aframomum</i> sp	5	0
		<i>Costus afer</i>	2	0
		<i>Cyrtosperma</i>	2	1
		<i>Dioscorea</i> sp	6	2
		<i>Hypseulodelphis violacela</i>	2	0
		<i>Palisota hirsuta</i>	2	1
		<i>Smilax krauceana</i>	65	3

Symptômes et dégâts causés

Les dégâts causés sur le manioc par la CART sont liés à son type de régime alimentaire. *S. vayssierei* suce la sève de la plante dont il perturbe totalement la tubérisation dans les conditions des fortes infestations. En cas de faibles infestations, on observe une malformation des racines tubéreuses (Photo 4.12). La qualité de la pulpe de la racine tubéreuse est affectée par une décoloration de celle-ci à partir du point de piqûre. Cette décoloration pourrait être une altération du tissu due à une toxine injectée par l'insecte quand il se nourrit.

La partie aérienne de la plante semble ne pas être affectée par la présence du ravageur, bien que dans certains cas, la tige est chétive.

L'impact de *S. vayssierei* sur la production du manioc avait été expérimentalement évaluée et avait montré un effet négatif des attaques tant sur la tubérisation que sur le rendement. Une moyenne de 45% et 60% de réduction sur le rendement frais du manioc était observée sur la variété tolérante Sadisa et la variété susceptible Lueki, respectivement (Tata-Hangy *et al.*, 2004).



Photo 4.12. Racine tubéreuse et partie souterraine du manioc infestées par la CART.

La gestion de la cochenille africaine des racines et tubercules

Les recherches pour le contrôle de la CART ne se limitent jusque-là qu'aux seules voies culturales. Quelques tentatives ont porté sur les modes de préparation des sols, l'amélioration de la fertilité du sol et la gestion des débris végétaux par l'élimination des plantes hôtes alternatives de la CART.

En ce qui concerne la préparation du sol, différents modes de préparation du sol étaient évalués en vue de comparer leur effet sur les niveaux d'infestations de la CART ainsi que sur la production du manioc sous infestation. Ces différents modes de préparation du sol sont : (1) billons, (2) buttes, (3) labour en plat (à la houe à la profondeur de 30 cm) et (4) le témoin sans labour (ici le sol est tout simplement remué à la place où est installée la bouture). Il avait été observé de cet essai que le manioc sur billons était relativement le moins infesté pendant toutes les périodes de prise des données. La densité de population des cochenilles vivantes sur le manioc planté sur buttes et sur labour n'était pas statistiquement différente de celle sur le manioc des parcelles non labourées (Figure 4.20). Toutefois, le mode de préparation du sol avait semblé ne pas avoir d'effet sur la mortalité des insectes sur le manioc.

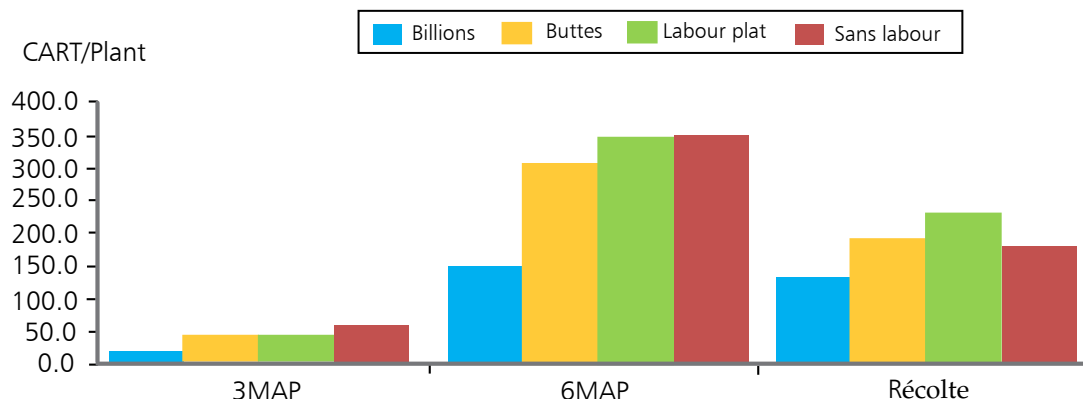


Figure 4.20. Densité de populations de la CART sur le manioc planté sur billons, buttes, labour à plat et labour minimum à Tshela à 3 MAP, 6 MAP et à la récolte (PRONAM, 2003-2004).

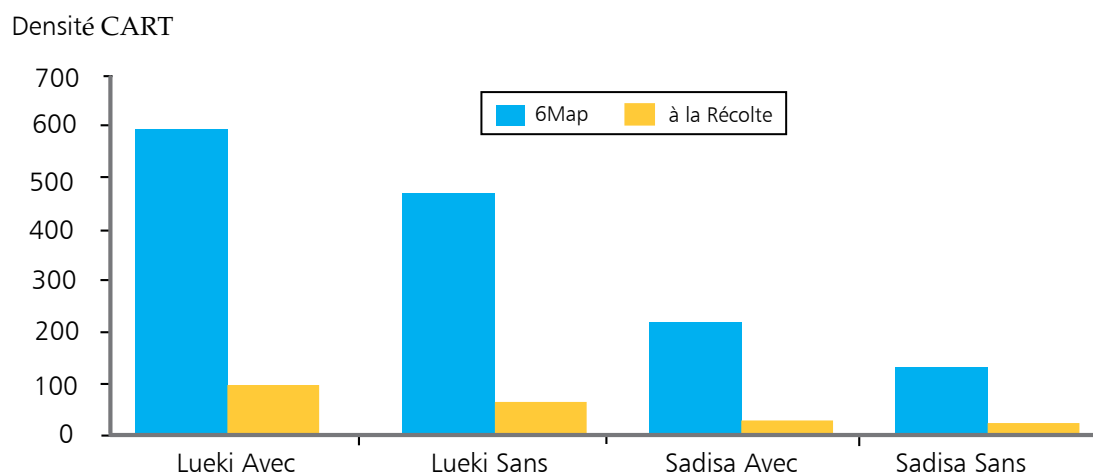


Figure 4.21. Niveaux d'infestation de la CART sur le manioc des variétés Sadisa et Lueki planté avec ou sans engrais NPK à Tshela (PRONAM, 2003-2004).

Un autre essai avait porté sur la fertilisation du manioc avec de l'engrais minéral pour vérifier si un apport d'une dose d'engrais minéral pouvait aider le manioc à supporter les infestations de la CART. La dose d'engrais de NPK 300 kg/ha, recommandée par la recherche, avait été utilisée. Les résultats ont indiqué que la fertilisation du manioc améliore le diamètre, le nombre et le poids des racines tubéreuses du manioc sous infestation de la CART, mais accentue l'infestation. La densité du ravageur était plus élevée sur le manioc dans des parcelles fertilisées que celles non fertilisées. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que l'apport de l'engrais augmente le diamètre et la longueur des racines, ce qui par ricochet, améliore la quantité et la qualité de la nourriture pour la CART. La Figure 4.21 montre les niveaux d'infestation de la CART sur 2 variétés le manioc à 6 MAP et à la récolte (12 MAP). Ces résultats confirment ceux déjà observés par Lema *et al.*, (2004).

D'autre part, toujours dans le cadre de la recherche sur la gestion de la CART dans les champs de manioc, il avait été suggéré la destruction de tout résidu des plantes hôtes

alternatives dans les nouveaux champs avant la plantation du manioc. Cette pratique avait été expérimentée au Cameroun par Tindo *et al.* (2007). Les résultats avaient indiqué que cette pratique n'avait pas réduit de façon significative les infestations de ce ravageur. Tindo *et al.* 2007, avaient estimé que la seule destruction des résidus du nouveau champ ne suffisait pas d'aussi longtemps que les champs voisins n'étaient pas débarrassés des plantes hôtes du ravageur et qui pourrait aussi constituer une nouvelle source d'infestation du nouveau champ.

Les Thrips

Historique

En RD Congo, les thrips du manioc étaient observés pour la première fois au centre de recherche de l'INERA-Mvuazi, pendant la campagne agricole 1998-1999. Au début, leurs dégâts étaient confondus à ceux de l'acarien vert. Ce n'est que plus tard, après des observations assez approfondies que ces dégâts leur avaient été attribués. Les échantillons de thrips collectés à Mvuazi et identifiés à IITA-Bénin indiquent qu'ils appartiennent tous au genre *Frankliniella*. Mais, l'espèce n'est pas encore déterminée, jusqu'à ce jour.

Apparence

Les thrips toutes espèces confondues sont des insectes de petite taille (environ 1 mm). Ils sont reconnaissables par leur forme allongée et par leurs ailes étroites bordées des longues soies (Photo 4.13). Les larves de couleur clair sont aptères et plus petites que les adultes.

Souvent considérés comme des ravageurs secondaires et ponctuels, on leur attribue maintenant des pertes économiques importantes dans de nombreuses cultures. La petite taille des thrips (1-1,5 mm de long pour les femelles adultes) et les variations intraspécifiques de coloration et de forme ne permettent pas d'identifier avec exactitude les individus à l'espèce directement au champ.

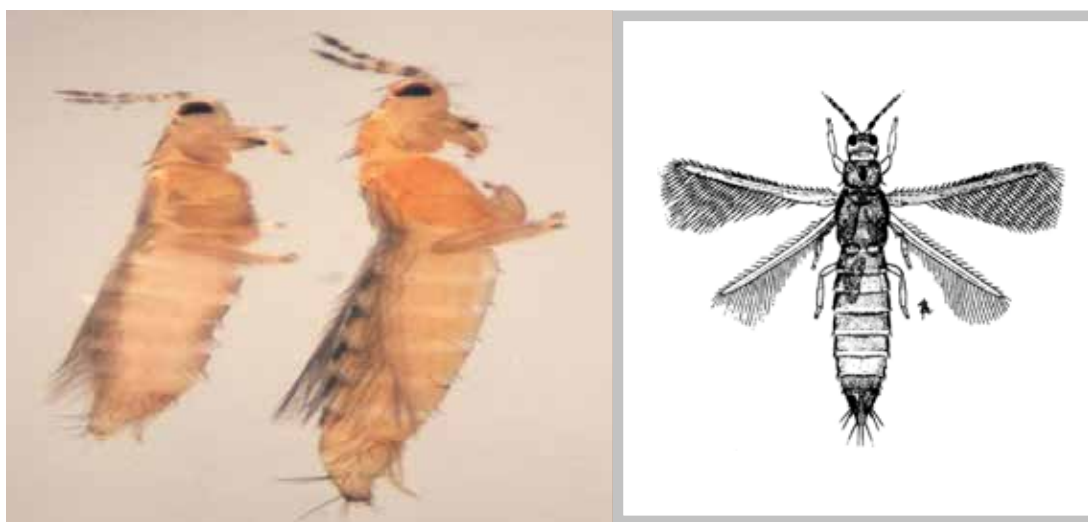


Photo 4.13. Clichés des thrips du tabac et thrips californien adultes, A. N. Sparks, Jr., université de Géorgie à www.insectimages.org

Sytômes et dégâts causés

D'une manière générale, les thrips piquent l'épiderme des feuilles et sucent la sève. Les plants attaqués ont des feuilles qui se dessèchent à leurs extrémités, se recroquevillent et prennent une coloration argentée. L'apparence argentée est due à l'entrée de l'air dans les cavités des cellules vidées (Lewis, 1973).

Les symptômes observés sur le plant de manioc sont caractérisés par : (a) la déchirure et ou des trous sur les feuilles, la nécrose de points des feuilles attaqués, (b) lésions sur la tige, (c) la réduction des entrenœuds suivi d'une légère distorsion des tiges. On observe aussi (d) l'apparition de plusieurs pousses en cas de fortes infestations (Photo 4.14). Les thrips ont la préférence de se localiser sur les nervures des feuilles. C'est ainsi que leurs dégâts évoluent des nervures vers les tiges suite à leur déplacement.



Photo 4.14. Les symptômes causés par les thrips sur le manioc.

Biologie et écologie

Les femelles des thrips sont toujours diploïdes et les mâles haploïdes. Ce qui signifie que les mâles sont issus exclusivement des œufs non-fécondés. La reproduction est donc partiellement ou totalement parthénogénétique. Ceci fait que le nombre des femelles est toujours supérieur à celui des mâles (Lewis, 1973). Le sexe des thrips peut être distingué par examen avec une loupe ou nécessairement à l'aide d'un microscope. D'une façon générale, les mâles sont toujours petits et généralement de couleur pâle que les femelles. Celles-ci ont une structure d'oviposition.

Pour leur reproduction, les femelles des thrips insèrent entre 50 à 80 œufs sous l'épiderme des feuilles. Il y a généralement 4 à 5 stades de développement entre l'œuf et l'adulte, avec généralement 2 stades larvaires et 2 stades pupales (Figure 4.22). Il arrive souvent que ces derniers stades aient lieu au sol. Le cycle biologique des thrips, en général, durent 2 à 5 semaines selon la température ambiante (Lewis, 1973).

Les thrips, comme plusieurs autres ravageurs de manioc, apparaissent plus en saison sèche. La pluie peut laver plus de 90% des thrips et tuer ceux qui sont au sol, ce qui peut expliquer que les populations de thrips sont plus élevées après une longue période sans pluie (Steiner *et al.*, 2010). Les thrips du manioc sont plus rapportés en Amérique où trois espèces paraissent plus importantes : *Frankliniella williamsi*, *Corynathrips stenopterus*, *Caliothrips masculinus* (Silvestre et Arraudeau, 1983). Les espèces des thrips observées en RD Congo appartiennent au genre *Frankliniella*.

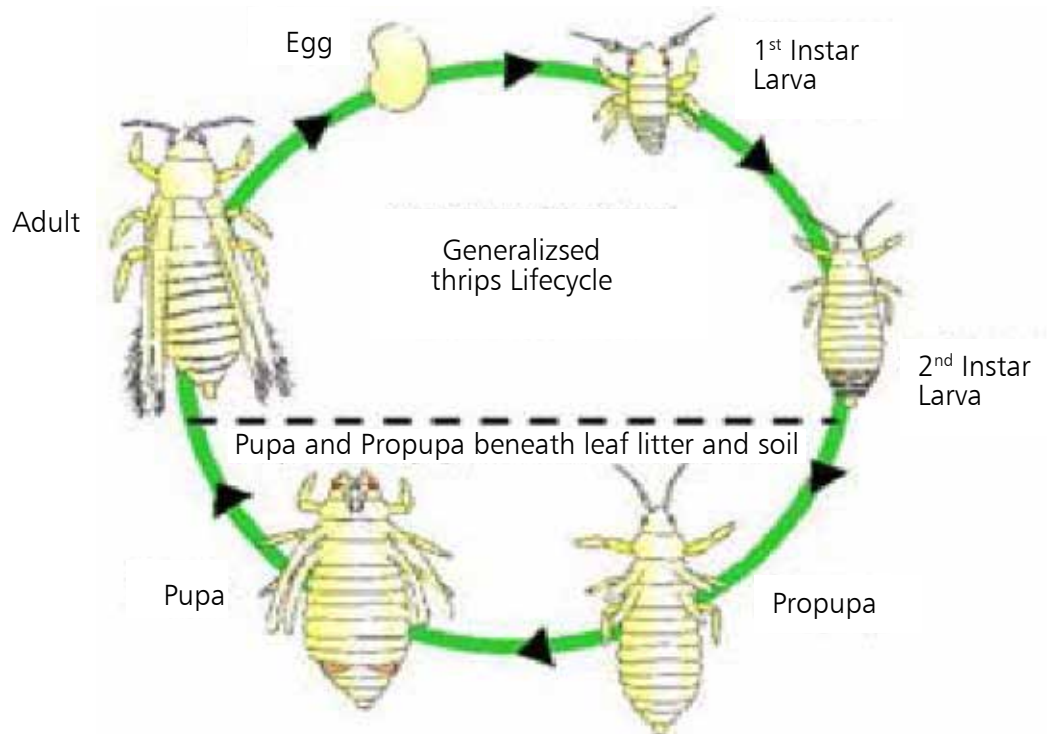


Figure 4.22. Cycle de développement du thrips.
Source : http://cistr.ucr.edu/avocado_thrips.html

La gestion des thrips du manioc

Aucune méthode de gestion des thrips sur le manioc n'est jusque-là pas encore mise au point. Néanmoins, une variation est observée sur le comportement des différentes variétés de manioc vis-à-vis des infestations de ce ravageur. Par exemple, dans un essai de sélection à Mvuazi en 2004, 20% des clones en évaluation en essai clonal étaient restés sans aucun symptôme d'attaque des thrips, pendant que 60% autres étaient modérément infestés et le reste l'était sévèrement. Ce qui est une indication de l'existence de sources de résistance vis-à-vis de ce ravageur de par ce comportement différentiel des génotypes.

La punaise *Helopeltis spp* du manioc

Historique

Au cours des années 80, une punaise hémiptère de la famille des miridées, avait été observée se nourrir sur les plants de manioc, causant de graves dommages sur la culture dans la savane herbeuse du sud de l'ex-province du Bandundu (PRONAM, 1988 ; rapport non publié). Des suivis réguliers de la dynamique de la population dans les champs des paysans avaient alors permis d'identifier ce nouveau ravageur, juste au niveau du genre comme étant *Helopeltis spp.* sur base de l'échantillon de Stonedahl (1991) sur *Theobroma cacao*. Une augmentation des dégâts de cette espèce d'*Helopeltis sp* sur le manioc est observée à Kiyaka, la station de recherche de l'INERA dans l'actuelle province du Kwilu depuis 2007, en RD. Congo.

Description et apparence

Helopeltis spp est une punaise hétéroptère de la famille des Miridées très mobile et très active pendant les heures chaudes de la journée. C'est un insecte mince et délicat d'environ 7 à 10 mm de long avec de longues jambes et des antennes, ces dernières étant presque deux fois plus longues que le corps (Photo 4.15). Les femelles sont rouges et le mâle brun à rouge jaunâtre (Photo 4.16). Ils pondent des œufs insérés dans les tissus mous des gourmands, parties tendres des branchettes et pédoncules des feuilles ou pousses végétatives. Les nymphes (insectes immatures) ont une couleur jaunâtre. Les adultes et les nymphes se nourrissent de jeunes feuilles et de jeunes pousses végétatives et florales et de fruits en développement.

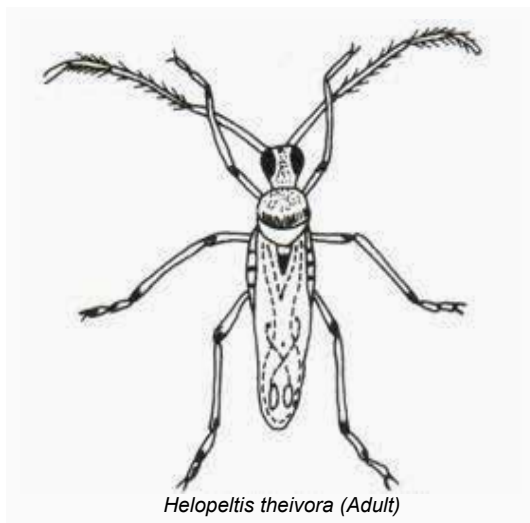


Photo 4.15. Croquis de l'adulte de *Helopeltis spp* tiré de Szent-Ivany (1961).



Photo 4.16. Nympe et adulte de *Helopeltis sp* (photo tirée de Wikipedia, the free encyclopedia).

Symptômes et dégâts causés

Les observations faites sur *Helopeltis spp* dans les sites de prévalence à la station de l'INERA-Kiyaka ont montré que les insectes se nourrissent des jeunes pousses et des jeunes feuilles et des pétioles de plants de manioc. Après l'alimentation, des lésions sont formées au site de ponction dû probablement à des sécrétions toxiques, puisque la punaise hétéroptère est un insecte suceur de sève. Les lésions sur les feuilles sont brunâtres, et généralement agglutinées vers le centre foliaire adjacent aux veines. Ces lésions peuvent devenir des trous lorsque les feuilles s'élargissent (Photo 4.17a.). L'effet toxique des sécrétions salivaires couplé aux dégâts mécaniques dus à de nombreuses perforations sur les feuilles et les pousses peuvent être suffisants pour provoquer la mort des tissus (Photo 4.17b).



Photo 4.17. A. Lésions adjacentes aux veines la feuille déployée et sur pétioles (voir les flèches) ;
B. Feuilles mortes suites aux perforations prononcées.

Ces types des dégâts ont été observés et rapportés par Siswento *et al.* (2008) sur les plantes de noix de cajou (*Anacardium occidentale*) infestées par la punaise *Helopeltis antonii* Signoret en Indonésie. En plus des symptômes ci-dessus sur les plants de manioc, des lésions ovales marron apparaissent sur les tiges et les pétioles.

Sur les tiges, les lésions peuvent devenir des chancres comme pour la maladie de l'antracnose du manioc causée par *Colletotrichum gloeosporioides* f.sp. *manihotis* Henn (Penz) (Boher *et al.*, 1983). L'infestation sévère d'*Helopeltis spp* peut arrêter la croissance de la plante en tuant la plupart des bourgeons apicaux. Les pousses se déforment et finalement se dessèchent.

Biologie et écologie

Les cycles de vie des différentes espèces de Miridés sont très similaires. Les périodes d'incubation de la plupart des espèces d'*Helopeltis* varient selon la localité et la saison, mais sont généralement de 6 à 11 jours. Deux structures de respiration projettent de chaque œuf au-dessus de la surface de la plante et sont juste visibles à l'œil nu. Les miridés n'ont pas de stade pupe, mais ont cinq stades larvaires juvéniles successifs (nymphe), processus qui prend en moyenne 18 à 30 jours. Les nymphes augmentent de taille avec chaque mue et la dernière mue produit un adulte ailé.

Du point de vue de son écologie, l'étude de la dynamique de sa population conduite dans les années 1987 et 1988 avait révélé une population de punaises plus élevée sur le manioc dans les zones forestières en vallée que dans les régions de savane au plateau (Figure 4.23). La densité de population variait entre 2 et 8 punaises/5 plants dans la vallée (végétation forestière) et 1 et 3 punaises par 5 plants au plateau dans les savanes au cours des deux années de suivi.

La forte densité de population était observée de mars à mai et d'octobre à novembre, correspondant aux périodes de pluies, ce qui signifie que les périodes de pluies sont favorables à l'augmentation de la population d'*Helopeltis*. Tan (1974) et Muhamad et Chung (1993) travaillant sur le cacao en Malaisie, ont également observé que les fluctuations de population de *Helopeltis theivora* Waterhouse sont influencées par les précipitations. Ils ont rapporté qu'une augmentation de la population de *H. theivora* coïncidait avec l'augmentation des précipitations. Tan (1974) avait déclaré qu'une diminution du nombre de *H. theivora* suivait une diminution de la pluviométrie, même si les nombres de gousses, constituant la source de nourriture du ravageur, sont restés élevés.

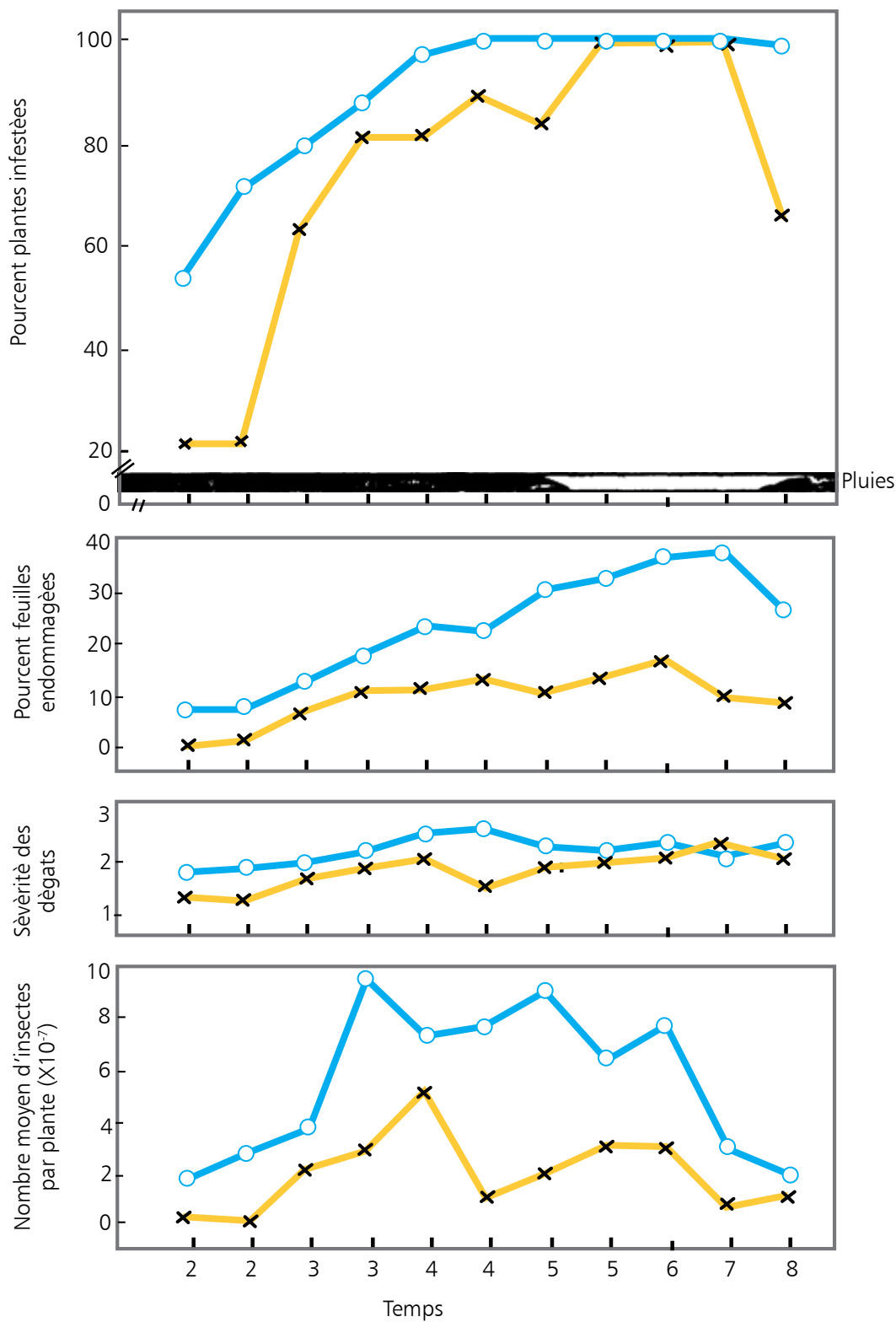


Figure 4.23. Impacts de l'activité de l'hémiptère *Helopeltis* sp sur le manioc cultivé en savane (x----) et en forêt (o-----o) à Kiyaka, 1988 (Nombre de plantes observées = 50).

La mouche blanche (Bemisia tabaci) : ravageur et/ou vecteur de maladie

La mouche blanche *B. tabaci* est un petit insecte suceur de couleur blanche qui colonise la face inférieure des jeunes feuilles du manioc. Elle se nourrit en suçant la sève dans le phloème. Pendant qu'elle suce, elle injecte un virus qui est responsable de la mosaïque du manioc. C'est pour cette principale raison que l'insecte passe pour un important ravageur du manioc.

Apparence

Les adultes de la mouche blanche, *B. tabaci*, ont des ailes blanc clair communes à toutes les espèces d'aleurode. Toutefois, *B. tabaci* est plus petite que l'aleurode et ne se couvre pas de la soie blanche (Photo 4.18). Les adultes et les nymphes se retrouvent sur la face inférieure des jeunes feuilles. Les nymphes apparaissent, à l'œil nu, comme des taches ovales jaune pâle.

Symptômes des dégâts causés

La mouche blanche *B. tabaci* est plus connue comme nuisible dans son rôle de vecteur du virus responsable de la mosaïque du manioc et celui de la striure brune. A ce point, on ne lui reconnaît pas la responsabilité des dommages physiques à la plante. Toutefois, il arrive que pendant qu'elle se nourrit sur la plante, la mouche blanche provoque une chlorose ou décoloration des jeunes feuilles apicales résultant des piqûres énormes de l'insecte. Il s'ensuit parfois aussi un rabougrissement de la plante si l'attaque se fait sur les jeunes plantes en début de croissance. En cas de populations abondantes, la mouche blanche secrète des quantités énormes de miellat sur les feuilles du milieu et de la base de la plante sur lesquelles se développent des substances noires appelées « fumagine ». Cette fumagine compromet l'activité photosynthétique des feuilles colonisées qui s'affaiblissent petit à petit et se détachent plus tard de la plante.



Photo 4.18. Vue microscopique de *B. tabaci* (gauche) ; population abondante de la mouche blanche (milieu) et fumagine sur feuilles basales (droite) Crédit photo IITA.

Les ravageurs mineurs ou secondaires

Les ravageurs mineurs ou secondaires se rencontrent souvent sur le manioc mais ne sont pas connus comme causant des dommages permanents et significatifs sur le manioc. Néanmoins, avec les changements climatiques que le monde vit ces derniers temps, ces ravageurs d'importance mineure aujourd'hui peuvent devenir des ravageurs majeurs. Il est important de prêter attention soutenue pour ne pas être surpris.

Les criquets

L'adulte du criquet est de couleur verte, jaune et noire (Photo 4.19). Il se nourrit sur le plant de manioc en mâchant les feuilles et les pétioles en laissant toute nue la tige. Les criquets sont des insectes grégaires dont les larves se déplacent en groupe à l'éclosion des œufs. Ceux-ci peuvent coloniser tout un champ de manioc et le détruire en une nuit, surtout quand les plants sont encore jeunes.

Cependant, les adultes sont solitaires et ne s'attaquent qu'aux plants âgés. La propagation de l'insecte d'un champ à un autre se fait uniquement par vol (Clark, 1962).



Photo 4.19. Nymphe d'un criquet (gauche) et plant de manioc défolié par une colonie des criquets grégaires (droite).

Les cochenilles des tiges

Différentes espèces des cochenilles molles sont souvent observées sur les parties aoutées des tiges de manioc dans différents sites. Parmi celles-ci, on peut citer la cochenille à bouclier *Aonidomytilus albus*. Cette cochenille est protégée par une sorte de bouclier (carapace) de coloration blanchâtre mesurant 2 à 2.5 mm de long. L'insecte colonise essentiellement les tiges, et parfois les pétioles (photo 4.20). *A. albus* recouvre la partie aoutée de la tige causant ainsi la mort des bourgeons latéraux sur les boutures. Ces dégâts compromettent souvent la qualité des matériels de plantation. Des études au CIAT ont montré que les boutures sévèrement infestées par cet insecte avaient subi une réduction de germination d'environ 50-60% (Belloti and van Schoonhoven 1978).



Photo 4.20. La cochenille à bouclier (*Aonidomytilus albus*).

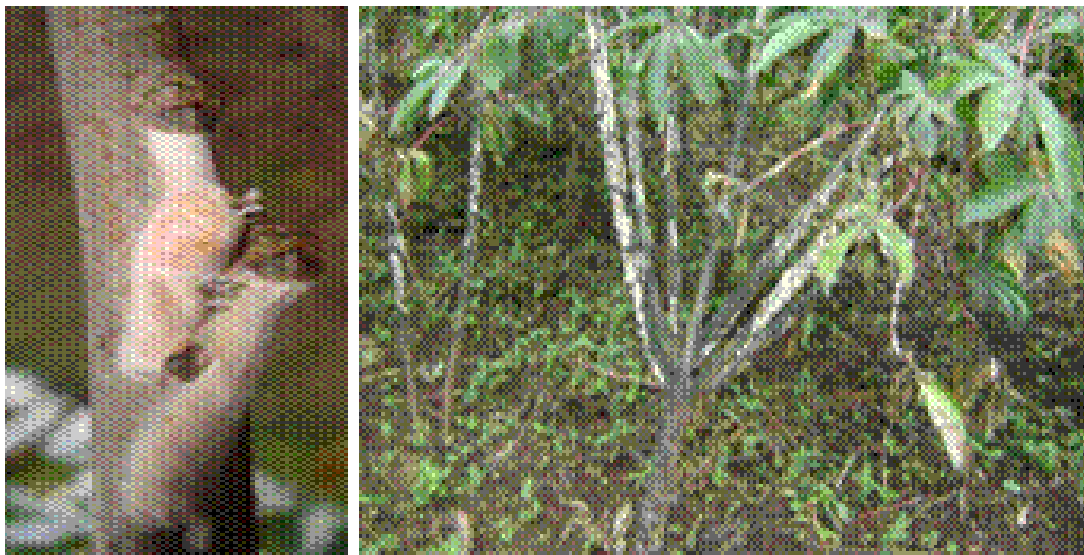


Photo 4.21. Cochenille molle à Mulungu, Sud Kivu (à gauche) et feuilles avec fumigènes (à droite).

Une autre espèce de cochenille molle non encore identifiée a été observée ces deux dernières années à la station de l'INERA-Mulungu. Elle se caractérise par un corps allongé avec un ovisac abdominal et une carapace à sa partie antérieure (photo 4.21). Une forte densité de l'insecte sur la plante provoque des fumigines sur les feuilles déployées et sur la tige, inhibant ainsi la fonction photosynthétique de la plante.

La punaise initiatrice de l'anthracnose du manioc

Cet hémiptère polyphage est impliqué dans l'épidémiologie de l'anthracnose du manioc. Les nymphes et adultes se nourrissent en piquant les limbes des feuilles, les pétioles et les jeunes rameaux de la plante.

Bien que les parties tendres de la plante présentent parfois quelques dommages physiques dus aux piqûres de l'insecte, les dégâts causés par celui-ci sur la plante sont indirects. Les piqûres de l'insecte entraînent souvent des voies d'entrée des pathogènes (champignons)



Photo 4.22. Une punaise hémiptère *Pseudotheraptus devastans* sur un pied de manioc (Crédit photo IITA ; Msikita et al., 2000)

qui développent à leurs tours des chancres sur la tige. Ces chancres compromettent généralement la qualité des boutures en détruisant les bourgeons de germination.

Le complexe 'Shimbu' dans le Kasai-Oriental

Le phénomène 'Shimbu', est un complexe parasitaire « association insectes et champignons du sol » observé dans les exploitations agricoles des ex-provinces du Kasai Oriental et Kasai Occidental. Il constitue une catastrophe sur diverses cultures vivrières. Les constituants du complexe attaquent le système racinaire de plusieurs espèces végétales dont les cultures vivrières alimentaires, y compris le manioc, ainsi que les mauvaises herbes. Sur le manioc planté sur les sols infestés, le rendement est sensiblement réduit.

Description du complexe 'Shimbu' et types des dégâts causés

La description du complexe 'Shimbu' faite par l'Institut National d'Études Agronomiques au Congo (INEAC) dans les années 1950, avait présenté ce complexe comme étant constitué d'une cochenille, voisin du genre *Gueriniella*, de deux ou plusieurs espèces des fourmis, appartenant aux genres *Camponotus* et *Crematogaster*, et d'un champignon, *Macrophoma phaseoli* (INEAC, 1958). Les investigations récentes (Tata-Hangy, communication personnelle) ont confirmé ces observations antérieures avec les détails suivants :

- La cochenille souterraine a été observée comme étant le composant principal du complexe, et probablement le principal responsable des dégâts causés aux plantes infestées.
- Toutes les plantes infestées présentent leurs systèmes racinaires entièrement affaiblis par une sorte de pourriture.
- Toutes les cultures vivrières cultivées dans la région, y compris les céréales (riz, maïs), les racines et tubercules (manioc, patates douces) et les légumineuses à graines alimentaires (arachide, niébé et soja) étaient infestées, mais à des degrés variables.
- La plupart des mauvaises herbes dans les champs et aux alentours (principalement des graminées) étaient également infestées.

La Photo 4.23 ci-dessous montre les différents composants du complexe 'Shimbu'.

Ces détails observés ont conduit aux hypothèses que :

- La présence des fourmis serait probablement liée aux sécrétions faites par la cochenille (miellat), qui attirerait une bonne diversité de celles-ci,
- Les pourritures observées sur les racines des plantes infestées par le complexe 'shimbu' seraient probablement une conséquence des blessures faites par la cochenille ou une toxine injectée par celle-ci pendant qu'elle se nourrit, ou encore une action du champignon se développant sur cette partie de la plante déjà affaiblie par la cochenille.



Photos 4.23. Jeune plants de maïs (gauche), de niébé (milieu) et de manioc infestés par le shimbu. La flèche montre la cochenille, et le système racinaire endommagé.



Photo 4.24. Jeune plant de manioc de 3 mois infesté par le shimbu (Photo IITA-RDC, 2017).

Les dégâts sur le manioc sont caractérisés par une mortalité élevée des jeunes plants à la reprise des boutures plantées. On observe une fanaison des jeunes plants qui survivent à des infestations précoces (Photo 4.24). Celles-ci s'arrachent facilement aux moindres secousses lors du sarclage. Le taux de mortalité dans un champ fortement infesté peut facilement atteindre 70% à 3 mois après plantation.

Aucune information sur son mode de vie, ni sur son écologie n'est disponible à ce jour. Des tentatives de recherche sur la gestion du 'Shimbu' se limitent aux méthodes culturales.

Références

- Alu U.G. and Okeke J.E., 1981. Effects of insecticide application on cassava yield and control of cassava mealybug *Phenacoccus manihoti*. *Tropical Pest Management* 27:434-435.
- Ambe J.T., Ntonifor N.N., Awah and Yaninek J.S. 1999. The effect of planting dates on the incidence and population dynamics of the cassava root scale, *Stictococcus vayssierei*, in Cameroon. *Int J Pest Manage.* 45:125–130.
- Belloti A.C. and van Schoonhoven A. 1978. Mite and insect pests of cassava. *Annual Review of Entomology* 23:39-67.
- Boher, B., Daniel, J.F., Fabres, G. et Bani, G. 1983. Action de *Pseudotheraptus devastans* (Distant) (Het. Coeidae) et de *Colletotrichum gloeosporioides* Penz dans le développement des chancres et la chute des feuilles chez le manioc (*Manihot esculenta* Crantz). *Agronomie* 3: 938-994.
- Clark, D.P. 1962. An analysis of dispersal and movement in *Phaulacridium vittatum* (Sjöst.) (Acrididae). *Austr. J. Zool.* 10:382-399.
- Dejean A, and Matile-Ferrero D. 1996. How a ground-dwelling forest ant species favors the proliferation of an endemic scale insect (Hymenoptera: Formicidae; Homoptera: Stictococcidae). *Sociobiology.* 28 :183–195.
- Fabres G. 1981. Première quantification du phénomène de graduation des populations de *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Hom. ; Pseudococcidae) en République Populaire du Congo. *Agronomie* 1 : 483-486.
- Fabres, G. et Kiyindou, A. 1985. Comparaison du potentiel biotique de deux coccinelles [*Exochomus flaviventris* et *Hyperaspis senegalensis hottentotta*, Col. : Coccinellidae] prédatrices de *Phenacoccus manihoti* [Hom. : Pseudococcidae] au Congo. -Acta Oecologica. Oecol. Applic., 6, 339-348.
- Gutierrez A.P., P. Neuenschwander, F. Schulthess, H. R. Herren, J.U. Baumgaertner, B. Wermelinger, B. Lohr and C.K. Ellis, 1988. Analysis of Biological Control of Cassava Pests in Africa. II. Cassava Mealybug *Phenacoccus manihoti*. *Journal of Applied Ecology* 25 (3): 921-940.
- Hahn S.K. and Williams R.J., 1973. Investigations on cassava in the Republic of Zaire. Report Comm. Etat Agricult. Rep. Zaire, 12 pp.
- Hennessey RD., Neuenschwander P. and Muaka T. 1990. Spread and current distribution of the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* (Homoptera: Pseudococcidae), in Zaire. *Trop Pest Managm* 36: 103–107.
- Herren, H.R. and Neuenschwander, P. 1991. Biological control of the cassava pests. *Annual Review of Entomology* 36:257-283.
- INEAC 1958. Bulletin d'information de l'Institut National pour l'Etude Agronomique du Congo Belge, Vol. VII, N° 2, pp 117-124
- Kumar R. 1978. Insect Pest Control with special reference to African Agriculture. Edward Arnold Ltd. Bedford Square, London
- Lema K.M. and Herren H.R. 1985. Release and establishment in Nigeria of *Epidinocarsis lopezi*, a parasitoid of the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti*. *Entomologia Experimentalis Applicata*, 38, 171-175.
- Lema K.M., Tata-Hangy K., Bidiaka M. et Ndambi N. 2000. Distribution, importance et dynamique des populations de la cochenille radicole du manioc (*Stictococcus vayssierei*,

- Homoptera Stictococcidae) en République Démocratique du Congo. *Annales de la Faculté des Sciences Agronomiques*, Vol 1 No 1: 40-49.
- Lewis T. 1973. Thrips, their biology, ecology and economic importance. Academic press London and New York :340 p.
- Lozano, J.C., Bellotti, A., Reyes, J.A., Howeler, R., Leihner, D. and Doll, J. 1981. *Field Problems in Cassava*. Cali, Colombia. CIAT.208 p.
- Lutete D., Tata-Hangy K. et Kasu T.1997. Présence au Zaïre de *Stictococcus vayssierei* (Homoptera; Stictococcidae) un ravageur du manioc (*Manihot esculenta*). *J. Afr. Zool.* 111 : 71-73.
- Matile-Ferrero D. 1977. Une cochenille nouvelle nuisible au manioc en Afrique Équatoriale, *Phenacoccus manihoti* n. sp. (Hom., Coccoidea, Pseudococcidae). *Ann Soc Entomol Fr* 13: 145–152.
- Msikita, W., J. Braima, E. Nnodu, J. Legg, K. Wydra and F. Ogbe, 2000. Disease control in cassava farms: IPM Field Guide for Extension Agents. IITA. Ibadan. Wordsmithes Printers, Lagos. 27pp.
- Muaka-Toko and K. Leuschner, 1980. Aspect of the biology and control the green spider mite. In: *Cassava Production and Extension in Central Africa. Proceedings Series No 4*. CH. Ezumah (Ed). International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan. 154-155.
- Muhamad, R. and Chung, G.T. 1993. The relationship between population fluctuations of *Helopeltis theivora* Waterhouse, availability of cocoa pods and rainfall pattern. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science* 16(2): 81-86.
- Nsiamia She HD., Tata-Hangy K. et Kapongo 1992. Résultats globaux de la lutte biologique contre la cochenille du manioc au Zaïre. In. Akoroda M.O. and Arene O.B. (Eds). *Promotion of Root Crop-Based Industry: An incitation for Research Development*. Proceedings of the Fourth Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops-AB. Kinshasa-Zaïre, 5 – 8 December 1992.
- Nwanze KF., 1978. Biology of the cassava mealybug *Phenacoccus manihoti* (Homoptera: International Workshop on cassava mealybug *Phenacoccus manihoti* Mat-Ferr., INERA-Mvuazi, Zaïre, June 28-29, 1977.
- Nwanze F.K. 1982. Relationships between Cassava root yield and crop infestation by the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti*. *Tropical Pest Management*, 28:27-32
- Nyiira. 1972. Report of investigation of cassava mite, *Mononychellus tanajoa* (Bondar), 14 pp. Unpublished Report, Kawanda Research Station, Kampala, Uganda.
- PRONAM 1977. Rapport Annuel 1977. Programme National Manioc, Département de l'Agriculture, République du Zaïre. Inédit.
- Richard C. 1971. Contribution à l'étude morphologique et biologique des *Stictococcinae* (Hom. ; Coccoidea). *Ann. Soc. Ent. Fr. (NS)* 7 :571-609.
- Richard C. 1976. Révision du groupe des *Stictococcus* et création des taxa nouveaux (Homoptera, Coccoidea). *Ann. Soc. Ent. Fr. (NS)* 12 (4): 653-669.
- Schoonhoven A.V. and Peña J.E. 1976. Estimation of Yield Losses in Cassava Following Attack from Thrips. *Journal of Economic Entomology* 69: 514-516.
- Silvestre P. et Arraudeau M. 1983. Le manioc : Maisonneuve et Larose. ACCT, Paris, France, p. 257.
- Siswento, Muhamad, R., Dzolkhifli, O. and Kamawati, E. 2008. Dispersion of *Helopeltis antonii* Signoret (Hemiptera; Miridae) on cashew plantation. *Indonesian Journal of Agriculture*, 1(2): 103-108.

- Steiner, M.Y., Spohr, L.J. and Goodwin, S. 2010. Relative humidity controls pupations success and dropping behaviour of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *Australian Journal of Entomology*. 1-8
- Stern V.M., Smith R.F. and van den Bosch R. 1959. The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid. The integrated control concept. *Hilgardia*, 29: 81-101.
- Stonedahl, G.M. 1991. The oriental species of *Helopeltis* (Heteroptera; Miridae): a review of economic literature and guide to identification. *Bull. Entomol. Res.* 81: 465-490.
- Tan, G.S. 1974. *Helopeltis theivora theobromae* on cocoa in Malaysia. 1. Biology and population fluctuation. *Malaysian Agriculture Research* 3: 127-132.
- Tata-Hangy, K. 1995. Lutte contre la cochenille du manioc *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero et l'acarier vert *Mononychellus tanajoa* Bondar au Zaïre : Bilan des recherches. *Tropicicultura* 13(2) :43-49.
- Tata-Hangy, K. 2000. Cassava Green Mite Fighter Facing Problems. *AgriForum*; No 12. July 2000. Quarterly Newsletter of the ASARECA.
- Tata-Hangy, K., Hanna, R., Toko, M. and Solo, M. 2004. Effect of cassava leaf harvest on a cassava green mite predator in the Democratic Republic of Congo. *African Crop Science Journal* 12 (3) : 289-293
- Tata-Hangy K, Lema K.M., Ndambi N, Lutete D, Hanna R, Toko M and Nkakwa A. 2006. Notes on the african root and tuber scale, *Stictococcus vayssierei* Richard, a recent reported cassava pest in the Bas-Congo Province of the Democratic Republic of Congo. *Roots*, 10 (1): 1-8.
- Tata-Hangy K., Legg J., Hanna R., Toko M., Lema K.M., Dixon A. and Mahungu N.M. 2007. Incidence and distribution of cassava diseases and pests in the Democratic Republic of Congo. In: Mahungu N.M. and Manyong V. (Eds) *Proceedings of the ninth triennial symposium jointly organized by the ISTRC-AB and KARI*, Mombasa, Kenya, 1-5 November 2004, pp. 614-622.
- Tata Hangy K, Mfuti B.K., Tuwizana N, Lema K.M. and Mahungu NM., 2012. Thrips (Thripidae; Tysanoptera) infestation on cassava (*Manihot esculenta* Crantz) at Mvuazi research station, Bas-Congo province in Democratic Republic of Congo. In: R.U. Okechukwu and P Ntawuruhunga (Eds). *Tropical Roots and tuber Crops and the challenges of globalization and climate changes*. Proceedings of the 10th triennial symposium ISTRC-AB, Memling hotel, Kinshasa, DR Congo pp. 406-410.
- Tindo M., R Hanna, L Wijnans, G Goergen, A Nguenkam, and JM Ngeve, 2007. Pre-planting removal of host plant residues to reduce African root and tuber scale infestations in cassava fields in Cameroon. In: Mahungu NM and Manyong (Eds). *Proceedings of the ninth triennial symposium ISTRC-AB and KARI*, Mombasa, Kenya, 1-5 November 2004. Pages 633-637.
- Tindo M., Hanna R., Goergen G. and Zapfack L., Tata-Hangy K. and Attey A 2009. Host plants of *Stictococcus vayssierei* Richard (Stictococcidae) in non-crop vegetation in the Congo Basin and implications for developing scale management options, *International Journal of Pest Management*, 55:4, 339-345
- Yaninek, J. S., and Herren, H. R. and Gutterrez, A. P. 1987. The biological basis for the seasonal outbreaks of the cassava green mites in Africa. *Insect Sci. Applic.* 8: 861 – 865.
- Yaninek, J. S. and Herren, H. R., 1988. Introduction and spread of the cassava green mite, *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae), an exotic pest in Africa and the search for appropriate control methods: a review. *Bull. Entomol. Res.* 78:1-13.

- Yaninek J. S., Herren H.R. and Gutierrez A.P. 1989. Dynamics of *Mononychellus tanajoa* (Acari; Tetranychidae) in Africa: seasonal factors affecting phenology and abundance. *Environ Entomol.* 18(4):625-632.
- Yaninek, J. S., de Moraes, G. J. and Markham, R. H. 1990. Handbook on the Cassava Green Mite (*Mononychellus tanajoa*) in Africa: A Guide to its Biology and Procedures for Implementing Classical Biological Control. Publication Series, Ibadan, Nigeria.
- Yaninek, J. S., and Herren, H. R. and Guterrez, A. P. 1991. Establishment of the Neotropical Predator *Amblyseius idaeus* (Acari: Phytoseidae) in Benin, West Africa. *Biocontrol Science and Technology* 1: 323 – 330.



Les Principales Maladies du Manioc en République Démocratique du Congo et leurs méthodes de lutte

Muimba-Kankolongo Ambayebe¹, Bakelana Tony Zeyimo², Kalonji Adrien³, Lutete Lambert² et Tata-Hangy Willy⁴

¹Expert Consultant, Ancien Pathologiste du PRONAM, Ottawa, Canada

²INERA Mvuazi, RD Congo

³UNIKIN/CREN-K, Kinshasa, RD Congo

⁴IITA Kinshasa, RD Congo

Introduction

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) constitue à la fois l'une des principales cultures et denrées de base la plus répandue ainsi que source de revenus pour environ 70% de la population sur l'ensemble du territoire de la RD Congo. Après le Nigeria, la RD Congo est classée deuxième des grands producteurs du manioc en Afrique et au cinquième rang mondial (FAO, 2004). Les données sur la production du manioc en RDC pour la période de 1985 à 2010 illustrent deux tendances dans les valeurs observées. De 1985 à 1995 les valeurs ont accusé une hausse avec une moyenne de 19.169.835,9 tonnes de manioc frais. Pour la période de 1995 à 2010, la production du manioc connaît une chute régulière avec des valeurs moyennes de 15.598.943,7 tonnes soit 47,7% de pertes (SNSA, 2005 ; FAO, 2004 ; 2012). Les racines de manioc -procure plus de 60% de calorie nécessaire pour les deux tiers de la population tandis que les feuilles, qui sont riches en protéines de bonne qualité (Leung *et al.*, 1972), sont le légume le plus populaire dans le pays comme source de vitamines et sels minéraux. Elles constituent aussi une source très importante de revenus pour les producteurs et les petits détaillants (Tollens, 2003). Le manioc en RD Congo est consommé sous différentes formes telles que la chikwangue, pâte cuite préparée à partir de la farine de cossette communément appelée "Fufu, Ugali, Nshima" ou aussi en forme de bouillie.

En dépit de cette importance, la production du manioc est menacée par plusieurs contraintes parmi lesquelles les maladies qui occasionnent une réduction considérable du rendement, estimée à plus de 50% et réduisent la production des feuilles et le contenu en matières sèches des racines tubéreuses conduisant à la diminution de leur qualité.

Le manioc est en général affecté par plusieurs maladies microbiennes d'origine bactérienne, virologique et cryptogamique (Lozano et Booth, 1974 ; Terry et Oyekan, 1976). En RD Congo, plus particulièrement, la culture de manioc est confrontée à des multiples contraintes entraînant des pertes considérables de rendement. On notera parmi celles qui sont importantes la brûlure bactérienne aussi connue comme la bactériose du manioc (CBB), la mosaïque Africaine (ACMV), la mosaïque de l'Est d'Afrique (EACMV),

la mosaïque hybride de l'Ouganda (UgV) et la striure brune du manioc (CBSV). D'autres encore comme l'anthracnose (CAD), la mort des sommités, les pourridiés, la cercosporiose et la détérioration des cossettes au séchage et à l'entreposage entraînent également des dégâts élevés dans certaines conditions. A la station principale de l'Institut National pour les Études et la Recherche Agronomiques (INERA) au Kongo Central, Singh (1980) avait rapporté que les contraintes biologiques telles que les maladies, qui sont la cause de pertes importantes de rendement en racines tubéreuses et en feuilles, se succèdent à différents stades de végétation de la plante. Souvent, c'est généralement la brûlure des feuilles qui se manifeste la première (en Février-Mars), suivie de la mosaïque dont les manifestations atteignent leur plus haut niveau entre Mai et Juin. L'anthracnose apparaît normalement en Juin-Juillet, lorsque les plants ont déjà atteint l'âge de 6 à 7 mois, et continue de se répandre pendant toute la saison sèche.

La Brûlure Bactérienne ou Bactériose Vasculaire du Manioc (CBB)

Cette grave maladie du manioc était soudainement apparue de façon épidémique dans plusieurs endroits de la province jadis nommée Bandundu en 1969 où des foyers d'infection importants de plusieurs champs furent observés. La maladie s'est ensuite répandue très rapidement et dans des proportions aussi épidémiques dans le Kongo Central et dans les provinces du Grand Kasai (Maraite and Meyer, 1975 ; Ezumah et Sebasigare, 1976). Durant cette période, de nombreux champs de manioc étaient complètement détruits par la maladie dans ces régions et ils ont été abandonnés, résultant à la pénurie alimentaire et la hausse des prix des produits du manioc jusqu'à environ 10 fois. La maladie entraîne aussi l'une des plus importantes pertes des boutures comme matériels de plantation ainsi qu'une famine jamais connue au sein de la population. Une fois que l'existence de cette maladie dans cette partie du pays devenait de plus en plus inquiétante, le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural et l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID) avaient fait une demande officielle urgente à l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) à Ibadan, au Nigeria en 1973 pour envoyer au pays des experts afin de déterminer la cause de la maladie et de conseiller sur les méthodes de la contrôler.

Une équipe de l'IITA a été fournie et la maladie fut identifiée comme la brûlure bactérienne causée par *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* (Hahn and Williams, 1973; Maraite and Meyer, 1975). Par la suite, le Programme National Manioc (PRONAM) était établi à la station de recherche de l'INERA à Mvuazi, dans le Kongo Central, suivant un Mémoire d'entente entre le gouvernement et l'IITA signé en mai 1974 pour l'amélioration de la culture du manioc en RD Congo. Les efforts du sous-programme de phytopathologie du PRONAM ont été concentrés vers des objectifs bien précis concernant :

- La collaboration avec le programme de sélection et d'amélioration de la culture pour le criblage des divers clones pour la résistance aux différentes maladies majeures ; et
- La conduite des études pour déterminer leurs agents causaux (étiologie), le mode de distribution et propagation ainsi que les facteurs favorisant leur développement (épidémiologie), et mettre en place les méthodes appropriées de lutte contre les principales maladies.

Symptomatologie



Figure 5.24. Symptômes caractéristiques de CBB sur le manioc : Brûlure et taches anguleuses des feuilles **1**, exsudation de la gomme sur la tige **2**, le flétrissement des feuilles **3** et **4** la nécrose apicale ou dessèchement des tiges à partir du sommet des plantes.

Les premiers symptômes caractéristiques de CBB apparaissent au début de la saison pluvieuse juste après la saison sèche et approchent leur développement maximum pendant la période de pointe des pluies. A leur apparition, les premiers signes observés sur les feuilles des plantes infectées sont les taches anguleuses translucentes qui sont initialement de faible dimension et des plages des lésions nécrosées (Fig. 5.24). Ces taches commencent souvent le long des nervures et au sommet des limbes foliaires où l'on trouve souvent des plages de brûlures. Elles élargissent ensuite plus tard, fusionnent et finalement induisent des larges plages brunâtres et ainsi les feuilles atteintes de flétrissement. Ce sont ces taches brunes plus larges qui induisent la brûlure et le flétrissement généralisés du feuillage suivi du dessèchement ainsi que de la mort des lobes des feuilles.

Avec l'avancement de l'infection, les feuilles qui sont flétries tombent. Le degré de flétrissement des feuilles varie de quelques lobes des feuilles aux nombreuses feuilles entières. Dans certains cultivars qui sont très sensibles, les exsudats gommeux bruns à crème ou jaunâtre sont déchargés sur les feuilles ou les jeunes pousses des tiges

(Fig. 5.24) mais souvent distinctement aussi sur les pétioles et les feuilles des plantes infectées. Les pétioles des feuilles flétrissent aussi et deviennent souvent orientés horizontalement à l'axe de la tige principale. Dans les stades avancés de la maladie, les plantes affectées subissent un dépérissement complet des sommets des tiges résultant de la nécrose vasculaire (Fig. 5.24).

Souvent, on trouve des nouvelles pousses qui se développent au niveau axillaire des tiges mourantes ou aussi sur les plantes gravement infectées.

Terry (1977) avait indiqué que le développement de la maladie et la nature d'expression des symptômes résultant de la multiplication des boutures issues des plantes infectées diffèrent de ceux se produisant après la pénétration stomatique directe par la bactérie. Dans le premier cas, on observe d'abord la perte de turgescence d'une ou de quelques feuilles situées souvent sur le même côté de la tige suivi d'un flétrissement plus rapide. Ensuite, il y a l'effondrement de la base du pétiole mais la feuille séchée reste attachée pour un certain temps à la tige. Toutes les feuilles situées au-dessus de celles montrant les premiers symptômes se fanent progressivement (Maraite et Meyer 1975). L'exsudation de la gomme peut être observée sur la tige près de la première feuille fanée. Enfin, les sommets non aoûtés des plantes ou des jeunes branches meurent, tandis que de nouvelles pousses ou rejets apparaissent à la jonction des portions boisées tuées et saines des tiges.

Agent causal

En 1969 lorsque l'épidémie de CBB était observée pour la première fois dans les provinces de ex-Bandundu et de ex-Kasaï Central, Ezumah et Sebasigare (1976) avaient rapporté que son agent causal avait d'abord été suggéré par Dubois et Mostade (1973) comme étant *Pseudotheraptus devastans*. Plus tard dans les années 1980's, Lozano (1986) documentera que le microorganisme responsable de CBB était premièrement connu comme *Bacillus manihotis* Arthaud-Berthet, puis *Phytophthora manihotis* (Arthaud-Berthet) Viegas, le nom figurant dans la 6^{ème} édition du livre de Bergey. Plus tard, il reportera que le nom fut modifié à *Xanthomonas manihotis* (Arthaud-Berthet) Starr et finalement à *X. campestris* pv. *manihotis* selon Berthet and Bondar (1915) et Dye (1978). Le nom utilisé couramment pour l'agent causal de la bactériose est *X. axonopodis* pv. *manihotis* (Vantarín et al., 1995; Lopez et Bernal, 2012).

Cette bactérie est originaire de l'Amérique latine, où la brûlure bactérienne est connue depuis le début des années 1900, et la maladie s'était ensuite propagée sur le manioc dans plusieurs régions d'Afrique et d'Asie de plus en plus durant les années 1970 (Bradbury, 1986; Boher et Verdier, 1994; Wydra et Msikila, 1998). Maraite et Meyer (1975) avaient confirmé que l'aspect de cette bactérie en milieu de culture, ses caractéristiques morphologiques et biochimiques ainsi que les essais d'inoculation croisée démontrent que les bactéries qui causent les taches anguleuses sur les feuilles, les brûlures des feuilles et le flétrissement des tiges sont identiques. Ils avaient ainsi aussi identifié *X. manihotis* (Arthaud-Berthet) Starr comme étant l'agent causal de la maladie. Il est bien établi que la bactérie pénètre dans la plante de manioc par les stomates et les blessures sur l'épiderme du limbe. Le pathogène envahit et détruit ensuite le mésophylle spongieux, puis pénètre dans le système vasculaire, permettant ainsi aux cellules bactériennes de coloniser de manière systémique la plante toute entière. On croit que la migration

du pathogène dans les tiges et pétioles de la plante s'effectue à partir des vaisseaux du xylème et probablement au niveau du phloème et des tissus de la moelle épinière (Lozano, 1986).

Cycle de la maladie

Depuis l'époque des années 1969-70 où la CBB est apparue pour la première fois en RDC, elle s'est répandue dans toutes les zones productrices du manioc du pays (Singh, 1980). Le rapport de Terry (1975) avait bien souligné que la brûlure bactérienne du manioc est plus répandue et plus pernicieuse dans les zones écologiques de savanes africaines et dans les zones intermédiaires entre la savane et la forêt que dans les régions à forêts tropicales humides. Le développement et la propagation rapides de cette maladie dans les champs de manioc et à travers plusieurs sites dans le pays ainsi que d'autres régions d'Afrique, démontrent l'importance de la survie de son agent pathogène en considérant la façon dont il passe d'une saison des pluies à l'autre pour réinfecter des nouvelles cultures (Ikotun, 1977). Divers facteurs susceptibles de jouer un rôle important dans le développement de la bactériose dans les champs de manioc. Plusieurs études suggèrent que le mouvement du sol infesté avec l'agent de la bactériose pendant les opérations culturales et l'utilisation de boutures contaminées comme matériels de plantation sont en partie responsables de la propagation de la maladie d'un endroit à un autre (Drummond et Hipolito, 1941; Lozano et Sequeira, 1974; Lozano, 1975; Daniel et Boher, 1985). Boher et Verdier (1994) ont stipulé que l'importance quantitative de l'inoculum de la bactérie dans le développement de la maladie est fonction de l'interaction de plusieurs variables environnementales telles que les conditions d'humidité, des températures entre 20°C et 30°C ainsi que des amplitudes thermiques supérieures à 10°C entre le jour et la nuit.



Figure 5.25. Abandon des débris des tiges de manioc au sol dans le champ des paysans après récolte **a**; les boutures infectées et destinées comme matériel de replantation **b** et **c** boutures destinées comme bois de chauffe.

Ikotun (1976) avait montré que les cellules bactériennes de *X. manihotis* pouvaient survivre jusqu'à 24 mois dans l'exsudat bactérien sur des tiges et pendant plus de 30 mois dans les tiges infectées sèches. De façon similaire, Terry (1974) a montré que *X. manihotis* pouvait bien survivre et conserver son pouvoir infectieux après 22 mois de stockage à sec et à la température ambiante. Ces informations soulignent clairement l'importance des exsudats bactériens et des matériels végétaux infectés (Fig. 5.25) dans la survie et la propagation de la maladie d'une saison à l'autre. De même, une survie épiphytique

de l'agent causal de la maladie pendant un mois a été démontrée sur plusieurs espèces de mauvaises herbes qui se produisent dans les champs de manioc en Amérique latine et en Afrique (Marcano et Trupillo, 1984; Fanou *et al.*, 1998). En RDC, Maraite et Meyer (1975) avaient signalé que des épidémies sévères de la maladie se développent souvent dans des conditions de fortes pluies. Néanmoins au PRONAM, Pacumbaba *et al.* (1978) avaient aussi trouvé que la température, l'humidité relative, la pluviométrie, l'insolation ainsi que la vitesse du vent constituaient des variables climatiques assez importantes dans la gravité de la bactériose.

Importance de la maladie

Lozano (1986) stipule que les pertes de rendement causées par CBB varient considérablement à travers le monde et dans certaines conditions où elles peuvent être très élevées. L'importance économique de CBB, en particulier du fait des pertes de récoltes qu'elle entraîne et de son potentiel épidémique, est notoirement influencée par les fluctuations climatiques saisonnières, le degré de sensibilité des cultivars de manioc préférés par les fermiers ainsi que l'origine même de l'inoculum de l'agent causal (Terry, 1977). Une infection grave causant des pertes allant jusqu'à 75% a été signalée dans différentes régions d'Afrique incluant la RDC (Cockx, 1985). Dans plusieurs régions du pays, CBB amena à des pertes totales de rendement particulièrement les feuilles comestibles et de disponibilité de matériels de plantation, provoquant ainsi une famine généralisée (Hahn et Williams, 1973; Ezumah et Sebasigare, 1976). Lorsque des boutures obtenues des champs infectés sont utilisées pour planter un nouveau champ sur un terrain où la maladie n'a jamais été connue, les pertes potentielles peuvent atteindre 30%. Mais dans les cas de l'environnement favorable pour la maladie et si elle n'est pas contrôlée immédiatement, les pertes allant jusqu'à 80% peuvent être enregistrées. Généralement, les pertes en rendement sont en relation directe avec le nombre de matériels de plantation infectés d'un clone sensible qu'on a utilisé pour planter un champ. La perte de rendement des feuilles comestibles de manioc qui sont un constituant important de l'alimentation pour la majorité des congolais, par suite de l'infection par la bactériose, a été estimée à environ 60% (PRONAM, 1984).

Contrôle et gestion de la maladie

L'existence d'une variété et la complexité des nombreuses maladies qui affectent les différentes cultures ont en effet conduit à l'élaboration d'un nombre correspondant d'approches utilisées pour les contrôler. Fry (1982) souligne qu'il est très impérieux de comprendre le potentiel destructeur d'une maladie pour éviter de gaspiller des efforts et ressources à essayer de supprimer même les maladies de peu d'importance économique. Compte tenu de sa large diffusion dans le pays et l'ampleur des problèmes socioéconomiques que la bactériose avait générée des régions gravement touchées, il était impérieux et pressant pour le PRONAM, nouvellement établi, de prendre des mesures nécessaires pour atténuer les impacts de la maladie à la fois sur les pertes des feuilles comme légume principal que sur les racines tubéreuses.

Il convient de souligner qu'une approche logique de la gestion globale des maladies des plantes est un facteur clé dans le succès de son éradication.

La première étape est de commencer par le diagnostic de la maladie et ensuite étudier sa dynamique et les différents facteurs pouvant l'influencer afin d'établir une bonne façon de la combattre. Généralement, les stratégies de contrôle des maladies des plantes comprennent la promotion des approches d'intervention comprenant l'utilisation des variétés résistantes, l'amélioration des pratiques culturales, les méthodes de lutte biologique ainsi que l'établissement des mesures phytosanitaires permettant d'éviter l'introduction et la propagation des maladies (Van der Plank, 1963 ; Horsfall et Cowling, 1978 ; Fry, 1982). Muimba-Kankolongo *et al.* (1987b) avaient défini les différentes stratégies du PRONAM pour le développement des variétés de manioc résistantes aux maladies.

Le développement des variétés résistantes

L'incidence de CBB varie selon la saison et d'année en année, et est plus élevée pendant la saison des pluies qui constituent des conditions environnementales nécessaires à la survie et au développement de l'organisme causal (Lozano 1975; Terry 1975). Le procédé utilisé par PRONAM pour le criblage des clones de manioc consistait à semer les plantes à partir du mois d'Octobre qui est le début de la saison des pluies et de les ensemercer par la suite avec l'inoculum de la bactérie selon la procédure mise au point localement (Pacumbaba, 1979 ; 1987a). Les pousses des plantes âgées d'un mois sont inoculées utilisant la suspension de l'agent pathogène bien calibrée dans l'eau par la méthode d'une paire de pinces 'Tong'. Cette procédure avait engendré des symptômes de la bactériose pendant les 24-48 heures après inoculation sur des lignées sensibles comme les variétés 02864 de l'INERA et Mpelo-longi (locale). L'exsudation de la gomme sur les jeunes tiges inoculées et leur dépérissement survenaient dans 7-12 et 20-25 jours plus tard, respectivement. L'apparition des symptômes et l'évaluation de CBB sur les plantes de manioc d'environ trois mois d'âge avaient indiqué que la méthode de pinces sur les feuilles et tiges constituait une excellente technique de dépistage pour la résistance à la CBB.

L'inoculation des jeunes plantes âgées d'un à deux mois au champ s'effectue ainsi en décembre de chaque année par les piqûres des tiges soit à l'aide d'une seringue ou par le brassage des feuilles au moyen de la pince 'Tong'. Les premiers symptômes sur les plantes ainsi artificiellement infectées apparaissent après 3 ou 4 semaines, mais le flétrissement des feuilles et le dessèchement ne surviennent que plus tard. C'est pourquoi la sélection finale en fonction du développement de la maladie n'a lieu qu'en mars lorsque les pluies sont abondantes. Les plants les plus sensibles sont déterrés et éliminés des champs. Des 13.970 plants inoculés artificiellement avec le pathogène de la bactériose durant les premières années au PRONAM, 7.392 ont succombé à la maladie et ils ont donc été éliminés. Les survivants montraient quelques symptômes, mais sans dessèchement et on les a écimés pour la sélection contre la mosaïque mais malheureusement, certains ne pouvaient pas résister à l'opération et périssaient. Après ce tri, les plants sont sélectionnés pour leur bonne vigueur apparente, tolérance à l'égard des trois maladies et un bon rendement en racines tubéreuses fraîches pour l'évaluation subséquente la saison suivante. D'environ 438 clones obtenus des plants individuellement choisis dans la pépinière ont été sélectionnés, en 1980, pour leur résistance aux trois maladies (Tableau 5.12).

Des sélections effectuées dans les pépinières des jeunes semis se sont toujours révélées efficaces contre la bactériose et les autres maladies. Les résultats de la sélection obtenue à ce jour, montrent qu'il est possible d'obtenir des clones ayant une résistance combinée

Tableau 5.12. Cotes de sévérité de la brûlure bactérienne, mosaïque et anthracnose pour les plantes de 3 et 6 mois dans les pépinières de clones à la station de l'INERA à Mvuazi, Kongo Central.

Maladies	Classes de sévérité de la maladies ^a				
	1	2	3	4	5
Plantes en pépinière I					
Brûlure bactérienne	45	129	41	3	0
Mosaïque	47 (46)	76 (55)	88 (99)	8 (19)	0 (0)
Anthracnose	156 (127)	1 (4)	32 (46)	29 (39)	1 (3)
Plantes en pépinière II					
Brûlure bactérienne	83	71	37	21	7
Mosaïque	31	55	64	50	19
Anthracnose	202	13	4	0	0

^aValeurs entre parenthèses représentent les cotes pour les plantes de 6 mois (Source: Singh, 1980).

raisonnable aux trois maladies tout en ayant aussi un potentiel de rendement satisfaisant. D'autres résultats de criblage pour la réaction à la bactériose dans divers centres du PRONAM sont présentés dans le Tableau 5.14 (Ezumah, 1980). Les clones sélectionnés sont avancés aux essais dans la phase supérieure de sélection pour le rendement durant les saisons suivantes.

Des introductions faites du germoplasme en provenance de l'IITA, Ezumah (1980) avait indiqué (Tableau 5.14) que la résistance à la brûlure bactérienne du manioc et à la mosaïque, développée à l'IITA au Nigéria s'est maintenue à Mvuazi ; que l'anthracnose s'est montrée plus réfractaire en RD Congo qu'au Nigéria et qu'elle a été plus virulente dans la région de ex-Bandundu que dans le Kongo Central. On avait ainsi retenu plusieurs lignées de manioc pour des essais de rendements plus avancés, à Mvuazi, Kiyaka, Vanga Losekele, Kimpese, et Yangambi, et pour la multiplication et la distribution aux cultivateurs. Malheureusement une bonne partie de ce matériel génétique a été perdue par suite d'une certaine insécurité en divers endroits. PRONAM a dû décider de restreindre ses activités aux endroits où les expériences seraient réalisées dans les conditions requises de soins et de surveillance. C'est pourquoi les nouvelles semences reçues en 1977 ont été confiées seulement à Mvuazi et à Kimpese en vue de la sélection positive et négative, respectivement, pour la résistance aux différentes maladies (Ezumah et Knight, 1977).

Des introductions faites du germoplasme en provenance de l'IITA, Ezumah (1980) avait indiqué (Tableau 5.13) que la résistance à la brûlure bactérienne du manioc et à la mosaïque, développée à l'IITA au Nigéria s'est maintenue à Mvuazi ; que l'anthracnose s'est montrée plus réfractaire en RD Congo qu'au Nigéria et qu'elle a été plus virulente dans la région de Bandundu que dans le Kongo Central. On avait ainsi retenu plusieurs lignées de manioc pour des essais de rendements plus avancés, à Mvuazi, Kiyaka, Vanga Lusekele, Kimpese, et Yangambi, et pour la multiplication et la distribution aux cultivateurs. Malheureusement une bonne partie de ce matériel génétique a été perdue par

suite d'une certaine insécurité en divers endroits. PRONAM a dû décider de restreindre ses activités aux endroits où les expériences seraient réalisées dans les conditions requises de soins et de surveillance. C'est pourquoi les nouvelles semences reçues en 1977 ont été confiées seulement à Mvuazi et à Kimpese en vue de la sélection positive et négative, respectivement, pour la résistance aux différentes maladies (Ezumah et Knight, 1977).

Pratiques culturelles

a. Phytosanitation

Kilumba-Ndayi (1984) avait rapporté que des enquêtes préliminaires au Kasai avaient montré qu'à l'apparition des brûlures dans les champs dues à *Xanthomonas*, les fermiers éliminent tous les cultivars sensibles comme *Kaladi*, *Kazeba* et *Kasouga*, représentant environ 75% de matériels qu'ils ont toujours utilisés. C'était seulement le cultivar comme *Kakwanga*, tardif et amer, qui montrait une résistance à la maladie. A cause de cela, ils avaient aussi introduit d'autres cultivars comme *Ndunda*, Bon Marché 5097, *Mutshi mukunze* et *Mutshi mutoka* qu'ils espèrent être tolérants mais leur sélection provenait d'une région où la bactériose ne causait que des dégâts moindres.

Tableau 5.13. L'évaluation du germoplasme de manioc pour les maladies à la station de l'INERA de Mvuazi, Kongo Central, 1975.

Source	No. des plantes	% dans la classe de sévérité				
		1	2	3	4	5
Mosaïque						
IITA-A	520	22	43	15	16	4
IITA-B	492	31	28	21	14	6
IITA-C	615	16	32	22	21	9
INERA-D	324	5	7	28	38	22
Farmers-E	165	0	8	30	29	33
Bactériose						
IITA-A	520	28	26	17	9	10
IITA-B	492	26	39	28	7	11
IITA-C	615	19	44	20	11	6
INERA-D	324	9	16	21	36	18
Farmers-E	165	8	21	33	18	20
Anthracnose						
IITA-A	520	13	29	44	7	7
IITA-B	492	15	32	25	19	9
IITA-C	615	21	27	34	13	5
INERA-D	324	7	11	42	12	28

*Classe 1 = pas de symptômes apparents et classe 5 = symptômes sévères même mort des plantes (Source: Ezumah, 1980)

b. Temps et location de plantation

Pratiquement, le manioc est souvent semé pendant la saison des pluies et certains fermiers continuent avec cette campagne de plantation jusqu'à l'époque où les pluies cessent de tomber. Les plantes issues des plantations tardives reçoivent seulement une petite quantité des pluies avant d'être exposées aux 4 mois de sécheresse. Pendant la période sèche, les plantes sont attaquées par la teigne verte et après la reprise des pluies, le manioc est encore attaqué par la bactériose et l'anthracnose. La prévalence de la brûlure bactérienne atteint son sommet vers le mois de Janvier. La majorité des agriculteurs (90%) croient que la maladie devient plus endommageant dans les vallées que sur les plateaux. Les sols argileux des vallées ne sont pas souvent exploités pour la production de manioc en raison de la gravité de l'attaque par *X. manihotis*. Le manioc est généralement planté sur les plateaux mais à proximité des vallées où la plupart des sols sont pauvres en azote et phosphore. Ezumah et Sebasigare (1976) avaient observé que ces différents sites illustrent mieux les effets des conditions de sols relativement riches en zone de savane sur l'ampleur de la maladie sur le manioc. Dans ces conditions, on pouvait tout de même obtenir des variétés de manioc avec des cotes moyennes de CBB de classe I (résistant).

La Mosaïque Africaine du Manioc

C'est une maladie causée par une infection d'origine virale et qui a été décrite pour la première fois en 1894 là où c'est actuellement connu comme la Tanzanie (Warburg, 1894). Depuis son premier rapport dans ce pays, la mosaïque Africaine du manioc (ACMV) s'est ensuite répandue dans toutes les régions productrices du manioc de l'Afrique sub-Saharienne où il impacte considérablement sur la culture surtout selon les cultivars utilisés et le stade de croissance pendant lequel l'infection se produit (Terry et Hahn, 1980 ; Seif, 1982 ; Seuil *et al.*, 1994).

Agent infectieux de la mosaïque

Environ seize différents virus induisant la mosaïque ont déjà été décrits sur le manioc, parmi lesquels seulement neuf affectent la culture en Afrique (Thresh *et al.*, 1994 ; Calvert et Thresh, 2002). Ceux-ci appartiennent à au moins quatre différentes familles et genres, à savoir le Comoviridae : Nepovirus; le Geminiviridae: Begomovirus; le Potyviridae: ipomovirus et le Caulimoviridae: Caulimovirus (Legg et Thresh, 2003). Parmi ces 4 genres, deux seulement sont d'une importance économique sur le manioc en Afrique, à savoir le Begomovirus: dont ACMV de la famille Geminiviridae (Bock et Woods, 1983; Hong *et al.*, 1993) et le Ipomovirus: dont la striure du manioc (CBSV) de la famille Potyviridae comme démontré que récemment (Monger *et al.*, 2001b).

Cependant, l'étiologie complète de ACMV n'était pas évidente jusqu'à la fin des années 1970's lorsque Bock et Guthrie (1978) ont décrit un virus sur les plantes infectées et qui pourrait être transmis par voie d'inoculation de la sève de manioc infecté aux plantes hôtes comme le tabac (*Nicotiana glauca*). De ce fait, ils l'avaient considéré comme un virus latent du manioc et nommé l'agent causal de la maladie. Finalement, Bock et Woods (1983b) sont parvenus à déterminer l'étiologie complète du virus qu'ils avaient enfin nommé ACMV. Le virus qui cause la mosaïque africaine du manioc est très répandu sur le continent et entraîne des pertes de rendement importantes dans les différents systèmes

de production de la culture où des cultivars sensibles sont souvent utilisés. Guthrie (1990) avait indiqué que cette maladie apparaît être seulement confinée au continent Africain considérant qu'une autre maladie bien similaire attaque le manioc en Inde mais que la maladie connue comme mosaïque commune du manioc en Amérique du sud semble être causée par un virus appartenant à d'autres différents groupes. Plusieurs rapports comme ceux de Thresh *et al.* (1994a,b,c) avaient néanmoins signalé que malgré que cette maladie constitue l'un des obstacles le plus endommageant à la production du manioc en Afrique, elle reste généralement sous-estimée dans de nombreux pays où elle continue à recevoir une attention moins suffisante.

Symptomatologie

La maladie se caractérise par une déformation des feuilles (Fig. 3) et une forte mosaïque s'exprimant par la présence sur les folioles des taches jaunâtres et clair-verdâtres pouvant couvrir 20% à 100% du limbe (Fargette, 1987). Les symptômes apparaissent comme une mosaïque caractéristique de feuilles affectant des parties bien discrètes et qui peuvent être bien discernés au stade initial de développement de la feuille. Souvent, les parties chlorotiques ne s'étendent pas entièrement de telle manière que l'expansion inégale des parties laminaires entraîne une distorsion causant la malformation du limbe. La chlorose des feuilles apparaît d'une coloration pâle-jaunâtre à blanchâtre et les parties affectées sont clairement démarquées et varient en dimension allant de toute la feuille entière aux petites tâches parsemées partout sur le limbe. Les feuilles sévèrement atteintes sont réduites, déformées et recroquevillées, et elles sont caractérisées par la présence des portions jaunâtres alternées des parties vertes normales. Les plantes affectées de ACMV sont en général rabougries (Storey and Nichols 1938 ; 1951). Néanmoins, tout le feuillage du manioc peut aussi développer une mosaïque uniforme (Fig. 4) mais souvent, on rencontre des plantes avec une mosaïque localisée à quelques endroits seulement et principalement dans la partie basale. La distorsion et la réduction en dimension des feuilles ainsi que la croissance retardée généralisée des plantes apparaissent comme étant des effets secondaires associés à la sévérité des symptômes.

Souvent ces symptômes foliaires varient selon la position de la feuille sur la plante, la tige et la plante elle-même mais aussi selon la variété du manioc courante et la souche du virus dans une localité. Cette variation est souvent aussi attribuée aux différentes souches de virus, à la sensibilité et l'âge de la plante hôte et aux facteurs de l'environnement comme la fertilité et l'humidité du sol, la radiation solaire et la température. Normalement, les températures froides favorisent l'expression des symptômes tandis que les températures chaudes les atténuent. Certaines feuilles qui sont situées entre les autres feuilles malades peuvent apparaître normales et semblent recouvrir des symptômes. Ce comportement dépend des températures ambiantes et de la résistance de la plante hôte. Cependant, des tels symptômes qui disparaissent pendant un certain temps peuvent se remettre rapidement lorsque les conditions environnementales redeviennent favorables à l'expression de la maladie.

Les premières feuilles se développant des boutures atteintes sont parfois saines alors que celles qui se développent après deviennent sévèrement malades. Si souvent, il existe la tendance de réduction de la sévérité des symptômes avec l'âge des plantes surtout pour les cultivars avec un certain degré de résistance. Les symptômes réapparaissent

rapidement sur les bourgeons axillaires quand les pousses des sommets sont coupées. Cette pratique d'étêtage avait été adoptée au PRONAM pour favoriser l'expression des symptômes lors du criblage du manioc pour la résistance à la maladie.

Transmission et propagation

Le virus transmettant l'ACMV possède un génome bipartite comprenant une composante dénommée ADN-A, nécessaire à la réplication et l'encapsidation du virus, et une autre composante dénommée ADN-B, nécessaire au mouvement du virus (Hanley-Bowdoin *et al.*, 1999). Ces deux composantes circulaires d'ADN sont composées chacune d'environ 2.8 Kb (Fauquet *et al.*, 2003). Les boutures de manioc atteintes et qui sont communément utilisées pour la propagation végétative de la culture constituent le moyen le plus efficace de dissémination de l'agent infectieux de la mosaïque (infection primaire).



Figure 5.26. Symptômes de la maladie de la mosaïque Africaine du manioc : en haut une plante de manioc saine (à gauche) et infectée par le virus (à droite), et en bas une plante gravement touchée (à gauche) et l'aleurode vecteur : mouche blanche (à droite).



Figure 5.27. Des tiges de manioc affectées d'une mosaïque légère. **a** et sévère **b** de façon uniforme du sommet à la base.

Toutefois, le virus de cette maladie est également transmis d'une plante à l'autre dans un champ par un aleurode ou mouche blanche, *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae); un petit hémiptère d'environ 1 mm (Fargette *et al.*, 1990; Bock, 1994; Legg, 1994) considéré comme le vecteur principal bien que deux autres espèces de mouche blanche (*B. afer* Priesner & Hosney et *Aleurodicus dispersus* Russel) ravagent aussi les champs de manioc en Afrique et en Inde. Néanmoins, la prévalence de la maladie est souvent attribuée à la culture continue de cultivars sensibles (Fargette *et al.*, 1994), l'utilisation sans cesse des matériels de plantation déjà malades (Storey et Nichols, 1938) et l'augmentation de la pression de l'inoculum du virus en raison de l'activité accrue du vecteur (Fargette *et al.*, 1990).

Par exemple, Mabanza *et al.* (2007) ont observé que l'explosion de la mosaïque au Congo Brazzaville est due à la présence d'une nouvelle souche de virus très virulente appelée souche Ougandaise, mais également à l'utilisation des boutures malades qui confirme une contamination par les boutures à 80% dans les plantations développées par les paysans. La transmission d'un plant malade à un plant sain (infection secondaire) par *B. tabaci* nécessite un temps minimum d'acquisition du virus de 3 à 4 heures, une période de latence de 4 à 8 heures et un passage d'au moins 10 à 15 minutes de l'insecte sur un plant sain. La transmission du virus peut également se faire par greffage et par des larves de *B. tabaci* de quatrième stage. Jusqu'à ce jour, aucun cas de transmission du virus par voie de semences ou par voie mécanique n'a été signalé. On note toutefois que le virus de la mosaïque se transmet également à des espèces végétales autres que le manioc. Ce

fait s'expliquerait par l'adaptation rapide du *B. tabaci* à d'autres plantes hôtes alternes (Monde, 2010).

La dissémination du virus par les boutures peut, en fait, conduire à l'introduction de la maladie d'une contrée à une autre permettant ainsi l'apparition de la mosaïque dans une région où la dissémination par la mouche blanche est faible ou n'existe pas. La dispersion entre les plantes dans une plantation se fait également par la mouche blanche. Dans certains endroits, l'aleurode se reproduit plus rapidement et transmet favorablement la maladie comme Bock (1994a), Fargette *et al.* (1994) et Hahn *et al.* (1980) l'ont bien démontré dans plusieurs pays d'Afrique. Mais, il propage la maladie à un taux très faible dans les zones de haute altitude (Muimba-Kankolongo *et al.*, 1995).

Importance de la maladie

La mosaïque est bien répandue dans plusieurs pays d'Afrique centrale et occidentale où elle occasionne des pertes de rendement d'environ 20% à 80 % (Fauquet, 1987). En Afrique australe toutefois, d'énormes différences ont été remarquées entre les régions pour la prévalence de la maladie et l'ampleur des pertes de récolte qu'elle inflige (Muimba-Kankolongo *et al.*, 1998). Guitrie (1990) a indiqué des pertes en rendement plus sévères et pouvant même atteindre 95%. Ces observations sont similaires à celles de Terry et Hahn (1980) qui avaient trouvé des pertes de rendement variant entre 20% et 90%. D'autres informations issues des diverses évaluations de pertes de rendement ont été résumées par Thresh *et al.* (1997). Elles estiment, sur base d'assomptions vraisemblables, que des pertes de rendement du manioc en Afrique varient entre 15% et 24%, équivalant à environ 15-28 million de tonnes de racines tubéreuses fraîches de manioc comparé aux estimations de production de la FAO pour l'année 1997 de 84 millions de tonnes.

En 1987, Muimba et Phuti (1987) en RD Congo avaient trouvé qu'il y avait une augmentation de l'incidence et la sévérité de la maladie ainsi que la proportion de feuilles présentant des symptômes caractéristiques de la mosaïque dans la culture subséquente avec l'augmentation des niveaux d'infection primaire de ACMV dans le matériel de plantation. La hauteur des plantes, le diamètre de la tige et le rendement en racines tubéreuses étaient aussi gravement affectés avec une réduction du rendement qui était estimée à 60-70% (Tableau 5.14). Il était bien clair que le développement de la maladie ainsi que la croissance des plantes et le rendement en racines tubéreuses dépend non seulement de la présence ou l'absence d'infection des tiges utilisées comme matériel végétal pour la plantation de la culture, mais plutôt de la sévérité initiale de la maladie dans les champs où les boutures ont été prélevées.

Des observations ultérieures à l'INERA (Lutete, 2009 ; Tata-Hangy *et al.*, 2009) avaient confirmé ces résultats. Tata-Hangy *et al.* (2009) avaient également observé la tendance similaire du développement de la mosaïque et de son impact sur le rendement en racines tubéreuses fraîches. L'utilisation des boutures saines bien sélectionnées avait considérablement retardé l'infection primaire des plantes et aussi réduit sensiblement l'évolution et l'incidence de la maladie.

Les effets de sélection préalable des boutures étaient plus visibles sur les variétés résistantes que sur la variété locale qui est sensible et sur laquelle le développement de la maladie était également plus rapide. En plus de cela, l'usage des boutures saines avait

Tableau 5.14. Influence du niveau d'infection de la mosaïque dans le matériel de plantation sur l'incidence et la sévérité dans le champ, ainsi que la croissance et le rendement du manioc.

Sévérité de la mosaïque dans le matériel de plantation	Sévérité à		% Plantes malades à		Hauteur des plantes (m) à		Rendement en racines tubéreuses fraîches (t/ha)
	3 mois	6 mois	3 mois	6 mois	3 mois	6 mois	
1	2.0	1.9	80.0	68.0	2.20	2.33	25.1
2	2.7	2.8	88.0	96.0	2.03	2.29	23.7
3	3.1	3.1	99.0	100	1.62	1.91	17.8
4	3.5	3.8	100	100	1.56	2.04	17.9
5	3.6	4.0	100	100	1.51	1.92	10.1
ppds (0.05)*	0.4	0.4	4.0	3.0	0.38	0.31	7.9

Moyennes de 4 répétitions

*ppds= plus petites différences significatives (Source: Muimba et Phuti, 1987)

sensiblement amélioré la croissance des plants et le rendement en racines tubéreuses sur toutes les trois variétés ayant une différence de tolérance à la maladie. Une augmentation de l'ordre de 58 à 63% du rendement était observée pour des variétés RAV et Mahungu (résistantes) quand les boutures saines étaient utilisées en comparaison des boutures tout venantes. L'augmentation de rendement, pourtant significative (30,7%) sur les plantes provenant des boutures saines vis-à-vis les plantes des boutures non triées à l'avance, n'avait pas été spectaculaire sur la variété locale.

Cycle de la maladie et distribution

Des études de Leuschner et Teri (1976) à l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) au Nigéria avaient montré que la fréquence de la mosaïque dans le champ du manioc est en rapport avec la quantité d'inoculum viral qui, à son tour, dépend du nombre et de l'activité du vecteur *Bemisia tabaci*. Néanmoins, comme le manioc est une des cultures propagées végétativement, il est susceptible et constamment exposé à l'infection du virus. L'infestation des plantes par l'aleurode varie avec le degré de résistance des plants individuels. Toutefois, les conditions atmosphériques apparemment les plus favorables à la multiplication et à l'activité des aleurodes sont des précipitations pluviales mensuelles de 150 à 280 mm, des températures de l'ordre de 27 à 32°C et une irradiation solaire de 400 g-cal/cm² (Leuschner, 1978). Hahn *et al.* (1980) au Nigeria, Bock (1994a) dans le littoral et l'ouest du Kenya et Fargette *et al.* (1994) en Côte d'Ivoire ont trouvé que la maladie était généralement plus grave dans les zones à fortes précipitations mais aussi ayant des températures ambiantes oscillant entre 20 et 30°C.

Au Kongo Central, d'autres essais ont montré qu'il n'y avait pas de différences entre les clones de manioc sensibles et résistants à ACMV dans la préférence d'alimentation ou les taux d'accumulation de la population de l'aleurode (PRONAM, 1982). La distribution de la maladie dans le champ était principalement liée à la proportion des tiges infectées initialement et qui sont utilisées comme matériel de plantation. Certains clones de manioc

très résistants à ACMV au Nigeria étaient très sensibles à la maladie à Mvuazi (Kongo Central). L'expression des symptômes typiques de la mosaïque dans l'environnement en RD Congo semblait aussi être totalement différente à celle observée au Nigeria, dénotant déjà à cette époque qu'il pouvait y avoir des différences dans des souches virales de la mosaïque du manioc entre les deux pays.

Dixon *et al.* (2000) ont indiqué, à propos de l'état actuel de la culture du manioc dans le Kongo Central, à Kinshasa ainsi qu'au Bandundu et au Katanga, que les agriculteurs subissent en effet de graves pertes de leur production en grande partie dues aux ravageurs et maladies. En conséquence, les prix des produits de manioc y compris les feuilles augmentent toujours de façon spectaculaire. Alors qu'un complexe de ravageurs et de maladies a été mis en cause, le principal obstacle semble être la mosaïque du manioc sévère qui sévit un peu partout. Plusieurs agriculteurs ont aussi signalé une forte augmentation de la gravité de cette maladie en particulier au cours de ces dernières années et la considéraient comme la contrainte la plus répandue et dommageable du manioc dans le pays. En général, l'état sanitaire global des plantations de manioc observé était très pauvre en comparaison de celui dans d'autres grands pays producteurs de manioc en Afrique. Les symptômes graves de la maladie ont été observés dans le Plateau de Batéké, à Kinshasa et au Kongo Central. Les symptômes sur la variété Sedi (mosaïque sévère et retard de croissance prononcé) au Plateau de Batéké étaient identiques à ceux associés à la pandémie de la mosaïque en Afrique de l'Est.

La variété *F100*, auparavant considérée comme résistante à la maladie, a été attaquée à 100% dans le Bas-Fleuve ainsi que tous les autres cultivars de manioc dans les champs, peut être suite à la présence d'une autre souche virale et des conditions environnementales favorables au développement de la maladie. De même, Kalonji *et al.* (2009) avait observé que l'incidence de la maladie variait d'une localité à une autre dans certains champs au Kongo Central et à Kinshasa. Elle était faible variant de 4 à 8% et une cote de sévérité équivalant à 2 à Mawunzi. A Boko dans le Kongo Central, l'incidence variait de 17 à 48% mais la cote de sévérité équivalait à 2 seulement alors que dans les champs dans la contrée de Lufu-Toto l'incidence et la sévérité de la maladie étaient trop élevées quel que soit l'âge des plantes, l'incidence variant de 45.5 à 100%, 70.8 à 100% et 70.9 à 100% dans les plantations âgées de 1, 6 et 9 mois, respectivement. Plus récemment encore dans l'ancienne province du Kasai Oriental, Muengula-Manyi *et al.* (2012) ont observé que la mosaïque était présente dans plusieurs champs avec d'importantes différences dans l'incidence de la maladie entre les sites et les cultivars utilisés par les fermiers (Tableau 5.15).

La mosaïque causée par le virus hybride entre ACMV et EACMV

La nature endémique de la mosaïque associée à une forme particulièrement grave de la maladie s'est produite en Afrique de l'Est en particulier en Ouganda (Gibson *et al.*, 1996 ; Harrison *et al.*, 1997). Cette maladie en Ouganda est associée à un autre type de geminivirus distinct à la fois de l'ACMV et la mosaïque caractéristique de l'Afrique de l'Est dénommé d'abord comme EACMV et ensuite comme une variante de l'Ouganda (UgV) (Zhu *et al.*, 1997). L'épidémie de cette maladie du manioc en Ouganda est en train d'étendre sa gamme au-delà des frontières de ce pays mettant ainsi d'autres pays voisins dans la région à risque (Legg *et al.*, 1998). Ce virus qui est apparu comme hybride entre ACMV et EACMV a été aussi signalé au Kenya, Tanzanie, Soudan et en

Tableau 5.15. Incidence (%), sévérité et gravité (%) de la mosaïque, et le nombre des mouches blanches (*Bemisia tabaci*) par site en saison de plantation de 2009 à Ngandajika, ancienne province du Kasai Oriental, RD Congo.

Saison de plantation	Localité	Incidence (%)	Sévérité (1-5)	Gravité (%)	Nombre de <i>B. tabaci</i> par plante
2009	Mpasu sanda	46.6	3.0	39.7	0.45
	Mpemba nzeo	61.7	2.7	53.6	0.84
	Kaniaka	71.1	2.9	66.2	1.16
	Mulamba 2	54.1	3.1	43.3	0.67
	Mande intérieur	53.3	2.9	49.9	0.40
	Luanga	65.6	2.7	59.2	0.34
	Nsona shabanza	61.6	2.9	58.1	0.42
	Mpiana	76.6	2.6	63.4	0.6
	Yamba	53.3	2.7	47.7	0.59
	Bena Cilewu	57.9	2.9	56.0	0.79
	Moyenne ± ES	58.3 ± 3.25	2.8 ± 0.05	52.0 ± 3.02	0.61 ± 0.07
	<i>ppds</i> ($P \geq 0.05$)	8.9	0.4	7.8	0.5

RD Congo (Hillocks et Thresh, 2000). Ces chercheurs avaient également signalé que tous ces différents virus ont des propriétés communes et sont tous membres de la Famille nouvellement créée : Geminiviridae; Genre: Begomovirus (membre typique, virus de la mosaïque dorée du haricot) et que chacun des geminivirus de la mosaïque du manioc (CMGs) peut induire la mosaïque et ils sont certains que la combinaison des plusieurs virus pourra encore entraîner plus de dégâts qu'une infection individuelle.

Distribution

La propagation d'une forme sévère de la mosaïque à partir de l'Ouganda dans les pays avoisinants de la région des Grands Lacs et au-delà a été signalée par Gibson (1996), ce qui avait entraîné à la classification de l'occurrence globale de ce fléau comme une pandémie (Otim-Nape *et al.*, 1997). Des études moléculaires de caractérisation des virus présents dans la zone avaient indiqué la présence d'une variante recombinante de geminivirus (CMG), le virus de la mosaïque Africaine de l'Est d'Afrique particulièrement de l'Ouganda (EACMV-UG) (Zhou *et al.*, 1997), ainsi que l'apparition d'une infection mélangée de EACMV-UG et ACMV (Ogbe *et al.*, 1997 ; Pita *et al.*, 2001).

Des observations de Dixon *et al.* (2000), il semblerait qu'il y avait l'apparition de deux types de symptômes ACMV graves et léger sur les différentes plantes de la même variété en RD Congo et cela avait suggéré que plus d'un virus de la mosaïque du manioc et / ou des mélanges de virus se produisent à l'ouest du pays. Plusieurs échantillons de virus ont été recueillis pour en extraire l'ADN afin d'évaluer leur différence à l'IITA et en Ouganda.

Dès que ceux-ci seront disponibles, elles seront communiquées aux partenaires de la RD Congo. Néanmoins, des symptômes de la mosaïque paraissaient être exacerbés par la teigne verte dans la plupart des champs, et ils étaient également trop élevés par suite de la récolte continue des pousses de manioc pour la consommation comme légume. Il était évident qu'il y avait au pays d'autres contraintes nouvelles et inquiétantes pour la production de manioc nécessitant une attention particulièrement urgente.

Importance

La pandémie de la mosaïque de l'Est d'Afrique avait étendu son aire de distribution dans plusieurs autres pays vers l'an 2005 causant des pertes annuelles de la culture estimées à plus de 13 millions de tonnes (Legg *et al.*, 1998 ; Legg *et al.*, 2011). Des réductions de rendement allant jusqu'à environ 82% ont été rapportées en particulier lorsque les plants de manioc sont co-infectés avec ACMV et EACMV (Owor *et al.*, 2005). Par la suite, le Groupe Consultatif sur le Manioc (2000) en RDC avait aussi indiqué qu'on avait enregistré ces dernières années un net recul de la production annuelle de manioc dans le pays (de 19,4 millions de tonnes en 1995 à 15,9 millions de tonnes en l'an 2000) et plusieurs cas de famine et de graves pénuries alimentaires ont eu lieu dans certaines régions du pays. Des enquêtes effectuées entre 1999 et 2000 pour établir la cause de cette réduction ont montré une situation phytosanitaire alarmante de la culture dans l'ouest et l'est du pays et des signes préoccupants de la présence et propagation d'un nouveau virus extrêmement virulent (mosaïque du manioc) comme celui qui avait détruit la production de la culture en Afrique de l'Est.

Plus tard encore, des enquêtes supplémentaires de diagnostic ont été menées par Tata Hangy *et al.* (2007). Elles étaient financées par le projet de lutte pour la crise alimentaire de IITA/CRS et mises en œuvre dans le cadre de collaboration entre l'IITA, l'INERA et le ministère de l'agriculture en RD Congo. L'objectif de ces enquêtes était pour établir la situation de la mosaïque dans certaines provinces de l'Est au vu de la virulence et la gravité pandémie de la maladie de l'Afrique de l'Est et Centrale par suite des souches recombinantes virulentes (ACMV et EACMVUG) déjà probablement enregistrées dans le pays (Neuenschwander *et al.*, 2002). Cependant, ces résultats ont été obtenus à partir des provinces de l'Ouest de Kinshasa et du Kongo Central bien qu'il n'existait jusqu'à ce jour aucune information sur la présence de cette maladie à l'Est de la RD Congo. Tata-Hangy *et al.* (2007) ont trouvé que l'incidence de la maladie était faible à élever, allant de 35% -95,3%, la plus forte incidence étant de 95,3% à Uvira et le plus bas (35%) à Goma (Tableau 5). L'incidence moyenne globale de la maladie pour tous les districts était de 58,8%. Le taux d'infection dû à l'utilisation des boutures malades était plus élevé à Masisi (70,5%) et plus bas à Goma (31,7%) avec une moyenne globale de 51,4%. L'infection provenant de l'alimentation de l'aleurode sur le manioc était plus élevée à Uvira (38,6%) et plus faible dans le Masisi (0,5%). La gravité de la maladie était en général trop élevée (3,4). L'infection moyenne résultant de la mouche blanche était la plus élevée à Rutshuru (8,2) et la plus faible à Goma (0,02). L'incidence de la bactériose était élevée dans l'extrême nord de la province du Kivu avec une incidence élevée à Lubero (55,3%) et moindre à Rutshuru (10,3%). L'incidence globale de CBB a été de 10,7% et la gravité moyenne était de 2,5 pour les trois districts où elle s'était développée. La gravité moyenne des dégâts dus à l'aleurode a été faible dans chacun des cinq districts avec une moyenne d'environ 2,3.

Sur les 134 échantillons analysés, 109 ont donné des résultats positifs pour la présence de l'ACMV, EACMV-UG2 et ACMV + EACMV-UG2, respectivement. EACMV n'a été détecté dans aucun des échantillons, mais l'infection de ACMV+ EACMV-UG2 était plus fréquente surtout à Beni, Lubero et au Rutshuru (Tableau 5.16). La comparaison de ces résultats de l'enquête avec d'autres observations antérieures à l'Est démontre bien une forte tendance à la réduction de l'incidence d'ACMV et l'augmentation de l'incidence EACMV-UG dans toutes les zones touchées par la pandémie de la maladie (Tableau 5.17). La gravité et l'incidence variaient considérablement entre les variétés avec une moyenne globale de 59%. L'infestation de l'acarien vert était plus élevée pour Naihunde et moins pour Ndoliro et Kivarua (2,1). La prévalence de *T. aripo* (insecte utilisé pour la lutte biologique) était presque négligeable sur toutes les variétés. La moyenne de l'abondance de l'aleurode était très élevée pour d'autres cultivars améliorés (18,3) et moins pour Nabizonza (0,3). Aussi, la comparaison des données de 2006 avec des enquêtes de 2003 montre une augmentation générale de la gravité de la mosaïque (3,0 à 3,5) et d'une diminution de son incidence de 78% à 60%.

Moyen de lutte contre la mosaïque du manioc

Utilisation des variétés résistantes

Depuis bien longtemps, il était admis que certaines variétés de manioc présentent une résistance acceptable à la mosaïque considérant qu'elles subissent peu ou pas de dégâts si elles sont affectées. Des telles variétés sont généralement utilisées comme moyen approprié pour lutter contre la maladie (Dixon *et al.*, 1996 ; Muimba-Kankolongo *et al.*, 2005). Malheureusement, elles ne sont toujours pas disponibles partout et dans certains cas, elles ne possèdent pas des qualités gustatives souvent recherchées par les cultivateurs et les consommateurs. Ceci expliquera donc l'utilisation encore à grande échelle des variétés sensibles et non productrices, surtout dans les régions où la mosaïque n'est pas prévalente ou un sérieux problème et où il n'est pas indispensable d'adopter des cultivars résistants.

L'utilisation d'insecticides pour lutter contre la mouche blanche est très limitée. Cette pratique est en fait inadéquate pour le manioc qui est largement planté comme culture de subsistance surtout pour les feuilles. Néanmoins, il est établi que seulement une attention restreinte est attribuée à l'utilisation d'autres moyens de lutte possibles comme la culture intercalaire, se débarrasser des débris de cultures ou aussi la manipulation des temps de plantation pour réduire le danger d'infection par le virus (Thresh et Otim-Nape, 1994). Ces méthodes devront toutefois être envisagées dans la recherche courante des solutions adéquates pour la protection intégrée de la culture mettant à profit l'utilisation la plus effective des moyens phytosanitaires et des variétés résistantes pour diminuer l'impact de la maladie (Hillocks, 1997).

C'est en fait au moment où Lutaladio et Ezumah (1980) à la station de l'INERA-Mvuazi dans le Kongo Central avaient constaté que l'incidence de ACMV augmentait de manière significative en mesure que des feuilles de manioc étaient fréquemment récoltées (Tableau 5.18); que la récolte des feuilles a été testée et confirmée une méthode de dépistage fiable pour la réaction à la maladie en RD Congo. L'écimage de la partie au sommet des plantes favorise la manifestation forte de la mosaïque sur les nouvelles repousses. Les jeunes feuilles sont sévèrement affectées par la maladie mais les symptômes diminuent à

Tableau 5.16. Apparition des virus de la mosaïque du manioc dans 10 districts de l'Est de la République Démocratique du Congo

District	ACMV	EACMV-UG	ACMV+EACMV-UG	Total
Kabare	2 (20.0%)	6 (60.0%)	2 (20.0%)	10 (100%)
Uvira	0 (0.0%)	1 (20.0%)	4 (80.0%)	5 (100%)
Fizi	0 (0.0%)	4 (66.7%)	2 (33.3 %)	6 (100%)
Walungu	0 (0.0%)	2 (66.7%)	1 (33.3%)	3 (100%)
Kalehe	1 (11.1%)	5 (55.6%)	3 (33.3%)	9 (100%)
Goma	0 (0.0%)	0 (0.0%)	2 (100.0%)	2 (100%)
Masisi	0 (0.0%)	4 (57.1%)	3 (42.9%)	7 (100%)
Rutshuru	1 (8.3%)	5 (41.7%)	6 (50.0%)	12 (100%)
Lubero	1 (4.2%)	5 (20.8%)	18 (75.0%)	24 (100%)
Beni	0 (0.0%)	11 (35.5%)	20 (64.5%)	31 (100%)
Total	5 (4.4%)	43 (42.4%)	61 (53.2%)	109 (100%)

Source : Tata-Hangy et al. (2007)

Tableau 5.17. Trois années de comparaison de l'état des ravageurs, maladies et virus à l'Est de la République Démocratique du Congo

Paramètre	2003	2004	2006
Sévérité CMD	3.0	3.0	3.5
Inc CMD. (%)	50	78	60
Sévérité CGM	-	2.6	2.5
<i>T. aripo</i> (%)	-	0.0	1.4
Inc. ACMV. (%)	66.7	49.5	4.4
Inc. EACMV-UG (%)	8.9	19.8	42.4
ACMV+ EACMV-UG (%)	24.4	30.7	53.2
<u>EACMV Inc. (%)</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>	<u>0.0</u>

Source : Tata-Hangy et al. 2007)

mesure que les plantes avancent en âge. La sensibilité décroissante à ACMV avec l'âge est une caractéristique générale des plants de manioc (Fargette *et al.*, 1994). Dans leur étude, ils ont constaté une diminution constante dans la propagation et le développement de la maladie sur les plants de manioc âgés. Cette diminution peut être attribuée à l'âge physiologique des plantes, qui à son tour n'attire pas les aleurodes pour l'alimentation à cause du manque de la plupart des nutriments dans les feuilles qui ont été détournés pour la formation des racines tubéreuses (Legg, 1994). Fauquet et Fargette (1990) ont également signalé qu'en général jusqu'à 95% d'aleurodes adultes sont confinées aux tissus jeunes des plantes de manioc.

Tableau 5.18. Rendements en racines tubéreuses frais et cote de résistance aux maladies pour les différentes variétés de manioc, Mvuazi, 1975.

Nom de la variété	No. d'identification	Rendement t/ha	Qualité	Résistance (cotes)		
				Mosaïque	Bactériose	Anthracnose
PRONAM-1	30555/3	31.4	Bonne	2	1	3
PRONAM-2	A56	28.6	Bonne	2	2	2
PRONAM-3	30033/1	24.9	Bonne	3	2	2
PRONAM-4	30179/2	26.6	Bonne	2	2	2
<u>PRONAM-5</u>	<u>30697/272</u>	<u>21.2</u>	<u>Bonne</u>	1	1	2
No. de série						
PRONERA-1 ^a	02864	20.7	Bonne	3	2	3
PRONERA-2	154	17.8	Bonne	3	3	2
PRONERA-3	108	22.7	Bonne	2	3	3
PRONERA-4	40	19.2	Bonne	3	2	2
PRONERA-5	45	23.1	Bonne	3	3	3
<u>PRONERA-6</u>	<u>146</u>	<u>15.8</u>	<u>Bonne</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>2</u>

^aD'après la moyenne de 3 années à deux endroits et la moyenne de 5 années à deux endroits (Source: Ezumah, 1980).

Comme l'écimage accélère l'apparition des symptômes de la mosaïque dans les jeunes pousses de manioc, la pratique était adoptée comme base de l'évaluation de la tolérance pour ACMV au PRONAM (Pacumbaba, 1987b). Dans les champs de dépistage, l'écimage des pousses de manioc infectées par ACMV fut alors recommandé pour la sélection de la tolérance au virus. Un écimage des pousses des plantes était suffisant pour distinguer le plus rapidement le niveau de tolérance à la maladie de façon fiable. Sur environ 521 lignées qui ont été testées initialement par exemple, une seule seulement a été trouvée tolérante, tandis que 144 lignées étaient jugées modérément tolérantes. Par la suite, des efforts considérables ont été consacrés à la mise au point de variétés résistantes à la maladie et ayant un bon rendement ainsi que pouvant s'adapter à une gamme des conditions agroécologiques du pays afin d'améliorer la sécurité alimentaire.

Les plants qui sont sélectionnés comme résistants à la mosaïque dans la pépinière sont ensuite replantés les saisons suivantes comme clones dans les divers essais pour confirmer la résistance à l'infection naturelle et ces essais à cette fin sont poursuivis pour plusieurs années jusqu'aux essais avancés et en différents milieux ayant les conditions caractéristiques à celles où les variétés sélectionnées seront utilisées par les fermiers. Les résultats des exercices de sélection initiaux (Tableau 7) ont indiqué que la résistance à la mosaïque et à la brûlure bactérienne du manioc, développée à l'IITA, s'était maintenue encore dans les conditions de Mvuazi dans le Kongo Central. Plusieurs clones de manioc ont été sélectionnés pour un bon niveau de résistance à ACMV dès les pépinières de semences aux stades avancés de sélection tels que dans les essais uniformes de rendement. Souvent, comme l'évaluation progressait, la plupart des clones obtenus n'expriment aucun signe de la maladie.

Méthodes culturelles

a. Sélection des boutures saines

Souvent, la qualité du matériel végétal de plantation favorise la stabilité du rendement de manioc et dépend des conditions environnementales propices pour la culture. Les boutures de manioc ayant une vigueur suffisante et qui sont saines des maladies constituent un facteur important dans la production de manioc alors que des boutures atteintes des diverses maladies diminuent généralement le potentiel génétique de la culture. L'augmentation croissante de la superficie totale en culture du manioc et plus particulièrement avec les variétés améliorées nécessite un suivi régulier des champs et des parcelles de multiplication pour assurer l'état sanitaire des boutures. Ceci nécessite donc l'application des mesures d'hygiène de la culture par l'épuration continue des plantes qui deviennent malades et faire en sorte que les boutures non infectées avec ACMV soient utilisées pour planter de nouveaux champs. Cette approche renforce considérablement la vigueur des plantes et améliore la santé de la culture. La gestion globale de matériel de plantation sain pourra aussi constituer la base d'un programme de formation dans le pays pour les agriculteurs et les agents de vulgarisation dans les principes de la multiplication rapide du manioc.

Néanmoins, cette approche qui est la plus efficace pour le contrôle de la mosaïque, est rarement utilisée par la majorité des agriculteurs paysans lors de l'établissement des nouvelles plantations. Par mégarde, les boutures infectées de la maladie sont régulièrement utilisées partout par les planteurs malgré des multiples avantages qu'ils peuvent bénéficier si la sélection des matériels de plantation est appliquée (Thresh *et al.*, 1998b). La sélection des boutures est très facile et effective surtout si les plantes mères sont vigoureuses et ont des symptômes bien visibles. Cependant, les difficultés peuvent survenir si les plantes sont résistantes à la maladie, ont des symptômes discrets et si leurs feuilles sont tombées ou endommagées par suite de la sécheresse ou d'autres dégâts d'arthropodes. Plus encore, on rencontre d'énormes confusions si les feuilles sont décolorées ou déformées à la suite de la carence minérale comme pour le zinc ou autres minerais. La participation des agriculteurs à la sélection de matériel végétal sain d'ACMV devra être encouragée. Lutete (2009), a signalé un effort particulier de la FAO depuis 2001 pour assister le Gouvernement de la RD Congo dans la mobilisation des partenaires afin de promouvoir la production du manioc à travers plusieurs initiatives d'urgence, notamment la réhabilitation visant entre autres à lutter contre la mosaïque par l'introduction des nouvelles variétés résistantes, la multiplication et la distribution des boutures saines de plantation auprès des ménages agricoles et le renforcement des capacités des bénéficiaires des boutures sur la maintenance du matériel sain de plantation de manioc à travers le pays.

b. L'épuration des plantes infectées dans les champs

Comme Thresh (1988) l'avait signalé, l'épuration des plantes malades de mosaïque dans les champs constitue également un moyen bien connu d'une large applicabilité pour le contrôle de la maladie. Il est généralement admis que l'épuration devrait être aussi adoptée comme un moyen essentiel d'éradication de la maladie bien que certaines pertes inévitables puissent être encourues lors des opérations d'épuration. Guthrie (1990) souligne que des régimes d'épuration rigoureux sont justifiés et qu'il convient d'inspecter

au moins une fois par semaine les plantations dans les premiers deux à trois mois de croissance, afin de dénicher et enlever toutes les plantes infectées. Mais, la situation est très différente chez les agriculteurs qui ont d'autres considérations et qui affichent une réticence générale d'enlever toutes les plantes qui pourront aussi contribuer au rendement du champ. C'est le cas des fermiers en RD Congo pour lesquels les feuilles de manioc infectées de mosaïque sont estimées être de bonne qualité pour la consommation comme légume (Dixon *et al.*, 2000).

Toutefois, une épuration fréquente n'est certainement pas justifiée lorsqu'il y a peu de propagation d'ACMV dans le champ par le vecteur, la mouche blanche (Thresh, 1988). Il avait en outre indiqué que l'épuration est inappropriée et inefficace et souvent conduit à une diminution progressive et inacceptable de la population des plantes dans le champ dans les zones de haute pression de l'inoculum où la propagation de la maladie est rapide comme les études en Côte d'Ivoire, au Kenya et en Ouganda l'ont démontrée (Bock, 1983; Fargette *et al.*, 1990; Otim-Nape, 1993). La propagation de la maladie se fait principalement entre les plantations de manioc et pas à partir des foyers internes, suggérant que la pratique pourra avoir peu d'effet et de bénéfice dans certains cas, mais aussi conduire à la diminution de risque de propagation de la maladie à d'autres plantations à proximité. De cela, on pourra déduire que l'épuration est susceptible d'être plus efficace quand elle est pratiquée par des groupes d'agriculteurs ou aussi sur toute une localité entière. La mise en œuvre des protocoles d'assainissement de coupe appropriés par le personnel national qualifié comme des vulgarisateurs et les agriculteurs progressistes pourra augmenter la production de manioc par l'amélioration de la vigueur des plantes et réduction des parasites et des maladies. Des agents de vulgarisation et des agriculteurs devront être formés pour acquérir des connaissances et compétences dans l'identification des maladies ainsi que les critères de sélection des matériaux de plantation susceptibles d'être transférés par les boutures. Les techniques de manipulation et de gestion appropriées des boutures constitueront enfin une base sur laquelle la multiplication rapide et la distribution des boutures saines seront basées.

La Striure Brune du Manioc

La striure brune du manioc (CBSV) a été décrite pour la première fois par Storey (1936) qui l'avait localisée dans les contreforts de la montagne d'Usumbara au Tanganyika actuellement Tanzanie. Plus tard, Nichols (1950) l'avait signalée comme étant une maladie endémique dans toutes les zones côtières de production du manioc de l'Afrique de l'Est allant de la frontière Nord-Est du Kenya au Mozambique et qu'elle était très répandue dans le Nyassaland actuellement Malawi. Des prospections ultérieures (Sweetmore, 1994 ; Hillocks *et al.*, 1996; 1998; Hillocks, 1997; Legg et Raya, 1998) ont encore mis en évidence sa répartition plus étendue en Tanzanie et au Malawi. Les enquêtes menées au Mozambique en 1999 ont révélé que la striure brune du manioc était répandue dans deux provinces notamment à Zambèze et à Nampula (R. Hillocks, J.M. Thresh, J. Tomas et R. Xavier, Rapport non publié). Dans la partie australe de la Tanzanie, cette maladie est prévalente aux altitudes en dessous de 300 m, peu commune entre 300 et 700 m et rare au-delà de 700 m d'altitude où la propagation naturelle par la mouche blanche ne prend pas place. CBSV est également endémique en Ouganda (Calvert et Thresh, 2002) et est considérée comme étant une menace majeure pour la sécurité alimentaire dans les zones les plus touchées de la côte de l'Afrique orientale et australe.

Bien que CBSV a été reconnue dans la zone côtière d'Afrique de l'Est depuis les années 1930 (Storey, 1936), c'est seulement ces dernières années que ses flambées se sont produites dans les zones de hautes altitudes de la région des Grands Lacs (Alicai *et al.*, 2007), y compris les régions de l'Ouganda, ouest du Kenya et le nord-ouest de Tanzanie (Mbanzibwa *et al.* 2011 ; Adam *et al.*, 2012).

Plus récemment, l'apparition de CBSV a été confirmée au Burundi (Bigirimana *et al.*, 2011), avec d'informations non publiées de son apparition au Rwanda et la RD Congo où elle constitue actuellement une contrainte majeure à la production du manioc. En RD Congo, CBSV fut signalée pour la première fois dans les localités de Tshela, Gimbi et Kisantu dans la province du Kongo Central, et dans les zones périphériques de la ville de Kinshasa plus précisément au plateau des Batéké (Mahungu *et al.*, 2003) qui fut nommée maladie semblable à la CBSD quoique le virus de CBSD n'était pas diagnostiqué. Plus tard, elle a été signalée dans le territoire de Mbanza-Ngungu. Toutefois, après des minutieuses analyses, Bakelana *et al.*, (2019) confirment que la maladie comme la CBSD (CBSD-like) est un complexe de nécroses racinaires dues aux bactéries et champignons. En 2011, des symptômes foliaires caractéristiques à CBSV ont été également observés dans plusieurs champs de manioc du cultivar *Mayombe* (MM96/7752) destinés à la production de matériel de plantation dans le village Vuyinga, district de Lubero et dans un champ dans le district de Beni, province du Nord-Kivu à l'est de la RD Congo (Mulimbi *et al.*, 2012). Des analyses de laboratoire effectuées des échantillons de feuilles des plantes atteintes tel que décrit par Adams *et al.* (2012) ont confirmé la présence de la souche Ougandaise de CBSV (GenBank N° JX291144), constituant ainsi la première confirmation de cette maladie du manioc sur le territoire congolais.

Symptomatologie

La striure brune du manioc affecte tous les organes de la plante en développant différents types des symptômes. Les syndromes qui sont engendrés varient considérablement suivant les conditions environnementales, le stade de croissance de la culture, la période d'infection et la sensibilité du cultivar. La mosaïque et la striure brune du manioc entraînent toutes les deux la marbrure chlorotique des feuilles bien que les symptômes dus à ces maladies soient très distincts lorsque chacune se développe séparément (Fig. 5.28). Dans certaines conditions environnementales non encore identifiées, les symptômes foliaires dus à CBSV peuvent être inexistantes sur les plantes qui sont atteintes et ce phénomène est courant surtout sur les feuilles qui sont nouvellement formées après une défoliation due à la sécheresse.

Symptômes foliaires

Nichols (1950) avait distingué deux types de symptômes foliaires associés à la maladie :

Les symptômes foliaires : (Type 1) – Dès que la plante est atteinte, le premier symptôme qui apparaît est une chlorose le long des bordures des nervures secondaires. Elle s'étend peu après aux nervures tertiaires et peut finalement se développer en panachure chlorotique.

Les symptômes foliaires : (Type 2) – Ceux-ci apparaissent entre les nervures principales par une chlorose en plage circulaire rugueuse qui n'est pourtant pas clairement associée aux nervures (Fig. 5.28). Dans le stade le plus avancé de la maladie, presque tout le limbe de la

feuille est affecté. Les feuilles ainsi atteintes restent néanmoins attachées à la plante pendant quelques semaines. Ces symptômes ne se rencontrent pas sur les feuilles nouvellement formées surtout pendant les périodes chaudes. C'est ce type qui est le plus commun et pour lequel les plus petites feuilles des plantes gravement affectées présentent un aspect pouvant être bien distingué des symptômes observés sur les jeunes feuilles étendues (Hillocks et Thresh, 1998).

Symptômes des tiges

Comme pour les feuilles, les symptômes se développant sur les tiges varient aussi et diffèrent surtout selon le cultivar. Ils apparaissent seulement quand la maladie est plus avancée jusqu'à affecter les racines tubéreuses qui deviennent peu favorables pour la consommation. On peut observer à la surface des tissus verts des tiges qui sont encore jeunes des lésions de couleur violette à brune qui semblent s'engouffrer dans le tissu cortical par suite de lacération de l'écorce (Fig. 5.28). Des lésions nécrotiques se développent par la suite dans les cicatrices laissées par la chute des feuilles à cause de la sénescence naturelle. Ces lésions fusionnent provoquant la mort des bourgeons axillaires dormants. Il s'ensuit un rétrécissement généralisé des entrenœuds, une destruction des tissus dans les entrenœuds ainsi que la nécrose des parties apicales des branches vers le bas et éventuellement la nécrose apicale de la plante (Fig. 5.28).

Dégradation des racines tubéreuses

Pour certaines variétés, des malformations des racines tubéreuses sont caractéristiques de la striure brune et elles constituent un composant le plus destructif de tous les syndromes. Souvent, ces manifestations sont remarquées après l'attaque des feuilles, et la période de développement de ces symptômes sur les racines tubéreuses varie selon le cultivar. Hillocks et al. (1996) ont observé que les symptômes de la maladie deviennent apparents sur les racines tubéreuses de certaines variétés qu'à partir de plus de 8 mois après l'attaque des feuilles, mais ces symptômes sont pourtant évidents sur les racines tubéreuses des plantes des variétés les plus sensibles et qui sont issues des boutures atteintes à partir d'environ 5 mois après plantation (R. Hillocks et M. Raya, Rapport non publié).

Généralement les symptômes des racines tubéreuses sont très variables. Souvent, il se produit dans la partie superficielle un rétrécissement radial et/ou la présence des trous dans les racines tubéreuses ainsi que des déchirures sur la surface de l'écorce (Fig. 5.28). Les tissus aux alentours de ces crevasses deviennent d'une coloration brune à noire alors qu'en dessous les tissus corticaux sont tous, à ce moment, complètement nécrosés. A l'intérieur des racines tubéreuses affectées plus particulièrement dans les tissus amylacés se développent souvent une chlorose jaunâtre à brunâtre et une nécrose en forme de liège (Fig. 5.28) qui sont parfois caractérisées par la présence des striures de couleur bleuâtre à noirâtre. Ces lésions restent néanmoins discrètes bien que pour les variétés sensibles presque tous les tissus amylacés peuvent être dégradés. La maladie s'étend progressivement dans tout le tubercule qui se décompose et pourrit surtout s'il y a une invasion d'autres parasites secondaires. Parfois, les racines tubéreuses atteintes apparaissent indemnes extérieurement et sans aucun signe visible de rétrécissement et de réduction en dimension alors que les tissus internes sont nécrosés (Fig. 5.28).

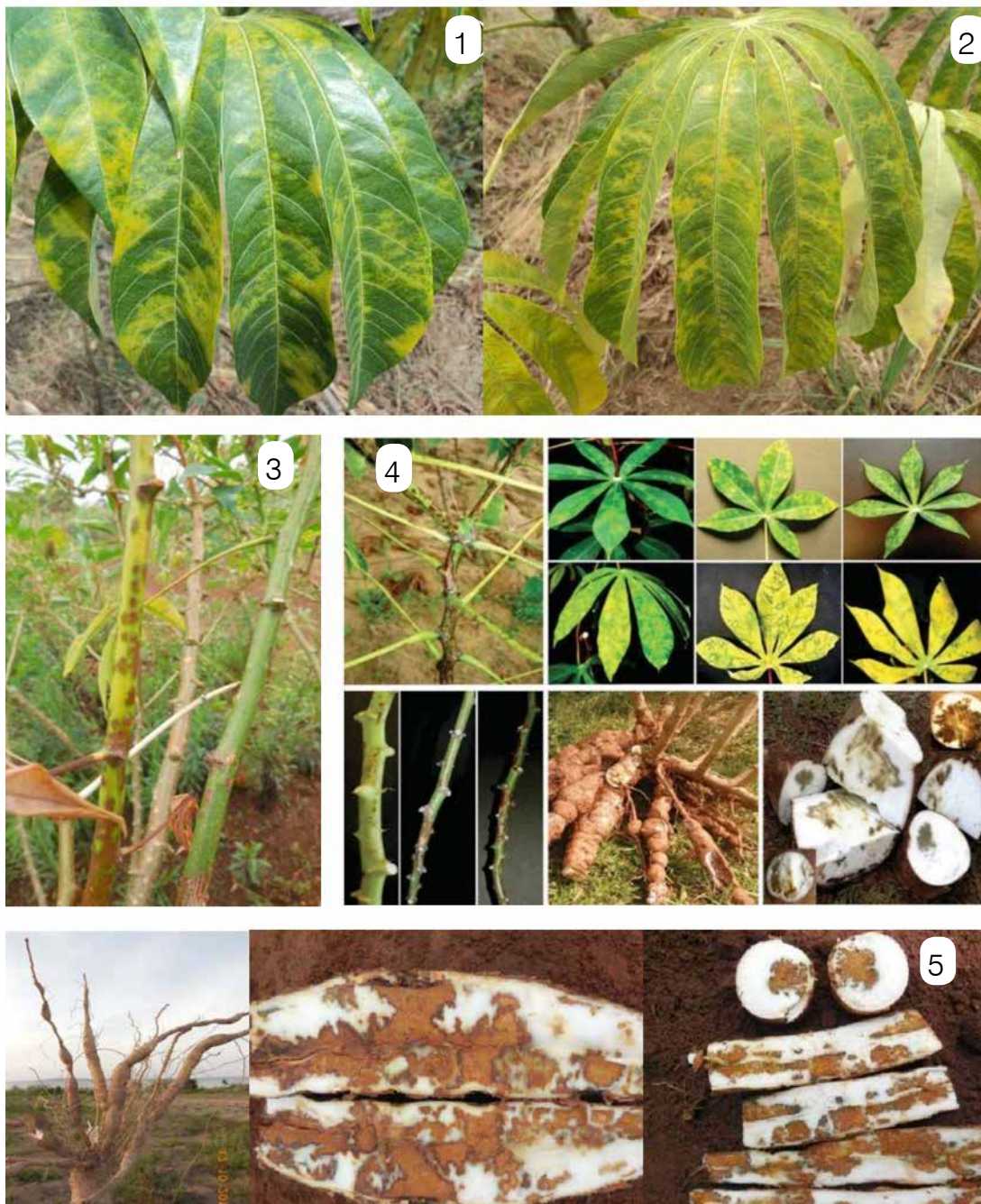


Figure 5.28. Les symptômes caractéristiques de la maladie de striure brune du manioc: **1** et **2** Une chlorose irrégulière à taches jaunes qui est plus prononcée sur les feuilles inférieures et souvent également associée aux veines foliaires secondaires et tertiaires; **3** des lésions nécrotiques sur la tige de manioc causées par la maladie; **4** symptômes de striure brune visibles sur différentes parties de la plante de manioc notamment des lésions nécrotiques sur les jeunes tiges, différents niveaux de chlorose plumeuse sur les feuilles, constriction à la surface racinaire ainsi que des nécroses radiculaires; et **5** constriction des racines et des ravines tubercules ainsi que la nécrose brune sèche et liégeuse des racines tubéreuses. (Source: Photos (1,2,3,5) Legg, 2014 et (4) Basavaprabhu *et al.*, 2015).

Agent causal

Depuis sa description initiale au cours des années 1930's, l'agent causal de la striure brune du manioc était toujours considéré comme un virus par suite de l'absence d'un pathogène visible (Storey, 1936 ; 1939; Hillocks et Thresh, 2000). Malgré ces hypothèses, une certaine incertitude persiste pendant plusieurs années au sujet de son identité. C'est seulement en 1986 que Lennon *et al.* (1986) réussirent à isoler des particules filamenteuses et allongées de 650 à 690 nm de long à partir d'échantillons infectés de *N. benthamiana* et conclu par la suite que des plantes malades étaient infectées par un nouveau virus ou aussi un complexe de deux virus dissemblables de la mosaïque. Les particules virales étaient ensuite décelées par des observations au microscope électronique des échantillons de feuilles infectées (Lennon *et al.*, 1986) mais, l'étiologie exacte de la maladie demeura néanmoins une spéculation jusqu'aux études de Harrison *et al.* (1995) qui confirment que les particules virales sont allongées et filamenteuses de 650-690 nm de long et contiennent des inclusions en forme de roue de fuseau caractéristique spécifique de Potyvirus. D'autres recherches à l'Université de Bristol au Royaume-Uni avaient aussi réussi à réaliser le clonage et la séquence du gène de la couche protéique du virus, démontrant ainsi que c'était un Ipomovirus, un potyvirus également transmis par la mouche blanche (G. Foster, Rapport non publié).

La taxonomie du virus de CBSV est alors provisoirement établie comme suivante : Phylum : ARN virus ; Classe : 1 (semblable aux virus de Picornia); Ordre: 2; Famille: Potyviridae; Genre: Ipomovirus (Membre typique: Virus de marbrure modérée de la patate douce); Espèce: Virus de la striure brune du manioc (CBSV). Comme Legg *et al.* (2009) l'ont souligné, l'amélioration dans le diagnostic de l'agent infectieux de CBSV sous les auspices de « Initiative manioc Grands Lacs (GLCI) » offre de grandes promesses pour faciliter le même niveau de surveillance qui est déjà en cours dans toute la région pour ACMV et qui devrait à son tour renforcer les efforts régionaux visant à atténuer la menace de CBSV. Néanmoins, Mbanzibwa *et al.* (2011) ont observé que la structure génomique de CBSV était longue et comprenait aussi un poly protéine 2912-2916 et cette constatation avait envisagé que la cause réelle de la maladie impliquerait deux souches différentes d'ipomoviruses (Winter *et al.* 2010 ; Mbanzibwa *et al.* 2011).

Transmission et propagation

Lister (1959) avait bien réussi la transmission de CBSV utilisant la sève issue des feuilles de manioc infectées aux autres plantes herbacées et les isolats issus de plantes hôtes infectées ont également réussi à retransmettre la maladie à des plants de manioc d'une variété sensible. Ces résultats furent confirmés plus tard par Bock *et al.*, (1978).

Dans les champs de manioc, CBSV est perpétuée par l'utilisation continuelle des boutures infectées, la transmission vectorielle et dans une certaine mesure par la transmission mécanique résultant du contact et frottement des plantes (Storey, 1936). En 1939, Storey (1939) avait également estimé que la maladie était causée par un virus aussi transmis par les insectes parmi lesquels le vecteur considéré probable était la mouche blanche (*Bemisia* spp.). Les observations de champs en Tanzanie ont établi que la dissémination considérable de la maladie a lieu entre les plantes alors que les essais de transmission de la maladie utilisant un mélange des populations des mouches blanches *B. tabaci* et *B. afer* étaient toujours sans succès. Au Kenya, Bock (1994) n'avait pas non plus réussi à transmettre la maladie lorsqu'il avait utilisé soit *B. tabaci*, agent vecteur de ACMV,

ou six autres espèces de pucerons. L'échec de transmission de la maladie utilisant le puceron *Myzus persicae* Sulz avait également été mentionné par Lennon *et al.* (1986). La première réussite de transmission vectorielle de CBSV a été enregistrée dans une serre à NRI par Maruthi *et al.* (2005), mais à un taux très faible de 22%. Ils ont également souligné que le comportement alimentaire de la mouche blanche *B. tabaci* sur le manioc pourrait grandement influencer la transmission CBSV, et que *B. afer* ainsi que l'autre aleurode rencontré sur le manioc (*Aleurodicus dispersus* Russel) constituent des vecteurs potentiels de CBSV dans des conditions favorables.

Toutefois, Robertson (1987) avait observé que *B. afer* était abondante avec *B. tabaci* dans les champs de manioc à certains endroits d'Afrique de l'Est où l'incidence de CBSV est très élevée. Initialement, cette mouche blanche avait été généralement considérée moins abondante dans les zones de production du manioc d'Afrique de l'Est. Mais les prospections faites au Malawi ont bien démontré qu'elle est prédominante dans plusieurs sites du pays et qu'elle peut être le vecteur important de cette maladie (Munthali, 1992). Aussi la maladie sévit aux abords du Lac Malawi (Legg et Raya, 1997) où elle cause des dégâts considérables. Bock (1994) avait suggéré que *B. afer* était le vecteur présumé du virus de la maladie et le progrès récent dans la classification de l'agent causal comme étant un ipomovirus dégage également que *B. afer* est le vecteur du virus.

Dans les années 1930's, il était déjà démontré que l'agent infectieux de CBSV pouvait être transmis par greffage et que les boutures issues des plantes atteintes produisent des plantes dont les feuilles pouvaient développer du coût les symptômes caractéristiques de la maladie (Storey, 1936). L'utilisation des boutures affectées conduit à l'introduction de cette maladie dans les sites où le manioc est nouvellement planté. Dans ce cas, il se développe rapidement des symptômes sévères surtout si l'on a utilisé les cultivars qui sont sensibles et que le manioc soit planté dans les bas-fonds.

Distribution

Legg *et al.* (2009) ont observé que plus récemment, CBSV, jusqu'alors inconnu comme un sérieux obstacle en dehors de la plaine et du littoral d'Afrique de l'Est et en Afrique Centrale, a commencé à se répandre à travers la zone de moyenne altitude de la région des Grands Lacs. CBSV semble se propager à partir de zones de foyers récents en Ouganda et au nord-ouest de la Tanzanie dans les pays voisins comme la RD Congo, le Rwanda et le Burundi bien qu'il soit actuellement encore difficile de savoir comment cette extension est favorisée. Les études de Muwo Mbwene (2011) ont indiqué que CBSV était présente dans les localités de Bwantaba, Mbankana, CADIM et Mongata au plateau Batéké et à Mbankana, tandis qu'elle était absente dans les localités de Mutiene et Kingawa. La plus forte incidence de la maladie était de 49%, enregistrée à Bwantaba et la plus faible était de 9%, enregistrée à Mongata. La sévérité de la CBSV la plus élevée était évaluée à la cote 3, observée dans les localités de Bwantaba, Mbankana et la cité de CADIM alors que la plus faible sévérité équivalant à la cote 2 avait été notée dans la localité de Mongata.

Le premier rapport des symptômes similaires à la CBSV (maintenant identifiée comme MNRM) en Angola était en 2005, lorsque Mutunda *et al.* (2003) avaient noté la maladie sur les plantes d'une variété locale, introduite dans le centre de l'Angola à partir de Vigre, une ville du nord Angola à la frontière avec la RD Congo (Mahungu *et al.*, 2003). Cela peut expliquer en partie l'introduction de la maladie en Angola comme elle a

déjà été signalée en RD Congo (Mahungu *et al.*, 2003). Bigirimana *et al.* (2011) ainsi que Mulimbi *et al.* (2012) l'avaient rapporté bien répartie à l'Est du pays tandis que Muwo Mbwene (2011) la signale sur le plateau Batéké et à Mbankana dans la ville de Kinshasa. En 2013, la FAO avait clairement indiqué par son initiative de lutter contre les maladies du manioc que la maladie se répandait très rapidement dans la région des grands-lacs causant des risques majeurs de sécurité alimentaire pour environ 135 millions habitants de la région (Fig. 6).

Importance de la maladie

Jusque dans les années 1990's, les rapports précédents sur l'incidence de CBSD étaient descriptifs (Storey, 1939 ; Nichols, 1950 ; Bock, 1994). Les premières données quantitatives sur l'ampleur de la maladie ont été signalées en Tanzanie, où l'incidence variait de 19 à 36% dans trois régions côtières et la région sud-est de Mtwara (Legg et Raya, 1998). De façon générale, les pertes de rendement du manioc dues à cette maladie sont estimées suivant les parties infectées de la plante et sont considérées être de nature à la fois qualitative que quantitative. Elles varient également en fonction de la variété de manioc cultivée et des conditions environnementales de l'endroit où est situé le champ. Les pertes quantitatives sont souvent minimales mais elles peuvent néanmoins atteindre plus de 70% pour des variétés sensibles dans certaines circonstances favorables pour la maladie (Hillocks *et al.*, 2001). En raison des dégâts qui sont associés à la nécrose des racines tubéreuses estimées parfois à environ 100% de détérioration, la maladie a de ce fait un impact direct important sur le rendement. En outre, dû au fait que les racines tubéreuses des plantes affectées sont pourries, la maladie les rend impropres à la commercialisation et aussi pour la consommation (Hillocks, 1997).

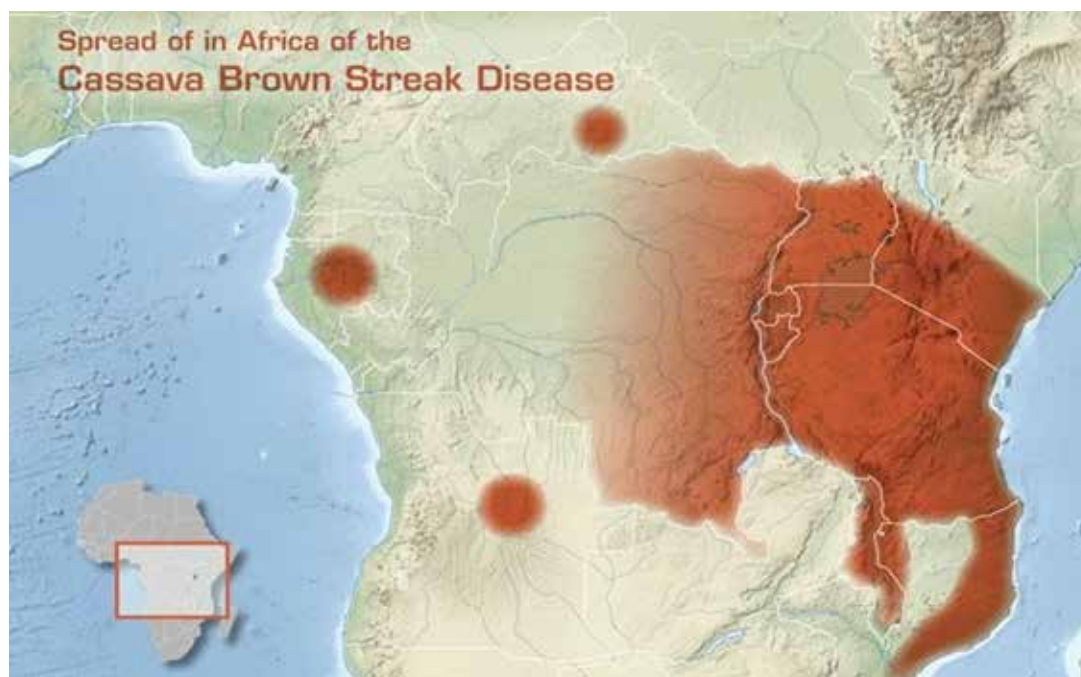


Figure 5.29. Dispersion de la striure brune du manioc en Afrique : partie de l'Afrique centrale, de l'Est et Australe montrant la superficie de dispersion courante de la maladie. Source: FAO, 2013. Disponible à <http://www.fao.org/emergencies/fao-inaction/stories/storiesdetail/en/c/196813/>.

Toutefois, le niveau de pertes de rendement varie d'une zone à une autre, et peut atteindre jusqu'à 70%. A titre d'exemple, on a signalé des pertes de 50% en Tanzanie alors qu'elles s'élèvent à 60% au Malawi (Muhanna *et al.*, 2002). Au sud de la Tanzanie, CBSV avait rendu environ 20 à 80% des racines tubéreuses de manioc inutilisables pour la consommation humaine (Katinila *et al.*, 2003). Au Malawi, Gondwe *et al.* (2003) et Shaba *et al.* (2003) ont également signalé une perte de rendement des racines tubéreuses de 18 à 60%, avec une perte de rendement annuel causée par la maladie estimée à plus de 1,4 millions de tonnes de manioc équivalent à 7 millions de dollars. Dans des conditions favorables, Legg *et al.* (2011) estiment que CBSV peut amener à des pertes totales de la culture que la ACMV induit rarement. Dans les parcelles expérimentales de la station de recherche de l'INERA à Mvuazi dans le Kongo Central, l'incidence élevée de symptômes foliaires et la nécrose des racines allant jusqu'à 100% ont aussi été enregistrées (Mahungu *et al.*, 2003). Les estimations actuelles indiquent que CBSV cause des pertes économiques pouvant atteindre jusqu'à 100 millions de dollars par an aux agriculteurs africains (IITA, 2005).

Moyen de lutte contre la maladie

La récente expansion rapide de la maladie dans des endroits jadis considérés comme exempts nécessite le développement de mesures de contrôle appropriées et durables pour les fermiers. Des études conduites ailleurs montrent que CBSV peut être contrôlé par des pratiques culturales telles que l'épuration, la sélection de matériels de plantation sains de la maladie, la récolte précoce et la plantation de variétés résistantes (Hillocks *et al.*, 1996 ; Hillocks et Jennings, 2003; Kanju *et al.*, 2003).

L'utilisation de la résistance variétale

L'utilisation des variétés tolérantes et résistantes par les producteurs constitue la méthode la plus efficace de contrôle de la maladie surtout que la plupart de ces variétés arrivent à l'âge de récolte sans avoir développé les symptômes de nécrose des racines tubéreuses ou avec seulement des symptômes de moindre ampleur (Hillocks, 2003 ; 2006). Cela pourra permettre à laisser le manioc dans les champs afin de réaliser le potentiel de rendement maximum et permettre une récolte échelonnée qui pourra augmenter la production globale de la culture et renforcer le rôle du manioc comme une culture de réserve pour combattre la famine. L'utilisation des variétés résistantes reste donc l'une des approches les plus économiques pour la gestion de cette maladie (Storey, 1939; Hillocks et Jennings, 2003), en particulier lorsque la pression de la maladie est forte (Hillocks and Thresh, 2003).

Méthodes culturales

a. Sélection des boutures

L'approche idéale pour la lutte contre CBSV est de sélectionner le matériel de plantation des plantes mères saines. Cette technique pourrait bien être utilisée par tous les fermiers. Elle comprend le prélèvement des boutures seulement sur les plantes saines et ensuite éliminer du champ toute plante qui montre la maladie (épuration), ainsi que d'autres pratiques telles que décrites par Kanju *et al.* (2003a). La santé des matériels destinés à la plantation ainsi que celle des plantes en réserve dans les parcs à bois nécessitent d'être continuellement bien maintenue par la sélection et bien débarrasser toutes les plantes

infectées à partir de leur germination. Le succès de cette approche dépend de l'intensité de la maladie dans les champs avoisinants et du taux potentiel de dissémination. Le mécanisme de propagation de CBSV n'est pas encore bien élucidé et la valeur d'utilisation des matériels de plantation indemnes ne peut pas être sous-estimée. En plus, cette méthode peut se révéler bénéfique surtout dans les sites avec une faible pression de la maladie et où la dissémination du virus par le vecteur est aussi négligeable ou n'existe pas. Au contraire, pour les localités à forte pression de la maladie, la distribution des matériels de plantation sains doit être combinée à la diffusion des variétés qui montrent une résistance acceptable à la maladie.

Toutefois, la sélection des boutures saines dans les champs a ses propres limites du fait que le matériel exempt de la maladie qu'on choisit n'est pas nécessairement plus résistant que sa plante-mère. Ainsi, la réinfection du virus infectieux sur les plantules issues de ce matériel peut se produire plus rapidement surtout dans les zones de plus forte pression de la maladie et le recours excessif à éliminer continuellement les plantes atteintes peut amener à une forte réduction de la population des plantes dans le champ (Bock, 1983 ; Fargette *et al.*, 1985). Il est alors regrettable de constater toutefois que ces mesures ne sont pas pleinement mises en œuvre par des différentes parties prenantes pour des multiples raisons telles que celles détaillées par Hillocks (2003), notamment :

- Les agriculteurs ont des difficultés énormes à reconnaître les symptômes de CBSV pour la simple raison que l'expression des symptômes varie grandement.
- Le matériel de plantation est souvent prélevé pendant différentes périodes de l'année et il est souvent insuffisant, limitant ainsi la possibilité de choisir le matériel sain.
- Les agriculteurs sont réticents à pratiquer l'épuration (l'enlèvement, phytosanitation) de leur champ des plantes atteintes considérant que cela conduit à la réduction de la densité des plantes dans le champ, ce qui entraînerait un faible rendement à la récolte (Kanju *et al.*, 2003b).

b. Temps de récolte

La récolte précoce, avant que la culture n'atteigne son potentiel de rendement, produit souvent un faible rendement (Hillocks *et al.*, 2002). Ils ont rapporté que cette pratique a été adoptée par les agriculteurs au Mozambique et en Tanzanie pour éviter la destruction des racines tubéreuses par la maladie. Cependant, elle avait sérieusement menacé le rôle du manioc comme culture de réserve car les racines tubéreuses n'étaient pas conservées dans le sol comme produit de réserve et être récoltées seulement en cas de besoin (Kanju *et al.*, 2003).

Anthracnose

L'anthracnose du manioc (CAD) est l'une des maladies importantes des tiges dans les tropiques où elle s'est déjà développée dans des proportions épidémiques dans certaines régions d'Afrique ayant des fortes pluviométries (Fokunang *et al.*, 2001). Hahn et Keyser (1985) ont signalé que cette maladie est fréquemment observée sur toutes les plantes dans les champs un peu partout en Afrique. Elle est prévalente surtout dans les savanes herbeuses de l'Afrique centrale ayant des sols arides et acides (IITA, 1972; Terry et Oyekan, 1976; Terry et Goodman, 1977). De même, l'anthracnose a déjà été observée en Amérique du sud (CIAT, 1972 ; Lozano et Booth, 1974 ; Lozano *et al.*, 1981).

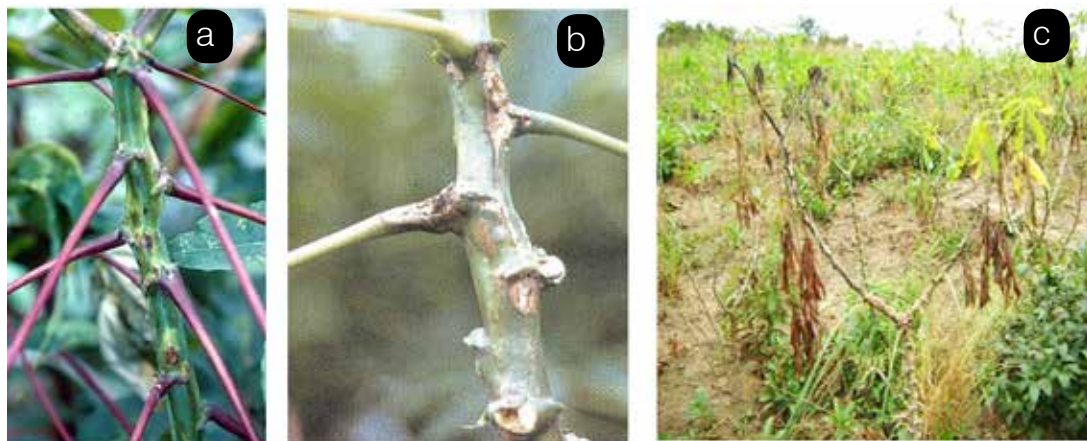


Figure 5.30. Symptômes de l'anthraxose du manioc : Tige d'une plante avec des dépressions ovales peu profondes **a**, des chancres lacérés sur la tige **b** et la défoliation sévère due à la maladie **c**. (Crédit photo: Lukombo Nsingi).

Symptomatologie

Les symptômes caractéristiques de l'anthraxose comprennent les chancres sur les tiges et les branches (Fig. 5.30), des taches nécrotiques sur les feuilles ainsi que la mort des tiges du sommet vers la base (Muimba, 1982). L'apparition de la maladie varie toutefois selon le cultivar du manioc. Makambila (1987) avait indiqué que la maladie sur les feuilles se distingue par la présence des nombreuses petites taches un peu approfondies d'environ 1030 mm de diamètre le long des bordures. Ces taches s'élargissent ensuite produisant au centre une lésion blanchâtre ayant des fructifications brunâtres du champignon causal (Théberge, 1985). Sur certaines variétés très sensibles, les brûlures des feuilles se développent suivi d'un flétrissement dramatique des feuilles et une défoliation sévère. Dans ce cas, la maladie progresse jusqu'au sommet où elle cause la nécrose apicale. On remarque sur les jeunes tiges, des dépressions ovales peu profondes d'environ 10-20 mm de diamètre et de couleur brune-pâle portant une tache de tissu vert normal au centre (Fig. 5.30). Sur les plantes âgées, l'infection du pathogène de la maladie produit des lésions nécrotiques plus ou moins circulaires et filandreuses pouvant élargir en grandes chancres (Fig. 5.30). Une déformation des tiges se produit souvent, les rendant fragiles de se briser facilement par l'action du vent. Parfois, les chancres profonds affectent les tissus de la moelle de la tige bloquant ainsi la translocation de l'eau et de minéraux essentiels pour le développement de la plante (Van der Bruggen et Maraite, 1987). Tous ces symptômes sont observés dans plusieurs champs de manioc en RD Congo (Terry et Oyekan, 1976).

Agent causal

L'agent infectieux de la maladie est un pathogène faible dénommé *Colletotrichum gloeosporioides* f.sp. *manihotis* Henn. (Penz) Sacc (Chevaugéon, 1956) qui appartient, comme nouvellement établi, au Règne Champignon, Embranchement Ascomycota, Classe Sordariomycetes, Ordre Glomerellales, Famille Glomerellaceae, Genre *Colletotrichum* et Espèce *Colletotrichum gloeosporioides* (Sutton, 1966; Alexopoulos et Mims, 1979; Kirk, 2019). Il forme des conidies relativement courtes mais droites et cylindriques, largement ellipsoïdes avec des extrémités obtuses et les points de fixation qui sont tronqués (Jeffries

et al., 1990 ; Weir et al., 2012). Bien qu'on soit arrivé à associer le développement de l'anthraxose et l'établissement de son agent causal aux facteurs environnementaux (Chevaugnon, 1956 ; Lozano et Booth, 1974), on connaissait encore mal les facteurs contribuant aux manifestations soudaines de la maladie dans les champs.

Il a été ainsi démontré que l'étiologie de l'anthraxose, qu'on croyait auparavant être seulement d'origine pathogénique d'un cryptogame, implique également une punaise *Pseudotheraptus devastans* Dist (Fig. 5.31) de la famille Coreidae (Boher et al., 1983; Makambila, 1984; Muimba et al., 1984; Muimba et al., 1987b). Le



Figure 5.31. *Pseudotheraptus devastans* sur la feuille de manioc (Source: Msikita et al., 2000).

champignon pénètre dans les tiges de l'hôte à travers les blessures mécaniques des points d'alimentation infligés aux jeunes tiges par l'insecte. Des études par Muimba Kankolongo (1982) ont clairement dévoilé que l'inoculation des plantes par la pulvérisation des conidies du champignon seul ne provoque pas les symptômes typiques de CAD (Tableau 5.19). Mais, l'alimentation de l'insecte avec des tiges de manioc est apparemment nécessaire pour la colonisation fongique et le développement des chancres. Il a aussi été démontré que le champignon pouvait survivre dans le corps de l'insecte et être transmis aux plantes par suite des piqûres réalisées pendant l'alimentation (Muimba-Kankolongo et al., 1987b). Additionnellement, *P. devastans* montre un mode d'alimentation préférentiel pour certains cultivars de manioc (Brown, 1958 ; Dubois et Mostade, 1973) et une relation étroite entre le nombre de chancres causés, la population d'insectes dans le champ et la durée d'alimentation sur les tiges (Muimba-Kankolongo et al., 1987b). Cette constatation a mené à la conclusion que l'alimentation des plantes de manioc par *P. devastans* est le facteur le plus important dans le déclenchement de la maladie.

Les études de virulence du pathogène indiquent que les isolats de diverses sources telles que des différentes locations où le manioc est cultivé diffèrent aussi sensiblement dans leur capacité de provoquer divers types des symptômes comme les chancres, la défoliation et la nécrose apicale. Néanmoins, certains isolats sont plus virulents, causant une anthracnose plus sévère que d'autres (Muimba-Kankolongo, 1982).

Mode de propagation et distribution

Des débris des plantes abandonnées dans les champs après la récolte peuvent constituer une source importante d'inoculum de l'agent pathogène de la maladie. Le champignon infecte les tissus de la tige qui ont été affaiblis par les piqûres de *P. devastans* et les actions métaboliques et lytiques de sa salive pour initier la formation de lésions de couleur foncée à brunâtre (Muimba et al., 1987b) qui peuvent ensuite se transformer en chancres lacérés comme la maladie progresse (Théberge, 1985). *C. gloeosporioides* f.sp. *manihoti* prolifère

Tableau 5.19. Effets de l'inoculum de *Colletotrichum gloeosporioides* f.sp. *manihotis* et de l'alimentation de *Pseudotheraptus devastans* sur la taille des chancres et la mort du manioc.

Mode de traitement des plantes	Longueur des chancres (mm) ^a	Mort des plantes ^b après (Jours)		
		4	8	12
Parasitisme de <i>P. devastans</i> seul	11.9	0.0	0.0	0.0
Parasitisme de <i>P. devastans</i> + inoculation de <i>C. gloeosporioides</i> f.sp. <i>manihotis</i>	18.0	60.0	84.6	88.4
Inoculation de <i>C. gloeosporioides</i> f.sp. <i>manihotis</i> + Parasitisme de <i>P. devastans</i>	14.9	65.4	98.7	98.7
Inoculation de <i>C. gloeosporioides</i> f.sp. <i>manihotis</i> seule	0.0	0.8	2.9	2.9
Contrôle	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>ppds</i> (0.05)*	<u>2.8</u>	<u>4.2</u>	<u>23.8</u>	<u>21.7</u>

^aChaque chiffre est une moyenne de 4 répétitions

^bLe taux de mortalité basé sur des plantes avec un dépérissement de la tige

**ppds*= plus petites différences significatives ; (Source : Muimba-Kankolongo, 1982).

sur les tissus infectés dans des conditions environnementales humides entraînant des lésions longues et profondes, et sporule abondamment en produisant des acervules ayant une grande quantité de conidies (Muimba, 1982; Muimba-Kankolongo *et al.*, 1985). Muyolo (1984) avait signalé que les nouvelles feuilles se développant pendant la saison de faible pluviométrie sont surtout vulnérables à l'infection mais la maladie qui s'ensuit est souvent limitée avec l'approche de la saison sèche. Le champignon survit pendant la saison sèche dans sa phase parfaite qui est *Glomerella cingulata* (Chevaugnon, 1956) ou *Glomerella cingulate* f.sp. *manihotis* aussi tout simplement connu comme *Gloeosporium cingulata* (Weir *et al.*, 2012).

La diffusion du champignon et la propagation de la maladie sont grandement influencées par plusieurs facteurs climatiques, notamment des précipitations abondantes, l'humidité relative, la température et le vent (Chevaugnon, 1956; Lozano et Booth, 1974; CIAT, 1976, IITA, 1976), ainsi que les caractéristiques du sol (Terry et Goodman, 1977). L'humidité relative est un facteur important dans l'activité de *P. devastans* Dist et le développement de *C. gloeosporioides* f.sp. *manihotis* Henn, ainsi que sur l'ampleur des dégâts causés aux tissus des plantes (Muimba-Kankolongo *et al.* (1987b), en particulier pendant les périodes matinales lorsque les insectes sont plus actifs pour l'alimentation (Boher *et al.*, 1983).

Les éclaboussures de pluie sont considérées comme la voie par laquelle les conidies du champignon sont lessivées des acervules qui sont sur les tissus végétaux colonisés et pour leur dispersion sur les jeunes tiges et entre les plantes dans les champs. Le temps de la plantation du manioc, l'emplacement des champs et la saison pendant laquelle la culture se développe ont également un effet considérable sur l'apparition et le développement de la maladie, et une influence significative sur les stades de développement de *P. devastans*

Distant (Muimba *et al.*, 1987b; Fokunang *et al.*, 1999). Du fait que l'anthraxose soit initiée par l'interaction de plusieurs facteurs, l'infection naturelle peut se produire que lorsque la plantation du manioc est retardée ou bien elle peut être dormante jusqu'à l'apparition de circonstances environnementales plus favorables.

Interaction de l'anthraxose et la bactériose

L'infection simultanée des mêmes plantes par les agents pathogènes de CAD et CBB est fréquemment observée sur les tiges de manioc plus particulièrement pendant la saison des pluies. Muyolo (1984) avait démontré que l'ensemencement des plantes avec la suspension bactérienne de CBB suivie par celui du champignon de l'anthraxose provoque un sévère flétrissement des feuilles, la formation des lésions nécrotiques plus longues sur les tiges et le dépérissement rapide des plantes que l'inoculation faite individuellement avec les pathogènes de ces deux maladies. Ceci prouve encore une fois que *C. gloeosporioides* f. sp. *manihotis* est en fait un faible agent pathogène ne pouvant induire une sévère infection par lui-même, mais qui, en présence de *X. axonopodis* pv. *manihotis*, peut occasionner des dégâts importants avec des pertes de récoltes parfois plus accrues.

Importance de la maladie

En 1975, PRONAM (1977) avait rapporté plus de 90% des champs de manioc de cultivars locaux sévèrement infectés par le CAD au pays jadis Zaïre. En outre, vers les années 1980's, Singh (1980) avait indiqué que l'anthraxose se rencontre dans toutes les régions de production du manioc du pays mais qu'elle se développe avec une intensité particulière dans les régions de savane au Bandundu (ex-province de Bandundu) et au Kasai. Plus tard, Muyolo (1984) avait également observé que plus de 80% des champs de manioc étaient gravement infectés par la maladie dans le pays. Bien que les estimations quantitatives sur les pertes de rendement exactes dues à la maladie fassent défaut, il est déjà démontré néanmoins qu'il existe une relation négative entre l'infection de CAD et un certain nombre de composantes du rendement du manioc tels que le poids et le nombre des racines tubéreuses ainsi que leur pourcentage en matières sèches (Mordue, 1971; Fokunang *et al.*, 2000c). Hahn *et al.* (1989a) avait également indiqué qu'une sévère infection de la maladie pourrait conduire à une perte importante surtout des boutures et à une très faible production de biomasse de la plante. Une perte totale de la culture a été rapportée lorsque des boutures préalablement infectées par la maladie étaient utilisées comme matériel de plantation des nouveaux champs (Ikotun et Hahn, 1992).

Méthodes de lutte

Parce que l'agent causal de la maladie est un champignon faible et par suite des graves dégâts infligés à la culture par d'autres maladies comme la CBB, ACMV et CBSV, très peu d'attentions ont été attribuées depuis longtemps au développement de pratiques de contrôle appropriées pour le CAD bien que son impact sur les boutures soit bien établi. Lozano et Booth (1984), Terry (1977) et Lozano *et al.* (1981) avaient néanmoins suggéré l'utilisation de variétés résistantes et l'application de certaines méthodes culturales appropriées comme des stratégies possibles et les plus efficaces pour atténuer les effets de la CAD dans les champs.

L'utilisation des variétés résistantes

L'amélioration des cultivars de manioc pour la résistance aux maladies, y compris CAD dans des conditions environnementales plus larges, a fait partie de l'effort du PRONAM à l'INERA en RD Congo pour améliorer sa productivité. Il existe une différence évidente dans la réaction à l'anthracnose par diverses variétés de manioc (Muimba-Kankolongo *et al.* 1983). Pour ce faire, Muimba-Kankolongo et Muyolo (1985) avaient proposé un système d'évaluation de la maladie adéquat basé sur le développement des symptômes tel qu'ils sont observés dans les champs dans les différentes locations du pays. En fait, les clones qui sont sélectionnés pour la résistance à la mosaïque et à la bactériose dans les différents essais de rendement sont aussi évalués pour leur résistance à l'infection naturelle de l'anthracnose et à cette fin, l'évaluation est poursuivie pendant plusieurs années jusqu'aux essais plus avancés et multi-locaux en différents milieux ayant les conditions caractéristiques à celles où les variétés sélectionnées seront utilisées par les fermiers. A chaque étape on élimine toutes les plantes développant une sévère défoliation, des chancres plus larges et succombant par suite de la maladie. Celles qui restent sont réévaluées plusieurs fois pour confirmer leur résistance. Des bonnes sources de résistance à la maladie existent au pays (PRONAM, 1975 ; 1976 ; 1977 et d'autres).

Souvent, parce que la sélection contre l'anthracnose était effectuée dans des conditions d'infection naturelle, on avait pensé que les clones ayant la cote minimale de la maladie pendant une saison de culture ne soient pas réellement résistants. Ainsi, ils devraient donc être ré-évalués les autres saisons pour confirmer leur résistance. Ensuite, parce que des piqûres de *P. devastans* étaient cruciales dans l'initiation et le développement de CAD, des progrès considérables avaient été enregistrés dans le programme d'amélioration de génotypes de manioc pour la résistance à CAD. Les méthodes de dépistage artificiel de résistance ont été développées utilisant des techniques de piqûres des tiges qui induisent des lésions nécrotiques semblables à celles causées par l'alimentation des insectes dans les champs, ce qui avait rendu possible d'évaluer la réaction clonale à la maladie comme dans des conditions environnementales sur le terrain (Muimba, 1982 ; Ikotun et Hahn 1992).

Méthodes culturales

Les méthodes culturales sont principalement utilisées pour réduire la propagation de la maladie (Fakunang *et al.* 2001). Lozano *et al.* (1981) avaient aussi bien démontré que la rotation des cultures, l'enfouissement profond ou la brûlure de débris végétaux infectés après la récolte ainsi que la mise des terrains en jachère réduisent considérablement l'accumulation de l'inoculum fongique particulièrement lorsque des boutures exemptes de la maladie sont utilisées pour une nouvelle culture. La plantation de manioc vers la fin de la saison des pluies peut aussi servir à la culture d'échapper l'inoculum dans les champs pendant les périodes des plus fortes pluies (Fakunang *et al.* 2001). Ikotun et Hahn (1992) avaient indiqué que la plantation de boutures de manioc saines est essentielle pour l'obtention du matériel végétal non-infecté par l'anthracnose qu'on pourra utiliser pour la plantation du manioc l'année suivante. D'autres ont généralement constaté que la maladie induit des dégâts importants lorsque le manioc est en monoculture (Moreno, 1977; 1978) et ont suggéré d'utiliser toutes les techniques possibles pouvant améliorer la vitalité et la rigueur des plantes pour prévenir l'infection par l'agent pathogène de l'anthracnose.

La Mort des Sommités

En 1980, des symptômes non-encore décrits sur le manioc ont été observés pour la première fois à la station de recherche à Mvuazi dans le Kongo Central (PRONAM, 1980 ; Muimba-Kankolongo *et al.*, 1989). Cette anomalie, étant considérée comme une nouvelle menace de la culture, devenait de plus en plus un problème important pour la plupart des cultivars dès le commencement et durant toute la période de saison sèche. Les dégâts causés sont bien visibles et inquiétants.

Symptomatologie

Dès son apparition en saison sèche (juin à juillet), ce désordre se propage très rapidement du point initial de développement aux autres plantes dans tous les champs aux alentours. Toutefois, des incertitudes demeurent encore sur le moment précis où la première plante développe les symptômes caractéristiques de la mort des sommités. Les plantes affectées se distinguent rapidement par un jaunissement soudain suivi d'un flétrissement des feuilles et l'apparition des petites taches nécrotiques foncées (Fig. 5.32) mesurant environ 2 à 5 mm de diamètre surtout à partir de 10 à 15 cm des sommets des tiges. Avec le temps, ces taches coalescent et induisent un ramollissement des tiges et une décoloration du



Figure 5.32. Symptômes caractéristiques de la mort des sommités du manioc. **a** Les plantes jaunissant par suite son initiation, **b** suivi de la nécrose des tiges avec l'exsudation d'une gomme de couleur brunâtre, **c** du flétrissement et dessèchement des feuilles, **d** ainsi que la mort complète à partir des parties apicales de plusieurs plantes affectées. (Source: Muimba-Kankolongo et al., 1989).

cortex et de l'épiderme. Il se produit alors une nécrose des pétioles qui perdent lentement leur turgescence mais restent encore attachés à la plante. Une gomme blanchâtre à brunâtre exsude enfin le long des tiges affectées résultant à une défoliation sévère et un dessèchement complet des branches tertiaires (Fig. 5.32).

En coupe transversale sur la partie affectée de la tige, l'écorce et l'épiderme apparaissent de couleur rouge foncé-brunâtre et cette décoloration s'étend parfois jusqu'aux tissus entourant les vaisseaux conducteurs et le parenchyme, mais le xylème est encore intact. A l'approche des pluies, les plantes affectées émettent des nouveaux rejets à partir des bourgeons de croissance situés à environ 2-5 cm au-dessous des portions des tiges qui ont été desséchées. Ces nouvelles pousses ne sont pas affectées et continuent à croître normalement. En récoltant les plantes affectées par ce désordre, on constate que la plupart des racines tubéreuses sont souvent pourries.

Agent causal

L'étiologie exacte de la mort des sommités des tiges de manioc reste encore inconnue jusqu'à ce jour. Toutefois, les colonies microbiennes isolées des morceaux de tiges, d'écorces et de racines tubéreuses en milieux artificiels de culture avaient été simultanément envoyées à l'Institut Mycologique de Commonwealth (CMI) à Londres et au laboratoire de phytopathologie de Louvain-la-Neuve en Belgique pour leur identification et détermination. Des analyses avaient dévoilé la présence de façon fréquente des bactéries telles que *Pseudomonas fluorescence* ainsi que *Erwinia* spp., mais toutes ces bactéries n'avaient pas causé des symptômes caractéristiques de la mort des sommités après l'ensemencement des feuilles, l'injection des tiges et la blessure des racines tubéreuses. *Glomerella cingulata* était aussi isolé des tiges infectées mais ce cryptogame, étant considéré comme saprophyte des tissus qui sont morts, n'avait pas fait suite d'autres études. Un autre champignon, *Sclerotium rolfsii* a été isolé à plusieurs reprises des racines des plantes affectées. Environ 20% des plantes mises en terre dans les pots contenant le sol semencé avec ses sclérotés avaient développé des symptômes caractéristiques aux dégâts observés sur les plantes au champ en comparaison aux plantes dans le sol non inoculé.

Dispersion, propagation et distribution

Les symptômes observés sur une plante dans un champ donné atteignent rapidement d'autres plantes avoisinantes entre 2 à 3 jours et par la suite, tout le champ en moins de 2 mois après l'apparition (Fig. 5.33). Dans certains cas, les symptômes progressent de façon erratique et sporadique. Ainsi, une vaste étendue du champ est considérablement endommagée en moins d'une semaine. La progression est rapide à l'apparition souvent entre juin et juillet et baisse sensiblement vers la fin du mois de juillet au début du mois d'août (Fig. 5.34).

Les symptômes se développent à un moment bien précis malgré la source des boutures (saines ou affectées) qui sont utilisées pour la plantation. De même, des plantes issues des greffes réciproques des boutures obtenues des plantes affectées sur les boutures provenant des plantes saines et vice versa n'ont pas développé des symptômes même jusqu'à deux mois après reprise. L'anomalie s'étend loin encore plus loin de ses premiers foyers, devenant ainsi un problème de plus en plus grave sur le manioc. La mort des sommités était aussi présente dans certains champs des paysans des localités situées à

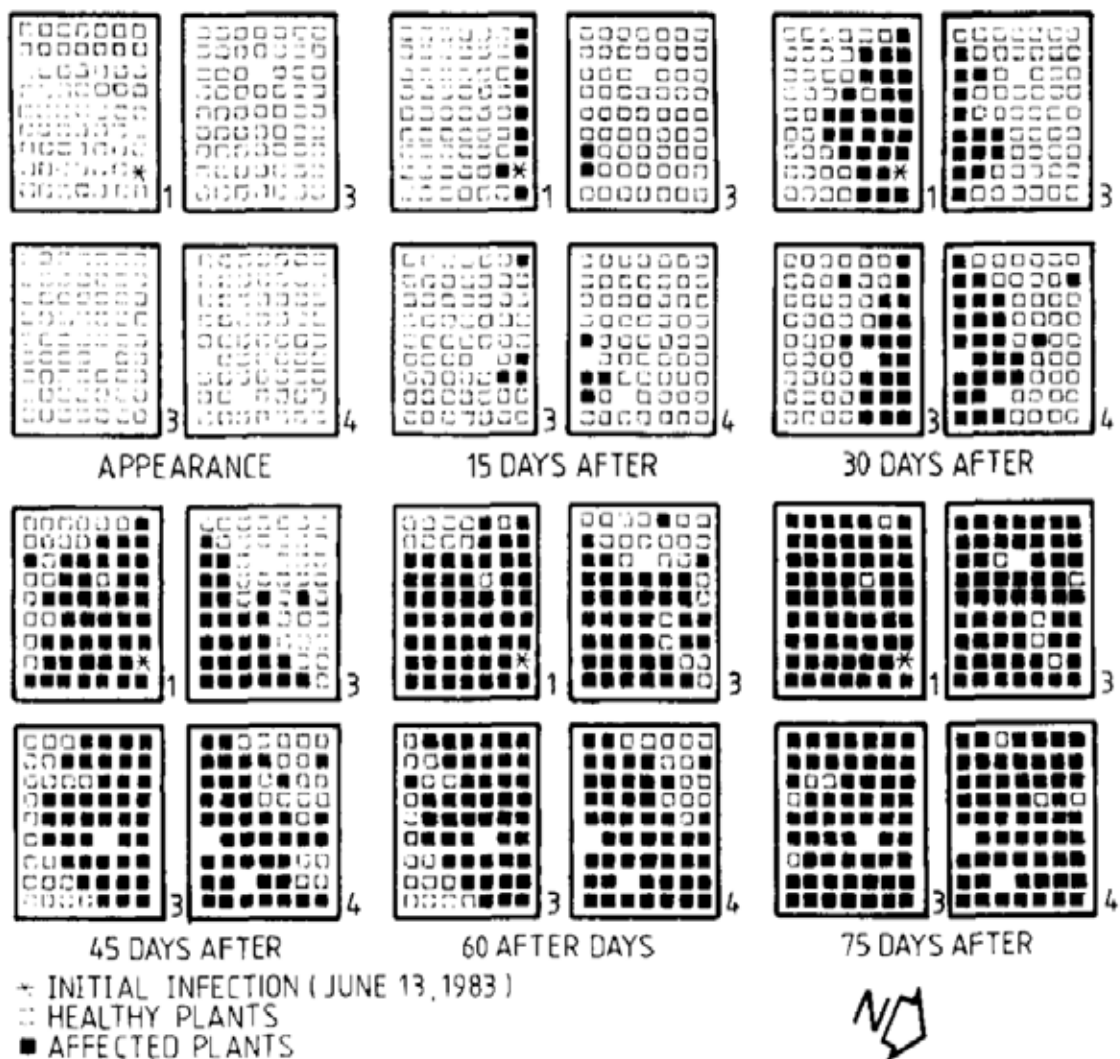


Figure 5.33. La propagation de la mort des symptômes sommets du manioc du point initial de son apparition sur le clone 02864 à Mvuazi, Kongo Central. Source: PRONAM, 1983.

environ plus de 200 km de la station de l'INERA. Plusieurs champs dans les vallées montraient des symptômes caractéristiques que ceux sur les plateaux.

Importance

Du fait que plusieurs racines tubéreuses des plantes affectées sont détériorées et que des tiges sur lesquelles on peut obtenir des boutures pour planter d'autres champs et des feuilles pour la consommation sont nécrosées, la mort des sommets présente une menace sérieuse à la culture du manioc en RD Congo.

Potentielles méthodes de lutte

Plusieurs études étaient conduites pour déterminer des aménagements cultureaux possibles pouvant réduire l'apparition et la progression de ce désordre ainsi que son impact sur les racines tubéreuses.

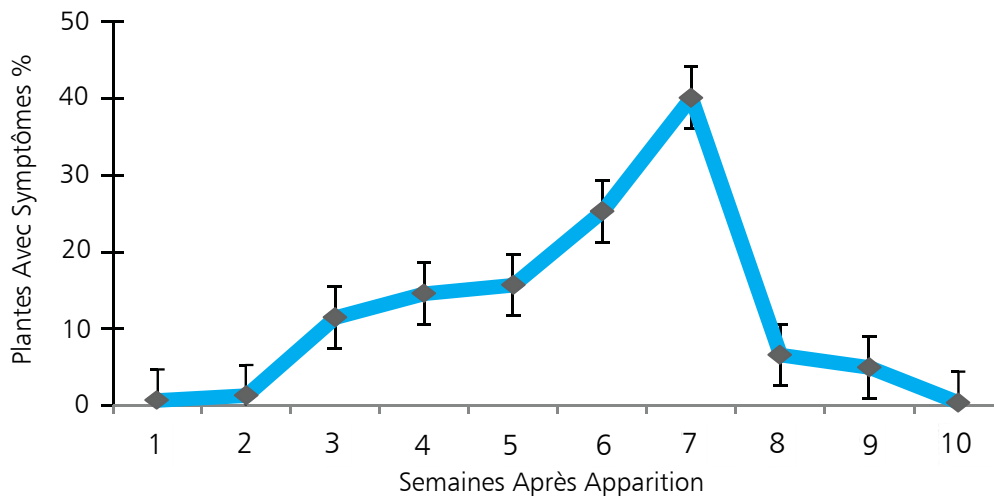


Figure 5.34. La progression de la mort des sommités pendant les semaines après l'apparition des premiers symptômes sur les plantes du cultivar 02864 au mois de juin à Mvuazi, Kongo Central, République Démocratique du Congo. (Source : PRONAM, 1980).

Résistance variétale

Il y a bien des différences considérables entre les différents clones et cultivars du manioc pour la réaction à l'apparition et la progression du développement de la mort des sommités. On a trouvé que les clones comme 02864, considéré depuis longtemps comme standard de l'INERA, et Coll 45 étaient parmi les plus sensibles tandis que les cultivars "*Mpelo-longi*", une variété locale très populaire au Kongo Central, et KINUANI, qui était issue du programme d'amélioration du PRONAM, se trouvaient parmi les plus tolérants. A Mvuazi, les symptômes de la mort des sommités débutent souvent à partir des plantes du clone 02864 avant de se propager par la suite sur les plantes d'autres cultivars.

Stratégies culturales

a. L'épuration des champs des plantes affectées

L'élimination régulière des plantes nouvellement attaquées dans les champs n'avait pas aidé à diminuer ou enrayer le développement des symptômes sur d'autres plantes.

b. Types de labour

Les différentes méthodes de préparation du terrain pour la plantation du manioc (plat, butte et billon) n'empêchent pas le développement des symptômes de la mort des sommités.

c. Temps de plantation de la culture et de récolte des racines tubéreuses

L'incidence de la mort des sommités diminue avec chaque retard de plantation et les symptômes sont inexistantes sur toutes les plantes du manioc planté tardivement surtout les champs plantés au mois d'avril alors que tous ceux plantés bien à temps normal en Novembre à Janvier sont sévèrement affectés (Tableau 5.20). Pendant la période où les symptômes apparaissent au mois de juin et continuent à progresser sur les cultivars

Tableau 5.20. Effet du temps de plantation du manioc sur la mort des sommités des tiges pendant la saison sèche et le rendement à la récolte à Mvuazi, Kongo Central.

Temps de plantation	Plantes affectées (%) en date ¹				Branches affectées (%) par plante en date ¹			Pourriture des tubercules ¹	Rendement ¹
	17/07	7/08	22/08	6/09	15/05	15/08	15/09	(%)	(Tonnes ha ⁻¹)
Nov. 83	6.0	40.4	49.4	51.2	11.4	23.6	35.2	27.7	20.1
Déc. 83	13.0	40.4	46.6	48.5	8.4	19.7	25.4	48.6	18.1
Janv. 84	12.0	26.9	36.4	38.7	6.3	17.9	19.4	70.5	19.3
Fév. 84	4.7	25.4	34.9	37.8	2.5	11.3	17.5	47.0	26.7
Mar. 84	1.8	7.2	9.3	10.1	1.7	2.9	3.8	15.6	33.7
Avr. 84	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.3	23.2
<i>ppds (0.05)*</i>	<i>pds²</i>	24.4	29.0	31.5	4.9	9.0	17.5	20.9	9.1

¹Toutes les valeurs sont la moyenne de 4 répétitions

^{*}*ppds*= Plus petites différences significatives

²*pds*= pas de différences significatives au niveau de 5%

Source: PRONAM, 1985

sensibles, les racines ainsi que toutes les plantes bouturées au mois d'avril sont encore au stade primaire de leur croissance et de ce fait, aucune nécrose des tiges ainsi que la détérioration des racines n'est observée. La récolte précoce des plantes assure d'obtenir des racines tubéreuses non détériorées.

d. Fertilisation minérale et organique de la culture

Le développement des symptômes de la mort des sommités semble être grandement influencé par le niveau de fertilité du sol sur lequel le manioc est planté. On avait constaté que l'engrais potassique réduisait considérablement la progression des symptômes dans les champs en comparaison avec l'azote qui le favorise. L'amendement du sol avec la potasse—en forme de sulfate de potassium—baisse considérablement l'incidence et la gravité des symptômes. L'attaque des plantes souvent diminuait avec l'augmentation des concentrations de la fertilisation potassique jusqu'à la dose de 150 kg/ha après laquelle il n'y avait aucun effet. De même, la couverture du sol où le manioc est planté avec un paillis végétal, qui se décompose facilement à l'aide des pluies continuelles et des termites ainsi que d'autres organismes présents dans le sol, réduisait également l'incidence de l'affection des plantes dans les champs jusqu'à 50% environ.

e. L'influence des cultures précédentes

Une gravité élevée des symptômes est souvent enregistrée dans les champs succédant la culture de pois cajan et la plus faible dans les champs plantés après une jachère. Les champs de manioc plantés sur un terrain où un autre champ de manioc était antérieurement cultivé finissent toujours par développer une incidence élevée des symptômes alors que l'incidence des symptômes est considérablement inférieure dans les champs plantés après une jachère.

Les Pourridiés des racines tubéreuses

On trouve également dans les champs de manioc en RD Congo plusieurs autres agents pathogènes demeurant dans le sol qui induisent des pourritures des racines tubéreuses -

soit sèches (Makambila et Bakala Koumouno, 1985) ou molles (Roger, 1951) - entraînant des pertes de rendement considérables. Lorsque les racines tubéreuses de manioc sont gardées pendant une longue période dans le sol, comme c'est le cas de la récolte échelonnée souvent pratiquée par les petits fermiers et plus particulièrement pendant les périodes de pluies excessives et dans les sols qui sont constamment gorgés d'eau, ils deviennent sensibles à l'infection par ces divers pathogènes.

Symptomatologie

Généralement, la plupart de ces agents pathogènes induisent la fonte des semis pendant les premiers stades de croissance de la plante et la pourriture des racines et racines tubéreuses au cours des étapes ultérieures de développement. Les feuilles des plantes affectées—souvent à certains endroits bien localisés dans un champ—se décolorent devenant subitement brunâtre. Avec l'avancement de la maladie, elles flétrissent devenant d'une apparence brûlée. Cependant, les feuilles peuvent encore rester attachées à la plante mais souvent par suite du flétrissement, un dessèchement des feuilles et des pétioles s'ensuit entraînant une défoliation sévère ainsi que la mort de la plante malade. La portion du champ ayant des plantes mortes apparaît comme étant endommagée par le feu. Des racines pourries sont souvent enflées et décomposées avec des tissus internes qui sont décolorés. Elles produisent une odeur nauséabonde caractéristique de la colonisation des champignons. Des structures microbiennes telles que le mycélium et des rhizomorphes des champignons sont souvent observées à la base des tiges ainsi que sur les racines tubéreuses affectées des plantes malades.

Agents causaux

Les plus importants micro-organismes communément rencontrés sur les racines et racines tubéreuses détériorées en RD Congo sont des espèces de *Phytophthora* telles que *P. drechsleri*, *P. erythroseptica* et *P. cryptogea* (Fassi, 1957; Buycky, 1962; Vanderweyen, 1962; Terry and MacIntyre, 1975) ainsi qu'*Armillaria mellea* et *Rigidoporus [Fomes] lignosus* (Vanderweyen, 1962; IITA, 1990). Ces deux derniers agents pathogènes sont particulièrement prévalents dans les champs qui sont établis dans les zones forestières et souvent dans des endroits où un nouveau champ a été implanté sur un terrain ayant des souches d'arbres mortes et pourries (Chevaugéon, 1956). Cependant et plus fréquemment, après que les feuilles des plantes affectées soient flétries et que des racines ainsi que des racines tubéreuses soient infectées par l'un ou l'autre des agents pathogènes souterrains, une multitude des saprophytes faibles envahissent les racines malades, masquant ainsi l'identité exacte de l'agent causal initial de la maladie.

Cycle de la maladie et mode de propagation

Si souvent, les champs de manioc dans les zones forestières sont grandement sensibles aux infections des racines tubéreuses par les champignons localisés sur les racines des arbres et d'autres nombreuses souches d'arbres qui ont été laissées lors de la préparation du terrain pour le semis de la culture. Mwangi *et al.* (2004) avaient bien observé que ces pourritures sont prévalentes dans la zone forestière et de forêts de transition humides d'Afrique centrale et occidentale. Mais plus généralement, l'apparition des pourritures des racines tubéreuses est favorisée par des gorgés d'eau stagnants lorsque des terrains choisis pour cultiver le manioc sont mal drainés.

Makambila (1980) avait indiqué que l'infection peut se réaliser par l'intermédiaire des rhizomorphes qui recouvrent d'abord les racines tubéreuses et émettent ensuite des filaments mycéliens dans l'écorce. A partir de ce point d'infection, ces filaments mycéliens s'étendent finalement dans toute la région périphérique des racines tubéreuses. La progression microbienne s'accompagne par la suite d'une libération de substances chimiques qui dégradent et ramollissent les tissus environnants. Les autres racines tubéreuses des plantes avoisinantes sont atteintes par simple colonisation de l'agent pathogène à partir de la bouture repiquée dans le sol. En présence des conditions humides favorables, l'agent pathogène gagne les racines tubéreuses à partir de son pédoncule. Les débris végétaux, surtout des racines pourries qui sont abandonnées sur les champs après la récolte, constituent des sources importantes des structures infectieuses comme des spores pouvant causer de nouvelles infections. Les pourritures des racines tubéreuses peuvent également se propager par des blessures causées par suite des pratiques culturales telles que le sarclage ou la récolte échelonnée en utilisant d'outils agricoles tels que les machettes et des houes contaminés par des spores de microorganismes. Dans le Kongo Central, Muimba-Kankolongo *et al.* (1989) ont trouvé que l'incidence des pourritures des racines tubéreuses augmentait avec chaque retard de la récolte du manioc au-delà de 12 mois. La pluie continue et une forte humidité contribuent également au développement de cette maladie (Chalwe *et al.*, 1998).

Importance de la maladie

Des pertes de rendement dues aux pourritures des racines tubéreuses en Afrique ont été estimées jusqu'à 80% par Théberge (1985) alors que Hillocks et Waller (1997) ont rapporté des pertes totales. Au Zimbabwe, Mwenje *et al.* (1998) avaient trouvé que l'infection par *Amillaria mellea* seulement entraînait des pertes de rendement s'élevant à 30%. Des enquêtes dans plusieurs champs du manioc dans les provinces du Grand Kivu, ancienne province-Orientale et au Maniema par Mwangi *et al.* (2004) avaient révélé une incidence bien accrue des pourritures des racines tubéreuses allant parfois jusqu'à 100%. Souvent, la maladie apparaît avant même que la culture ait arrivé à l'âge de la récolte et son incidence augmente grandement si la récolte est retardée de plusieurs semaines en particulier dans les zones forestières. La plupart des fermiers rencontrés avaient estimé que cette maladie constituait un fléau majeur et croissant pour la production du manioc dans la région. En plus, toutes les variétés cultivées, à l'exception des variétés amères, étaient très sensibles.

Méthodes de lutte

Des moyens certains pour le contrôle des pourritures des racines tubéreuses de manioc peuvent être dégagés des différentes pratiques qui sont utilisées pour le cultiver. Ils comprennent des pratiques comme la sélection des bons sols, l'évacuation des débris de manioc des champs après récolte, la rotation des cultures et la mise en jachère des terres, ainsi que la récolte précoce.

La sélection des sites de plantation

Une caractéristique importante de terrains propices pour la culture du manioc est qu'ils ne devraient pas être sujets à des inondations. Des sols continuellement gorgés d'eau, notamment aux alentours des rivières, favorisent le développement de la maladie et doivent être évités. On tiendra toujours à choisir des sols limoneux-sableux et bien

drainés qui sont appropriés pour la culture. De même, il sera conseillé de ne pas cultiver le manioc sur un terrain ayant une histoire bien établie de la présence des pourritures des racines ou aussi d'autres maladies importantes.

Assainissement de la culture

L'incidence de la maladie dans les champs peut aussi être minimisée par la destruction des débris végétaux y compris les racines pourries et les tiges portant des fructifications microbiennes immédiatement après la récolte. Les débris des parties basales des tiges ainsi que des racines tubéreuses non-commerciales ne devront pas être abandonnés dans le champ après récolte car ils constituent une source importante des structures de croissance des microorganismes pouvant conduire à de nouvelles attaques de la culture la saison suivante.

La récolte précoce

Les champignons souterrains entraînent souvent des pourritures des racines tubéreuses lorsque la récolte du manioc est retardée de plusieurs semaines voire de mois après la maturité. Ainsi, la récolte précoce ou celle effectuée à temps peut réduire l'incidence des pourritures ou même empêcher l'infection des racines tubéreuses par des microorganismes dans le champ.

La rotation des cultures

La plupart des microorganismes causant les pourritures des racines tubéreuses vivent et croissent dans le sol. Il est bien entendu qu'une culture continue surtout des variétés sensibles sur le même champ pendant des saisons successives peut conduire à une accumulation de leurs populations et entraîner ainsi l'augmentation de l'incidence de la maladie d'une année à l'autre. Afin de briser le cycle de la maladie, il est conseillé de pratiquer la rotation du manioc avec d'autres cultures telles que des céréales ou des légumineuses après un certain temps. Le fermier doit opter pour une autre culture après deux à trois années de culture de manioc sur un terrain. En réalité, l'absence de plantes pouvant promouvoir d'éléments nutritifs aux agents infectieux ou aussi la présence d'autres plantes qui ne sont pas hôtes à ces champignons dans un champ pour une période raisonnable les prive de leur apport en nourriture pour la croissance, ce qui conduit souvent à un déclin prononcé de leurs populations.

La mise en jachère des terres

Comme pour la rotation, une mise en jachère des terres après cinq ans ou plus de la culture continue du manioc pour une longue période (environ trois à cinq ans) est une mesure efficace pouvant amener à la réduction de l'incidence des pourritures des racines tubéreuses dans des champs.

Les pourritures sèches des racines de manioc causées par *Phaeolus manihotis* 'Heim

Autour des années 2009 et 2010, de graves épidémies des pourritures sèches des racines tubéreuses de manioc avaient été observées dans les exploitations de



Figure 5.35. Carpophores de *Phaeolus manihotis* au niveau du collet d'un plant de manioc et pourritures racinaires sèche d'un plant affecté.

manioc dans la forêt secondaire du Mayumbe plus spécialement dans les zones de Kimbianga (S 05.41754 °; E 012.81850 °; Alt 153m) et dispersée à travers le Territoire de Lukula, District de Bas-Fleuve au Kongo Central au sud-ouest de la RD Congo. Les investigations faites avaient indiqué la présence des carpophores d'un champignon jaunâtre sur la tige, situés à la base du pied de manioc au niveau du collet, précisément au deuxième entre-nœud à partir du sol (Fig. 5.35 A et B). Toutes les plantes infectées présentaient de graves pourritures sèches des racines tubéreuses comme indiqué sur la planche 13C.

Le pathogène associé à ces pourritures a été identifié par la Clinique des Plantes du Centre Agronomique et Vétérinaire Tropicale de Kinshasa (CAVTK) sous le nom de *Phaeolus manihotis* Heim (Polyporaceae), qui est connu comme une espèce latente du champignon basidiomycète dans la plupart des forêts secondaires d'Afrique (Gilbertson & Ryvarden, 1987). Makambila et Koumouno (1986) l'ont signalé sur le manioc au Congo-Brazzaville, mais c'était la première fois que *P. manihotis* soit rapporté comme l'une des causes des pourritures du manioc en RD Congo.

Les études épidémiologiques sur ce pathogène avaient indiqué que la pluviosité favorise l'apparition des carpophores considérée comme indice de reprise active de la vie végétative du mycélium et contribue à sa propagation de proche en proche à la faveur des contacts entre racines infectées et racines saines des arbres voisins (Makambila, 1994).

Des observations faites dans les exploitations les plus touchées au Bas-Fleuve avaient indiqué que les pertes dues à ces pourritures pouvaient atteindre 100% de rendement en racines fraîches. Aussi, dans les perspectives du contrôle de la maladie sur la culture, une étude préliminaire de contrôle par l'application d'un fongicide BOMONYL/BENLATE 50W P à la dose de 0,5g/l avait été initiée sur certaines variétés de manioc cultivées dans la zone. Les résultats de l'étude avaient révélé des différences significatives dans l'incidence des plants avec pourritures et celle des racines tubéreuses pourries entre les parcelles traitées au fongicide et celles non traitées (Tableau 5.22). L'incidence des plants avec pourritures était de loin inférieure, variant de nul sur la variété observée être résistante à 3,3% sur la variété observée être sensible, dans les parcelles où le fongicide était appliqué mensuellement pendant les 3 premiers mois, par rapport aux parcelles où le fongicide n'était appliqué qu'une seule fois à la plantation, et celles où le fongicide n'était pas appliqué du tout.

L'incidence des plants avec pourritures et celle des racines pourries avaient varié entre 0% sur la variété observée résistante et 24,8% sur la variété observée être sensible pour les plants avec pourritures, et 0% et 16,3% pour les racines pourries, contre entre 18,3% pour la variété observée résistante et 64,7% pour la variété observée sensible pour les plants avec pourriture et 7,0% et 54,4% pour les racines pourries dans les parcelles n'ayant connu aucune application fongicide. Le rendement dans les parcelles sans aucune application fongicides a varié entre 4,6 t/ha et 10,8 t/ha, contre 6,5 t/ha et 11,4% pour les parcelles à une seule application et 5,9 t/ha à 14,2 t/ha pour les parcelles à application mensuelle de fongicide pendant 3 mois.

Ces résultats indiquent que l'application mensuelle de fongicide BENLATE 50WP pourrait protéger complètement certaines variétés contre la pourriture ou réduire fortement la proportion de pourritures racinaires. L'application de fongicide pourra améliorer le rendement en racines fraîches.

Tableau 5.21. Contrôle des pourritures sèches des racines de manioc causées par *Phaeolus manihotis* Heim par les fongicides.

Traitement/Variété	Incidence des plants avec pourritures (%)	Incidence des racines pourries (%)	Rendement (t/ha)
Application mensuelle du fongicide pendant les 3 premiers mois			
Butamu	0	0	14.2
Disanka	3	0.7	9.0
Lueki	0	0	10.1
Nsansi	0	0	12.5
Zizila	2.6	0.6	11.9
Kunzi (Local)	3.3	1	5.9
Moyenne	1.5	0.4	10.6
Application du fongicide une seule fois à la plantation			
Butamu	17.8	10.1	11.4
Disanka	12.1	16.3	8.3
Lueki	8.3	10.4	10.8
Nsansi	0	0	11.5
Zizila	24.8	10.4	7.3
Kunzi (Local)	5.9	2.8	6.5
Moyenne	11.5	8.3	9.3
Sans application du fongicide			
Butamu	23.9	11.8	10.1
Disanka	18.3	7.0	10.8
Lueki	50.5	45.2	5.4
Nsansi	19.5	11.1	8.9
Zizila	55.0	46.9	8.0
Kunzi (Local)	64.7	54.4	4.6
X	33.7	29.4	8.0
CV (%)	34.6	22.3	23.9
P ($\leq 0,05$)	*	*	NS

Historique de la maladie des nécroses racinaires du manioc et sa répartition géographique en RD Congo

En 2002, une équipe de chercheurs de IITA et de l'INERA va constater pour la première fois à Kinshasa en RD Congo, des nécroses racinaires se ressemblant à celles de la CBSD (Mahungu *et al.*, 2003).

Des tests moléculaires seront réalisés après à travers plusieurs laboratoires spécialisés, en utilisant les amorces de la CBSD, mais ces tests se révèlent négatifs (Bakelana *et al.*, 2019). Ce qui a valu à la maladie, l'appellation de "CBSD-like" ou maladie apparentée à la CBSD, suite simplement à la ressemblance des nécroses racinaires. En effet, c'est bien avant 2002 que certains villageois avaient constaté l'apparition de ces taches nécrotiques qui furent parfois confondues aux perforations dues à l'adventice *Imperata cylindrica* (Bakelana *et al.*, 2019).

Dans certaines contrées, ces taches nécrotiques de la CBSD-like sont désignées vernaculairement sous différentes appellations : Mputa, Ntadi ntadi, etc. Contrairement à la CBSD, ces tâches racinaires ne sont pas accompagnées des symptômes au niveau des tiges et/ou des feuilles. Certaines taches foliaires anormales et différentes de celles de la CBSD sont toutefois constatées sur certaines plantes de manioc mais aucune étude scientifique n'a prouvé à ce jour, une éventuelle relation avec les tâches racinaires.

À la suite des analyses de laboratoire de séquençage complet, aucun virus ne sera identifié dans les échantillons de racines de manioc sévèrement attaquées par la maladie et l'appellation de CBSD-like deviendra obsolète et la maladie sera désignée plus tard «Maladie des Nécroses Racinaires du Manioc» (MNRM) ou en anglais «Cassava Root Necrosis Disease» (CRND) (Bakelana *et al.*, 2019).

Actuellement, la maladie des nécroses racinaires du manioc est présente à travers toutes les provinces occidentales de la RD Congo et se propage concomitamment vers l'Est de la RD Congo et vers l'ouest de l'Afrique (Bakelana *et al.*, 2019).

Les dernières prospections ont confirmé sa présence en République du Congo et en Angola. Ces nécroses racinaires sont actuellement soupçonnées au Gabon, en République centrafricaine, en Tanzanie et en Zambie (Bakelana *et al.*, 2018 ; Bakelana *et al.*, 2019).

En RD Congo, certaines zones à très forte pression de la maladie (hotspots) ont été identifiées dans les provinces de Kinshasa (Plateau des Batékés) et du Kongo Central (Bakelana *et al.*, 2019) à l'instar des villages de Lukuakua et de Kintete, tous au Kongo Central.

Détérioration des cossettes après récolte

Depuis plusieurs années des efforts de recherche à l'INERA, un certain nombre des variétés améliorées de manioc et les pratiques culturelles appropriées ont été développés et recommandés pour l'utilisation générale par les agriculteurs. Malgré la diffusion de ces technologies agricoles améliorées, on s'était enfin rendu compte que les problèmes phytosanitaires relatifs aux traitements de manioc après-récolte étaient oubliés. Et pourtant, ils constituent également l'un des facteurs limitant à la production de manioc dans le monde (Booth, 1974; Coursey, 1976; Chinsman and Fiagan, 1986; Schmidt,

1987). Au cours d'une enquête dans le territoire de Ngandajika (lat. 06°45'S, long. 23°57'E, alt. 780 m and 1400 mm pluviométrie moyenne annuelle) à l'ancienne province du Kasai Oriental en 1982/83, on avait remarqué une alarmante détérioration des cossettes de manioc qui étaient conservées pour la consommation ou aussi celles en vente dans différents marchés de plusieurs localités (Fig. 5.36). Le séchage au soleil de cossettes de manioc non fermentées sur les débris végétaux qui sont étalées au sol dans le champ, pendant au moins 7 à 10 jours, fait partie des pratiques de transformation après-récolte la plus répandue de plusieurs ménages dans la région.

Le goitre, la diarrhée fréquente et des nombreuses autres anomalies infantiles étaient également prévalents à l'hôpital local à Ngandajika. Une courte et rapide évaluation par questionnaire auprès des quelques foyers, autour de la station expérimentale de l'INERA/PRONAM, sur la connaissance de problèmes de santé associés à la consommation des cossettes moisies avait clairement révélé qu'on ignorait pratiquement les effets délétères de l'alimentation des aliments spoliés. Néanmoins, ils avaient reconnu que l'état de santé de la majorité des enfants, en particulier ceux issus de familles à faible revenu, dressait un tableau plutôt désagréable. La plupart d'entre eux affichent souvent des symptômes aigus de malnutrition, notamment le retard dans la croissance et l'insuffisance pondérale, et aussi la présence du goitre.

Qualité et apparence des cossettes

La pratique courante de transformation du manioc entraîne une augmentation de la colonisation des cossettes, à la fois pendant le séchage et au stockage, par diverses moisissures qui confèrent ainsi un goût désagréable aux produits finis et à leur décoloration brune à vert-noirâtre. Comme il a été déjà rapporté par Booth (1974), les racines tubéreuses de manioc sont extrêmement périssables après la récolte et ne peuvent généralement pas être stockées dans un état frais pendant plusieurs jours sans qu'elles ne subissent une détérioration sévère. Des procédés de séchage appropriés, par conséquent, constituent donc une opération vitale dans la chaîne de transformation des produits alimentaires du manioc de bonne qualité.

Non seulement que ces moisissures réduisent la qualité des cossettes, mais il y a aussi une grande préoccupation pour le risque des maladies graves pour les consommateurs et le bétail à la suite de contamination par l'aflatoxine (Vanderhoven *et al.*, 1970 ; Van Rensburg *et al.*, 1974; Williams *et al.*, 2004), une substance toxique que les microorganismes colonisateurs produisent (Agrios, 1978; Sweeney et Dobson, 1998).

Masimango (1979) et Brudzynski (1985) avaient également repéré plusieurs de ces champignons sur différents produits agricoles, y compris les cossettes de manioc, vendus sur les marchés locaux respectivement à Kisangani, nord de la RD Congo et à Kinshasa, incitant ainsi un besoin urgent d'une étude nationale pour établir la nature et l'étendue de l'apparition de moisissures dans les principales denrées alimentaires.

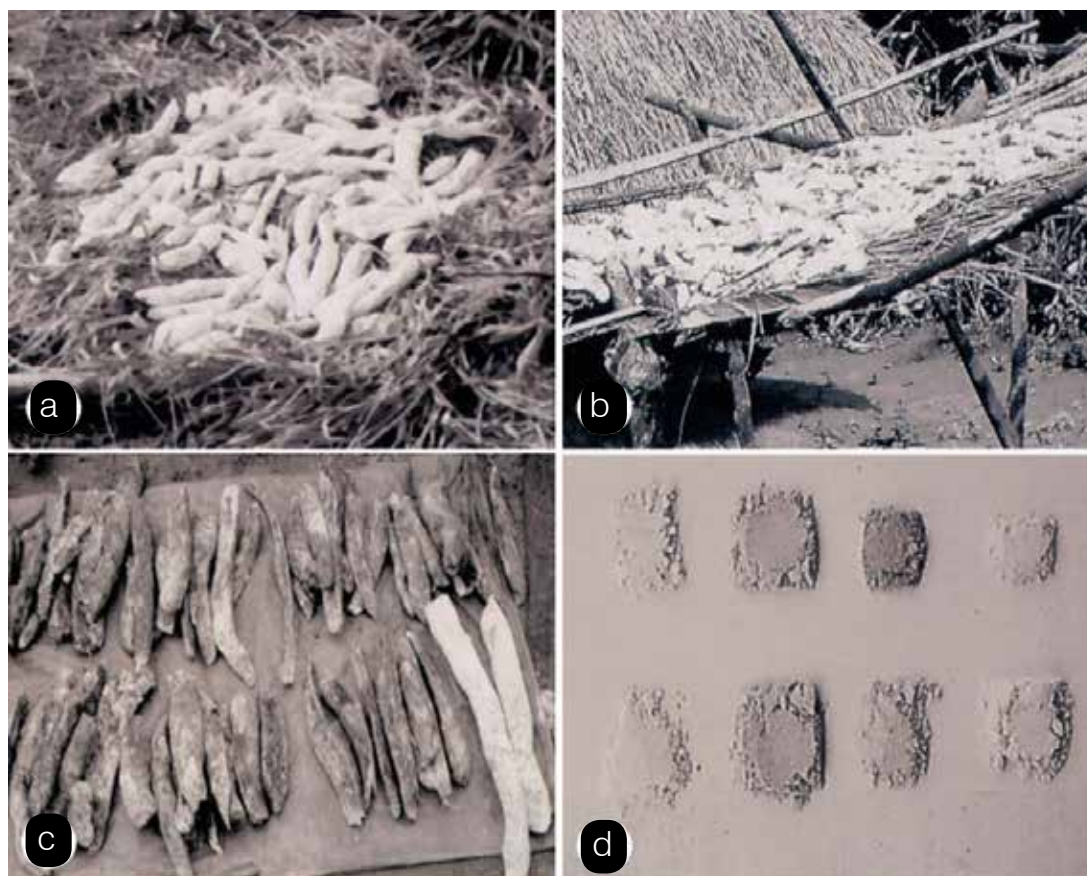


Figure 5.36. Traitement post-récolte du manioc dans le territoire de Ngandajika ancienne province du Kasai Oriental dans le centre de la République démocratique du Congo, et contamination par les moisissures des chips et de la farine. **a** puces détériorées vendues sur les marchés locaux; **b** Séchage au soleil des copeaux de manioc sur les débris végétaux déposés au sol dans les champs; **c** Séchage au soleil des chips de manioc sur une plate-forme construite avec des matériaux ligneux dans les villages; et **d** farine de mauvaise qualité obtenue à partir de copeaux moisies.

Ce genre de colonisation microbienne est souvent lié à des nombreux microorganismes, souvent associés aux aliments détériorés comme des espèces d'*Aspergillus* et de *Fusarium* qui sont aussi aflatoxinogènes (Vanderhoven *et al.*, 1970) et nuisibles pour la santé humaine (FAO, 1969; Brudzynski, 1985; Van Rensburg, 1974). Plusieurs échantillons des pièces de cossettes ont été collectionnés et amenés au laboratoire à Mvuazi au Kongo Central pour des analyses. Plusieurs cryptogames y ont été repérés et des observations ultérieures à travers divers sites dans le territoire de Ngandajika et autres endroits avoisinants avaient clairement indiqué que les cossettes de manioc sont sévèrement contaminées par une multitude des champignons de moisissures (Tableau 5.21). Les plus prédominants (trouvés dans 100% des échantillons analysés) étaient *Aspergillus flavus* Link, *A. Niger* van Tiegh, *Botryodiplodia theobromae* Pat., *Fusarium oxysporum* Schlecht, *Penicillium pinophilum* Hedgock, et d'autres indéterminés comme *Aspergillus* et *Fusarium*

Tableau 5.22. Champignons isolés des cossettes de manioc pendant le séchage et stockage dans les différents ménages et sur les marchés locaux dans le district de Ngandajika, ancienne province du Kasai-Oriental, République Démocratique du Congo.

Champignon	% Apparition sur les Echantillons au		
	Séchage	Stockage	Marché
<i>Aspergillus flavus</i> link	100	100	100
<i>A. niger</i> Tiegh	94	100	100
<i>Aspergillus</i> sp.	100	100	100
<i>Botryodiplodia theobromae</i> Pat.	100	100	100
<i>Curvularia lunata</i> (Wakker) Boedijn var. <i>aeria</i>	2	–	–
<i>Fusarium chlamydosporum</i> Wollenw. & Reinking	56	68	65
<i>F. fusarioides</i> (Gonz. Frag. & Cif.) C. Booth	48	51	68
<i>F. oxysporum</i> Schlecht.	100	100	100
<i>F. solani</i> (Mart.) Sacc.	58	51	59
<i>Fusarium</i> sp.	100	100	100
<i>Neurospora</i> sp.	14	19	17
<i>Penicillium pinophilum</i> Hedgcock	100	100	100

^a Pourcentage de recouvrement des cyptogames sur milieu artificiel de culture "Potato Dextrose Agar" 4 jours après incubation des échantillons à 27°C (PRONAM, 1983).

spp. Les seconds types aussi trouvés étaient *F. chlamydosporum* Wollenw & Reinkug, *F. fusarioides* (Fragono & Ciferri) Booth et *F. solani* (Mart.) Sacc. *Curvularia lunata* (Walker) Boedijn var. *Aeria* et *Neurospora* spp. ont également été repérés, mais seulement à une très faible fréquence.

Facteurs favorisant la contamination

Plusieurs essais ont été conduits pour, notamment, établir les causes profondes de la colonisation et de la spoliation des produits du manioc dans cette partie du pays (PRONAM, 1983; 1984). On avait trouvé que les facteurs surtout liés au climat et au mode de transformation des produits du manioc constituaient les éléments primordiaux de détérioration des cossettes.

Méthodes de transformation du manioc

Des racines tubéreuses fraîches à l'âge de récolte de plusieurs clones ont été transformées suivant la procédure en cours chez les habitants. La méthode traditionnelle de transformation la plus répandue consiste à découper longitudinalement les racines tubéreuses fraîches épluchées et les abandonner ensuite étalés au champ sur des débris des tiges et feuilles de manioc ainsi que d'autres arbrisseaux pour assurer le séchage au soleil. Le produit obtenu après séchage est localement appelé "Mpandu" signifiant cossettes non fermentées.

Une partie des racines tubéreuses pour chaque clone était soit fermentée séparément par trempage dans l'eau stagnante dans de grands fûts pendant 4 jours ou aussi non-fermentée

suivant la méthode courante. Ensuite, les cossettes fermentées et non fermentées étaient séchées au soleil pendant une semaine soit au sol sur la paille et débris des tiges de manioc ou aussi sur les étalages en bois relevés d'au moins 1,5 m du sol comme ceux qu'on trouve autour des cabanes dans les villages souvent construits avec des poteaux d'arbustes et de bambous ainsi que d'autres matériaux locaux issus des palmiers. Après séchage, toutes les cossettes ont été transférées au stockage dans un entrepôt et maintenues en tas, tel qu'il est pratiqué par les ménages locaux, pour une période de deux semaines.

L'apparition de moisissures était commune sur les cossettes de la plupart des clones de manioc, mais la prévalence de la colonisation avait considérablement varié entre les différents clones et aussi entre les méthodes de transformation des racines tubéreuses avant le séchage et le stockage. Dans l'ensemble, on avait enregistré une intensité de colonisation fongique élevée sur les cossettes non fermentées que sur celles qui étaient préalablement fermentées (Tableau 5.21). Que la fermentation en soi épuise totalement l'état nutritionnel des cossettes servant de substrat alimentaire pour la germination et le développement des cryptogames reste encore inconnu. Les travaux sur la composition en éléments nutritifs du manioc fermenté (Chinsman et Fiagan, 1986, Hutagalung et Tan, 1976) indiquent clairement une pénurie d'acides aminés et de plusieurs autres nutriments connus comme aliment de base pour la plupart des champignons saprophytes.

Méthodes de séchage et entreposage, et effet de la saison

Des efforts supplémentaires ont été déployés au PRONAM pour déterminer la relation entre la technique de séchage et la période de l'année qui influence une invasion rapide des cossettes par les moisissures. Des cossettes non fermentées de différents clones ont été séchées au soleil pour une semaine comme déjà indiqué plus haut. Le séchage a été

Tableau 5.23. Colonisation des cossettes de manioc en entreposage après deux méthodes différentes de transformation des racines tubéreuses à Ngandajika, ancienne province du Kasai Oriental.

Clone	Colonisation des Cossettes (%)		Moyenne
	Rouies	Non Rouies	
S097	50.0	100	75.0
50680/1	1.0	90.0	45.5
Amer de 6 mois	2.0	90.0	66.0
GII/5	100	100	100
33787/6	0.0	100	50.0
60882/9	1.0	70.0	35.5
CB 5051/5	100	100	100
60/12/84/25	100	100	100
60441/8	60.0	100	80.0
Mwana Mpiana	60.0	100	80.0
61168/4	100	100	100
Moyenne	52.2	95.5	

respectivement effectué à la mi-Mars mi-Avril (saison des pluies), la mi-juin à mi-juillet (saison sèche), et la mi-août à la mi-septembre (saison sèche ayant un dépôt accru de brouillard). Après le séchage, les cossettes ont été recueillies pour les maintenir en tas à l'entreposage dans les conditions environnementales normales pendant une période d'un mois.

La détérioration des cossettes observée débute souvent au cours du séchage et se poursuit tout au long de stockage où elles sont entreposées en tas dans des cabanes de paysans. L'ampleur de détérioration varie en fonction de la méthode de transformation, de saison pendant laquelle le séchage est effectué ainsi que de la durée de l'entreposage (Tableau 5.23). Toutes les cossettes ont été entièrement colonisées par des champignons lorsque le séchage a eu lieu pendant la saison des pluies (mi-mars à mi-avril) indépendamment de la méthode de séchage. Le séchage pendant la saison sèche (mi-juin à mi-juillet) avait considérablement empêché la détérioration par les microbes alors que la détérioration avait augmenté de nouveau lors du séchage au cours de la période sèche avec des dépôts considérables de brouillard (mi-août à mi-septembre). Globalement cependant, la détérioration a été significativement réduite lors du séchage sur les plateformes élevées du niveau du sol et qui étaient situées dans le village, même pendant la saison sèche avec le brouillard.

Pour tous les clones, la détérioration des cossettes augmentait avec l'augmentation de la durée de stockage, bien qu'elle varie sensiblement aussi entre les clones. Les caractéristiques génotypiques de certains clones rendant leurs produits finaux de rester blanchâtre et non contaminés pendant une longue période de stockage justifient la nécessité d'autres études.

Stratégies de contrôle

Les taux de détérioration observés entre les différents clones au sein de chaque méthode de séchage et d'entreposage sont en accord avec les autres rapports stipulant les périodes spécifiques que des racines tubéreuses de manioc persistent sans subir une détérioration (Rickard et Coursey, 1981). Cependant, la colonisation par des moisissures a surtout été grandement influencée par la méthode de transformation pratiquée et par les conditions environnementales pendant les périodes de séchage et de l'entreposage.

Ainsi, la détérioration des cossettes pourrait être limitée par l'utilisation des technologies simples et améliorées de séchage du manioc après la récolte. Actuellement, il existe de nombreux séchoirs abordables et de bonne qualité qui sont convenables soit pour un ménage ou une communauté agricole tout entière. Le séchage du manioc sur des plateformes surélevées même aux champs où la concentration d'inoculum microbien serait élevée peut aussi considérablement réduire la colonisation des cossettes. Par conséquent, des efforts doivent être mobilisés et coordonnés afin de mettre en place des traitements plus sereins du manioc après récolte qu'on devra diffuser auprès de la population afin d'avoir les marchés locaux et nationaux des produits alimentaires de bonne qualité.

La Cercosporiose

A part la mosaïque et la bactériose, les feuilles de manioc sont également infectées par diverses autres tâches qui sont d'origine fongique. Ce sont des taches de couleur blanche, marronne ainsi que celles provoquant des larges brûlures aussi de couleur brunâtre.

Tableau 5.24/25. Effets des méthodes de séchage et la période de l'année sur la détérioration des cossettes de manioc dans le district Ngandajika, ancienne province du Kasai Oriental, République Démocratique du Congo.

Clone	Taux d'humidité et détérioration de moissures des échantillons séchés sur											
	Débris des plantes au champ						Étalages au village					
	Saison de pluies			Saison sèche			Saison sèche avec brouillard			Saison de pluies		
	Taux d'humidité (%)	Echantillons infectés (%)		Taux d'humidité (%)	Echantillons infectés (%)		Taux d'humidité (%)	Echantillons infectés (%)		Taux d'humidité (%)	Echantillons infectés (%)	
S097	80.0	100.0		47.3	0.0		72.2	90.0		62.5	100.0	
60882/10	82.3	100.0		31.2	0.0		92.8	100.0		94.6	100.0	
50680/1	96.6	100.0		59.7	0.0		71.8	100.0		85.1	100.0	
GII/5	91.8	100.0		56.0	0.0		68.9	92.0		80.9	100.0	
HS5219/16/22	80.5	100.0		41.8	0.0		41.9	88.0		87.4	100.0	
33787/6	96.5	100.0		60.6	0.0		93.1	100.0		98.8	100.0	
CB5051/5	93.6	100.0		52.4	0.0		81.4	86.0		64.2	100.0	
60441/8	77.4	100.0		48.9	0.0		58.5	100.0		50.3	100.0	
F100	89.1	100.0		40.5	0.0		93.3	100.0		88.8	100.0	
A19B/2	94.6	100.0		47.3	0.0		84.6	90.0		93.7	100.0	
Mwana Mpiana	93.5	100.0		63.2	0.0		77.6	100.0		95.5	100.0	
Lwenyi/3	94.7	100.0		59.3	0.0		95.5	100.0		90.9	100.0	
Moyenne	89.2	100.0		50.7	0.0		77.6	95.5		82.7	100.0	
PPDS (P £ 0.05) ^a								7.1				
PPDS (P £ 0.05) ^a								94.5				

^aPPDS (P≤0.05) plus petite différence significative pour comparaison des méthodes de séchage (sur les débris au champ vs étalages dans le village). ^bPPDS (P≤0.05) plus petite différence significative pour comparaison des saisons pendant lesquelles le séchage des cossettes est effectué (sèche vs de pluies vs sèche avec brouillard). (Source : PRONAM, 1983).

Tous ces différents types des taches sont communément connus sous le nom de la cercosporiose du manioc. La plus importante et plus répandue parmi cette maladie est la cercosporiose à taches brunes (Van Overeen, 1952; Lozano et Booth, 1976; Teri *et al.*, 1977), mais tous les trois types sont fréquemment observés sur les plantes de manioc en RD Congo.

Symptomatologie

Taches blanches

Les symptômes de la cercosporiose induisant des taches blanches sont d'abord caractérisés par la présence des petites taches circulaires chlorotiques sur la surface inférieure des feuilles des plantes infectées (Fig. 5.37). Celles-ci évoluent ensuite par la formation des petites lésions nécrotiques aussi circulaires de moins de 1 à 2 mm de diamètre ayant une couleur blanchâtre au centre. Par après, les taches accroissent progressivement jusqu'à atteindre environ 3 à 5 mm de diamètre avec des bordures bien distinguées de couleur pourpre (Théberge, 1985; Msikita *et al.*, 2000) ayant des auréoles chlorotiques. Elles deviennent alors bien visibles sur la face inférieure des feuilles.

Taches brunes

Cette cercosporiose se caractérise par l'apparition des quelques ou plusieurs petites taches brunes circulaires sur toutes les deux faces des feuilles des plantes attaquées mais elles sont plus visibles sur la partie supérieure (Fig. 5.37). Sur la face inférieure cependant, les taches sont d'une couleur brunâtre-pourpre. Leurs bordures sont souvent irrégulières et de couleur noirâtre bien distincte entre les veines (Msikita *et al.*, 2000) et leur centre—constitué des tissus morts—peut se briser facilement, tomber et laisser des fentes similaires aux trous causés par des coups des tirs de fusil. Généralement, elles mesurent environ 3 à 12 cm de diamètre et se trouvent souvent sur les vieilles feuilles qui sont situées dans la partie basale des plantes. Elles peuvent aussi être régulièrement réparties sur toutes les feuilles des plantes des cultivars les plus sensibles. Dans le cas d'une infection sévère, les feuilles malades deviennent rapidement jaunâtres, sèchent et succombent prématurément en se détachant de la plante.

Brûlure des feuilles

Les symptômes causés par cette cercosporiose sont particulièrement très distincts de ceux des deux autres types de cercosporiose décrits plus haut du fait que les taches causées sont plus larges, diffuses et ne présentant aucune bordure bien définie (Fig. 5.37). Ces taches sont aussi souvent localisées sur les vieilles feuilles. Chaque tache se développant au point d'infection initiale pouvant couvrir une large superficie du lobe foliaire. Mais, elles peuvent aussi s'étaler sur la surface foliaire entière dans les conditions propices pour le développement de la maladie, causant ainsi les brûlures complètes des feuilles. Ces taches sont entièrement de couleur brunâtre sur la face supérieure des feuilles mais avec le centre qui est de couleur grisâtre sur la face inférieure principalement à cause de la sporulation abondante de l'agent infectieux pendant les périodes de bonnes conditions d'humidité. La coloration au centre de ces taches semble être pourpre à la face inférieure des feuilles.



Figure 5.37. Cercosporiose sur les feuilles des plantes de manioc : **a** Feuilles de manioc affectées par des taches blanches (*Cercospora caribaea*), **b** taches brunes (*C. henningsii*) et **c** large brûlures brunes (*C. viscosae*). (Source : PRONAM, 1984).

Agents causaux

La cercosporiose résulte de l'infection des feuilles par plusieurs espèces de *Cercospora* (Ciferri, 1933; Arene, 1974; Lozano et Booth, 1976; Maduwesi, 1974; Teri *et al.*, 1977; Kasirivu, 1978). Des taches blanches sont causées par *Cercospora caribaea* Chupp & Ciferri, les taches brunes par *Cercospora henningsii* Allesch et les brûlures brunâtres plus larges par *Cercospora viscosae* Muller & Chupp (Powell, 1972; Lozano et Booth, 1976; Théberge, 1985).

Cycle de la maladie et propagation

Ces diverses tâches foliaires sont répandues partout dans le monde où le manioc est cultivé et la source principale de la propagation de la maladie est le matériel végétal.

La maladie se propage aux feuilles étant sur la plante à partir des débris des feuilles infectées qui sont au sol. Au moindre souffle de vent ou aussi par les éclaboussements des pluies, les spores des champignons qui y sont hébergées sont facilement transportées aux plantes saines où ils peuvent ensuite initier l'infection (Theberge, 1985). Les mauvaises herbes dans le champ peuvent également servir comme plantes hôtes alternatives pour ces champignons (Msikita *et al.*, 2000). Les taches causées sur les feuilles se manifestent de façon différente selon les facteurs d'environnement qui, de leur part, favorisent leur développement. Les taches blanches sont favorisées par un climat froid, les taches brunes par des températures et humidités élevées, et les tâches brunâtres à brûlure des feuilles par des conditions environnementales chaudes et humides (Lozano et Booth, 1976 ; Ayessu-Offei et Antwi-Boasiako, 1996).

Importance

Généralement, la cercosporiose est considérée comme une maladie de moindre impact sur le rendement. Son importance a toujours été sous-estimée du fait que la maladie affecte seulement les feuilles bien âgées qui sont dans la partie basale des plantes (Tableau 13). La cercosporiose se rencontre dans plusieurs champs partout en Afrique (Kasirivu *et al.*, 1980; Teri *et al.*, 1984; Theberge, 1985). En Afrique de l'Ouest par exemple, Wydra et Msikita (1998) avaient observé que l'incidence des taches blanches variait entre 1% dans la savane sèche à 62% dans les champs situés dans la zone forestière. Les taches brunes étaient partout avec une incidence variant entre 78% dans les zones savanicoles humides et 98% dans la zone de forêt de transition.

La cercosporiose peut cependant se développer sitôt après la plantation des plantes de certains cultivars très sensibles pour lesquels des surfaces foliaires plus larges sont endommagées. Dans de telles conditions, la maladie peut réduire considérablement non seulement la surface foliaire vitale pour la photosynthèse de la plante mais aussi causer une forte chlorose des feuilles et une sévère défoliation. Theberge (1985) avait indiqué que la cercosporiose pouvait entraîner des pertes de rendement de l'ordre de 20% pour une plante individuelle dans les conditions de fortes pluies en Afrique.

Des pertes de rendement variant entre 15 à 38% pour les différentes variétés de manioc infectées par des taches brunes avaient déjà été enregistrées par Teri *et al.* (1984) en Colombie. Au Brésil, Takatsu *et al.* (1990) ont également indiqué des pertes de rendement d'environ 30% pour les plantes infectées à la fois par des taches brunes à *Cercospora henningsii* et celles induisant des brûlures brunâtres des feuilles plus étendues causées par *C. vicosae*.

En RD Congo (PRONAM, 1984), on a observé que l'incidence des taches blanches était plus élevée surtout dans les champs de manioc sur un sol pauvre et plus acide que celle des taches brunes. Les vieilles plantations étaient sévèrement affectées par les différentes taches foliaires que les jeunes et l'infection du manioc par ces cryptogames variait selon le cultivar du manioc, l'endroit où le champ est situé et la période de plantation. La majorité des cultivars ont ces taches, surtout les taches blanches que les brunes, sur les vieilles feuilles à la base des plantes.

Tableau 5.26. Incidence des taches brunes (*Cercospora henningsii*) et blanches (*C. caribae*) en relation avec la position de la feuille sur la plante de manioc dans la station de l'INERA de Mvuazi, Kongo Central.

Clones	Nombre des taches brunes par feuille dans la partie de la plante ¹			Nombre des taches blanches par feuille dans la partie de la plante ¹		
	Base	Milieu	Sommet	Base	Milieu	Sommet
30010/10/09	9.4	1.3	0.8	85.8	29.4	19.6
30555/1	7.2	3.4	0.0	292.2	80.4	17.0
30010/10/70	17.6	3.4	0.0	105.4	30.4	29.0
30085/28/1	28.8	5.8	0.0	180.6	78.8	13.7
30179/2/1	23.4	4.2	0.6	148.8	72.4	19.2
3001/8/1	8.6	3.2	2.0	213.6	74.0	38.4
30260/11/1	12.6	2.2	0.2	90.4	68.0	26.6
30010/10/18	6.2	2.0	0.4	91.2	39.0	10.6
30957/5/1	2.0	2.2	0.0	102.2	76.8	34.4
60420/1	9.0	2.4	0.2	146.4	38.0	23.6
30260/11/5	6.6	1.2	0.0	376.0	115.4	11.8
30957/5/6	14.2	3.8	0.6	89.0	47.2	14.8
30085/28/3	1.6	5.2	0.2	570.0	241.8	12.2
30179/2/5	8.4	0.6	0.0	111.6	83.6	10.0
3008/1/2	3.2	1.0	0.4	68.6	58.4	3.8
Somme	158.8	44.7	7.3	2671.8	1133.6	284.7
Moyenne	10.6	2.8	0.4	178.1	75.6	19.0
Std (0.05)	7.4	1.5	0.6	133.7	49.9	9.4

¹Chaque valeur est une moyenne de 4 répétitions

Source: PRONAM, 1984

Moyens de lutte

De façon générale, aucun effort n'a jamais été fait pour combattre la cercosporiose. La plupart des fermiers ne s'inquiètent pas de son développement comme la maladie affecte seulement des vieilles feuilles dans la partie basale des plantes. Mais en cas d'une infection sévère, on pourra tout de même envisager l'utilisation de quelques principes de lutte pouvant minimiser son impacte, tels que :

Utilisation des variétés résistantes

Dans certaines conditions qui sont requises pour un développement sévère de la maladie, des variétés résistantes peuvent être utilisées. Kasirivu *et al.* (1980) avaient démontré qu'il y avait une différence distincte dans la réaction des plusieurs clones de manioc à l'infection des taches brunes.

Moyens cultureux

D'autres recommandent d'enlever les débris des feuilles au sol dans la proximité des plantations des cultures de manioc et aussi assurer un sarclage bien à temps afin de prévenir la propagation de la maladie. La rotation du manioc avec d'autres cultures peut également retarder le cycle des pathogènes de la cercosporiose.

Programme de lutte intégrée

Msikita *et al.* (2000) ont suggéré d'adopter des pratiques culturelles saines qui aident à réduire les sources potentielles des pathogènes causant les maladies de manioc. Après la récolte, on devra écarter des champs ou détruire complètement tous les résidus des tiges et feuilles pouvant abriter des pathogènes divers incluant ceux provoquant la cercosporiose.

Conclusion

Le manioc en RD Congo est cultivé par la majorité de petits fermiers souvent sur des petites parcelles et le rendement moyen obtenu dans ce système est autour de 8 t/ha. On rencontre sur le manioc plusieurs contraintes biologiques affectant la production de la culture comme notamment les agents pathogènes causant diverses maladies. Parmi les maladies les plus répandues du manioc en RD Congo se trouvent la mosaïque Africaine, la striure brune, la bactériose, l'anthracnose et les pourridiés des racines tubéreuses. La cercosporiose, elle, est considérée comme étant de moindre importance. Il y a également la détérioration des cossettes lors du séchage et de l'entreposage qui réduisent considérablement la qualité des produits finis du manioc. Chacune de ces maladies attaque soit le feuillage, les jeunes tiges ou celles déjà âgées et les racines tubéreuses et affecte la croissance de la plante ainsi que sa productivité.

Sans aucun doute, les efforts de recherche scientifique sur le manioc en RD Congo ont déjà réalisé un progrès substantiel sur la connaissance des facteurs pouvant affecter sa productivité et aussi ont amélioré la capacité de recherche d'un grand nombre du personnel pour la mise en œuvre des pratiques nécessaires d'intervention afin d'assurer la protection et la productivité du manioc. Les technologies de protection des plantes sont couramment disponibles pour contrôler les maladies et elles peuvent être groupées en trois catégories d'interventions, à savoir : le contrôle biologique, la résistance de la plante hôte, et les pratiques culturelles comme décrit plus haut. Néanmoins, il sera toutefois impérieux de bien surveiller la situation dans les champs pour connaître l'estimation exacte de la gravité de la maladie afin de suggérer un système approprié de sa gestion. Le Tableau 14 donne le résumé des facteurs biologiques affectant le manioc en RD Congo ainsi que les moyens préconisés pour limiter leur impact.

Cependant, l'apparition et la propagation rapide des nouvelles maladies comme la striure brune ainsi que d'autres formes sévères de la mosaïque de l'Afrique de l'Est sur le manioc devront nous servir d'exemples pour renforcer le contrôle de circulation libre des matériels végétaux à toutes les frontières de la RD Congo. Une maladie déclarée dans un pays peut facilement être introduite dans un autre pays si l'on considère la circulation intense de la population entre pays et le commerce accru des plantes et produits végétaux surtout dans les localités proches des frontières. Pour ce faire, une législation appropriée devrait être mise en place et être renforcée pour régir et réglementer la circulation des certaines espèces végétales aux frontières.

Références

- Adams, I.P., P. Abidrabo, D.W. Miano, T. Alicai, Z. Kinyua, J. Clarke, R. Macarthur, R. Weekes, L. Laurenson, U. Hany, D. Peters, M. Potts, R. Glover, N. Boonham and J. Smith, 2012. High throughput real-time PCR assays for specific detection of cassava brown streak disease causal viruses, and their application to testing of planting material. Plant Pathology (early view). Disponible sur le site web <http://dx.doi.org/10.1111/j.13653059.2012.02622.x>.]
- Agrios G.N., 1978, Plant Pathology. Academic Press Inc. New York. 703 pp.
- Alexopoulos, C.J. and C.W., Mims, 1979. Introductory Mycology. Third Edition. John Wiley & Sons, Inc. 632 pp.
- Alicai, T., C.A. Omongo, M.N. Maruthi, R.J. Hillocks, Y. Baguma, R. Kawuki, A. Bua, G.W. Otim-Nape and J. Colvin, 2007. Re-emergence of cassava brown streak disease in Uganda. Plant Disease 91: 24-29.
- Arene, O.B., 1974 1974. A short epistemology of some diseases of cassava in Nigeria. Umudike, Umuahia, Nigeria, Federal Agricultural Research Training Station, Technical Bulletin 1. 36 pp.
- Ayessu-Offei, E.N. et C. Antwi-Boasiako, 1996. Production of microconidia by *Cercospora henningsii* Allesch., cause of brown leaf spots of cassava. Annals of Botany 78: 653-657.
- Basavaprabhu L. Patil, James P. Legg, Edward Kanju³ and Claude M. Fauquet, 2015. Cassava brown streak disease: a threat to food security in Africa. J. Gen. Virol. 96 (5): 956-968.
- Bigirimana, S, P. Barumbanze, P. Ndayihanzamaso, R. Shirima and J.P. Legg, 2011. First report of cassava brown streak disease and associated Ugandan cassava brown streak virus in Burundi. New Disease Reports 24: 26. Disponible sur le site web <http://dx.doi.org/10.5197/j.20440588.2011.024.026>.
- Bock, K., 1983. Epidemiology of cassava mosaic disease in Kenya. Pages 337-347 in: Plant Virus Epidemiology. R.T. Plumb and J.M Thresh, eds. Blackwell Scientific, Oxford.
- Bock, K.R., 1994. The spread of African cassava mosaic geminivirus in coastal and western Kenya. Trop. Sci. 34: 92-101.
- Bock, K.R., 1994. Studies on cassava brown streak virus disease in Kenya. Tropical Science Journal 34: 134-145.
- Bock, K.R. et E.J. Guthrie, 1976. Recent advances in research on cassava viruses in East Africa. In Nestel, B.L., African Cassava Mosaic: Report of an Interdisciplinary Workshop Held at Maguga, Kenya, 19-22 February 1976, Ottawa, Canada, IDRC, IDRC-071e, 11-16.
- Bock, K.R. and R.D. Woods, 1983. The etiology of African cassava mosaic disease. Plant Disease 67: 994-995.
- Boher, B., J.F. Danielle, G. Fabres et G. Bani, 1983. Action *Pseudotheraptus devastans* (Dist) et de *Colletotrichum gloeosporioides* Penz, dans le développement des chancres et chute de feuilles chez le manioc. Agronomie 3: 989-994.
- Boher, B. and V. Verdier, 1994. Cassava bacterial blight in Africa: The state of knowledge and implications for designing control strategies. Afr. Crop Sci J 2: 1-5.
- Booth, R.H., 1974, Postharvest deterioration of tropical root crops: Losses and their control. Trop. Sci., 16, 49-63.

- Booth, R.H., 1978. A review of root rot diseases in cassava. In Brekelbaum, T., Belloti, A. and Lozano, J.C. (eds.). Proceedings of cassava protection workshop held at CIAT, Cali, Colombia, 7-12 Nov. 1977. CIAT Series CE-14, 121-133.
- Brown, E.S., 1958. Injury to cacao by *Amblyopelta stal* (Hemiptera, Coreidae) with a summary of food-plants of species of this genus. Bull. Ent. Res. 49: 543-554.
- Brudzynski A., 1985, L'incidence d'*Aspergillus flavus* et d'autres espèces de moisissures dangereuses dans la mycoflore du maïs, d'arachides et de cossettes du manioc vendues sur le marché de Kisangani. Ind. Alim. Agric., 102, 307-309.
- Buyckx, E.J.E., 1962. Les ennemies des plantes amylacées: Maladies et insectes nuisibles de manioc. In: Précis des maladies et des insectes nuisibles rencontrés sur les plantes cultivées au Congo, au Rwanda et au Burundi. Institut National d'Etude Agronomique du Congo. Bruxelles.
- Calvert, L.A. and J.M. Thresh, 2002. The Viruses and Virus Diseases of Cassava. In: Hillocks, R.J., Thresh, J.M and Bellotti, A.C. (eds.). Pages 237-260. Cassava: Biology, Production and Utilization. CAB International. London, UK.
- Chalwe A., C. Malambo, K. Zimba, I. Nawa and A. Muimba-Kankolongo, 1998. Cassava root rots and associated micro-organisms in Zambia. In "Food security and crop diversification in SADC countries: the role of cassava and sweet potato, Akoroda, M.O. and Teri, J.M. (eds). Pp 317 – 324. Proceedings of the scientific workshop of SARRNET, 17-19 August 1998, Lusaka, Zambia.
- Chevaugéon, J., 1956. Les maladies cryptogamiques du manioc en Afrique occidentale. Encyclopédie mycologique 128: 1-205.
- Chinsman, B. and K.S. Fiagan, 1986. Postharvest technologies of root and tuber crops in Africa: Evaluation and recommended improvements. pp 122-134. In: E.R. Terry, M.O. Akoroda and O.B. Arene (editors.). Proceedings 3rd Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops - Africa Branch. Owerri, Nigeria.
- CIAT, 1972. Annual report for 1972. CIAT. Cali, Colombia.
- CIAT, 1976. Annual report for 1976. CIAT. Cali, Colombia.
- Ciferri, R., 1933. Le malathie della manioca (*Manihot esculenta* Crantz) in San Domingo. II: La malattia macchie fogliari circolar *Elminthosporium hispaniolae* Cif. Bollettino della stazione di Patologia Vegetale di Roma 13: 261-307 (English abstract)
- Cock, J.H., 1985. Cassava. New Potential for a Neglected Crop. Westview Press, Inc., Boulder, Co. USA. 191pp.
- Coursey, D.G. and R.H. Booth, 1972., The postharvest phytopathology of perishable tropical produce. Rev. Pl. Path. 51: 751-765.
- Dixon, A. G.O., N.M. Mahungu, J.B.A. White, K.A. Muimba, J.M. Teri and W. Khizzah, 1996. Advances in breeding cassava for resistance to the African cassava mosaic disease. Paper presented at the 3rd International Scientific Meetings of the Cassava Biotechnology Network. Kampala, Uganda. August 1996.
- Dixon, A., R. Hanna, J. Legg, N.M. Mahungu and T. Mwaka, 2000, Trip report of an IITA multidisciplinary team of scientists on the assessment of cassava pests and diseases in Kinshasa and Bas Congo, Democratic Republic of Congo, and recommendations for further action. Disponible sur le site web <http://www.rdfs.net/linked-docs/congocassava%20Report.doc>.

- Dubois, J. et J.M. Mostade, 1973. La maladie des cièges du manioc provoquée par *Pseudotheraptus devastans* Dist. Bulletin d'information de l'Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques (INERA). Vol. 1 (1): 1-17.
- Drummond, O.A. and O. Hipolito, 1941. Notas sobre a bacteriose da mandioca. Boletim Escola Superior de Agricultura 'Lutz de Queiroz' Universidade de Sao Paulo (Brazil) 4: 86-124.
- ESCaPP (1991). Ecologically Sustainable Cassava Plant Protection project, IITA, 1991. ESCaPP, Cotonou, Benin, 1991.
- Ezumah, H.C., K. Sebasigari and K. Beya, 1975. Guidelines for the establishment of a cassava improvement project: The Zaïre model. In: Terry, E. and R. Macintyre (eds.). The international exchange and testing of cassava germ plasm in Africa: Proceedings of an interdisciplinary workshop. IITA, Ibadan, Nigeria. 17-21 November 1975. Ottawa, International Development Research Centre, IDRC-063e, 45-48.
- Ezumah, H.C. and K. Sebasigari, 1976. Control of Cassava Bacterial Blight in Zaïre, Programme National Manioc. Pages In: G. Persley, E.R. Terry and R. Macintyre (eds.). Report of an Interdisciplinary workshop on cassava bacterial blight. International Institute for Tropical Agriculture (IITA), 1-4 November 1976. Ibadan, Nigeria.
- Ezumah, H.C. and A. Knight, 1978. Some notes on the mealybug (*Phenacoccus manihoti*, Mat. Ferr.) incidence on manioc (*Manihot esculenta*) in Bas-Zaïre. In: Nwanze, K.F., and Leuschner, K., (eds.). Pages 7-14. Proc. Int. Workshop, INERA, Mvuazi, Zaïre (actuellement DRC).
- Ezumah H.C., 1980 L'amélioration du manioc dans le programme national manioc du Zaïre : Objectifs et réalisations jusqu'en 1978. In: Terry E.R., Oduro, K.A. and Caveness, F. (eds.). Plantes-racines tropicales. Compte rendu du Premier symposium triennal sur les plantes à racines de la Société internationale pour les plantes-racines tropicales (ISTRIC)-Direction Afrique. 8- 12 Septembre 1980. Ibadan, Nigeria.
- Fargette, D., Fauquet, C. and J.C. Thouvenel, 1985. Field studies on the spread of African cassava mosaic. Annals of Applied Biology 106: 285- 294.
- Fargette, D., C. Fauquet, E. Grenier and J.M. Thresh, 1990. The spread of African cassava mosaic virus into and within cassava fields. J. Phytopathology 130: 289-302.
- Fargette, D., J.M. Thresh and G.W. Otim-Nape, 1994. The epidemiology of African cassava geminivirus: reversion and the concept of equilibrium. Trop. Sci. 34: 123-133.
- Fargette, D., M. Jeger, C. Fauquet and L.D.C. Fishpool, 1994. Analysis of Temporal Disease Progress of African Cassava Mosaic Virus. Phytopathology 84: 91-98.
- FASSI, B., 1957. Premières observations sur une pourriture des racines du manioc causée par un Phytophthora. Bulletin d'Information I.N.I.A.C. 6: 313-17.
- Fauquet, C. and D. Fargette, 1990. African cassava mosaic virus: etiology, epidemiology and control. Plant Dis. 74: 404-411.
- Fauquet C.M., D.M. Bisaro, R.W. Briddon, J.K. Brown, B.D. Harrison, E.P. Rybicki, D.C. Stenger and J. Stanley, 2003. Revision of taxonomic criteria for species demarcation in the family Geminiviridae and an updated list of Begomovirus species. Arch. Virol. 148: 405-421.
- Fokunang, C.N., A.G.O. Dixon, T. Ikotun, E.A. Tembe, C.N. Akem and R. Asiedu, 2001. Anthracnose: An economic disease of cassava in Africa. Pakistan J. Biol. Sci. 4: 920-926.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1969, À récoltes plus abondantes, meilleur emmagasinage: Rôle de l'emmagasinage dans les disponibilités mondiales. Collection FAO: L'alimentation mondiale. Cahier No. 9. Italie, Rome.
- Fry, W.E., 1982. Principles of Plant Disease Management. Academic Press Inc. New York. 378pp.
- Gibson, R.W., 1996. The report of a survey monitoring the spread of the epidemic of African cassava mosaic virus from Uganda into western Kenya. Internal report. Natural Resources Institute, Chatham, UK, 18pp.
- Gibson, R.W., J.P. Legg and G.W. Otim-Nape, 1996. Unusually severe symptoms are characteristic of the current epidemic of mosaic virus disease of cassava in Uganda. *Ann. Appl. Biol.* 128: 479-490.
- Gilbertson, R.L. and Ryvarden, I. 1987. North American polypores. Vol.27. Oslo. Pp 282
- Guthrie J., 1990. Contrôler la mosaïque africaine du manioc. Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA). Wageningen, The Netherlands. Printed in Ashley House Printing Company, UK. 23 pp.
- Hahn, S.K. and R.J. Williams, 1973. Investigations on cassava in the Republic of Zaïre. IITA report to the "Commissaire d'Etat à l'Agriculture". Republic of Zaïre. 12pp.
- Hahn, S.K., E.R. Terry. and K. Leuschner, 1980. Breeding cassava for resistance to cassava mosaic disease. *Euphytica* 29: 673-683.
- Hanley-Bowdoin L., S.B. Settlege, B.M. Orozco, S. Nagar and D. Robertson, 1999. Geminiviruses: models for plant DNA replication, transcription and cell cycle regulation. *CRC Crit. Rev. Plant Sci.* 18: 71-106.
- Harrison, B.D., M.M. Swanson and D.J. Robinson, 1995. Cassava viruses in the old world. In: proceedings of the second international scientific meeting, Bogor, Indonesia, CIAT working document. Cassava Biotechnology Network, 150: 298-301.
- Harrison, B.D., X. Zhu, G.W. Otim-Nape, Y. Liu and D.J. Robinson, 1997. Role of a new novel type of double infection in the geminivirus induced epidemic of severe cassava mosaic in Uganda. *Ann. Applied Biol.* 131: 437-448.
- Hillocks, R.J. and J.M. Waller (eds.), 1997. Soilborne Diseases of Tropical Crops. 452 p.
- Hillocks, R. J., 1997. Cassava virus diseases and their control with special reference to southern Tanzania. *Integrated Pest Management Reviews* 2: 125-138.
- Hillocks, R.J., 2003. Cassava Brown Streak Virus Disease: Summary of Present Knowledge on Distribution, Spread, Effect on Yield and Methods of Control. In *Cassava Brown Streak Virus Disease: Past, Present, and Future*, ed. J.P. Legg and R.J. Hillocks. Aylesford, U.K.: Natural Resources International Limited. Proceedings of an International Workshop, 27-30 October 2002, Mombasa, Kenya.
- Hillocks, R.J., 2006. Promotion of control measures for cassava brown streak disease. Final Technical Report R8404 (ZA 0632). Pp 2-31.
- Hillocks, R.J. et J.M. Thresh, 2000. Les viroses de la mosaïque et de la striure brune du manioc en Afrique: Un guide comparatif des symptômes et de l'étiologie. *Roots* 7(1): 1-7.
- Hillocks, R.J., J.M. Thresh, J. Tomas, M. Botao, R. Macia and R. Xavier, 2002. Cassava brown streak disease in northern Mozambique. *International Journal of Pest Management.* 48: 179-182.

- Hillocks, R.J. and D.L. Jennings, 2003. Cassava brown streak disease: a review of present knowledge and research needs. *International Journal of Pest Management*, 43: 225-234.
- Hutagalung, R.I. and P.H. Tan, 1976, Utilization of nutritionally improved cassava in poultry and pig diets. pp 255-262. In: J. Cook, R. MacIntyre and M. Graham (editors.). *Proceedings 4th Symposium of the International Society for Tropical Root Crops*. CIAT, Cali, Colombia.
- Hong, Y.G., Robinson, D.J. and Harrison, B.D., 1993. Nucleotide sequence evidence for the occurrence of three distinct whitefly-transmitted geminiviruses in cassava. *J. Gen. Virol.* 74, 2437-2443.
- Horsfall, J.G. and E.B. Cowling, 1978. *Plant Disease: An Advance Treatise: Vol. II. How Disease Develops in Populations*. Academic Press. New York. 436 pp.
- International Institute for Tropical Agriculture (IITA), 1972. Report of Root, Tuber and Vegetable Improvement Program for 1972. IITA. Ibadan, Nigeria.
- IITA, 1976. Annual Report 1976. Ibadan, Nigeria.
- IITA, 1990. Cassava in Tropical Africa: A Reference Manual. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria. 176 pp.
- IITA, 2005. Agronomy of cassava. IITA Research Guides. Training Program, IITA, Ibadan, Nigeria. 39pp.
- Ikotun T., 1977. Survival of *Xanthomonas manihotis*, the Cassava Bacterial Blight Pathogen. In: Persley, G., E.R. Terry and R. Macintyre (eds.). *Cassava bacterial blight: report of an interdisciplinary workshop*. IITA, Ibadan, Nigeria. 1-4 November 1976. Ottawa, IDRC, 1977. 36p.
- Kalonji, A., P. Tshilenge, M. Muengula, C. Funny, J. M'lenvo et G. Mandanga, 2009. Etat sanitaire de la culture du manioc dans les champs parcellaires rencontrés à Kinshasa et dans la zone agricole du Congo Central. Présentation faite à la Conférence Internationale sur la Culture et l'Utilisation du Manioc en Afrique centrale à Kisangani, RDC.
- Kanju, E.E., N.M. Mahungu, A. Dixon and J. Whyte, 2003a. Is resistance/tolerance of cassava to brown streak disease associated with the zigzag stem trait? *Roots* 8:15-18.
- Kanju, E.E., K.J. Mtunda, M. Muhana, M.D. Raya and N.M. Mahungu, 2003b. Management of cassava brown streak virus disease in Tanzania Pages 66-69. In: Legg JP and Hillocks RJ (eds.), 2003. *Cassava Brown Streak Virus Disease: Past, Present and Future*. Proceedings of an International Workshop, Mombasa, Kenya, 27-30 October 2002. Natural Resources International Limited, Aylesford, UK. 100p.
- Kasirivu, J.B.K., 1978. Studies on two *Cercospora* foliar pathogens of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Master's thesis. University of Ibadan. Ibadan, Nigeria. 124 pp.
- Kasirivu, J.B.K., O.F. Esuruoso et E.R. Terry, 1980. Field Screening of Cassava Clones for Resistance to *Cercospora henningsii*. Pages 49-57. In: E.R. Terry, K.A. Oduro and F. Caveness (eds.). *Tropical Root Crops: Research Strategies for the 1980s*. Proc. 1st Triennial Root Crops Symp. Int.'l Soc. Trop. Root Crops-Africa Branch. 8-12 Sept. 1980. Ibadan, Nigeria.
- Kilumba Ndayi, 1984. Factors limiting cassava production among peasants in Lukangu, Zaire. In: Terry. E.R. Doku. E.V. Arene. OB. and Mahungu. N.M. (eds.). *Tropical root crops: production and uses in Africa: Proceedings of the second Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops - Africa Branch*. 14-19 August 1983. Douala, Cameroon.

- Kitajima, E.W. and A.S. Costa, 1964. Elongated particles found associated with Cassava brown streak virus. *East African Agriculture and Forestry Journal* 29: 28-30.
- Kirk P.M., 2019. Species Fungorum (version Oct 2017). In: Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2019 Annual Checklist (Roskov Y., Ower G., Orrell T., Nicolson D., Bailly N., Kirk P.M., Bourgoin T., DeWalt R.E., Decock W., Nieukerken E. van, Zarucchi J., Penev L., eds.). Digital resource at www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2019. Species 2000: Naturalis, Leiden, the Netherlands. ISSN 2405-884X.
- Krieg N.R. and J.G. Hold, eds., 1984. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Vol. 1. Williams and Wilkins Co. Baltimore, MD. USA. 964pp.
- Lecoq, H., C. Desbiez, B. Delécolle, S. Cohn and A. Mansour, 2000. Cytological and molecular evidence that the whitefly-transmitted Cucumber vein yellowing virus is a tentative member of the family Potyviridae. *Journal of General Virology*, 81: 2289-2293.
- Legg, J.P., 1994. Bemisia tabaci: The whitefly vector of African Cassava Mosaic geminivirus in Africa: An ecological perspective. *African Crop Sci. J.* 2:437-448.
- Legg, J.P. and M. Raya, 1998. A survey of cassava virus disease in Tanzania. *International Journal of Pest Management*, 44:17-23.
- Legg, J.P., P. Sseruwagi, J. Kamau, S. Ajanga, S.C. Jeremiah, V. Aritua, G.W. Otim-Nape, A. Muimba-Kankolongo, R.W. Gibson and J.M. Thresh, 1998. The pandemic of severe cassava mosaic disease in East Africa: Current status and future threats. In: Akoroda, M.O. and J.M. Teri. Pages 236-251. In: Akoroda M.O. and J.M. Teri. Pages 212-235. *Proc. Of the Conf. On Food security and diversification in SADC countries: The role of cassava and sweetpotato on improving nutritional status of East and Southern Africans: Role of root crops*. Lusaka, Zambia. August 17-21, 1998.
- Legg, J. P. L. Kumar, P. Ntawuruhunga, E. Kanju, D.J. Kim, H. Bouwmeester, S. Boni, S. Jeremiah, C. Busungu, G. Okao-Okuja, R. Obonyo, F. Otim-Okello, S. Bigirimana, W. Tata-Hangy, H. Obiero, G. Gashaka, G. Mkamilo, I. Ndyetabura and T. Alacai, 2009. Pandemics of cassava virus diseases in Africa and their management. *Présentation faite à la Conférence Internationale sur la Culture et l'Utilisation du Manioc en Afrique centrale à Kisangani*.
- Legg, J.P., S.C. Jeremiah, H.M. Obiero, M.N. Maruthi, I. Ndyetabula, G. Okao-Okuja, H. Bouwmeester, S. Bigirimana, K.W. Tata-Hangy, G. Gashaka, G. Mkamilo, T. Alicaí and L.P. Kumar, 2011. Comparing the regional epidemiology of the cassava mosaic and cassava brown streak virus pandemics in Africa. *Virus Research* 159: 161-170.
- Legg, J.P., 2014. Spread of Cassava Viruses and Whiteflies and Needs for Diagnostics and Surveillance. In: CGIAR Research Program on Roots, Tubers and Bananas. *International Workshop: Surveillance and control of cassava diseases in Africa*. Saint-Pierre de La Réunion, 10-13 June 2014. CRP RTB. 43 p.
- Lennon, A.M., M.M. Aiton and B.D.H. Harrison, 1986. Cassava viruses from Africa. Report for 1985, Scottish Crop Research Institute. 168. Dundee, Scotland: SCRI Wallingford, UK. 12pp.
- Leung, W.T.W., R.R. Butrum and F.H. Cheng, 1972, Proximate composition, mineral and vitamin contents of East Asian foods. *Food composition tables for use in East Asia*. Washington, D.C., USA.
- Leuschner K., 1978. Whiteflies: biology and transmission of African mosaic disease. In: Brekelbaum, T., Bellotti, A., and Lozano. J.C. (eds.). *Proceedings: Cassava Protection Workshop, CIAT, Cali, Colombia, 7-12 November 1977, Cali, Colombia*. CIAT 5 1-58.

- Lister, R.M., 1959. Mechanical transmission of Cassava brown streak virus. *Nature* 183: 1588-1589.
- Lopez, C.E. and A.J. Bernal, 2012. Cassava bacterial blight: using genomics for the elucidation and management of an old problem. *Trop. Plants Biol.* 5: 117-126.
- Lozano J.C. and R.H. Booth, 1974. Diseases of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *PANS* 2: 30-54.
- Lozano, J.C. and R.H. Booth, 1976. Diseases of cassava (2nd ed.). CIAT, Cali, Colombia.
- Lozano J.C. and L. Sequeira, 1974. Bacterial blight of cassava in Colombia: epidemiology and control. *Phytopathology* 64: 83-88.
- Lozano, J.C. 1975. Bacterial blight of cassava. *PANS (Pest Articles and News Summaries) (England)* 21: 38-43.
- Lozano, J.C., 1986. Cassava bacterial blight: A manageable disease. *Plant Disease* 70: 1089-1093.
- Lutaladio, N. B. et H.C. Ezumah, 1980. La cueillette des feuilles de manioc au Zaïre. In: E.R. Terry, K.A. Oduro et F. Caveness (eds.). Pages 142-144. *Plantes-racines tropicales: Stratégies de recherches pour les années 1980. Compte rendu du premier symposium triennal sur les plantes-racines de la Société Internationale pour les Plantes-Racines Tropicales, Direction Afrique, 8 au 12 septembre 1980. Ibadan, Nigeria.*
- Lutete D. 2009. Contribution de la FAO dans la lutte contre la mosaïque du manioc (*Manihot esculenta*) et l'amélioration de la capacité de transformation des racines tubéreuses en République Démocratique du Congo. Présentation faite à la Conférence Internationale sur la Culture et l'Utilisation du Manioc en Afrique central. 16 au 19 Novembre 2009. Kisangani, République Démocratique du Congo.
- Mabanza J., Mbemba Makiza A., Ntawuruhunga P. et Legg J.P., 2007. Reprise des recherches sur le manioc au Congo suite à la pandémie de la mosaïque Africaine de manioc. In : Kapinga Regina (ed.). *Proceedings of the 13th Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (ISTRC): Tropical root and tuber crops: opportunities for poverty alleviation and sustainable livelihoods in developing countries.* pp. 312 – 317. Arusha, Tanzania.
- Maduwesi, J.N.C., 1974. Observations of the *Cercospora* leaf spot diseases of cassava (*Manihot esculenta*). *Nigerian J. Plant Protection* 1:29-37.
- Mahungu, N.M., M. Bidiaka, W. Tata-Hangy, S. Lukombo and S. N'luta, 2003. Cassava brown streak disease-like symptoms in Democratic Republic of Congo. *ROOTS* 8: 8-9.
- Mahungu, N.M., K. W. Tata Hangy, S. M. Bidiaka, A. Frangoie, 2014. Multiplication de Matériel de Plantation de Manioc et Gestion des Maladies et Ravageurs. Manuel de formation destiné aux agents de terrain. Institut Tropical d'Agriculture Tropicale (IITA) RDC. 43pp.
- Makambila, C., 1984. Epidemiology of anthracnose in cassava. Pages 73-78. In: Terry, E.R., Doku E.V, Arene. O.B. and Mahungu. N.M. (eds.). *Tropical root crops: production and uses in Africa: Proceedings of the second Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops — Africa Branch. Douala, Cameroon. 14—19 August 1983.*
- Makambila, C. et L. Bakala Koumouno, 1986. Les pourridiés à *Amillaria* sp., *Sphaerostilbe repens* B. et Br. et *Phaeolus manihotis* Heim sur le manioc (*Manihot esculenta* Crantz). *L'Agronomie Tropicale* 4: 258-264.

- Makambila C. 1994. The fungal diseases of cassava in the Republic of Congo, Central Africa. *Africa Crop Science Journal*. Vol 2, No 4, 511-517.
- Maraite, H. and J.A. Meyer, 1975. *Xanthomonas manihotis* (Arthaud Berthet) Starr, causal agent of bacterial wilt, blight and leaf spots of cassava in Zaire. *International Journal of Pest Management* 21(1): 27-37.
- Marley, P.S. and Ajayi, O., 2003. Effect of sowing date on anthracnose of sorghum in the Nigerian Sudan savanna. *Tropicicultura* 21: 117-121.
- Maruthi, M.N., R.J. Hillocks, K. Mtunda, M.D. Raya, M. Muhanna, H. Kiozia, A.R. Rekha, J. Colvin and J.M. Thresh, 2005. Transmission of cassava brown streak virus by *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Journal of Phytopathology* 153: 307-312.
- Masimango N., 1979, Contribution à l'étude de la production de l'aflatoxine B1 par *Aspergillus flavus* Link et lutte contre la présence de cette toxine dans certaines denrées. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat, Gembloux, Belgique. 221pp.
- Mbanzibwa D.R., Y.P. Tian, A.K. Tugume, B.L. Patil, J.S. Yadav, B. Bagewadi, M.M. Abarshi, T. Alicai, W. Changadeya, J. Mkumbira, M.B. Muli, S.B. Mukasa, F. Tairo, Y. Baguma, S. Kyamanywa, A. Kullaya, M.N. Maruthi, C.M. Fauquet and J.P.T. Valkonen, 2011. Evolution of cassava brown streak disease-associated viruses. *Journal of General Virology* 92: 974-987.
- Monde, G., 2010. Epidémiologie, diversité génétique et phylogéographie des virus de la mosaïque africaine du manioc dans la région de Yangambi en République Démocratique du Congo. PhD thesis, UCL, Louvain-la-Neuve, Belgique, 181 pp.
- Monger, W.A., S. Seal, S. Cotton and G.D. Foster, 2001a. Identification of different isolates of Cassava brown streak virus and development of a diagnostic test. *Plant Pathology* 8: 768-775.
- Monger, W.A., S. Seal, A.M. Isaac and G.D. Foster, 2001b. Molecular characterisation of cassava brown streak virus coat protein. *Plant Pathology* 50: 527-534.
- Msikita, W., J. Braima, E. Nnodu, J. Legg, K. Wydra and F. Ogbe, 2000. Disease Control in Cassava Farms: IPM Field Guide for Extension Agents. IITA. Ibadan. Wordsmithes Printers, Lagos. 27pp.
- Mtunda, K.J., M. Muhanna, M.D. Raya and E.E. Kanju, 2003. Current Status of Cassava Brown Streak Virus Disease in Tanzania. In: Cassava Brown Streak Virus Disease: Past, Present, and Future, J.P. Legg and R.J. Hillocks (eds.). Aylesford, U.K.: Natural Resources International Ltd. Proceedings of an International Workshop, 27-30 October 2002, Mombasa, Kenya.
- Muimba-Kankolongo, A. 1982. Predisposition of cassava plants to infection by *Colletotrichum manihotis* Henn, and some factors involved in the initiation of anthracnose disease. M.Phil. thesis, University of Ibadan, Nigeria. 242 pp.
- Muimba-Kankolongo, A., E.R. Terry, and M.O. Adeniji, 1983. Susceptibility of cassava to *Colletotrichum manihotis*. In: E.R. Terry, E.V. Doku, O.B. Arene, and N.M. Mahungu (eds.). Pages 82-85. Proc. 2nd Triennial Symp. Int'l. Soc. Trop. Root Crops-Africa Branch. Douala, Cameroon.
- Muimba-Kankolongo, A., E.R. Terry, and M.O. Adeniji, 1984. Cassava anthracnose disease: The role of *Pseudotheraptus devastans* Dist. (Coreid) in its subsequent development and severity. *Niger. J. Plant Prot.* 8: 13-20.

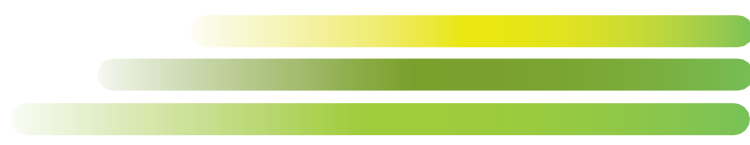
- Muimba-Kankolongo, A. and G. Muyolo, 1985. Review of evaluation system for cassava anthracnosis. ISTRC-AB Newsletter 2 (4): 11. IITA, Ibadan, Nigeria.
- Muimba-Kankolongo, A., E.R. Terry and M.O. Adeniji, 1985. Recovery of acervuli of *Colletotrichum manihotis* Henn. from symptomless plants of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Niger. J. Plant Prot. 9: 3-5.
- Muimba-Kankolongo, A. and K. Phuti, 1987. Relationship of Cassava Mosaic Severity in Planting Material to Mosaic Development, Growth and Yield of Cassava in Zaire. Experimental Agriculture 23: 221-225.
- Muimba-Kankolongo, A., E.R. Terry and M.O. Adeniji, 1987a. A disease-like injury on cassava caused by *Pseudotheraptus devastans* Dist. (Heteroptera: Coreidae). Tropical Pest Management 33: 35-38.
- Muimba-Kankolongo, A., G. Muyolo, N.M. Mahungu, and S.J. Pandey, 1987b. Strategies of "Programme National Manioc, PRONAM" of Zaire in screening cassava for resistance to major diseases. In E.R. Terry, M.O. Akoroda, and O.B. Arene (eds.). Pages 109-112. Proc. 3rd Triennial Symp. Int.'l. Soc. Trop. Root Crops-Africa Branch. Owerri, Nigeria.
- Muimba-Kankolongo, A., L. Simba, T.P. Singh, and G. Muyolo, 1989. Outbreak of an unusual stem tip dieback of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in Western Zaire. Agric. Ecosyst. and Envir. 25: 151-164.
- Muimba-Kankolongo, A., Teri, J.M., Mahungu, N.M., Porto, M., Jericho, C. Mukumbira, J., Zacaria, A., and E. Kanju, 1995. Rate of reinfection and prospects for control of African cassava mosaic disease in Southern Africa. In: M.D. Akoroda (ed.). Pages 157-62. Proceedings of the Sixth Triennial Symposium of ISTRC-AB. Lilongwe, Malawi. October 1995.
- Muimba-Kankolongo, A., and J.M. Teri, 1995. Sustainable management strategies for cassava diseases and pests in Southern Africa: Roots 2 (1): 15-16.
- Muimba-Kankolongo, A., J.P. Legg, M.P. Theu, M.D. Raya, A. Chalwe, P.A. Muondo, and A.A. Abu. 1998. Importance of cassava mosaic disease and intervention strategies to overcome its spread in Southern African Development Community (SADC) region. In: Akoroda M.O. and J.M. Teri. Pages 212-235. Proc. of the Conf. On Food security and diversification in SADC countries: The role of cassava and sweetpotato on improving nutritional status of East and Southern Africans: Role of root crops. Lusaka, Zambia. August 17-21, 1998.
- Muimba-Kankolongo, A., Nzola M. Mahungu, M. Theu, A. Chalwe, D. Raya, P.A. Muondo, F.E. Pequenino and G. J. Thompson, 2005. Prevalence and management strategies of cassava mosaic disease induced by whitefly-borne geminiviruses in Southern Africa (Abstr.). Phytopathology 95 (6, Suppl.): S1- S186.
- Muengula-Manyi, M., K. Kabwe Nkongolo, C. Bragard, P. Tshilenge-Djim, S. Winter and A. Kalonji-Mbuyi, 2012. Incidence, Severity and Gravity of Cassava Mosaic Disease in Savannah Agro-Ecological Region of DR-Congo: Analysis of Agro-Environmental Factors. American Journal of Plant Science 3: 512-519.
- Muhanna, M., K. Mtunda, M.D. Raya and E.E. Kanju, 2002. Current status of cassava brown streak disease in Tanzania. In: Legg, J.P and Hillocks, R.J. (eds.). Cassava Brown Streak Disease: Past, Present and Future. Proceedings of an International Workshop. 27-30 October 2002. Mombasa, Kenya.
- Mulimbi, W., X. Phemba, B. Assumani, P. Kasereka, S. Muyisa, H. Ugentho, R. Reeder, J.P. Legg, L. Laurenson, R. Weekes and F.E.F. Thom, 2012. First report of Ugandan

- cassava brown streak virus on cassava in Democratic Republic of Congo. New Disease Reports (2012) 26, 11. Disponible sur site web <http://dx.doi.org/10.5197/j.2044-0588.2012.026.011>.
- Muwo Mbweni, J.C., 2011. Situation de la striure brune de manioc (CBSD) dans les localités paysannes de plateau des Batéké/Mbankana en République Démocratique du Congo. Mémoire d'Ingénieur Agronome, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa (UNIKIN). RDC.
- Mwangi, M., R. Bandyopadhyay, A.G.O. Dixon and W. Tata Hangy, 2004. The status of fungal rot diseases as constraints to cassava production and utilization in eastern Democratic Republic of Congo. In: Proceedings of the 9th Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops - Africa Branch, held from 31st October – 5th November 2004, at Whitesands Hotel, Mombasa, KENYA.
- Mwenje, E., J.P. Ride and R.B. Pearce, 1998. Distribution of Zimbabwean *Armillaria* group and their pathogenicity on cassava. Plant Pathology 47: 623 -634.
- Neuenschwander, P., J. Hughes, F. Ogbe, J.M. Ngatae and J.P. Legg, 2002. Occurrence of the Uganda variant of East African cassava mosaic virus (EACMV-Ug) in Western Democratic Republic of Congo and the Congo Republic defines the westernmost extent of the CMD pandemic in East/Central Africa. Plant Pathology 51: 385.
- Nichols, R.F., 1950. The brown streak disease of cassava; distribution climatic effects and diagnostic symptoms. East African Agricultural Journal, 15: 154-160.
- Ogbe, F., J. Legg, M.B. Raya, A. Muimba-Kankolongo, M.P. Theu, G. Kaitisha and A. Chalwe, 1997. Diagnostic survey of African Cassava Mosaic and East African Cassava Mosaic viruses in Tanzania, Malawi and Zambia. Roots 4 (2): 12-15.
- Onyeka, T.J., 2002. Cassava root rot fungi in Nigeria; variability in *Botryodiplodia theobromae* isolates and evaluation of cassava germplasm for root rot resistance. PhD thesis. University of Ibadan. Ibadan, Nigeria.
- Otim-Nape, G.W., 1993. Epidemiology of the African cassava mosaic geminivirus disease (ACMD) in Uganda. PhD. Thesis. 256 Pages. University of Reading, UK.
- Otim-Nape, G.W., A. Bua, J.M. Thresh, Y. Baguma, S. Ogwal, G.N. Semakula, G. Acola, B. Byabakama and A. Martin, 1997. Cassava Mosaic Virus Disease in Uganda: The Current Pandemic and Approaches to Control. Natural Resources Institute, Chatham, UK. 3pp.
- Owor, B., J.P. Legg, G. Okao-Okuja, R. Obonyo and M.W. Ogenga-Latigo, 2005. The effect of cassava mosaic geminiviruses on symptom severity, growth and root yield of a cassava mosaic virus disease-susceptible cultivar in Uganda. Annals of Applied Biology 145: 331-337.
- Pacumbaba, R.P., H.C. Ezumah et Tekafimpa Lukelo, 1978. L'état actuel de la bactériose du manioc au Zaïre. In: Terry, E.R., G.J. Persley et Sheilla C.A. Cook (eds.). Pages 61-66. La Bactériose du manioc en Afrique: Le passé, le présent et l'avenir. Compte Rendu du Séminaire International tenu à l'IITA, 26-30 Juin 1978. Ibadan, Nigeria.
- Pacumbaba, R.P. 1979. Tong method: an effective screening technique in young cassava seedlings for detecting resistance against CBB disease in Zaïre. Paper presented at Root and Tuber Crops Symposium, Manila. Philippines.
- Pacumbaba R.P., 1987a. A Screening Method for Detecting Resistance Against Cassava Bacterial Blight Disease. Journal of Phytopathology 119: 1-6.

- Pacumbaba, R.P., 1987b. A Method for Selection of Tolerance to African Cassava Mosaic Virus. *Journal of Phytopathology* 118: 312-316.
- Pita, J.S., V.N. Fondong, A. Sangare, G.W. Otim-Nape, S. Ogwal and C.M. Fauquet, 2001. Recombination, pseudorecombination and synergism of geminiviruses are determinant keys to the epidemic of severe cassava mosaic disease in Uganda. *Journal of General Virology* 82: 655- 665.
- Powell, P.W., 1972. The *Cercospora* leaf spots of cassava. *Tropical Root and Tuber Crops Newsletter* 6: 10-14.
- Programme National Manioc (PRONAM), 1975; 1976; 1977; 1978-1988. Rapports annuels pour ces années. Station de Research de l'INERA, Mvuazi. Kongo Central, République Démocratique du Congo.
- Rickard, J.E. and D.G Coursey, 1981. Cassava storage: I. Storage of fresh cassava roots. *Trop. Sci.* 23: 1-32.
- Roger, L., 1951. Phytopathologie des pays chauds. *Encyclopédie Mycologique* 11: 1-1126.
- Schmidt O.G., 1987, Priorities for applied research in the postharvest sector of root crops. Pages 22-24. In: M.N. Alvarez and S.K. Hahn (eds.). *Proceedings 3rd Eastern and Southern Africa Regional Root Crops Workshop*. Mzuzu, Malawi.
- Seif, A.A., 1982. Effect of cassava mosaic virus on yield of cassava. *Plant Dis.* 66: 661-662.
- Singh, T.P., 1980. La sélection du manioc résistant aux maladies et aux insectes au Zaïre. In: Terry E.R., Oduro, K.A. and Caveness, F. (eds.). *Plantes-racines tropicales. Compte rendu du Premier symposium triennal sur les plantes-racines de la Société internationale pour les plantes-racines tropicales (ISTRC)-Direction Afrique*. 8- 12 Septembre 1980. Ibadan, Nigeria.
- Storey H.H., 1936. Virus diseases of East African plants. VI-A Progress report on studies of the diseases of cassava. *East African Agricultural Journal* 2, 34-39.
- Storey, H.H. and R.F.W. Nichols, 1938. Studies of the mosaic disease of cassava. *Ann. Appl. Biol.* 25: 790-806.
- Storey, H.H., 1939. Report of the Plant Pathologist of the East African Agricultural Research Station for 1939. Amani, Tanzania. 34pp.
- Sutton, B.C., 1966. Development of fructifications in *Colletotrichum graminicola* (Ces.) Wilson and related species. *Canadian Journal of Botany* 44: 887-897.
- Sweeney, M.J. and A.D.W. Dobson, 1998. Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* species. *Int J Food Microbiol* 43:141-158
- Takatsu, A., S. Fukuda, S.K. Hahn and F.E. Caveness, 1990. Integrated pest management for tropical root and tuber crops. Pages 127-131. In: Hahn, S.K. and Caveness, F.E. (eds.). *Proc. Workshops of the Global Status and of Prospects for IPM of Root and Tuber Crops*. 25-30 October 1987. IITA, Ibadan, Nigeria.
- Tata-Hangy, W.K., M. Koffi-Tete, R. Obonyo, G. Okao-Okuja, P. Asimwe and J. Legg, 2007. Monitoring and diagnostic survey of cassava mosaic virus disease (CMD) in eastern Democratic Republic of Congo (part 1). A report to IITA/CRS Crop Crisis Control Project. IITA. Ibadan, Nigeria. 9 pp
- Tata-Hangy, K., J.P. Legg, K.M. Lema et N. Luyindula, 2009. L'incidence de la mosaïque du manioc en relation avec la source de matériels de plantation et son impact sur la production. Présentation faite à la Conférence Internationale sur la Culture et l'Utilisation du Manioc en Afrique central à Kisangani.

- Teri, J.M. P.W. Mtakwa and D. Mshana, 1984. Cassava yield losses from brown leaf spot induced by *Cercosporidium henningsii*. In: Terry. E.R. Doku. E.V. Arene. OB. Mahungu. N.M. (eds.). Pages 79-81. Tropical root crops: production and uses in Africa: Proceedings of the second Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops — Africa Branch held in Douala. Cameroon. 14—19 August 1983.
- Teri, J.M., H.D. Thurston and J.C. Lozano, 1977. The *Cercospora* leaf diseases of cassava. Pages 101-116. In: Brekelbaum, T. Bellotti, A., and Lozano, J.C. (eds.). Proc. Cassava Protection Workshop, CIAT. 7-12 November 1977. Cali, Colombia.
- Terry, E.R. 1975. Cassava bacterial blight in Africa. In Terry, E.R., and Macintyre, R. (eds.). International exchange and testing of cassava germ plasm in Africa: proceedings of an interdisciplinary workshop. 17-21 November 1975. IITA, Ibadan, Nigeria.
- Terry E.R., 1977. Diagnosis of Cassava Bacterial Blight Disease. In: Persley, G., E.R. Terry and R. Macintyre (eds.). Cassava bacterial blight: report of an interdisciplinary workshop. IITA, Ibadan, Nigeria. 1-4 November 1976. Ottawa, IDRC, 1977. 36pp.
- Terry, E.R. and R. MacIntyre (eds.), 1975. Country presentation. In: The International Exchange and Testing of Cassava Germplasm in Africa. Pages 32-33. Proceedings of an interdisciplinary workshop. Palmira, Colombia, 1975. IDRC, Ottawa, Canada
- Terry, E.R. and S.K. Hahn, 1980. The effect of cassava mosaic disease on growth and yield of a local and improved variety of cassava. Trop. Pest Mgt. 26: 34-37.
- Théberge, R.L., 1985 (ed.). Common African Pests and Diseases of Cassava, Yam, Sweetpotato and Cocoyam. IITA, Ibadan, Nigeria. 107pp.
- Thresh, J.M., 1988. Eradication as a virus disease control measure. Pages 155-194. In: Control of Plant Diseases: Costs and Benefits. B.C. Clifford and E. Lester (eds.). Blackwell Scientific Publications. Oxford, UK.
- Thresh, J.M., D. Fargette and J. Mukiibi, 1994a. Research on African cassava mosaic virus: the need for international collaboration. Pages 27 1-274. In: Root Crops for Food Security in Africa. M.O. Akoroda. ed. International Society for Tropical Root Crops, CTNIITA.
- Thresh, J.M., D. Fargette and G.W. Otim-Nape, 1994b. Effects of African cassava mosaic geminivirus on the growth and yield of cassava. Tropical Science 34:43-54.
- Thresh, J.M., D. Fargette and G.W. Otim-Nape, 1994c. The viruses and virus diseases of cassava in Africa. African Crop Science Journal 2: 459-478.
- Thresh. J.M., L.D.C. Fishpool, G.W. Otim-Nape and D. Fargette, 1994. African cassava mosaic disease: an underestimated and unsolved problem. Tropical Science 34:3-14.
- Thresh, J.M. and R. J. Hillocks, 2003. Cassava mosaic and cassava brown streak diseases in CBSV-[MZ :Nam1-1:07] and Zambezia Provinces of Mozambique. Roots 8: 10-15.
- Tollens, E., 2003. Current situation of food security in the DR Congo: Diagnostic and perspectives. Working paper 2003/80. Faculty of Agricultural and Applied Biological Sciences, Katholieke Universiteit Leuven. Leuven, Belgium.
- Vanderhoven, C., J. Remacle and J. Remault, 1970. Recherche d'un rapport éventuel entre la morphologie de diverses souches d'*Aspergillus flavus* Link et leur production d'aflatoxines. Rev. Ferm. Ind. Alim. 29: 179-183.

- Van der Plank, J.E., 1963. Plant Diseases. Epidemics and Control. Academic Press, New York.
- Vanderweyen, A., 1962. Maladies cryptogamiques. *In*: Précis des maladies et des insectes nuisibles sur les plantes cultivées au Congo, au Rwanda et au Burundi. Septième partie, Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo, Brussels. pp. 471-480.
- Van Overeem, C., 1952. Cercosporaceae. *Incomes Fungorum Malayensium* 10: 1-4. (English abstract)
- Van Rensburg, S.J., J.J. Van der Watt, I.F.H. Purchase, C.L. Pereira and R. Markham, 1974. Primary liver cancer rate and aflatoxin intake in high cancer area. *South African Med. J.*, 48: 2508a - 2508d.
- Vantarin, L., B. Hoste, K. Kersters and J. Swings, 1995. Reclassification of *Xanthomonas*. *Int. J. Systematic Bacteriology* 45: 472-489.
- Warburg O., 1894. Die kuiturpflanzen usambaras. *Mitt. Deutsch. Schutzgeb* 7, 131. *Annals of Applied Biology* 25: 790-80.
- Weir, B.S., P.R. Johnston and U. Damm, 2012. *The Colletotrichum gloeosporioides* species complex. *Studies in Mycology* 73: 115-180.
- Williams, J.H., T. D. Phillips, P.E. Jolly, J.K. Stiles, C.M. Jolly and D. Aggarwal, 2004. Human aflatoxicosis in developing countries: A review of toxicology, exposure, potential health consequences, and interventions. *Am. J. Clin. Nutr.* 80:1106-1122.
- Wydra, K. and W. Msikita, 1998. An overview of the present situation of cassava diseases in West Africa. Pages 163-166. *In*: Akoroda, M.O. and Ikayanake, I.J. (eds.). *Root Crops for Poverty Alleviation. Proc. 6th triennial Symp. Int. J. Soc. Trop. Root Crops (ISTRC).* 22-28 October 1998. Lilongwe, Malawi.
- Zhou, X., Y. Liu, L. Calvert, C. Munoz, G.W. Otim-Nape, D.J. Robinson and B.D. Harrison, 1997. Evidence that DNA-A of a geminivirus associated with severe cassava mosaic disease in Uganda has arisen by interspecific recombination. *J. Gen. Virology* 78: 2101-2111.



Les systèmes de production du manioc en RD Congo

Ndonda A.M¹, Frangoie A.N¹. ; Kasong B.M². ; Kayumba G.A². ; Tata Hangy W¹.
Moango A³. et Mahungu N.M¹

¹IITA Kinshasa, RD Congo

²INERA Yangambi, RD Congo

³Université de Kisangani, RD Congo

Introduction

En agriculture tropicale, la gestion des sols et des plantes est l'un des défis majeurs auquel les opérateurs agricoles font face pour faire passer cette agriculture qui demeure empirique et basée sur la subsistance, vers une agriculture économique, plus rationnelle et génératrice de revenus. Actuellement, les conditions vitales des opérateurs agricoles dans leur ensemble laissent à désirer dans la mesure où les rendements qu'ils obtiennent en culture restent au plus bas et ne leur permettent pas de relever le défi de l'insécurité alimentaire. Cette dernière en principe est un problème majeur à résoudre si l'on veut sortir de la pauvreté à laquelle se confronte de manière régulière et chronique la majorité de la population des zones rurales et urbaines de la RD Congo.

Les causes de faible productivité agricole sont connues et peuvent être groupées en deux sous-ensembles qui comprennent (i) les causes génétiques attribuées à la mauvaise qualité de la semence (matériel végétal) utilisée par la majorité des exploitants agricoles essentiellement constituée des paysans et (ii) les causes agronomiques qui ressortent les pratiques agricoles empiriques et non appropriées, utilisées dans des sols appauvris des zones des tropiques. Ces zones sont soumises aux particularités naturelles des climats marginaux qui font prévaloir des températures diurnes excessives et les précipitations diluviennes régulières et battantes (Ndonda *et al.*, 2018). Ces conditions donc suffisent pour entraîner un appauvrissement accéléré des sols destinés à l'agriculture. Les périodes pluvieuses sont réputées agressives parce qu'à cause de fortes précipitations, elles entraînent tout au long de leur parcours, des fortes migrations d'éléments minéraux du sol. On assiste ainsi à des phénomènes tels que le lessivage et la lixiviation dans les terres arables. Ces mouvements effrénés des particules essentielles pour la constitution des sols fertiles laissent la place à des cations acides ayant une faible capacité d'échange et sont responsables de la faible mobilité des molécules essentielles dans la composition et la nutrition minérale des plantes tel est le cas du phosphore souvent présent dans les sols tropicaux mais aussi souvent indisponible. La conséquence la plus immédiate est donc l'acidification des sols qui entraînent des effets néfastes sur la productivité agricole et la nutrition des plantes.

Aussi, (Jackson et Piper, 1989) avaient constaté que la pratique de l'Agriculture Itinérante sur Brulis allait jusqu'à affecter le climat et ainsi, réduisait le rendement des cultures vivrières en Afrique jusqu'à 30 %. Cette pratique est en quelque sorte responsable de plusieurs phénomènes caractérisant les sols entre autres, l'acidité de surface, les carences en éléments minéraux et en matières organiques, la destruction de la biodiversité tellurique, etc. Le corollaire qui s'ensuit est la baisse rapide de la fertilité de sols qui favorise des systèmes agricoles nomades débouchant sur une dévastation irrationnelle des écosystèmes pour des raisons d'agriculture et donc, contributrices des changements climatiques qui du reste, sont déjà très perceptibles durant ces dernières décennies (Karsenty, 2012).

La matière organique du sol est perdue par une intense activité de minéralisation par les microorganismes du sol (les conditions de températures et d'irrigation étant favorables à l'activité microbienne) et/ou par calcination à partir du feu de l'incinération qui demeure à ce jour la pratique agricole la plus usuelle dans les zones tropicales. A cela s'ajoute aussi le phénomène « de feux de brousse intempestifs » dans les espaces herbeuses (dans les zones savaniques et les jachères herbeuses des zones des forêts).

Le manioc se retrouve généralement et pour la plupart de cas à la fin de la rotation. La fausse appréhension de cette position du manioc fait croire que le manioc est une plante épuisante qu'il faut mettre à la fin de la rotation c'est à dire juste avant de laisser le sol en jachère. En réalité le sol n'absorbe pas les éléments minéraux en excès. Cependant, il est réputé être moins exigeant et ne restitue rien au sol. C'est à cause de cette caractéristique que le manioc supporte même les conditions des sols marginaux, acides et dégradés pauvres en matière organique.

Les pratiques culturelles inappropriées contribuent négativement sur le potentiel productif des variétés de manioc dans les systèmes de production du manioc en RD Congo. Dans ce chapitre, nous proposons quelques techniques qui ont été expérimentées et validées en station de recherche et en milieu paysan et dont les résultats de ces recherches effectuées ont prouvé une efficience des bonnes pratiques agricoles (BPA) sur les modifications significatives de rendement du manioc.

Les rotations des cultures

Les rotations en agriculture sont reconnues comme une pratique importante si l'on veut maintenir la productivité des sols et la qualité des productions d'une façon durable. La place du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) dans la rotation et les effets des différents précédents culturels doivent être bien définis, mesurés et comparés. Chez la plupart d'exploitants du manioc, le choix des cultures dans la rotation se fait en fonction des besoins et des objectifs de l'agriculteur ; mais, il est important de faire ce choix en fonction des risques de transmission des maladies et de la pression des insectes ravageurs. Par ailleurs, les précédents culturels dans le système de culture du manioc varient entre la jachère, les céréales (maïs, riz, sorgho), les légumineuses (arachide, niébé, soja et haricot) et d'autres cultures sarclées (courges, etc.). Il s'avère par conséquent que la place du manioc dans la rotation ainsi que la durée du cycle de la rotation doivent être bien définies et les effets des différents précédents culturels du manioc doivent être mesurés et comparés. L'objectif est de rechercher des meilleurs précédents culturels dans la rotation du système manioc eu égard aux aléas du changement climatique observé ce dernier temps.

Cette pratique est incontournable si l'on veut maintenir la productivité des sols et la qualité des productions (Bullock, 1992 ; Honeycutt *et al.*, 1995 ; Karlen *et al.*, 1994 ; McDole *et*

Dallimore, 1978 ; O'Sullivan, 1978 ; Vereijken et Van Loon, 1991). La rotation contribue à rompre le cycle vital des organismes nuisibles, ravageurs, maladies, mauvaises herbes, etc. Grâce aux systèmes racinaires différents, le profil du sol est mieux exploré, ce qui se traduit par une amélioration des caractéristiques physiques du sol et notamment de sa structure, et donc de la nutrition des plantes. Les études d'Angers et Giroux (1996) ont démontré que la rotation modifie la structure, la densité apparente et la porosité des sols selon la quantité et la composition des résidus de culture. La rotation culturale a donc un effet important sur la vie du sol et la nutrition des plantes. Honeycut (1995) a démontré que la conductivité hydraulique des sols s'améliore en situation de rotation. Au Québec, les travaux de Gasser *et al.* (1995) sur les rotations attribuent le bénéfice des pratiques de rotation à une meilleure rétention en eau des sols.

En outre, l'emploi des légumineuses dans la rotation culturale permet l'ajout d'azote symbiotique dans le sol car avec la mise en place de système de productions axées sur les rotations des cultures, la gestion de l'azote présente un défi important (Griffin et Hesterman, 1991) et d'une façon générale, la culture qui précède une production du manioc peut avoir une forte influence sur sa fertilisation azotée. La pratique de la rotation favorise sans doute une agriculture durable. Dans une étude conduite dans deux zones agroécologiques de la RD Congo à savoir la forêt de Yangambi et la zone savanicole de Ngandajika, il a été constaté :

- A Ngandajika, on a eu sept successions culturales dont les rendements ont été numériquement supérieures au témoin (manioc – manioc), trois l'ont été de façon significative. Il s'agit des successions suivantes : « maïs – niébé » ; « soja – niébé » et « arachide – niébé » ayant occupées le terrain successivement l'avant dernière et la dernière saison culturale avant la plantation du manioc.

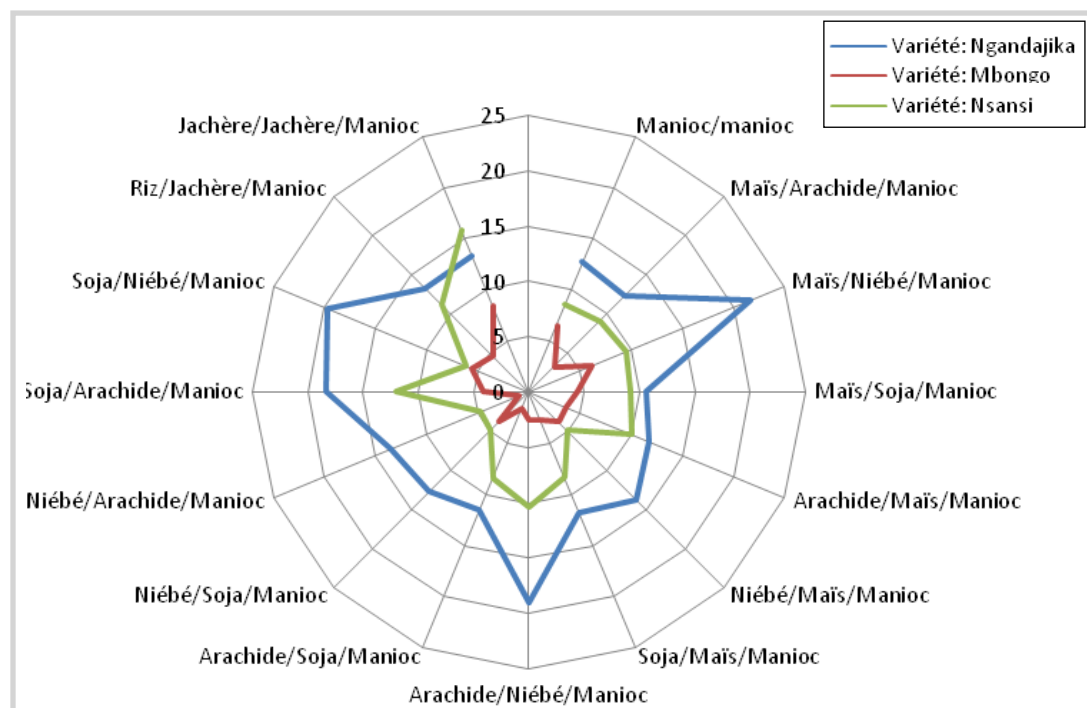


Figure 6.38. Comparaison des rendements en racines tubéreuses (t/ha) de manioc dans 15 soles en savane (variété Ngandajika) et en forêt (variétés Mbongo et Nsansi) en 2010-2011.

- A Yangambi dans le site forestier, bien que les rendements obtenus aient été généralement faibles indiquant clairement l'aspect marginal du sol sur lequel l'essai avait été installé, on a observé aussi des différences statistiquement significatives entre les précédents culturaux. Ainsi la « jachère » en tant qu'antécédent culturel du manioc pendant 2 saisons successives (Jachère – jachère) a donné le rendement le plus élevé du manioc et significativement différent, soit respectivement 8.4 t/ha et 15.8 t/ha pour les deux variétés utilisées *Mbongo* (locale) et *Nsansi* (améliorée) par rapport à tous les autres antécédents culturaux.

L'augmentation de la productivité du manioc lorsqu'elle est directement précédée de la culture du niébé en conditions de savane, s'explique par une importante contribution en azote fixé par la culture du niébé en tant que dernier précédent culturel du manioc.

En effet, en termes agronomiques, bien que le manioc et les légumineuses ont tous plus besoin de N, les légumineuses aident à fixer l'azote (Vanlauwe *et al.*, 2011), c'est ainsi que planté après une légumineuse, le manioc bénéficie du N fixé par la légumineuse. En outre, les légumineuses ayant plus besoin de P et moins de K alors que le manioc a plus besoin de K et moins de P, la succession légumineuses – manioc constitue une synergie positive.

L'écimage et démariage chez le manioc

Chez le manioc, l'écimage arrête la dominance apicale et favorise l'émergence des bourgeons axillaires. Il augmente la biomasse des feuilles et accélère l'activité de la chlorophylle. Cette pratique influence un métabolisme plus important et entraîne la formation de plus de réserves en glucides dans les racines tubéreuses. Aussi, le nombre de tiges par pied a une influence sur la vigueur végétative et probablement sur le rendement. Il ressort que plus il y a de tiges sur un pied, plus celles-ci sont petites. Pourtant, l'importance du diamètre au niveau du collet est en corrélation avec le rendement en racines tubéreuses (Mahungu *et al.*, 1983).

Une bonne production du manioc en racines tubéreuses est tributaire d'une combinaison des plusieurs facteurs tant biotiques qu'abiotiques entre autres les conditions édapho climatiques, les boutures saines et améliorées, les pratiques culturelles appropriées, etc. La récolte des feuilles est une des opérations culturelles normales dans les régions où celles-ci (feuilles) sont consommées comme légumes. Lorsqu'elle s'effectue pour cet usage, les fréquences de récolte sont souvent plus nombreuses et réduisent la cime indispensable pour l'assimilation de la chlorophylle. (Osiru, 1990) précise que la récolte de feuilles réduit l'indice foliaire et défavorise la production de la matière sèche dans le manioc. Lors de la croissance du manioc, la dominance apicale inhibe l'émergence des bourgeons latéraux dormants et une fois cette dominance rompue, les bourgeons axillaires végètent et permettent une augmentation des feuilles qui se disponibilisent pour l'élaboration de la photosynthèse. Par contre, la réduction du nombre de tiges par pied par un démariage manuel entraîne l'augmentation du diamètre au collet mais, dans une certaine mesure, réduit numériquement le volume foliaire à disponibiliser pour l'assimilation de la chlorophylle. Trente à soixante jours après la plantation, les racines entament un processus de gonflement qui marque le début de la tubérisation. Ce phénomène se caractérise par l'épaississement secondaire des racines traçantes ; en d'autres termes, ces racines gonflent par suite du cambium (Osiru, 1990). La production des racines tubéreuses est généralement due à l'accroissement du diamètre d'une racine normale.



Figure 6.39. Écimage consistant à détacher l'apex plus trois jeunes feuilles.



Figure 6.40. Développement normal des tiges chez Nsansi (Sans écimage).



Figure 6.41. Emergence des tiges chez Nsansi (variété à ramification entre 50 et 80 cm du sol.)

Un écimage effectué entre 45 et 60 jours après plantation coïncide avec le début effectif de la formation des racines tubéreuses. A ce stade de la croissance du manioc, l'abondance des feuilles influence la production des racines. Des accroissements de production peuvent être occasionnés si l'écimage intervient durant le premier trimestre du cycle du manioc. Les valeurs des augmentations dépendent aussi entre autres du matériel génétique (variété), de la photopériode et de la température. La plupart de variétés de manioc ne peuvent tubériser que par jours courts. Les jours longs, semble-t-il, retardent son initiation et, par conséquent, limitent la production quand bien même, ils contribuent à stimuler le développement végétatif du manioc. Selon Ekanayake, 1998, la photopériode peut également influencer sur l'équilibre hormonal de la plante. Elle serait ainsi responsable de la fluctuation du niveau d'acide gibbérellique (GA) et d'acide indole-acétique. En général, il existe une interaction entre la photopériode et la température (notamment la température nocturne). Des différences variétales apparaissent néanmoins à ce niveau. Il faut donc faire coïncider la période de tubérisation à celle d'une disponibilité des facteurs favorisant ce phénomène.

Développement de la cime après écimage et démariage

Des observations faites sur le développement des tiges après l'écimage et démariage, il ressort que Les variétés réagissent différemment vis-à-vis de cette pratique. Celles à ramification autour de 1 m de hauteur sont les plus sensibles à l'écimage et tel est le cas de la variété *Nsansi*. Il laisse régénérer environ 11 tiges par pied.

Dans une étude conduite à Yangambi, l'évaluation de la biomasse feuille effectuée à la récolte du manioc a indiqué des moyennes prépondérantes pour l'écimage (1,8 kg/plant). Par ailleurs, le démariage a entraîné une réduction de la cime (0,25 kg/plant) en comparaison au témoin (0,53 kg/plant). La combinaison de deux traitements a donné une moyenne de 1,17 kg/pied ($LSD.05 = 0,49 \text{ kg/plant}$).

Des accroissements de rendement sont obtenus après application de l'écimage. Ces variations de rendement sont statistiquement significatives en comparant les variétés de manioc. Il apparaît que la variété *Nsansi* se ramifiant entre 50 et 100 centimètre de hauteur et écimée à 2 mois après plantation, donne un accroissement de rendement plus important évalué à 37,3% comparativement à *Nsansi* sans traitement. De la même manière, des accroissements de rendement sont aussi observés respectivement chez *Butamu* (26,5 %), *Zizila* (11,6%) et *Mbongo* (9,2%). L'augmentation du volume de la cime à partir de l'émergence des bourgeons dormants après écimage modifie considérablement le rendement du manioc.

Cependant, le démariage lorsque appliqué seul, entraîne une réduction de la production du manioc en racines fraîches. Ceci s'explique par le fait que cette opération réduit la surface foliaire qui devrait être rendue disponible pour la photosynthèse et favoriser la formation de racines tubéreuses.

Labour et non labour, Mode de plantation des boutures

La production du manioc en RD Congo a connu une baisse drastique depuis les années 1992. Cette situation serait à la base de la mise sur pied depuis l'année 2001 d'un important programme sur la réhabilitation de la culture du manioc qui du fait de son importance constitue la principale culture vivrière du pays. Si au départ de ce programme un accent particulier était mis sur le développement des variétés résistantes aux principales affections du manioc, actuellement, des études de plus en plus nombreuses sont menées sur la gestion des sols et de l'environnement afin d'aboutir à la sédentarisation de systèmes de culture capables de générer des productions optimales pendant des périodes relativement plus longues. Ceci réduirait la pression anthropique sur les écosystèmes naturels. Le manioc, comme toute culture, étant un exportateur des éléments minéraux, ne restitue pas grand-chose au sol et pour une production de 10 tonnes à l'hectare, il soustrait environ 30 kg d'azote, 4 kg de phosphore et 20 kg de potassium (Egle K. *et al.* 1994). Les variétés améliorées actuellement en diffusion en RD Congo peuvent produire jusqu'à plus de 50 tonnes de manioc frais à l'hectare et dans cette condition, les exportations deviennent plus importantes et peuvent être estimées à 150 kg d'azote, 20 kg de phosphore et 125 kg de potassium à l'hectare (Egle K. *et al.* 1994). Dans une étude conduite par Mahungu *et al.* En 2015, des modes de préparation du terrain et des pratiques culturales étaient mises à contribution pour dégager ceux qui conviennent les mieux pour soutenir la production du manioc en condition de savane et de forêt en RD Congo. On sait que le labour permet d'ameublir le sol en le rendant plus perméable pour le développement des racines. Il met aussi à la disposition des racines les éléments minéraux qui étaient entraînés en profondeur par lessivage. Cependant, il détruit la structure du sol et l'expose à un appauvrissement plus accéléré. La culture du manioc, pour un bon développement de ses racines, exige un sol meuble, non gorgé d'eau et perméable.

La disposition des boutures dans le sol lors de la plantation influence le taux de reprise, la croissance et le rendement du manioc. On observe chez le manioc que les pieds regarnis ne produisent pas normalement et la position des boutures favorise ou non une bonne reprise après la plantation. Certains auteurs affirment que les boutures plantées obliquement reprennent plus rapidement et favorisent un développement maximal des racines (Raffaillac J.-P., Nedelec G. 1993) tandis que d'autres, estiment que les boutures plantées horizontalement permettent un bon développement des racines mais nombreuses ne reprennent pas parce que souvent asphyxiées dans le sol lors du processus de reprise (Onwuene I.C., 1978). Aussi, une faible densité réduit le rendement du manioc quel que soit le potentiel productif des variétés plantées et ainsi, le mode de préparation du sol et de plantation du matériel végétal sont des facteurs déterminants de la production du manioc en feuilles et en racines. La plantation à plat sans labour est très pratiquée dans les zones forestières. Cette pratique réduit le coût de production et permet de conserver la structure du sol. Pourtant elle renferme d'énormes inconvénients dans la mesure où elle exige une incinération avant la mise en place de la culture. Dans ce sens, la matière organique essentielle est perdue par calcination et ainsi, le sol est mal organisé

et fragile. En zone de savane, la pratique usuelle de préparation du sol fait intervenir avant tout le feu de brousse qui se fait suivre du défrichement et de la constitution des billons sur lesquels sont plantées les cultures vivrières. Le labour superficiel pratiqué lors de la constitution des billons permet d'une part d'enfouir la matière verte issue de la reprise du couvert végétal après le feu de brousse et d'autre part d'ameublir le sol pour un bon développement des racines du manioc. Cependant, la matière organique est détruite et expose le sol à une perte plus rapide de sa fertilité et à une augmentation de l'acidité de surface (Maldague M. 2007). De plus en plus, des exploitants (grands et moyens surtout) recourent aussi au labour mécanique. Les pratiques agricoles ont une influence sur la production du manioc en racines et en feuilles. Suivant qu'elles favorisent l'augmentation ou non du rendement à la récolte, elles permettent aussi de modifier considérablement les profits et pertes économiques.

Les associations culturales

La productivité du manioc et des cultures associées sous manioc est faible dans la plupart des systèmes de culture traditionnels. Plusieurs années d'efforts de recherche ont rendu possible l'amélioration des systèmes d'association avec le manioc. La recherche a montré que le manioc est compétitif en association car les productions obtenues de façon traditionnelle avec les cultures associées courantes peuvent être doublées avec une technologie améliorée et un minimum d'inputs. Généralement, les variétés à port érigé sont mieux adaptées en association et ont un potentiel de rendement élevé. En association, il est souhaitable qu'une légumineuse à graines soit précoce. Pour une plantation simultanée du manioc avec les autres cultures, la culture associée au manioc doit posséder un cycle de végétation, de préférence inférieure à 100 jours et un port érigé ou à ramification tardive. Les rendements totaux les plus élevés sont souvent atteints lorsque les deux cultures ont été plantées au même moment ou avec une différence de moins d'une semaine dans la plantation. Les densités optimales de manioc et de légumineuses à grains et du maïs qui donnent les meilleurs résultats en monoculture peuvent être utilisées en culture associée ou intercalaire sans provoquer une réduction excessive de rendement de la culture associée. Un dispositif rectangulaire peut être choisi sans réduire le rendement de manioc pendant qu'il facilite et crée des conditions favorables pour la culture associée. Le niébé et l'arachide démontrent une remarquable adaptation aux conditions du sol et conviennent simultanément en association. L'application des engrais en sillon ou en bande protège mieux les nutriments contre la perte. Sans l'utilisation d'intrants pour la lutte contre les insectes, il est avantageux d'avoir les cultures plantées en association. La seule pratique des cultures associées de haricot avec le manioc réduit la matière sèche de la mauvaise herbe par rapport à celle observée dans la monoculture de manioc. Plusieurs herbicides de pré-émergence ont été identifiés et peuvent être utilisés dans les associations du manioc avec le maïs, les haricots, le niébé et l'arachide. L'efficacité biologique des systèmes des cultures associées s'exprime par le LER (Land Equivalent Ratio ou ratio de la terre équivalente) qui mesure et évalue certaines pratiques agronomiques améliorées pour le manioc en culture associée. Lorsqu'on veut tenir compte du temps, l'ATER (Area Time Equivalency ou équivalence de superficie en temps), compare les capacités productives relatives de la culture dans le système monoculture et association, indiquant quel système est plus efficace dans l'utilisation de l'espace et le temps pour produire une quantité donnée de rendement. Dans une association, la compétitivité d'une culture individuelle peut être

établie en comparaison avec les autres cultures en calculant le « Competitive Ratio » (CR). L'évaluation économique suppose que l'agriculteur choisit entre les alternatives du système de cultures en fonction du plus grand revenu net.

La culture du manioc s'adapte à une large gamme des conditions écologiques et elle est connue pour son adaptation aux conditions de sécheresse et aux ravageurs. C'est la raison pour laquelle cette culture continue d'occuper une place importante dans les systèmes d'associations traditionnelles tropicales, particulièrement chez les petits exploitants et dans les secteurs de subsistance. Bien que le manioc soit cultivé en monoculture en Thaïlande et dans le sud du Brésil, la culture intercalaire est pratiquée par de nombreux petits agriculteurs en de nombreux endroits des tropiques. Dans ces systèmes d'association, le manioc est souvent planté ensemble avec d'autres cultures de base ou de revenus. Les avantages de cette pratique sont nombreux - elle abrite le sol de l'impact direct de la pluie, réduit l'érosion provoquée par le ruissellement, et limite la prolifération d'adventices durant les premiers stades du développement du manioc (Leihner, 1979).

Selon leurs expériences personnelles, les agriculteurs traditionnels adoptent l'association des cultures en tant que système de production dans le but de réduire le risque lié à l'échec d'une culture, de récolter à différents moments durant l'année, d'utiliser rationnellement la terre et la main d'œuvre disponible et de pourvoir un régime alimentaire équilibré à la famille. En effet, la culture de manioc en même temps que celle des légumineuses à graines à cycle court apportent des glucides et des protéines, qui sont la base d'un régime alimentaire sain pour un ménage d'agriculteurs. On a pu estimer qu'un hectare de manioc en intercalaire avec des haricots communs (*Phaseolus* spp.) peut produire environ 10 tonnes de manioc frais, à 30 pour cent de farine/amidon, et 600 kg de haricots à 28 pour cent de protéines – ce qui permet de couvrir les besoins alimentaires de cinq adultes tout en laissant un surplus d'environ 6 tonnes de manioc, pour le vendre ou pour l'utiliser comme aliment du bétail (Anonyme 1, 2013).

Dans de nombreux endroits, en Afrique, le manioc est cultivé en même temps que de nombreuses autres plantes, tantôt selon un schéma ordonné, tantôt en un mélange inorganisé de diverses cultures qui sont continuellement récoltées et replantées dès que la place se libère améliorant le revenu net par unité de superficie foncière, et réduisant le risque de perte totale d'une récolte. C'est ainsi que dans le sud-ouest du Nigéria, par exemple, on plante souvent ensemble maïs et manioc, durant la première des deux saisons des pluies annuelles ; le maïs sera ensuite récolté à l'occasion d'une brève interruption des pluies, tandis que le manioc continuera seul. Les deux cultures différant par leurs complexes ravageurs-maladies et leurs exigences trophiques, une d'entre elles peut survivre tandis que l'autre échouera. Certains producteurs plantent même une deuxième culture de maïs – le manioc est moins risqué et le maïs, en cas de réussite, constitue un bonus (Anonyme 1, 2013).

De 2000 à 2001, des enquêtes sur les systèmes de culture ont été menées en Centrafrique dans les terroirs de Gouzé (ouest), Ngoumbélé (centre) et de Ngouyali (est). L'un des objectifs de ce diagnostic visait à identifier les problèmes posés par les associations culturales. Au total, près de 150 parcelles ont été suivies en 2000. Les résultats ont montré que dans 86 % des parcelles de coton, celui-ci était associé avec des cultures vivrières, manioc et maïs essentiellement. Il a été constaté que ces pratiques peuvent

entraîner une diminution du rendement du coton de 300 à 400 kg/ha et que cette baisse de rendement varie en fonction des pratiques culturales. Ainsi, plus les densités de manioc et de coton augmentent, plus les rendements de ce dernier baissent. Il paraît indispensable que la recherche prenne en compte cette réalité et tant d'autres émanant des systèmes d'association des cultures pour proposer des itinéraires techniques adaptés (Kafara, 2002).

En RD Congo, un mode de plantation du manioc à 2 m d'inter-rangs et 0,5 m entre les plants sur chaque rang (au lieu de l'espacement classique de 1 par 1 m) permet deux récoltes successives intercalées par deux légumineuses notamment l'arachide et/ou le haricot nain (Anonyme 1, 2003). Des estimations des années 1980 indiquent que 40 et 50% (ou plus), respectivement de la production du manioc en Amérique et en Afrique se fait en association, alors qu'en Asie ce pourcentage est probablement faible (Leihner, 1979). Chaque continent et chaque région développe ses propres caractéristiques des combinaisons des cultures et ses propres séquences. La grande complexité du système d'association avec le manioc est probablement celle de l'Afrique en commençant par les cultures des cases des exploitants en milieux ruraux.

Lorsque les petits exploitants adoptent le système de production en association, des parcelles relativement petites suffisent à pourvoir la famille avec des nutriments de base du régime alimentaire, toutefois, la recherche a montré que les productions obtenues de façon traditionnelle avec les cultures associées courantes peuvent être doublées avec une technologie améliorée et un minimum d'inputs (Leihner, 1981).

Bases de pratiques courantes des systèmes d'association

Définitions

La production de deux ou plusieurs cultures dans un même champ est un moyen efficace d'intensification de la production agricole à travers une utilisation efficace des facteurs de production (lumière, eau, éléments nutritifs), espace et temps disponibles pour l'exploitation. L'association des cultures, sujet de ce texte, peut être pratiquée de quatre manières différentes (Ruthenberg, 1971 ; Andrews et Kassam, 1976), à savoir : (i) *l'association des cultures en mélange* – la production simultanée de deux ou plusieurs espèces des cultures se fait dans un arrangement irrégulier, par exemple, sans un modèle bien défini de plantation ; (ii) *l'association des cultures en ligne* – la production simultanée de deux ou plusieurs espèces des cultures se fait dans un arrangement bien défini de plantation en lignes ; (iii) *l'association des cultures en bande* – la production simultanée de deux ou plusieurs espèces des cultures se fait en bandes suffisamment larges pour permettre une exploitation indépendante, mais dans le même temps, suffisamment étroite pour provoquer des interactions entre cultures et (iv) *l'association des cultures en relais* – la plantation de deux ou plusieurs espèces des cultures de sorte que le stade final de la première culture coïncide avec le stade initial de développement de la ou des autres cultures.

Bases biologiques

L'association des espèces des cultures de durées des croissances similaires a un avantage uniquement dans l'utilisation de *l'espace*, alors que l'association des cultures

à durées de croissances différentes entraîne un gain total de la production à travers une meilleure utilisation de deux dimensions, à savoir *l'espace* et le *temps*. Cependant, dans les deux types d'association des cultures, la compétition entre espèces (compétition interspécifique) est moins importante que la compétition dans la même espèce (compétition intra spécifique).

Dans l'association des espèces des cultures des durées des croissances similaires, l'avantage dans la production provient d'une faible compétition « instantanée » entre cultures différentes pour l'espace. Dans l'association des cultures à durées de croissances différentes l'avantage dans la production provient de deux composantes suivantes : la faible compétition à la fois dans l'espace et dans le temps pour la culture à croissance rapide et à cycle court et la faible compétition intra spécifique dans l'espace et dans le temps pour la culture à croissance lente et à cycle long (Andrews et Kassam, 1976 ; Sullivan, 2001).

La culture de manioc qui, dans ce contexte, doit être considérée comme la culture de cycle long, n'utilise pas efficacement les facteurs lumière, eau et éléments nutritifs pendant son premier stade de croissance suite à son lent développement initial. Ainsi, la deuxième culture à cycle court devra être plantée de sorte à utiliser efficacement ces facteurs de croissance. Aussi, à la fin de son cycle de croissance, le manioc n'intercepte pas toute la lumière et probablement n'absorbe pas aussi pendant longtemps des grandes quantités d'éléments nutritifs et d'eau requis pendant cette phase active de développement. Conséquemment, pendant cette phase de croissance de son cycle, le manioc se prête lui-même en association.

Normalement, les cultures montrent moins de variabilités dans la biomasse totale et la production lorsqu'elles sont associées qu'en monoculture (Moreno et Hart, 1979) ; ceci s'applique à la fois à la production totale et individuelle de chaque culture. Les raisons pour cette grande stabilité, autres que les effets des compensations entre cultures, peuvent être trouvés dans la réduction de l'incidence des maladies, insectes et pestes, et des mauvaises herbes résultant de la grande diversité végétative et d'une meilleure et précoce couverture du sol fournie par l'association culturale (Anonyme 2, 1978 ; Leihner, 1979, 1980a ; Moreno, 1979 ; et Moreno et Hart, 1979). Pour la subsistance des agriculteurs, la grande stabilité dans la production des cultures dans les systèmes d'association est particulièrement significative étant donné que les caractéristiques de ce système de production tendent à assurer une meilleure subsistance et réduisent substantiellement le risque de la perte totale des cultures.

Systèmes d'associations des cultures avec manioc dans le monde

Le manioc est cultivé à travers toute la région tropicale à tel point qu'aujourd'hui, il y a plus de manioc cultivé à l'extérieur que dans ses zones d'origine et de domestication. L'introduction en Afrique a eu lieu avant 1558 par les Portugais, via les côtes Ouest et Est. Les marchands portugais auraient également introduit le manioc en Inde au début du XVIII^e siècle. A la même époque, le manioc a été introduit en Indonésie et aux Philippines à partir du Mexique et, le manioc est depuis lors une plante bien connue en Asie du sud-est (Cock, 1982). Aujourd'hui, le manioc se trouve dans la plupart des zones de basse et moyenne altitude de la zone tropicale, mais dans ces limites globales, il est cultivé dans un large éventail de climats et des conditions édaphiques.

a. En Amérique latine

On estime qu'environ 40 % du manioc est cultivé en association (Leihner, 1981). Une association de culture très ancienne est celle du manioc avec le maïs (*Zea mays*), déjà pratiqué par les Mayas. Vers la fin des années 1970, le maïs préhistorique se trouvait en association avec le manioc dans les régions reculées du Guatemala où l'agriculture était restée traditionnelle (Moreno et Hart, 1979). L'association du manioc avec le haricot ou le niébé est également très fréquente. Il est pratiqué partout dans l'hémisphère, mais il est particulièrement important en Amérique centrale, Colombie et Brésil. Dans ces associations, le rendement de manioc n'est pas affecté (20-30 t/ha), mais ceux des haricots sont très faibles (200 kg/ha) dans les champs des paysans en Colombie (Anonyme 2, 1980).

Les autres cultures de cycles courts associés au manioc en Amérique latine sont : le riz (*Oryza sativa*), le coton (*Gossypium sp.*) et le tabac (*Nicotiana tabacum*) au Brésil et du pois d'Angole (à la fin du cycle de croissance du manioc) au Costa Rica et en Colombie. L'association du manioc avec d'autres cultures à racines et tubercules, tels que le taro, l'igname et la patate douce, est pratiquée au Nicaragua, tandis que la triple association manioc/maïs/igname est typique du Nord-Ouest colombien. En outre, il existe un grand nombre de système dans lequel le manioc est la culture de la courte saison associée aux cultures pérennes comme la canne à sucre (*Sacharum officinarum*) et le cacao (*Theobroma cacao*) au Costa Rica, le palmier à huile (*Elaeis guineensis*) au Brésil. Dans ces derniers systèmes, le manioc est considéré comme une culture secondaire. Sa productivité est normalement faible en raison de l'incidence réduite de lumière.

b. En Afrique

A l'exception de plusieurs parties du continent africain dans lequel la production agricole se caractérise par des grandes plantations de cultures d'exportation, les cultures intercalaires sont très courantes dans la plupart des zones de l'Afrique tropicale. Jusqu'à 50 % ou plus du manioc cultivé en Afrique peut être cultivé en association (S. Nyombe, communication personnelle, 1981). En Ouganda, par exemple, 49 % du manioc est en association, alors qu'au Nigeria, près d'un tiers du manioc (27 %) est cultivé en association (Okigbo et Greenland, 1976). Généralement, le manioc est cultivé en monoculture dans les champs éloignés des villages. Toutefois, près de la propriété familiale, il est fréquent de trouver des systèmes de cultures intercalaires très complexes, incluant une grande diversité d'espèces annuelles, légumes et arbres fruitiers.

Il y a des séquences typiques de régions tels que :

- Nigeria : niébé/amarantes (comme légume) /maïs/manioc; taro/maïs/manioc; cacao/maïs/gombo/manioc/taro/melon ;
- Libéria : riz/piment/tomate/haricot/maïs/banane/manioc, tous plantés en même temps ;
- Sierra Leone : riz/maïs/gombo/piment/manioc, en culture de relais ;
- RD Congo : arachide/manioc/sésame/pastèque/sorgho/millet ; etc.

Dans la plupart de ces séquences, le manioc est cultivé en dernière position. Cela probablement dû au fait que, dans le système encore largement pratiqué de culture itinérante, la fertilité du sol est épuisée après avoir produit plusieurs récoltes sur la même terre, et seul le manioc avec sa capacité à se développer sur des sols peu fertiles peut produire des rendements raisonnablement bons.

c. En Asie

Il n'y a aucune estimation concernant le pourcentage de manioc en association, mais la proportion est certainement plus petite qu'en Amérique latine et en Afrique. Néanmoins, le manioc est cultivé en association avec un grand nombre d'autres espèces, en particulier dans les jardins familiaux d'où une grande importance dans la contribution à la nutrition humaine. Le riz est l'élément central dans les systèmes des cultures associées en Asie. Pour une grande production de cette culture, les systèmes d'irrigation ont été mis en place qui, selon les régions, couvrent de 19 à 47 % des terres arables (Harwood et Price, 1976). Ceci complique normalement l'exploitation de la culture du manioc, ainsi que d'autres cultures, étant donné que les sols qui reçoivent les déchets de paddy (riches en montmorillonite) sont difficiles à préparer dans des conditions sèches pour des cultures non irriguées.

En Asie, le manioc est normalement planté en association avec les espèces suivantes : oignon, arachide, soja, piment, maïs, concombre, haricot et parfois, la patate douce. En Indonésie, le manioc est planté après le riz et le maïs comme troisième culture sur les terres des plateaux. Le riz et le maïs sont plantés simultanément et le manioc 30 à 40 jours plus tard. Le manioc est aussi utilisé communément en culture de relais avec l'arachide, le manioc étant planté 30 jours après l'arachide. En Thaïlande, on plante très peu de manioc en association, on rencontre donc parfois l'association du manioc avec le maïs en plantation simultanée. La plantation du manioc dans cette association est d'environ 1 m x 1 m. En Inde, Malaisie, Philippines et Thaïlande, plus que dans les autres pays d'Asie, le manioc est également cultivé en association avec les plantes pérennes telles que le cocotier, le palmier, l'hévéa, le manguier et le bananier. Dans ces systèmes, la productivité du manioc peut être élevée au débit et selon l'intensité de la gestion, mais se trouve par la suite considérablement réduite au fur et à mesure avec l'ombrage (Mohan Kumar et Logan, 1979).

Technologies améliorées pour les associations avec manioc

Introduction

La productivité du manioc et des cultures associées sous manioc est faible dans la plupart des systèmes de culture traditionnels. Les principales raisons de cette faible productivité sont : (i) l'association d'espèces non adaptées, en raison de l'incompatibilité du cycle de végétation ou du type de croissance ; (ii) la coïncidence des phases de croissance maximale en raison d'inadéquation des dates de plantation relative, ce qui entraîne une concurrence interspécifique excessive ; (iii) l'utilisation des densités de plantation trop en deçà ou trop élevé par rapport à la plantation optimale et les arrangements spatiaux inadéquates ainsi que (iv) la faible fertilité des sols et l'absence ou le déficit phytosanitaires.

Plusieurs années d'efforts de recherche ont été dédiées à la solution de ces problèmes. En conséquence, il est maintenant possible de décrire les éléments indispensables (technologies) pour une amélioration des systèmes d'association avec le manioc.

Cycle de végétation et type de croissance

a. Manioc

Dans les associations avec le manioc, la ramification et la vigueur des variétés de manioc sont deux caractéristiques qui peuvent influencer la quantité de lumière

Tableau 6.27. Moyenne des rendements (kg/ha) des céréales en fonction du port de la variété de manioc dans les associations avec manioc dans 2 sites de la RDC. (IITA, 2013)

	Ngandajika 2011/2012	Yangambi 2009/2010
	Maïs	Riz
Ramifiée	414	1006
Érigée	513	1111
Locale*	487	835
I.s.d. (0.05)	106,2	45,5

(*) : Lueni, variété érigée pour Ngandajika et Mbongo, variété ramifiée pour Yangambi.

interceptée au cours des premiers stades de croissance. Les variétés érigées avec une ramification tardive et une vigueur moyenne provoquent moins d'ombrage dans l'association que celle avec ramification précoce et vigueur initiale élevée. Les variétés de manioc à ramification précoce et vigoureuse affectent normalement le rendement de la culture associée au manioc (Leihner, 1981). Ce constat a été fait par l'IITA dans des essais menés entre 2009 et 2012 dans deux sites de la RD Congo (Tableau 6.27).

Il apparaît donc que les variétés de manioc ayant une vigueur moyenne et à ramification tardive (port érigé) sont mieux adaptées en association puisqu'elles imposent initialement relativement peu de concurrence à la culture associée et ont également un potentiel de rendement élevé. Toutefois, l'association manioc/maïs se trouve être une exception, car seuls les types plus vigoureux de manioc rivalisent favorablement avec la culture dominante qui se trouve être le maïs.

b. Légumineuse à graines

Quand on doit choisir une légumineuse à graines comme culture associée avec le manioc, une caractéristique importante est sa précocité de floraison et de maturité. Avec la précocité, la période de compétition avec le manioc est réduite et l'ombrage excessif de la légumineuse pendant le remplissage de la gousse est évité. Lorsque les deux cultures restent ensemble sur le terrain pour une plus longue période, l'interaction entre elles devient plus accentuée et les rendements sont affectés mutuellement. Dans les expérimentations menées par CIAT, concernant les associations de manioc avec les légumineuses de maturité précoce (haricot et niébé), aucune corrélation n'avait été observée entre les rendements du manioc et ceux des légumineuses ; cependant, une corrélation de plus en plus négative avait été trouvée lorsque le cycle de croissance des légumineuses avait été supérieur à 100 jours, indiquant une plus grande interaction entre les espèces associées (Tableau 2).

c. Autres cultures

Pour une plantation simultanée, la culture associée au manioc doit posséder un cycle de végétation, de préférence inférieure à 100 jours et un port (de croissance) érigée

Tableau 6.28. Corrélations entre les rendements du manioc et les légumineuses associées en fonction du cycle de croissance (CIAT, 1978).

Espèces	Nombre jours à la maturité physiologique	Corrélation rendements manioc/légumineuse (r)
Haricot	80	0.01
Niébé	90	0.05
Arachide	106	-0.14
Soja	125	-0.35*

*significatif à $P = 0.05$

ou à ramification tardive. Si on veut planter la culture associée vers la fin du cycle du manioc, elle ne doit pas dépasser 120 jours à maturité lorsqu'une récolte simultanée du manioc et de la culture associée est souhaitée. Toutefois, pour une culture de relais sous manioc, la durée de la croissance de la culture associée n'est pas importante. Cependant, pour la culture à mettre en place sous une culture déjà établie du manioc, avoir un port buissonnant ou rampant, avec une tolérance à l'ombrage est un trait particulier souhaitable.

Si les récoltes des cultures associées au manioc sont destinées comme sources de protéine nutritive humaine ou animale, les cultures telles que les légumes ou les légumineuses, devraient être choisies comme cultures associées au manioc plutôt que d'autres sources de glucides, comme le taro ou la patate douce. En revanche, si les récoltes de cultures associées sont cultivées comme des cultures de rente (pour la vente), toute culture présentant une rentabilité acceptable peut être utilisée en association avec le manioc.

Au cours de la phase de mise en place (plantation) des cultures comme le cocotier, le palmier à huile, ou l'hévéa, le manioc peut être utilisé comme plante associée. Toutefois, au fur et à mesure que les plantes pérennes croissent et ombragent le manioc, ce dernier cesse de produire des rendements rentables et dans ces conditions, continuer le système de culture associée ne sera plus un avantage économique. Il y a cependant une exception dans le cas des cultures fourragères pérennes dont le port est buissonnant, tels que *Stylosanthes guineensis*, qui peuvent être associées avec le manioc pendant de longues périodes, le manioc bénéficiant de leur azote (Nitis, 1977).

Dates de plantation relative

La plantation de la culture associée, avant, au même moment ou après le manioc a des implications tant biologiques que pratiques. Le manioc n'impose pas beaucoup de concurrence au début de son cycle de croissance, mais il ne tolère pas non plus de concurrence. Ainsi, les rendements de manioc peuvent être considérablement réduits si la culture associée est plantée plus tôt que le manioc, imposant la compétition pour la lumière et les autres facteurs de croissance. En revanche, si le manioc est planté plus tôt que la culture associée, la croissance et le rendement de la culture associée peuvent être affectés par ombrage et par la concurrence d'autres facteurs de croissance.

Dans les expérimentations menées par CIAT en Colombie, les essais d'association manioc/haricot ont montré que les rendements totaux les plus élevés ont été atteints lorsque les deux cultures ont été plantées au même moment ou avec une différence de moins d'une semaine dans la plantation. Cette pratique a été vérifiée dans de nombreuses expériences dans lesquelles le manioc était planté en association avec diverses légumineuses à grains et le maïs (Thung et Cock, 1979).

Au Nigéria, la réussite des combinaisons manioc-maïs dépend du calendrier et de l'intensité de la récupération du manioc une fois le maïs récolté. La recherche a établi qu'avec un maïs planté à haute densité et un rendement de maïs supérieur à 3,5 tonnes, le rendement du manioc retombe de 31,6 tonnes/ha à moins de 20 tonnes/ha. Au cours d'expérimentations en Thaïlande, planter des pois chiches (*Vigna unguiculata*) et des pois sabres (*Canavalia gladiata*) en même temps que le manioc sur une période de quatre ans a donné des rendements inférieurs à ceux du manioc cultivé seul, mais le fourrage produit suffit à assurer un revenu net supérieur. Cependant, quand la plantation des intercalaires s'effectuait trois semaines après celle du manioc, le manioc était soumis à une moindre concurrence en début de croissance, ce qui lui permettait une meilleure implantation et aboutissait à des rendements dépassant ceux de la monoculture (Anonyme 1, 2013).

Tableau 6.29. Rendements des céréales, légumineuses et manioc en fonction des dates relatives de plantation dans les associations avec manioc dans 3 sites de la RDC (IITA, 2013).

Date plantation	Mvuazi	Ngandajika		Yangambi
	2009/2010 Niébé	2009/2010 Arachide	2011/2012 Maïs	2009/2010 Riz
Rendement légumineuses et céréales (kg)				
2 Semaines Avant manioc	759	183	487	797
1 Semaine Avant manioc	855	516	583	841
Même Moment	958	797	507	1289
1 Semaine Après manioc	784	532	387	1002
2 Semaines Après manioc	847	552	353	991
l.s.d.	374	234	158	070
CV (%)	23,7	12,3	19,3	2,0
Rendement manioc (t/ha)				
	Manioc	Manioc	Manioc	Manioc
2 Semaines Avant manioc	12,0	15,1	12,8	13,5
1 Semaine Avant manioc	13,2	17,7	15,8	17,3
Même Moment	13,9	16,9	15,3	19,2
1 Semaine Après manioc	14,3	16,5	15,2	17,4
2 Semaines Après manioc	16,1	21,9	16,1	19,3
l.s.d.	3,0	3,1	4,9	6,4
CV (%)	9,6	21,3	10,7	15,9

En RD Congo, dans une série d'expérimentations menée par l'IITA dans trois sites, sur deux céréales et deux légumineuses associées au manioc, le rendement du riz a été plus élevé avec une différence significative dans le site forestier de Yangambi (1,3 t/ha) lorsque cette culture a été semée au même moment que le manioc et dans le site savanicole de Ngandajika, le rendement le plus élevé avec une différence significative (0,583 t/ha) a été enregistré lorsque le maïs a été semé une semaine avant le manioc. Concernant les deux légumineuses associées au manioc, seule l'association manioc/arachide à Ngandajika a enregistré des différences significatives par rapport aux différents moments de plantation avec le rendement le plus élevé, soit 0,797 t/ha lorsque l'arachide a été semée au même moment que le manioc. Dans toutes ces expériences, le rendement le plus élevé du manioc a été enregistré lorsque la culture associée (céréales ou légumineuse) a été semée deux (2) semaines après le manioc (Tableau 6.29), (Anonyme 3, 2013).

Il est cependant important de noter qu'une implication pratique de la plantation simultanée dans les associations avec le manioc, est qu'elle n'exige qu'une opération au lieu de deux processus distincts pour établir l'association. Ceci facilite un certain degré de mécanisation dans la mise en place des systèmes culturels, si les machines existantes sont adaptées à cet effet.

Alors que les temps relatifs de plantation peuvent aider à réguler la concurrence de la lumière lorsque les cultures associées entament leurs cycles de croissance ensemble, la situation est différente lorsque la culture associée est plantée dans une culture de manioc déjà établie. Dans ces conditions, la lumière peut être le facteur le plus limitant pour la culture associée. Néanmoins, les observations faites au CIAT ont montré que le manioc intercepte moins de lumière vers la fin de son cycle de croissance que pendant sa phase de croissance plus active. Ceci permet la production des cultures associées sous manioc pendant les derniers mois avant la récolte du manioc. Les plantations du haricot commun à 7, 8 et 9 mois après plantation du manioc ont montré que le rendement du haricot commun était moins réduit à la dernière date de plantation (9 mois) puisque les conditions de lumière pour la culture intercalaire étaient améliorées.

On peut donc conclure que plus la plantation de la culture associée sous une culture du manioc déjà établie est tardive, meilleur est son rendement. Néanmoins, la productivité de la culture associée dans ces conditions est beaucoup inférieure à celle d'une association lorsque les deux cultures commencent leur cycle de croissance ensemble.

Densité de plantation

a. Manioc

Les résultats de recherche ont montré que les densités optimales de manioc en monoculture peuvent être utilisées en culture associée ou intercalaire sans provoquer une réduction excessive de rendement de la culture associée (Leihner, 1979).

b. Légumineuses à graines

Les essais avec les haricots communs, le niébé et l'arachide plantés en monoculture et en association avec le manioc ont montré des rendements constants, ou des réponses pas très accentuées, dans une gamme de densité de plantation entre 50 et 200 % de la densité optimale de la monoculture (Thung et Cock, 1979 ; Hegewald et Leihner, 1980).

Tableau 6.30. Densités de plantation recommandées pour les légumineuses à grains en monoculture et en association avec le manioc. (Leihner, 1979).

Espèces	Densité adéquate (plants/ha)	
	Monoculture	Association
Haricot commun nain (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	200.000	250.000
Haricot commun volubile (<i>P. vulgaris</i>)	110.000	160.000
Niébé (<i>Vigna unguiculata</i>)	80.000	110.000
Radiata (<i>Vigna radiata</i>)	200.000	250.000
Arachide (<i>Arachis hypogea</i>)	200.000	250.000

L'utilisation de la densité optimale pour la monoculture, ou d'une densité légèrement supérieure, en association entraîne souvent un rendement maximal lorsque les légumineuses sont plantées au même moment que le manioc.

Théoriquement, les densités élevées des légumineuses à graines devraient concurrencer plus le manioc et devraient réduire son rendement par rapport aux faibles densités. Toutefois, selon les expérimentations menées au CIAT, en pratique, aucune corrélation significative n'a été observée entre la densité de plantation des légumineuses et le rendement de manioc. C'est pourquoi les densités de légumineuses à graines qui donnent les meilleurs résultats en monoculture peuvent également être utilisées en association avec le manioc. Le tableau 4 montre les densités optimales pour les légumineuses à grains en association et en monoculture.

c. Maïs

Les mêmes principes concernant les densités de plantation en monoculture et en association entre les légumineuses à grains et le manioc sont également valables dans l'association manioc/maïs. Une association traditionnelle avec le manioc planté à 1 m x 1,2 m (8333 pieds/ha) et maïs à 2 m x 1,2 m (trois plantes par poquet, ou 12 500 pieds/ha) a été comparée à un système plus intensif où le manioc a été planté à 10417 pieds/ha et le maïs à 41667 pieds/ha. Aucun changement dans la production de manioc n'a été observé, mais la production de maïs a été triplée dans le système plus intensif (Anonyme 2, 1980). Le manioc n'a pas subi de réduction de rendement à une densité plus élevée de maïs, due à la fois à un arrangement spatial différent du système traditionnel (1.6 m x 0,6 m), qui réduit la compétition de la culture associée, et à une légère augmentation de la densité de plantation de manioc lui-même. Il faut toutefois noter que le type vigoureux du manioc qui a été utilisé dans ces expériences (CV Secundina), peut avoir plutôt bien toléré la concurrence du maïs. Même avec un arrangement de manioc à la distance de 1 mètre (1 m x 1 m), qui n'est probablement pas suffisant pour cette association et un type moins vigoureux du manioc, la plus grande rentabilité, tant en termes d'économie et d'utilisation des terres, a été obtenue avec des densités de maïs entre 20000 et 40000 plantes/ha dans les essais effectués au Costa Rica (Leihner, 1981). Cela confirme à nouveau que l'utilisation des densités de plantation normales en monoculture donne des résultats plus favorables pour la culture associée.

Arrangements spatiaux des cultures

L'arrangement spatial dans le champ est d'une grande importance dans l'association de deux ou plusieurs espèces, car il affecte l'efficacité avec laquelle les radiations solaires et l'espace sont utilisés (Hang *et al.*, 1984 ; Stirling *et al.*, 1990). L'arrangement spatial a, en même temps, une influence importante sur le degré de concurrence entre les cultures. Théoriquement, un dispositif de plantation où chaque plante pousse à égale distance des autres serait idéal, car elle permettrait l'utilisation plus efficace des ressources pour la croissance et la production. Toutefois, des raisons pratiques, telles que la préparation du terrain, la facilité de plantation, le sarclage et la récolte, font que différentes dispositions sont habituellement plus désirées. Cela s'applique aussi bien pour le manioc que pour les cultures qui lui sont associées.

a. Manioc

L'écartement le plus fréquemment utilisé dans la plantation du manioc en monoculture est de 1 x 1 m ou des écartements similaires. Cependant, cet arrangement ne permet pas les conditions optimales pour les associations puisque la canopée de manioc couvre le sol plus rapidement que dans d'autres arrangements (écartements), ombrageant la culture associée dès le début. De l'examen des différentes dispositions spatiales (écartements) pour le manioc, il a été trouvé que la variation de la disposition spatiale du manioc de la disposition carrée (1 x 1 m), à une disposition rectangulaire (2 x 0,5 m), y compris plusieurs dispositions intermédiaires, n'affecte pas les rendements en racines de manioc quand la même densité de plantation est maintenue (tableau 5). (Castro, 1980 ; Chew, 1979 ; Dahniya *et al.*, 1994 ; Njoku *et al.*, 2008).

Ces résultats suggèrent qu'un dispositif rectangulaire peut être choisi sans réduire le rendement de manioc pendant qu'il facilite et crée des conditions favorables pour la culture associée.

Tableau 6.31. Effet de divers écartements sur le rendement du manioc lorsque la même densité de plantation est maintenue.

Localité	Variété	Arrangement Spatial (m)	Densité (plants/ha)	Rendement en racines fraîches (t/ha)
CIAT	M MEX 52	1,0 X 1,0	10.000	25,0
		2,0 X 0,5	10.000	22,0
CIAT	M Col 22	1,0 X 1,0	10.000	35,0
		2,0 X 0,5	10.000	37,0
Caribia	M Col 22	1,0 X 1,0	10.000	17,1
		1,8 X 0,6	9.259	17,6
Media Luna	Secundina	1,0 X 1,0	10.000	15,0
		1,8 X 0,6	10.416	14,1

b. Légumineuses à graines

Dans les cultures commerciales de légumineuses à graines en monoculture, la distance normale entre lignes varie entre 30 et 80 cm, Thung (1978) a proposé que dans l'association des légumineuses à graines avec le manioc, qu'on plante le manioc à l'écartement de 1,80 x 0,60 m et les légumineuses à 0,90 m, qui est la variation normale utilisée dans la production de légumineuses à graines, entre les lignes. Cette même répartition des cultures est possible quand le manioc est cultivé sur buttes ou billons. Cependant, davantage de souplesse est possible pour les lignes de légumineuses entre les lignes de manioc en plantant sur terrain plat.

Trois arrangements spatiaux de lignes de niébé (Figure 6.42) plantés en association avec le manioc sur terrain plat ont été évalués. Il a été constaté que la distribution des légumineuses selon l'arrangement 60/3 » a utilisée plus efficacement l'espace disponible entre les plants de manioc en monoculture et en association. L'avantage de rendement de l'arrangement de « 60/3 » était statistiquement significatif par rapport à l'arrangement de « 70/2 » avec 110 000 plantes/ha en monoculture et par rapport à la fois aux arrangements « 45/2 » et « 70/2 » avec 140 000 plantes/ha en association. Le résultat le moins favorable de l'arrangement de « 70/2 » en monoculture était peut-être due à un haut niveau de la concurrence au sein de la culture du niébé (compétition intra spécifique), où-comme le niébé a généralement des rendements plus faibles, le faible rendement dans l'arrangement « 45/2 » en association peut être due à une plus grande concurrence entre le manioc et le niébé (compétition interspécifique) plutôt que de la concurrence au sein de la culture du niébé (Leihner, 1981).

Des résultats similaires ont été obtenus en comparant les arrangements « 60/3 » et « 70/2 » dans l'association manioc/arachide. Les densités plus élevées de l'arachide atteintes avec l'arrangement « 60/3 », aussi bien dans la culture pure et en association avec le manioc, ont entraîné des rendements d'arachide plus élevés. La différence entre les deux dispositions était significative à 150 000 plantes/ha dans les deux systèmes de plantation et a diminué pour des densités plus élevées.

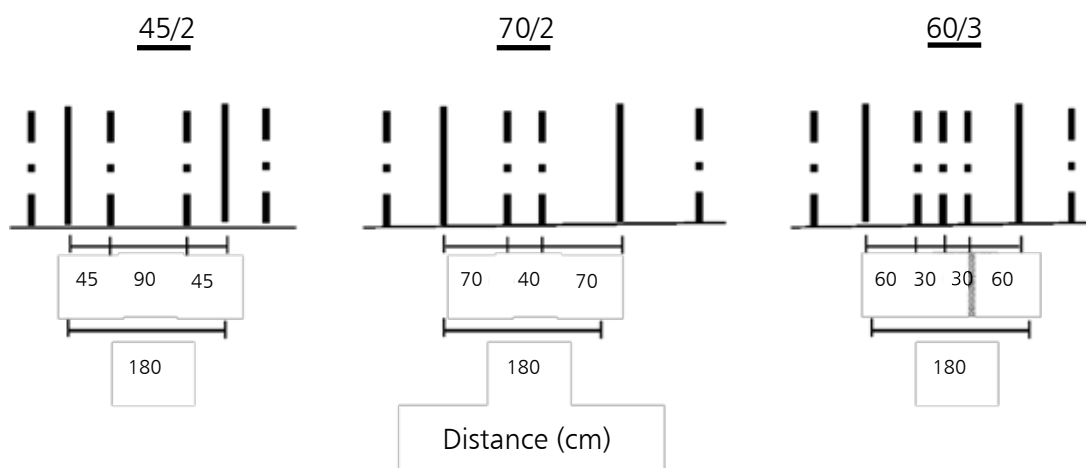


Figure 6.42. Arrangements spatiaux manioc en association avec légumineuses.

Cela montre que l'interaction entre les deux facteurs, densité de plantation et arrangement spatial, était chaque fois plus efficace à l'arrangement de « 70/2 ». Ce résultat est logique puisque, même dans l'arrangement « 60/3 », des densités plus élevées induisent plus la compétition intra spécifique. La situation pour l'arachide était semblable à celle qui prévaut dans l'arrangement de « 70/2 » (Leihner, 1981).

Les résultats suggèrent que plus la répartition des légumineuses au sein de l'espace disponible entre les lignes de manioc est uniforme, plus leur rendement est élevé, en raison d'une utilisation plus complète des facteurs de croissance ainsi que d'un faible niveau de la compétition intra spécifique. Néanmoins, il n'est pas conseillé de semer les légumineuses trop largement au sein de l'espace disponible, ou de les placer trop près du manioc, car cela risque d'accroître la concurrence entre les deux cultures.

Fertilité des sols

L'association culturale est considérée comme avantageuse en raison également de l'effet qu'il a sur la conservation des sols. Burgos (1980) a trouvé que dans diverses associations du manioc avec d'autres cultures, l'absorption des éléments nutritifs du sol par les cultures était supérieure à la perte d'éléments nutritifs par lessivage et érosion, alors que, dans une culture pure de manioc, les pertes d'éléments nutritifs par lessivage et érosion a été plusieurs fois supérieure à l'absorption par les cultures.

D'autres part, l'association du manioc avec d'autres cultures représente une intensification de la demande d'éléments nutritifs, particulièrement lorsque chacune des cultures associées est plantée à sa densité normale. Dans ce cas, l'exportation des éléments du sol est supérieure dans le système des cultures associées que dans la monoculture, et, si ces nutriments ne sont pas remplacés par une fertilisation adéquate, la dégradation de la fertilité des sols se produit plus tôt (Tableau 6.32).

En rapport avec la littérature consultée, très peu ou pas d'information existent sur la fertilisation adéquate d'un système de culture en association. Plusieurs de questions suivantes sont encore sans réponse : les besoins en éléments nutritifs, la réponse de chaque culture par rapport aux différents éléments, les changements possibles de cette réponse en association, les aspects de la concurrence en éléments nutritifs et de complémentarité, la bonne méthode d'épandage d'engrais (à la volé ou en lignes), le moment approprié pour l'épandage d'engrais et les meilleures sources de nutriments. Ci-dessous, quelques informations préliminaires :

Tableau 6.32 Exportations des éléments nutritifs du sol par les racines et les graines récoltées dans une association manioc/haricot, par rapport aux exportations de manioc en monoculture (CIAT, 1978).

Système	Nutriments exportés (kg/ha)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Manioc en monoculture	40	5	78	19	8	6
Association manioc/haricot	90	11	84	18	10	9

Besoins nutritionnels du manioc et des cultures associées

Les besoins nutritionnels du manioc et de certaines cultures plus fréquemment utilisées en association avec le manioc ont été relativement bien étudiés. Le manioc exporte des grandes quantités d'azote et de potassium dans le sol. Cependant, la réponse du rendement en racines de manioc à la fertilisation avec ces éléments n'est souvent pas très marquée, sauf dans la production continue et prolongée de manioc. Dans ces circonstances, la réponse des racines au potassium peut être même plus marquée. Sur beaucoup des sols pauvres, le manioc bénéficie grandement d'association mycorhizienne pour l'absorption du phosphore, il répond également nettement aux applications de phosphore même si seulement de petites quantités sont exportées du sol. Dans un sol pauvre, comme les Oxisols et Ultisols tropicaux, la nutrition du manioc en magnésium, soufre et particulièrement en zinc est d'importance (Makinde, 2011).

Les différentes espèces de légumineuses à graines à cycle de croissance courte ont des exigences nutritionnelles similaires. Bien qu'ils aient besoin de grandes quantités d'azote, ils ont la capacité de fixer cet élément, donc de satisfaire partiellement leurs besoins en azote. Sur des nombreux sols pauvres, les légumineuses à graines répondent également nettement au phosphore, sans exporter de grandes quantités de cet élément. Des exigences spécifiques sont observées à l'égard de plusieurs micronutriments, tels le bore (Makinde, 2011) et le zinc (Anonyme 2, 1978) ; chez certaines espèces telles que l'arachide, le calcium est aussi un nutriment important. Chez le maïs, l'exigence majeure pour parvenir à une croissance normale et un bon rendement est l'azote, suivie de potassium et de phosphore. Dans de nombreux sols pauvres, le phosphore devient un important macronutriment et le zinc et le bore d'importants micronutriments (Anonyme 2, 1974).

Sélection des cultures pour association

La correction des carences des sols infertiles par l'application des engrais et amendements du sol peut ne pas être économique lorsque des grandes quantités des amendements ou des engrais coûteux sont nécessaires. Une autre approche pour obtenir de bons rendements agricoles sur des sols pauvres est la sélection des cultures qui s'adaptent bien à des conditions défavorables telles que les carences nutritives, l'acidité et la toxicité d'aluminium et de manganèse et produisent des rendements acceptables avec peu d'intrants. Plus précisément, la sélection des espèces avec une tolérance à des conditions de sol acide, infertiles répandues dans une grande partie des tropiques, contribuerait à réduire la quantité d'intrants nécessaires à la production agricole dans ces régions.

Une étude a été réalisée sur un Oxisol extrêmement acide de la plaine orientale de la Colombie pour évaluer la croissance et le rendement des six cultures – manioc, niébé, riz, maïs, haricots noirs et non noir – à différents niveaux d'amendement calcaire (chaux) à 0 ; 0,5 ; 2 et 6 t/ha.

Sans application de chaux, le manioc a produit 54 % de rendement maximal en racines obtenues avec 6 t de chaux/ha ; avec seulement 0,5 t de chaux/ha, la production de racines a été de 76 % du maximum. En revanche, les rendements de haricots (noir et non noir), maïs et riz ont été minimum au niveau 0 de la chaux et seulement modérée avec 2 à 6 t de chaux/ha. Le niébé a été la seule culture avec une tolérance similaire ou mieux que

le manioc dans des conditions d'acidité et de basse fertilité. A 0 et 0,5 t de chaux/ha, les rendements de niébé ont été respectivement de 60 et 80 % du rendement maximal (Cock et Howeler, 1979).

Une grande collection de légumineuses à graines a été testée sur un sol très acide, infertile à Quilichao (Colombie, CIAT) pour l'adaptation à la fois aux conditions de sol extrêmes et aux qualités de type des plantes de la culture associée. La collection comprenait entre autres le haricot ailé (*Psophocarpus tetragonolobus*), le pois d'Angole, le haricot, le niébé et l'arachide. Elles ont été plantées en deux temps en monoculture et en association avec le manioc.

De toutes ces cultures, seuls le niébé et l'arachide ont démontré une remarquable adaptation aux conditions du sol et convenaient simultanément en association.

Toutes les autres espèces n'ont pas toléré l'acidité des sols extrêmes, la toxicité de l'aluminium et de manganèse et l'infertilité ou étaient impropres à l'association des cultures avec le manioc en raison de leur port de croissance (Anonyme 2, 1979 ; Hegewald et Leihner, 1980).

Réponse à la fertilisation en monoculture et en association

La réponse aux nutriments majeurs tant pour le manioc que pour les cultures associées (légumineuses à graines, maïs) a été amplement étudié en conditions de monoculture en grande partie dans divers situations édaphiques (Andrew et Kamprath, 1978 ; Makinde, 2011) mais, il est important de souligner que ces cultures, lorsqu'elles sont cultivées en association, peuvent montrer une réponse nettement différente de celle observée en monoculture.

Des essais ont été conduits à Caribia sur la côte Colombienne sur un sol à fertilité moyenne pour avoir la réponse du manioc et du niébé à l'application d'azote et de potassium, lorsqu'ils sont cultivés en monoculture et en association. Les mêmes expériences ont été menées sur sol très déficients en phosphore du CIAT-Quilichao. Selon les résultats trouvés, on peut conclure que, pour assurer un approvisionnement suffisant et économique des éléments nutritifs pour les cultures dans les systèmes d'association, il est important de connaître la réponse de chaque culture à ces éléments lorsqu'elle est cultivée en association. En effet, parfois, cette réponse montre la même tendance en monoculture et en association (cas avec le niébé et le phosphore à CIAT-Quilichao) ; mais, dans d'autres cas, les réponses en monocultures et en association peuvent être significativement différentes ; cas de la réponse de manioc à l'azote et au potassium à Caribia (Hegewald et Leihner, 1980).

Ainsi, aucune conclusion sur la fertilisation d'un système de culture en association ne peut être tirée uniquement à partir des renseignements sur les exigences et les réponses à certains éléments nutritifs en monoculture. Il est plutôt nécessaire d'étudier la réponse à la fertilisation du système des cultures en association, afin d'établir les niveaux de nutriments optimaux dans des conditions de sols différents.

Compétition des éléments nutritifs dans les associations de cultures

Dans la pratique, la concurrence entre les espèces se présente sous forme d'une réduction de la croissance végétative et de la productivité. Par exemple, la

réponse du manioc en association avec le niébé par rapport à sa réponse en monoculture à l'azote montre que le manioc souffre de la concurrence pour cet élément. Cependant, l'absence d'une réponse de niébé à l'azote et de la différence minime du rendement en grain lorsqu'il est cultivé en monoculture ou en association, suggère que le niébé sous manioc ne subit pas de concurrence pour l'azote. C'est sans doute dû non pas tant à une capacité fixatrice d'azote de niébé plutôt limitée, mais résulte de l'expansion rapide des racines de niébé, aussi bien en largeur et en profondeur, qui permettent à prélever l'azote provenant des niveaux de sol dont les racines de manioc ne parviennent pas. Il en est de même concernant la concurrence pour le potassium.

Dans les expériences sur la réponse de rendement à l'azote, phosphore et potassium de manioc et niébé aussi bien en monoculture qu'en association, les données de l'analyse foliaire confirment les observations faites par rapport à la concurrence. Les tableaux 6.33 et 6.34 montrent des concentrations plus faibles en azote (N) et potassium (K) dans les feuilles et les pétioles du manioc en association, indiquant que le niébé a concouru avec le manioc pour ces éléments. Le niébé lui-même n'a pas été affecté par la compétition pour ces deux nutriments.

Cependant, la concentration réduite de phosphore dans les tissus de manioc et de niébé en association, indique que les deux cultures concourent fortement pour le phosphore, affectant apparemment le manioc plus que le niébé. Le fait qu'à des niveaux plus élevés de phosphore, la concentration de phosphore foliaire de niébé en association augmente, alors que cela n'est pas le cas pour le manioc en association, suggère que quand le niveau de phosphore augmente, le niébé devient un concurrent plus fort, laissant moins de phosphore pour l'absorption de manioc (Tableau 6.35).

Tableau 6.33. Effet des différentes doses de N appliqués sur la concentration d'N dans les feuilles de manioc et de niébé plantés en monocultures et en association (CIAT, 1980).

N appliqué (kg/ha)	Concentration des feuilles en N (%)			
	Manioc		Niébé	
	Monoculture	Association	Monoculture	Association
0	5,04	4,82	4,76	4,51
50	5,35	4,84	4,54	4,62
100	5,24	4,54	4,34	4,45
150	4,73	4,54	4,23	4,51
300	5,24	4,82	4,82	4,56
Moyenne (% par rapport à la monoculture)	100	92	100	100

Tableau 6.34. Effet des différentes doses de K appliqués sur la concentration d'N dans les feuilles de manioc et de niébé plantés en monocultures et en association (CIAT, 1980).

K appliqué (kg/ha)	Concentration des feuilles en K (%)			
	Manioc		Niébé	
	Monoculture	Association	Monoculture	Association
0	3,23	3,27	2,13	1,93
42	3,51	2,92	1,84	2,19
84	3,67	3,55	1,78	1,78
126	4,23	4,01	1,87	1,93
252	4,41	3,88	2,29	2,29
Moyenne (% par rapport à la monoculture)	100	93	100	102

Tableau 6.35. Effet des différentes doses de P appliqués sur la concentration de P dans les feuilles de manioc et de niébé plantés en monocultures et en association (CIAT, 1980).

P appliqué (kg/ha)	Concentration des feuilles en P (%)			
	Manioc		Manioc	
	Monoculture	Monoculture	Monoculture	Monoculture
0	0,26	0,26	0,26	0,26
22	0,25	0,22	0,29	0,28
44	0,27	0,19	0,26	0,27
66	0,25	0,21	0,28	0,24
132	0,27	0,24	0,39	0,34
Moyenne (% par rapport à la monoculture)	100	86	100	92

Méthodes d'application d'engrais

La méthode de fertilisation à utiliser en association, comme c'est le cas en monoculture, est déterminée par les caractéristiques du sol, les précipitations, le type d'engrais et les cultures plantées. Dans un sol sableux, l'application à la volée expose l'engrais à plus de pertes par lessivage que l'application en sillon ou bande. Les sols tropicaux acides fixent souvent le phosphore, conduisant à des pertes dans la disponibilité de ce nutriment lorsque des sources de phosphore soluble sont appliquées à la volée. L'application en sillon ou en

bande protège mieux les nutriments contre la perte. Lorsque la moitié de l'engrais a été appliquée à la volée et l'autre moitié appliquée en sillons ou en bande, les plus grands rendements ont été obtenus dans une récolte de manioc planté sur billons au cours de la saison des pluies dans l'Oxisol de Carimagua, dans les plaines de l'Est de la Colombie. En revanche, dans les plantations de saison sèche sur un terrain plat, les meilleurs résultats ont été obtenus lorsque tout l'engrais a été appliqué à la volée ((Makinde, 2011).

En général, les amendements du sol avec faible solubilité, avec la chaux calcique, la chaux dolomitique, les scories ou le phosphate de roche, donnent de meilleurs résultats quand on applique à la volée et on incorpore dans le sol. Avec cette méthode, la plus grande surface possible de contact entre le sol et l'amendement est atteinte, induisant ainsi la plus grande réactivité. Cependant, les engrais à haute teneur en nutriments et solubilité sont souvent utilisés plus efficacement par les cultures lorsqu'ils sont appliqués en sillons.

Les cultures annuelles telles que les légumineuses à graines ou le maïs, associées au manioc, ont des systèmes racinaires à portée profonde et finement ramifiés. En revanche, le manioc a un système racinaire plutôt clairsemé avec un petit nombre de poils absorbants, mais il est aidé dans l'absorption de phosphore et éventuellement les autres nutriments et l'eau, par l'association mycorhizienne ((Makinde, 2011). Cela signifie que l'efficacité d'absorption du manioc et de ses cultures associées pourrait être similaire malgré les systèmes racinaires morphologiquement différents. Par conséquent, la méthode de fertilisation en association avec le manioc peut être déterminée plus par le sol et les conditions climatiques ainsi que le type d'engrais à appliquer que par les caractéristiques d'absorption des cultures.

Ces conclusions sont étayées par les résultats obtenus à CIAT-Quilichao et Caribia dans l'application N-P-K à la volée ou en sillon dans l'association manioc/niébé. Sur les sols fixateurs de phosphore du CIAT-Quilichao, le niébé a répondu faiblement, même si ce n'est pas significativement mieux, lorsque le phosphore a été appliqué sous forme de superphosphate triple en sillons qu'à la volée, lorsqu'une forme très soluble de phosphore a été utilisée ; toutefois le manioc, n'a pas répondu différemment pour l'application à la volée ou en sillons. A Caribia, aucune différence significative des rendements de niébé n'a été obtenue lorsque l'azote, sous forme soluble de l'urée, a été épandu en sillon ou à la volée. Le manioc a mieux répondu à l'application d'azote à la volée, ce qui pourrait être lié à une meilleure absorption de l'azote par le système racinaire clairsemé de manioc lors de l'application à la volée qu'en sillons. Dans le cas du potassium, appliqué sous forme de chlorure de potassium, ni le manioc, ni le niébé n'ont montré des réponses différentes aux deux méthodes d'application (Anonyme 2, 1980).

Association manioc avec les arbres et arbustes pérennes

Le manioc peut également être planté en allées entre des rangs de légumineuses arborées à enracinement profond et croissance rapide, telles que *Leucaena leucocephala* ou *Gliricidia sepium*. Le feuillage est élagué régulièrement et incorporé au sol des allées ou - dans un système à zéro labour - appliqué en paillis avant de planter le manioc. Comme les arbres extraient de grandes quantités d'azote atmosphérique tandis que leurs racines vont chercher les nutriments dans les couches les plus profondes du sol, la décomposition des résidus d'élagage fertilise le sol des allées et améliore le rendement des cultures qui y sont présentes.

En climat plus sec, les arbres s'enracinent plus profondément et donc sont moins en concurrence pour l'eau et les nutriments que d'autres cultures intercalaires. Dans les systèmes agro forestiers, il a été montré que les coupes de feuilles de la légumineuse fourragère *Flemingia macrophylla* ont un effet particulièrement bénéfique sur le rendement. Au Bénin, une combinaison de fumure minérale et d'application de 3 tonnes/ha de paillis de pois d'Angole (*Cajanus cajan*) a produit une amélioration sensible du rendement du manioc (Anonyme 1, 2013).

Lutte anti-érosion et conservation du sol

Des résultats plus réguliers en matière de lutte anti-érosion ont été obtenus par la culture du manioc entre des haies de protection, ou « haies vives », une alternative bon marché aux options de conservation du sol faisant appel au terrassement, telles que murets ou terrasses en banquettes suivant les courbes de niveau.

Les haies filtrent et ralentissent le ruissellement et peuvent être constituées de diverses espèces préconisées d'herbes, de légumineuses pérennes et autres plantes, ou d'herbes et autres plantes spontanées laissées en place en ne sarclant pas ou en ne labourant pas des bandes de sol.

Dans divers pays d'Asie, les agriculteurs protègent leurs champs avec des haies de vétiver (*Vetiveria zizanioides*, une herbe), de *Tephrosia candida* (un arbuste), de *Paspalum atratum* (une herbe) et d'ananas planté serré. Le vétiver est particulièrement recommandé pour réduire une érosion sévère affectant un terrain déjà dégradé. Un avantage supplémentaire de l'utilisation de haies est qu'en les taillant régulièrement, elles apportent un paillis *in situ*, ce qui rend ces systèmes particulièrement efficaces contre l'érosion et demande moins de travail que l'apport de paillis à partir de l'extérieur. Les ananas peuvent être récoltés et commercialisés, tandis que le *paspalum* et les autres herbes peuvent être fauchés et donnés au bétail et aux buffles (Anonyme 1, 2013).

Des expérimentations menées au Viet Nam ont produit des rendements en manioc de 19 tonnes en monoculture, mais ont entraîné de graves pertes de sol, dues à l'érosion, de plus de 100 tonnes/ha. En culture mixte avec de l'arachide, les rendements en racines tubéreuses se sont légèrement améliorés et les pertes de sol sont retombées à 65 tonnes, ce qui constitue un mieux sensible, mais non soutenable à long terme. De tous les traitements soumis à expérimentation, les rendements les plus élevés (23,7 tonnes/ha), les pertes de sol les plus limitées (32 tonnes/ha) et le meilleur revenu net ont été atteints par l'association manioc-haies de vétiver.

Gestion des mauvaises herbes

Un des avantages dans la plantation de plusieurs cultures dans le même champ est la meilleure couverture obtenue avec l'association. Cela diminue la pénétration de la lumière au sol, qui, à son tour, réduit la croissance des mauvaises herbes. Cleave (1974) soutient que les systèmes d'association des cultures proviendraient précisément du constat des faibles-désherbage observé dans le cas d'association des cultures.

Réduction de mauvaises herbes en utilisant le potentiel biologique

Dans la monoculture du manioc, le problème de l'espace non couvert au cours des premiers mois de la croissance du manioc est particulièrement important étant donné

que la récolte intervient tardivement. C'est pour ces raisons que l'association des cultures, qui couvre rapidement le sol sans concurrence excessive du manioc, peut apporter une contribution importante dans le contrôle des mauvaises herbes du manioc.

Leihner (1980b) a analysé la croissance des mauvaises herbes dans une culture pure de manioc par rapport à une association manioc/haricot à CIAT-Palmira en Colombie. Sans d'autres mesures de contrôle, la seule pratique des cultures associées de haricot avec le manioc a réduit la matière sèche de la mauvaise herbe à 30, 47 et 33 % de celle observée dans la monoculture de manioc, respectivement à 45, 90 et 135 jours après la plantation. Le poids réduit des mauvaises herbes à 135 jours indique que le haricot associé au manioc a eu un effet de contrôle résiduel, étant donné que cette culture a été récoltée à 105 jours après la plantation. C'est seulement à 180 jours après plantation que les quantités des mauvaises herbes trouvées dans les deux champs, monoculture du manioc et association manioc/haricot étaient égales.

Dans l'association, le rendement de manioc a été le même avec ou sans mesures de contrôle supplémentaires manuelle et chimique contre les mauvaises herbes, toutefois, dans la monoculture, le manioc a subi une réduction de 30 % du rendement lorsque aucun désherbage manuel ou chimique a été pratiqué. Ces résultats soulignent une fois de plus l'avantage dans la stabilité de la production de cultures associées dans des conditions d'utilisation minimale d'achat d'intrants. Dans le même temps, ils suggèrent que l'association des cultures peut être un système de production adéquate pour le petit agriculteur qui normalement n'a pas le capital pour acheter des intrants.

Un désherbage efficace et stable a été obtenu lorsque le manioc a été associé à une légumineuse vivace (*Desmodium heterophyllum*). Après sa phase d'établissement, qui a duré environ 50 jours, la couverture du sol et le contrôle des mauvaises herbes étaient complètes jusqu'à la récolte du manioc. Une diminution du rendement de manioc de 18,9 % a été observée lorsque cette culture a été cultivée en association avec la légumineuse, comparée à la monoculture du manioc dans lequel il y avait désherbage. La réduction de rendement était peut-être causée par la faible mais prolongée concurrence de la couverture verte de la légumineuse. Ceci, cependant, peut être considéré comme un prix bas payé pour maintenir le manioc exempt de mauvaises herbes pendant tout son cycle de croissance (Anonyme 2, 1979 ; Leihner, 1980a).

Désherbage chimique

Un des facteurs limitant l'utilisation des herbicides en association est le manque d'information sur leur sélectivité et leur efficacité lorsqu'ils sont utilisés dans une situation de culture mixte. Ce manque d'information est le résultat du fait que les herbicides sont habituellement développés pour les monocultures commerciales à grande échelle et non pour les cultures vivrières en association souvent chez petits fermiers. Compte tenu de cela, la recherche s'est lancée dans l'identification des herbicides ou mélanges des herbicides, doses et méthodes d'application appropriés pour le désherbage chimique dans les systèmes d'association des cultures avec le manioc. Comme résultat de cette recherche, plusieurs herbicides de pré-émergence ont été identifiés et peuvent être utilisés dans les associations du manioc avec le maïs, les haricots, le niébé et l'arachide (Leihner, 1980). L'un des mélanges définis peut également être utilisé pour la triple association manioc/maïs/ignames (Tableau 6.36).

Tableau 6.36. Herbicides pré-émergent pour les cultures en association avec le manioc (Leihner, 1979).

Produit ou mélange	Dose (kg m.a./ha)	Temps d'application	Sélectivité pour l'association du manioc avec
Linuron + fluorodifen	0,25 – 0,50 1,50 – 2,10	Post- plantation	Haricot commun, niébé et Haricot mungo
Linuron + metolachlor	0,25 – 0,50 1,00 – 1,50	Post-plantation	Haricot commun, niébé, vigna radiata, arachide et maïs
Oxadiazon + alachlor	0,25 – 0,50 0,90 – 1,40	1-2 semaines avant ou après plantation	Maïs
Diuron + Alachlor	0,80 – 1,20 0,90 – 1,40	Post-plantation	Maïs et taro
Oxifluorfen	0,25 – 0,50	1-2 semaines avant ou après plantation	Arachide

A partir des herbicides sélectionnés pour les cultures individuelles, l'agriculteur peut appliquer deux principes pour augmenter cette sélectivité, notamment en utilisant la moitié de la dose recommandée et en appliquant l'herbicide avant la plantation. En utilisant de faibles doses (par exemple, moitié-dose) d'herbicides, on réduit le risque d'un effet phytotoxique. Cependant, dans le même temps, l'efficacité de contrôle des mauvaises herbes et la durée de l'effet sont diminuées.

L'association des cultures offre une couverture du sol plus tôt que la monoculture, réduisant ainsi efficacement le besoin du désherbage pour une période de longue durée. En ce qui concerne le moment d'application, une meilleure sélectivité est obtenue lorsque les herbicides de pré-émergence ne sont pas appliqués immédiatement après plantation (par exemple avant l'émergence de la culture), mais plusieurs jours ou même plusieurs semaines avant la plantation. C'est possible en particulier avec les herbicides de pré émergence ayant un effet résiduel prolongé. Par exemple, une augmentation significative de la sélectivité d'un herbicide de prélevée (oxyfluorène) a été observée à CIAT-Palmira dans une association de manioc/arachide lorsque le produit a été appliqué avant, au lieu de l'être après plantation.

Lutte intégrée

La combinaison de différentes méthodes de lutte contre les mauvaises herbes entraîne un contrôle meilleur et plus économique. A CIAT-Palmira, le désherbage efficace et économique a été réalisé dans l'association manioc/haricot commun, profitant du couvert précoce fourni par la culture de haricot et à l'aide d'un herbicide de prélevée comme mesure de contrôle complémentaire contre les mauvaises herbes. Le même herbicide a également été appliqué dans la culture du manioc en pure, mais ses effets ont déjà disparu 3 mois après la plantation. Pendant ce temps, l'effet intégrée de l'utilisation d'association des cultures et herbicides a maintenu un désherbage excellent pendant plus de 6 mois après la plantation (Anonyme 2, 1978 ; Leihner, 1980a).

Le contrôle intégré contre les mauvaises herbes a également été testé à Caribia sur la côte Nord Colombienne où le *Cyperus rotundus* L., une mauvaise herbe difficile à contrôler, prédomine. Des parcelles fortement infestées (2300 tubercules de *Cyperus rotundus* L./m²

jusqu'à une profondeur de 25 cm) ont été traités avec des contrôles mécaniques, chimiques et pratiques culturales contre les mauvaises herbes. La lutte mécanique était constituée d'hersage pendant la saison sèche pour exposer les tubercules de *Cyperus rotundus* L. à la dessiccation avant la plantation. La lutte chimique a été faite en appliquant un herbicide de prélevée ou un mélange d'herbicide de pré- et de post-levée. La lutte culturale fut réalisée par ombrage sur *Cyperus rotundus* L. à des degrés différents en quatre systèmes de culture : la monoculture de manioc, l'association manioc/ haricot, la monoculture de haricot et aucune culture.

Dans la monoculture de manioc, la couverture de 80 % du sol ou plus a été atteint entre 60 à 90 jours après la plantation et une couverture de 80 à 100 % a été ensuite maintenue jusqu'à la récolte. La formation de la canopée a été plus rapide avec l'application du glyphosate par rapport à sa non-application ; et le traitement avec sarclage plus application du glyphosate a fourni une couverture précoce. Dans cette expérience, l'association manioc/haricot visait à obtenir une couverture précoce du sol plus tôt qu'avec la monoculture de manioc, afin d'obtenir l'ombrage avant la perte d'efficacité des traitements de pré-plantation. Cet objectif a été atteint dans la culture associée : une couverture du sol de 80 à 90 % a été obtenue 30 jours après la plantation, indépendamment du traitement avec sarclage ou avec herbicides. La culture à croissance rapide de haricot a rapidement couvert le sol, mais cette couverture n'a pas été maintenue très longtemps en raison de son cycle de croissance court. Un contrôle bon et stable en monoculture de manioc avait été obtenu avec le traitement combiné « sarclage et glyphosate », traitement ayant contrôlé les mauvaises herbes par l'ombrage produit par la canopée du manioc et qui était devenu effectif avant que les traitements de pré-plantation aient perdu leur influence. Toutefois, une comparaison entre les systèmes de plantation a révélé que l'association manioc/haricot a fourni le contrôle le plus précoce et efficace de tous les systèmes (Anonyme 2, 1980 ; Leihner, 1980b).

Evaluation des systèmes des cultures en association

Introduction

L'association des cultures comme système de production est adoptée pour des raisons biologiques et économiques. Il est bien connu qu'une superficie donnée, composée de deux ou plusieurs cultures en association peut donner une production totale plus grande que ne le font ces mêmes cultures lorsque cultivées séparément sur la même superficie. Toutefois, la productivité d'un système agricole biologique n'est pas la seule importante ; le résultat économique obtenu avec la culture associée par rapport à la monoculture est un autre aspect décisif dans l'évaluation d'un système de production.

Dans l'agriculture de subsistance, la grande partie de la production agricole est utilisée directement sur la ferme et, par conséquent, la productivité biologique est d'une importance primordiale. De l'autre côté, un accroissement de la production doit être affecté au résultat économique dans des conditions de transition de l'agriculture de subsistance à l'agriculture commerciale, où des quantités croissantes de produits agricoles sont vendues à l'extérieur de la ferme.

Efficacité biologique

IRRI (Anonyme5, 1974) et Mead et Willey (1980) ont proposé un concept pour l'évaluation de l'efficacité biologique des systèmes des cultures associées qui, dans le même temps,

est l'efficacité d'utilisation des terres. Ils ont nommé ce concept en anglais « Land Equivalent Ratio » en sigle « LER ». Ce qui peut être traduit en français par « ratio de la terre équivalente ». Le LER est très pratique, il s'évalue et s'exprime facilement. Il permet d'évaluer :

- L'avantage ou le désavantage, en termes de production biologique, des cultures associées par rapport à la monoculture (critère de production maximale),
- L'efficacité ou l'inefficacité d'un système par rapport à un autre en ce qui concerne l'utilisation de la terre (critère de la moindre superficie),
- L'avantage ou le désavantage d'une combinaison de cultures sur une autre (comparaison de la combinaison des cultures),
- L'avantage ou le désavantage d'une pratique agronomique par rapport à une autre au sein du système d'association des cultures (comparaison de pratiques agronomiques).

En outre, le concept LER est également utile en évaluation de la concurrence des cultures (Mazaheri *et al.*, 2006). Mathématiquement, le LER est la somme de deux ou plusieurs quotients (selon le nombre de cultures dans l'association) et est calculée comme suit :

$LER = L_x + L_y = A_x/P_x + A_y/P_y$ Où L_x et L_y sont des LER individuels de deux cultures, X et Y, L_x est obtenu en divisant le rendement de la culture X en association (A_x) par le rendement de la même espèce cultivée en culture pure (P_x), L_y est le résultat de la division du rendement de la culture Y en association (A_y) par le rendement de la même espèce en culture pure (P_y).

En conséquence, lorsque trois cultures sont impliquées dans le système d'association de cultures, le LER est la somme de la LER individuel de chacune des trois cultures :

$$LER = L_x + L_y + L_z = A_x/P_x + A_y/P_y + A_z/P_z$$

Il est clair que le LER, rigoureusement définie par son calcul, représente la superficie relative cultivée en culture pure nécessaire pour obtenir la même production en culture associée (Sylvia, 1999). Normalement, en raison de la concurrence entre les cultures en association, le rendement de chaque composant est supérieur en culture pure qu'en association. Un espace moindre est donc nécessaire pour qu'une culture atteigne la même production en monoculture qu'en association. Cela se traduit par les valeurs « A/P » normalement inférieur à l'unité. Néanmoins, une plus grande superficie totale est nécessaire pour les plantes cultivées en monoculture pour atteindre la même production totale obtenue en culture associée. C'est parce que les monocultures sont cultivées séparément, et les superficies individuelles qu'elles occupent doivent être suppléées pour arriver à la superficie totale des terres nécessaire à une production égale à celle obtenue en culture associée.

Avec l'aide du LER, il est donc possible de mesurer et d'évaluer certaines pratiques agronomiques améliorées pour le manioc en culture associée.

Moment relatif de plantation

A CIAT-Palmira, les valeurs du LER ont été calculées pour les associations manioc/haricot, le haricot était planté avant, au même moment ou après le manioc. Généralement, un LER plus élevé a été obtenu lorsque le haricot a été planté avant le manioc. C'était probablement dû au fait que le rendement de manioc a été moins affecté par la plantation

précoce de haricot (lorsque le rendement du haricot était plus élevé). La plus grande valeur du LER a été obtenue en plantant les deux cultures au même moment, ce qui montre l'avantage comparatif de cette pratique et confirme que les plus grands rendements biologiques totaux sont ainsi obtenus. Le calcul du LER est fondé sur les rendements des monocultures correspondantes de chaque date de plantation pour corriger l'effet date plantation sur le rendement de haricot. De cette façon, aucune comparaison n'est faite entre les différentes pratiques des cultures associées.

Dans une série d'essais conduite par l'IITA en RDC, sur le moment relatif de plantation des cultures dans les associations avec le manioc, les résultats ont montré que dans la quasi-totalité des cas (mis à part l'association manioc/arachide lorsque cette deuxième culture a été semée 2 semaines avant le manioc), le LER avait été supérieur à 1 (un) indiquant l'avantage de l'association sur la monoculture.

L'association du manioc avec le maïs a enregistré le LER le plus élevé à Ngandajika (site savanicole) avec un LER variant entre 1,22 et 1,96 suivi de la même association à Boketa (site forestier) avec un LER variant entre 1,47 et 1,76. Cette association a été suivie par l'association manioc/riz dans le site forestier de Yangambi où le LER a varié entre 1,07 et 1,76. Pour l'association manioc/arachide de Ngandajika, le LER a varié entre 0,84 et 1,55.

Dans chaque association, le LER le plus élevé a été enregistré pratiquement selon le cas à des dates de plantation différentes, soit au « même moment de plantation des cultures en association » dans l'association manioc/arachide (1,55), à « 2 semaines avant manioc » dans l'association manioc/maïs » (1,96), les deux dans le site savanicole de Ngandajika ; à « 2 semaines après manioc » dans les associations manioc/maïs et manioc/riz respectivement dans les deux sites forestières à Boketa et à Yangambi avec 1,76.

La valeur la plus faible du LER a été obtenue dans l'association manioc/arachide à Ngandajika avec 0,84 indiquant que l'association avait donné seulement 84% de la production obtenue en monoculture lorsque l'arachide a été semée « 2 semaines avant manioc », ceci est un désavantage de l'association par rapport à la monoculture.

Tableau 6.37. Comparaison des rendements association et monoculture avec le LER dans 3 sites d'expérimentation en RDC (IITA, 2013).

Land Equivalent Ratio (LER) du rendement association légumineuse/céréale avec le manioc et monoculture				
Moment de plantation	Savane		Forêt	
	Ngandajika		Boketa	Yangambi
	Arachide	Maïs	Maïs	Riz
2 semaines avant manioc	0,84	1,96	1,75	1,07
1 semaine avant manioc	1,33	1,62		1,27
Même moment que manioc	1,55	1,93	1,47	1,71
1 semaine après manioc	1,20	1,22		1,49
2 semaines après manioc	1,48	1,66	1,76	1,76

Densité de plantation

Les combinaisons de deux variétés dont une de manioc et une de haricot ont été plantées à CIAT-Palmira pour déterminer l'effet de la densité de plantation du manioc sur la productivité totale et l'efficacité du système de cultures associées. Un LER plus ou moins constant a été trouvé dans trois des quatre combinaisons dans une large gamme de densités de plantation de manioc. Cela indique que les densités de plantation normales en monoculture peuvent être utilisées en culture associée sans sacrifier la productivité biologique totale et l'efficacité de l'association dans l'utilisation de la terre (Anonyme 2, 1978 ; Thung, 1978).

Le même comportement a été observé dans un essai à CIAT-Quilichao en utilisant une gamme de densités de plantation de niébé dans l'association avec le manioc. Les valeurs du LER ont été calculées sur base de la production moyenne de manioc étant donné que les parcelles de culture de manioc étaient standards tout au long de l'expérimentation et à l'aide du meilleur rendement du niébé. De cette façon, une véritable comparaison entre la monoculture et l'association a été créée. Le LER était presque stable tout au long des densités de niébé entre 7 et 15 plantes/m². Cela confirme que, tout comme le manioc, les densités (8-11 plantes/m²) couramment utilisées pour le niébé en association ne réduisent pas l'efficacité du système de la culture associée, mais assurent une productivité élevée.

Réponse à la fertilisation

Lorsqu'une culture répond positivement à la fertilisation, cette réponse peut être du même degré en association ou en monoculture ; mais elle peut aussi être plus prononcée dans la monoculture où aucune concurrence en nutriments d'une seconde culture n'est présente. Dans le premier cas, une différence constante de rendement est maintenue entre la monoculture et l'association des cultures ; dans le second, un rendement de plus en plus élevé est observé en monoculture tant que le niveau d'engrais augmente. En conséquence, le LER individuel d'une culture reste constant ou diminue avec l'augmentation des niveaux de fertilisation.

Une troisième situation apparaît lorsqu'il y a forte compétition nutritive entre les cultures dans des conditions de basses fertilités, et des grandes quantités d'engrais sont appliquées afin de compenser cette compétition. Dans ce cas, le degré de la réponse est supérieur en association qu'en monoculture, conduisant à l'accroissement du LER avec l'augmentation des niveaux de fertilisation. En outre, lorsque la fertilité du sol augmente, le LER est affecté en changeant le degré de concurrence entre les cultures en association. Dans l'association maïs/soja, les niveaux élevés d'azote augmentent considérablement la compétitivité du maïs, conduisant à une réduction significative de rendement du soya en association. En conséquence, le LER diminue avec chaque gamme d'augmentation de l'azote (Cordero et McCollum, 1979).

Une situation similaire a été observée avec des augmentations de phosphore dans une association manioc/niébé à CIAT-Quilichao. En commençant à partir de la deuxième gamme d'augmentation de phosphore, le niébé s'est illustré par une compétitivité démesurée par rapport au manioc, montrant la même réponse en rendement aussi bien dans l'association que dans la monoculture et en même temps provoquant une diminution de rendement de manioc. Il en est résulté une légère réduction de LER après une augmentation initiale. Avec des augmentations continues de phosphore, le LER a

été stabilisé, ce qui suggère que le niveau de phosphore, qui entraîne la plus grande efficacité, était de 22 kg de P/ha.

Un autre type de réponse du LER a été trouvé quand une association manioc/niébé a été fertilisée avec l'augmentation des niveaux d'azote à Caribia. Le manioc, répondant avec une réduction du rendement à des augmentations de l'azote dans la monoculture, a montré une réaction fortement positive d'augmentation de rendement en association, qui a abouti à des valeurs individuelles de LER pour le manioc plus grand que l'unité. Cette circonstance, ainsi que l'absence d'une variation dans la réponse du niébé par rapport à l'azote (une relation constante entre la monoculture et l'association de culture a été maintenue sur tous les niveaux d'azote), conduit à une augmentation du LER total (du système entier), commençant par la première série d'augmentation des niveaux d'azote, atteignant des valeurs de LER de près de 2 dans les niveaux plus élevés d'azote. Cette grande efficacité dans l'utilisation des engrais azotés a été atteinte en raison du fait que le manioc en association a montré une réponse de rendement positif d'azote sans modifier la situation de concurrence entre le manioc et le niébé. Cela était vrai, parce que l'effet de l'azote sur la croissance du manioc a été généralement efficace après la récolte du niébé.

Les effets positifs de la fertilisation azotée sur le LER de différents systèmes d'association des cultures ont également été signalés par Oelsligle *et al*, (1976) et Cordero et Mc Colum (1979).

Le facteur temps

La comparaison directe des besoins du sol pour une certaine production biologique totale dans la monoculture par opposition aux cultures associées par le LER est indubitablement valide et utile. Cependant, la production agricole n'est pas uniquement fonction de la superficie, de la culture, de la gestion et de l'environnement qui sont pris en compte dans le LER, mais elle est aussi liée à la durée de croissance des cultures, ou le temps durant lequel la terre est occupée par une combinaison de cultures. Particulièrement dans des dispositifs plus complexes, incluant les cultures de relais comme pratique culturale, où le laps de temps pendant lequel la séquence entière occupe la terre sera différent de la durée de toute culture individuelle en monoculture. Il est donc important de tenir compte de cet effet du temps sur la productivité ou sur l'autre système. Un concept appelé "Area Time Equivalency" (équivalence de superficie en temps), en sigle ATER a été développé par Hiebsch (1978), L'ATER est calculée comme suit :

$$ATER = \sum_{i=1}^n \frac{t_i^M}{t^I} \cdot \frac{Y_i^I}{Y_i^M} = \frac{I}{t^I} \sum_{i=1}^n t_i^M \frac{Y_i^I}{Y_i^M}$$

Où

t_i^M = période de croissance de la culture i en monoculture

t^I = temps total du système d'association

Y_i^I = Rendement (t.ha – 1) de la culture i en association

Y_i^M = Rendement (t.ha – 1) de la culture i en monoculture et

n = nombre total des cultures dans le système

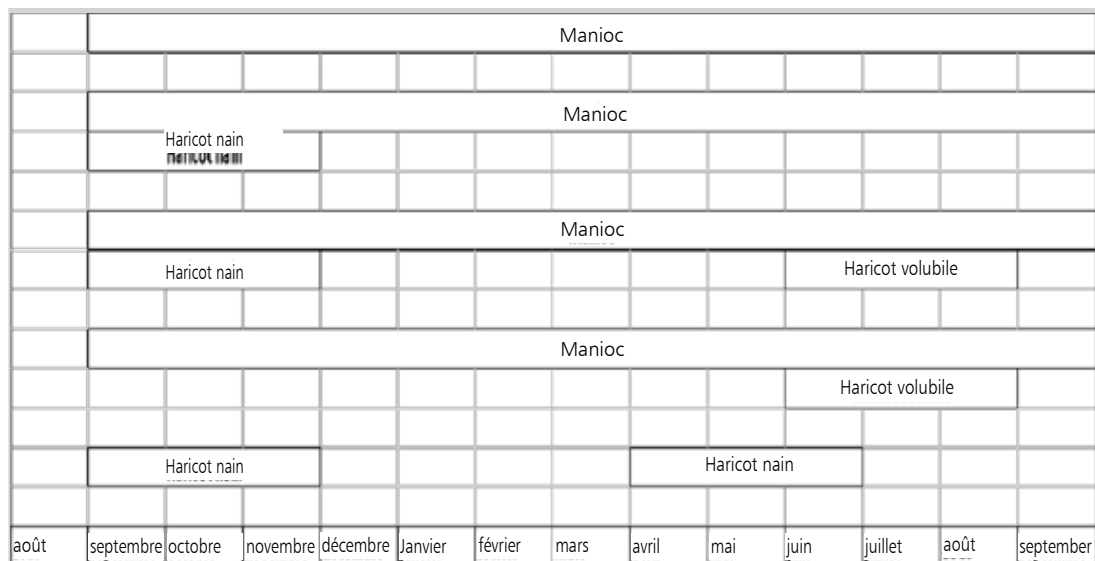


Figure 6.43. Chronographe des systèmes des essais des cultures manioc/haricot.

Lorsque les cultures pures reçoivent la meilleure gestion agronomique possible, et il n'y a aucune différence au niveau de la gestion entre cultures pures et cultures associées, l'ATER compare les capacités productives relatives de la culture dans les deux systèmes, indiquant quel système est plus efficace dans l'utilisation de l'espace et le temps pour produire une quantité donnée de rendement.

Exemple : cinq différents systèmes de culture – culture pure de manioc ; association manioc/haricot nain et manioc/haricot nain/haricot volubile ; association de manioc/haricot volubile ; et deux cultures pures de haricot nain – ont été cultivées à CIAT, selon les chronographes illustrés à la Figure 6.43.

Dans tous les systèmes avec manioc, deux pratiques de gestion de base ont été testées : la défoliation et la non-défoliation du manioc avant la plantation de haricot volubile. Le tableau 16 fournit les chiffres de rendement pour les trois cultures dans chacun des cinq systèmes ; selon ces chiffres, les valeurs du LER et de l'ATER ont été calculées pour les associations doubles et triples. Le LER était élevé, particulièrement dans la triple association et à l'association manioc/haricot volubile, lorsque la défoliation a été pratiquée, suggérant que deux à trois fois plus de superficie aurait été nécessaire pour produire la même quantité de manioc et des haricots en culture pure que la superficie utilisée en association. Cependant, lorsque le facteur temps a été pris en compte, un avantage en général plus faible des cultures associées était évident. Par exemple, l'association manioc/haricot nain/haricot volubile (avec la défoliation de manioc), qui était de 204 % plus efficace dans l'utilisation des terres par rapport respectivement à ces cultures en pure, telle que calculée par le LER, s'est avéré être seulement 50 % plus efficace lorsque le facteur temps a été pris en compte (notion d'ATER).

Cela paraît logique, quand on fait une comparaison des exigences de l'espace-temps pour les différents systèmes au lieu d'une simple comparaison des exigences de l'espace. L'efficacité « espace-temps » est réduite dans n'importe quel système dominé par une longue occupation du manioc.

Tableau 6.38. Rendement du manioc et de haricot, Land Equivalent Ratio » (LER), « Area-Time Equivalency Ratio » (ATER) dans divers systèmes culturels à CIAT-Palmira.

Système de culture	Rendement (t/ha)			LER	ATER
	Racine fraîche de manioc	Haricot nain	Haricot volubile		
Manioc défolié					
Monoculture manioc	18,9	-	-	-	-
Manioc/haricot nain	17,9	2,0	-	1,86	1,19
Manioc/haricot nain/haricot volubile	19,0	2,0	1,7	3,04	1,56
Manioc/haricot volubile	20,9	-	1,4	2,05	1,36
Monoculture haricot nain	-	2,2	1,5	-	-
C.V. (%)	29,8	6,2	12,7		
SD	5,7	0,3	0,2		
Manioc non défolié					
Monoculture manioc	28,2	-	-	-	-
Manioc/haricot nain	23,0	2,0	-	1,73	1,07
Manioc/haricot nain/haricot volubile	24,8	2,0	0,6	2,19	1,24
Manioc/haricot volubile	31,4	-	0,5	1,45	1,20
Monoculture haricot nain	-	2,2	1,5	-	-
C.V. (%)	23,7	6,2	30,3		
SD	6,3	0,2	0,2		

Il est évident d'après ces résultats que, bien que le LER soit un concept utile, elle peut conduire à une surestimation de l'efficacité du système, en particulier lorsqu'un plus grand nombre de cultures participent dans l'association. Le concept ATER est un critère bien plus strict, permettant à la fois l'évaluation de l'espace et du temps comme déterminants de la productivité du système.

Compétition des cultures

Selon Willey et Rao (1980), le concept LER est également utile dans l'évaluation du degré de concurrence entre les cultures en association : autrement dit, dans une association, la compétitivité d'une culture individuelle peut être établie en comparaison avec les autres cultures (Vandermeer, 1989). Dans une association de deux cultures, le « competitive ratio » (ratio compétitif), en sigle « CR » est calculé simplement en divisant le LER individuel d'une culture par celle de l'autre culture, et le résultat est corrigé selon l'espace assigné à chaque culture. Le CR de la culture X en association avec la culture Y est alors :

$$CR_x = (A_x/P_x : A_y/P_y) S_y/S_x$$

Où A_x et A_y sont les rendements des cultures X et Y, en association, et P_x et P_y représentent respectivement les rendements en monoculture, S_y est l'espace relative occupée par la culture Y et S_x est l'espace relative occupée par la culture X, le CR de la culture Y est, par définition, la valeur réciproque de CR_x .

Un exemple déjà évoqué sur l'effet des densités de plantation et des arrangements spatiaux dans l'association manioc/niébé démontre l'utilité de ce concept pour l'interprétation des résultats et pour la détermination des avantages ou des inconvénients des différentes pratiques agronomiques dans les associations de cultures.

Le manioc planté à un écartement constant de 1,80 x 0,60 m a été associé avec le niébé à 80000 pieds/ha, répartis en deux rangées à 0,45 m de distance de chaque côté du manioc (voir arrangement 45/2). Dans l'ensemble de lignes, le système entier occupe 1,80 m – dont 0,45 m occupée par le manioc et 1,35 m par le niébé – aboutissant à un rapport de 1 :3 entre le manioc et le niébé. Le rendement du manioc en association était 20,9 et en monoculture 22,9 t/ha de racines fraîches. Le rendement grain de niébé était respectivement 1165 et 1653 kg/ha en association et en culture pure. Le CR du manioc, issu de ces rendements, était :

$$CR_{\text{manioc}} = (20,9/22,9 : 1165/1653) 3/1 = 3,89$$

Tandis que celui du niébé était :

$$CR_{\text{niébé}} = (1165/1653 : 20,9/22,9) 3/1 = 0,26$$

L'exemple montre qu'avec la gestion agronomique décrit ci-dessus (arrangement de niébé en deux lignes éloignées l'une de l'autre mais relativement proche de manioc, combinée à une faible densité de plantation du niébé), le manioc était la culture dominante dans l'association, soit presque quatre fois plus compétitif que le niébé. Malgré les conditions unilatéralement favorables pour le manioc, un LER total de 1,63 a été atteint. Ceci exprime une grande efficacité du système.

En conservant la densité de plantation et la disposition spatiale du manioc, mais plantant le niébé dans une distribution plus uniforme et, en augmentant en même temps sa densité de plantation (arrangement 60/3, 140 000 plantes/ha), les rapports concurrentiels étaient :

$$CR_{\text{manioc}} = (17,7/22,9 : 1357/1623) 1/1 = 0,93$$

$$CR_{\text{niébé}} = (1357/1623 : 17,7/22,9) 1/1 = 1,08$$

Les valeurs de CR montrent qu'avec cette gestion agronomique, un équilibre presque complet a été obtenu entre les deux espèces. Dans ce cas, le niébé a été légèrement plus compétitif que le manioc, Le LER total du système était de 1,61.

Un des problèmes en utilisant l'indice CR est la contribution du facteur de distribution de la superficie (S_y/S_x), qui est particulièrement important dans le premier exemple et représente des différences considérables entre les CR de manioc et de niébé, tandis que les rendements eux-mêmes contribuent peu à cette différence. Toutefois, même lorsqu'on considère le LER seul, les CR de 1,30 et 0,77 ont été obtenus respectivement pour le manioc et le niébé. Cela montre que, dans tous les cas, le manioc était plus compétitif que le niébé sous le facteur de distribution de la surface n'affectant pas les CR tant que la valeur de S_y/S_x est l'unité. En analysant la concurrence entre le manioc et le niébé dans l'exemple présent par le biais de la notion de CR, il est évident que la gestion agronomique d'un système d'association de cultures permet un changement radical dans la compétitivité de ses composants afin de donner la préférence à l'une ou l'autre, ou de maintenir un équilibre entre eux, selon les productions qu'on souhaite. Cela n'affecte pas nécessairement l'efficacité du système dans son ensemble, telle que mesurée par le LER.

Le concept de CR est alors un instrument utile pour quantifier la compétitivité des cultures dans une association. Il est ainsi possible de vérifier l'effet des différentes pratiques de gestion sur ce paramètre.

Evaluation économique

L'évaluation économique n'est qu'une évaluation de la productivité des différentes alternatives de culture associées en utilisant les critères de l'agriculteur. Ces critères dépendent évidemment des objectifs de l'agriculteur, qui, à leur tour, sont fonction de la finalité donnée à la récolte (pour la subsistance ou pour le marché). En Amérique latine, au moins, la plupart de manioc est produite pour le marché, ce qui permet d'évaluer les différents systèmes de culture associées en termes de valeur commerciale.

Comparaison entre systèmes

En comparant des systèmes alternatifs de cultures associées, il y a plusieurs avantages dans l'évaluation des différences de productivité en termes de valeur telle que donnée par le prix du marché, à savoir : (i) il est possible de comparer les différentes cultures agricoles et les différents intrants en utilisant une unité commune de mesure ; (ii) des différences de qualité peuvent être pris en compte ; (iii) les chercheurs peuvent évaluer différentes solutions de rechange sur les mêmes bases que l'agriculteur.

L'évaluation économique suppose donc que l'agriculteur choisit entre les alternatives du système de cultures en fonction du plus grand revenu net : autrement dit, la valeur de la production relevant de cultures moins les coûts de production. La mesure du revenu net est efficace dans le choix entre différents systèmes de culture, en particulier lorsque : (i) il y a concurrence entre les cultures associées et la question se pose de savoir s'il faut augmenter le rendement relatif du manioc sur les autres cultures (voir compétition des cultures) ou vice versa ; (ii) il existe de grandes différences dans les niveaux des intrants et, par conséquent, les coûts de production ; (iii) il y a des différences dans la valeur relative des cultures entre les régions, ce qui permet de choisir lequel des systèmes est plus rentable.

En outre, le système avec le plus grand revenu net peut être différent du système avec le LER le plus élevé. Le LER diffère principalement de la mesure du revenu net car dans le calcul du LER chaque culture a une valeur égale, et les différences des coûts de production ne sont pas prises en compte. Ainsi, évaluer la productivité biologique doit être logiquement séparé d'une évaluation sur la base de la rentabilité.

Evaluation de la rentabilité des systèmes de cultures associées

L'analyse économique, dans sa forme la plus simple, cherche à déterminer quelle est l'alternative la plus rentable. Compte tenu de la nature des données expérimentales, cette analyse est presque toujours effectuée sur la base d'un hectare. La première opération est donc de préciser les différentes alternatives. Ces dernières comprennent toutes celles qui sont potentiellement utilisables par l'agriculteur et comprennent les systèmes de cultures différents et, dans tel ou tel système, les pratiques culturales qui aboutissent à des changements dans les coûts de production ou le rendement éventuel. Un exemple pour les systèmes d'association manioc/haricot est présenté dans le tableau 6.39.

Ensuite, les avantages bruts ou les revenus pour chaque variante sont calculés. Pour chaque variante de traitement, la production brute et commerciale est spécifiée pour

chacune des cultures dans le traitement, Chaque production est ensuite multipliée par son prix respectif pour obtenir la valeur de la récolte/culture (Anonyme 4, 1989). Les valeurs de différentes cultures sont ensuite additionnées pour calculer le revenu brut total pour chaque variante du système.

Le prix est un paramètre essentiel dans ces calculs et le prix utilisé dans l'analyse devrait être le prix à la sortie de la ferme – c'est-à-dire, le prix représentant les revenus que les agriculteurs reçoivent pour la vente de leurs récoltes.

Les coûts les plus susceptibles de varier entre les différents systèmes de culture de manioc sont : les coûts d'établissement du système ; les coûts de la main d'œuvre, surtout pour le désherbage ; les coûts des intrants requis comme fongicide pour la culture de haricot ou l'azote pour la culture de maïs ; les coûts de récolte.

Le Tableau 21 fournit un exemple d'une ventilation des coûts pour différents systèmes manioc/haricot. Les différences des coûts de production entre systèmes sont marquées et s'expliquent par l'apport accru dû à l'introduction de la culture de haricot et des différences substantielles dans les frais de main-d'œuvre pour désherbage. Les avantages nets sont ensuite calculés en soustrayant les coûts variables du bénéfice brut.

L'exemple montre que les systèmes d'association des cultures donnent des revenus nets plus élevés par hectare que les systèmes de monoculture, Hart (1975) et le CIAT (Anonyme 2 1978, 1981) ont également montré, dans un éventail de circonstances, que les systèmes d'association de cultures avec manioc donnent un rendement économique plus élevé que le manioc en monoculture.

Des expérimentations menées au Viet Nam ont montré que la culture mixte manioc-arachide non seulement donne des rendements en racines tubéreuses élevés (30,7 tonnes/ha) mais fournit un revenu net bien supérieur à la monoculture. Les rendements en monoculture sont légèrement meilleurs que dans le système manioc-arachide, à 32 tonnes/hectare, et avec des coûts de production inférieurs de 30%. Cependant, la valeur commerciale élevée de l'arachide, et son rendement de 1,5 tonne/ha, résultent en un revenu net total de 50% supérieur à celui de la monoculture (Anonyme 1, 2013).

En RD Congo, dans 4 cas étudiés à l'IITA, pour lesquels le revenu marginal comparant la rentabilité de la culture associée à la monoculture, avait été calculé, il s'est avéré qu'à chaque fois, le revenu marginal le plus élevé correspondait au rendement le plus élevé de la culture associée au manioc. Cette situation peut s'expliquer par le fait que parmi les éléments du calcul du revenu marginal, il y a le prix de vente de deux cultures associées. Il a été observé que le prix de vente d'une tonne de la culture associée (riz, maïs ou arachide) au manioc était chaque fois au moins 3 fois plus élevé que le prix de vente du manioc. Ainsi, plus la production de la culture associée est élevée, plus le revenu marginal s'améliore.

Conclusion

La productivité des cultures associées sous manioc est faible dans la plupart des systèmes de culture traditionnels. Grâce à la recherche, les principales raisons de cette faible productivité peuvent être levées en utilisant les technologies sur l'association d'espèces adaptées, à cycle de végétation ou type de croissance compatible, en tenant compte

Tableau 6.39. Analyse économique des divers systèmes de plantation de l'association manioc/haricot.

Concept	Monoculture de manioc			Manioc/Haricot nain			Manioc/Haricot volubile			Manioc/Haricot nain / Haricot volubile		
	Quantité	Prix Unitaire (\$Col.)	Valeur (\$Col.)	Quantité	Prix Unitaire (\$Col.)	Valeur (\$Col.)	Quantité	Prix Unitaire (\$Col.)	Valeur (\$Col.)	Quantité	Prix Unitaire (\$Col.)	Valeur (\$Col.)
Revenu brut												
Valeur de la Production (ton)												
Manioc	28,2	3,500	98,700	23,0	3,500	80,500	31,4	3,500	109,900	24,9	3,500	86,800
Haricot nain	-	-	-	2,0	12,000	24,000	-	-	-	2,0	12,000	24,000
Haricot volubile	-	-	-	-	-	-	0,5	24,000	12,000	0,6	24,000	14,400
Total système	-	-	98,700	-	-	104,500	-	-	121,900	-	-	125,200
Coût de production												
Préparation terrain (ha)	1	2,000	2,000	1	2,000	2,000	1	2,000	2,000	1	2,000	2,000
<i>Coût main d'œuvre</i>												
Plantation	7	150	1,050	12	150	1,950	7	150	1,050	12	150	1,950
Application engrais	5	150	750	5	150	750	5	150	750	5	150	750
Application herbicide	2	150	300	2	150	300	5	150	750	5	150	750
Application fongicide	-	-	-	12	150	18,000	11	150	1,650	23	150	2,450
Sarclage	44,5	150	6,675	0	-	-	69,5	150	10,425	25	150	3,750
Deuxième plantation	-	-	-	-	-	-	5	150	750	5	150	750
Récolte	19	150	2,890	39	150	5,890	40	150	6,000	60	150	9,000
Coût des intrants												
Semences (kg)	-	-	-	33	16	528	60	40	2,400	93	31,5	2,928
Engrais (kg)	300	12,6	3,800	300	12,6	3,800	600	12,6	7,560	600	12,6	7,560
Herbicide (litres)	7	145	1,015	7	145	1,015	7	145	1,015	7	145	1,015
Fongicide (kg)	-	-	-	6,4	364	2,365	10,3	223	2,240	16,7	275	4,605
Total coûts			18,440			20,358			36,615			38,508
Revenu net:												
Marge à partir de revenu bruts			80,260			84,142			85,285			86,692

des dates de plantation relative, des densités et des arrangements spatiaux adéquates afin d'éviter la coïncidence des phases de croissance maximale empêchant ainsi une concurrence interspécifique excessive. En outre le choix judicieux de ces technologies peut également favoriser l'accroissement de la fertilité des sols et réduire le déficit phytosanitaire. L'évaluation de ces différentes technologies peut aider l'agriculteur à choisir entre les alternatives du système de cultures en fonction du plus grand revenu net.

La recherche a donc montré que le manioc est compétitif en association car les productions obtenues de façon traditionnelle avec les cultures associées courantes peuvent être doublées avec une technologie améliorée et un minimum d'inputs.

Références

- Altieri, M. A.; Francis, C. A.; Schoonhoven, A. van; and Doll, J. D. 1978. A review of insect prevalence in maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) polycultural systems. *Field Crops Research* 1: 33-49. *et al*, 1978
- Andrade, D.S., Colozzi-Filho, A. et Giller, K.E. 2003. The Soil Microbial Community and Soil Tillage, p. 51-81, *In* A. El Titi, ed. *Soil Tillage in Agroecosystems*. CRC Press LLC, Boca Raton.
- Andrews, C. S. and Kamprath, E. J. (eds.), 1978. Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils. Proceedings of a workshop held at Cunningham Laboratory, Brisbane, Australia, January 16-21, 1978. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Melbourne, Australia. 415p.
- Andrews, D. J. et Kassam, A. H. 1976. « The importance of multiple cropping in increasing world food supplies ». Dans: *Multiple cropping*, ASA special publication no. 27. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. p. 1-10.
- Angers, D.A. et M. Giroux, 1996. Recently deposited organic matter in soil aggregates. *Soil Sci. Am. J.* 60: 1547-1551.
- Anonyme 1, 1974. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1974. Annual report for 1973. Cali, Colombia. p. 185-204. 1978. Annual report for 1977. Cali, Colombia. p. A64-A68; C1-C68. 1979. Annual report for 1978. Cali, Colombia. p. A1-A10; p. 54-57; 60-64. 1980. Cassava program annual report for 1979. Cali, Colombia. p. 52-55; 74-76. 1981. Cassava program annual report for 1980. Cali, Colombia.
- Anonyme 2, 1989. CIMMYT, 1989. Formulation de recommandations à partir de données agronomiques Programme d'économie : *Manuel méthodologique d'évaluation économique*. Edition totalement révisée. Mexico, D.F., Mexique : CIMMYT p.12, 34-35 et 52
- Anonyme 3, 2013. FAO, 2013, « Produire plus avec moins : le manioc, Guide pour une intensification durable de la production », E-ISBN 978-92-5-207642-1 (PDF). p. 19-34 ; 59-86.
- Anonyme 4, 2010. IITA (International Institute of Tropical Agriculture). 2011. Annual report 2009-2010. Kinshasa, RDC. p. 64. 2013. Annual report 2011-2012. Kinshasa, RDC. p. 26-28.

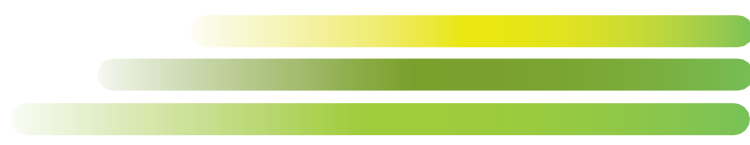
- Anonyme 5, 1974. IRRI (international Rice Research Institute), 1974. Annual report for 1973. Los Banos, Philippines, p. 15-34.
- Arene, O. B. 1976. Influence of shade and intercropping on the incidence of cassava bacterial blight. In: Persley, G.; Terry, E. R.; and McIntyre, R. (eds.), Proceedings of an international workshop on cassava bacterial blight International Development Research Centre, Ottawa, Canada. Series IDRC-09e.
- Balesdent, J., Chenu, C. et Balabane, M. 2000. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil and Tillage Research* 53:215-230.
- Bodkin, G. E. 1912. The cassava hawk moth (*Diplodia phonota* Ello). *Journal of the Board of Agriculture (British Guyana)* 6: 17-27.
- Braima J., Yaninek J., Tumenteh A., M Aroya N, A.G.O Dixon., Salawu R., Kwarteng J., 2000. Comment démarrer un champ de manioc. IITA 2000, ISBN – 131 – 181 – 9
- Bullock, D.G. 1992. Crop rotation. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 11(4): 309-326.
- Burgos, C. F. 1980. Soil-related intercropping practices in cassava production. In Weber, E. J.: Toro M., J. C.: and Graham, M. (eds.), Proceedings of an international workshop on cassava cultural practices. International Development Research Centre, Ottawa, Canada. Series IDRC-151e.p. 75-81.
- Cardona, C. and Walker, J. C. 1956. Angular leaf spot of bean. *Phytopatology* 46: 610-615.
- Castro, M. A. 1980. Effect of spatial planting arrangement on cassava (*Manihot esculanta* Grantz) root yield.
- Chaussod, R., Houot, S., Guiraud, G., et J.M. Hetier. 1988. Size and turn-over of the microbial biomass in agricultural soils: laboratory and field experiments. p. 312-326, In J. Smith, ed. *Nitrogen Efficiency in Agricultural Soils*. Elsevier Appl. Sci. Conant, R.T., Easter, M., Paustian, K., Swan, A., et S. Williams. 2007. Impacts of periodic tillage on soil C stocks: A synthesis. *Soil and Tillage Research* 95:1-10.
- Chew W.Y., 1979. Cassava intercropping patterns and practices in Malaysia. *Proceedings of an international workshop held at Trivandrum, India, 27 Nov-1 Dec 1978*. Ottawa, Ont. 42-48 p.: ill. ISBN: 0-88936-231-9. Editors: Edward Weber, Barry Nestel, and Marilyn Campbell
- Cleave, J. H. 1974. African farmers: labor use in the development of small-holder agriculture. Prager, Boulderr, Colorado.
- CIMMYT, 1989. Formulation de recommandations à partir de données agronomiques Programme d'économie : *Manuel méthodologique d'évaluation économique*. Edition totalement révisée. Mexico, D.F., Mexique : CIMMYT p.12, 34-35 et 52
- Cock, J.H. 1982. Cassava: Future potential and development needs in the tropics. Westview Press, Boulder, Colorado. 16 p. and Howeler, R. H. 1978. The ability of cassava to grow on poor soils. Dans: Jung, G.A. (ed.), *Crop tolerance to suboptimal land conditions*, ASA special publication no. 32. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.p. 145-154.
- Cordero, A and McCollum, R. E 1979. Yield potential of interplanted annual food crops in southeastern U. S. *Agronomy Journal* 71(5): 834-842.

- Dahniya, M.T., Jalloh, A. and Ezumah, H.C. 1994. Intercrop yields of cassava and rice as influenced by cassava variety and population. *Acta Hort.* (ISHS) 380 : 194-199. http://www.actahort.org/books/380_29.htm. Date consultation : 13 février 2014
- Dempster, J. P. and Coaker, T. 1974. Diversification of crop ecosystems as a mean of controlling pests. In: Jones, O. P. and Solomon, M. E. (eds.). *biology in pest and disease control*. Wiley, New York. p. 106-114.
- Ekanayake I.J, Marcio C.M, Osiru D.S.O. 1997, *Agronomy of cassava*, IITA monograph.
- Ekanayake I.J, Marcio C.M, Osiru D.S.O. 1998, *Physiology of cassava*, IITA Monograph.
- Egle K., Guyot M., Tetevi K., Raffailac J.-P., Adjaley-Bahun E.A., 1994. Étude de la variabilité des composantes du rendement du manioc en fonction de la fertilité du sol. Pp 122.
- Ene, L. S. O. 1979. Control of cassava bacterial blight (CBB). *Tropical Root and Tuber Crops Newsletter* 10: 30-31.
- Ezumah, H.C, 1980. Cassava Production and Extension in Central Africa, proceeding of a workshop at Mbanza-Ngungu, Zaire Republic, 19-22 May 1980
- IITA Ibadan, 1990. Cassava in Tropical Africa, A reference Manual. 1990
- Fukuda W.W.G., Guevara. C.L., Ferguson M.E., KAwuti R., 2006. Descriptors for cassava morphological characterization, 27 pp. IITA publications
- Jackson W. and Piper J. 1989. The necessary marriage between ecology and agriculture. *Ecology* 70 :1591-1593.
- Hang A, McCloud D, Boote K, Duncan W, 1984. Shade effects on growth, Partitioning and yield components of peanuts. *Crop Sci.* 24:109-115
- Hart, R. D. 1975. A bean, corn and manioc polyculture cropping system: II. A comparison between the yield and economic return from monoculture and polyculture cropping systems. *Turrialba* 25(4): 377-384.
- Harwood, R. R. et Price, E. C. 1976. Multiple cropping in tropical Africa. Dans: *Multiple cropping*, ASA special publication no. 27. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. p. 11-40.
- Hegewald, B and Leihner, D. E. 1980. Intercropping grains legumes with cassava on acid infertile soils. Postdoctoral report. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- Hiebsch. C. 1978. Comparing intercrops with monoculture. Dans: *Agronomic economic research on soils of the tropics*, Annual Report 1976-1977. Soil Science Department, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina. p. 187-200.
- Honeycutt, C.W., W. M. Clapham et S.S. Leach. 1995. Influence of crop rotation on selected chemical and physical soil properties in potato cropping systems. *American Potato Journal* 72: 721-735.
- Honeycutt, C.W., W. M. Clapham et S.S. Leach. 1996. Crop rotation and N fertilization effects on growth, yield and disease incidence in potato. *American Potato Journal* 73: 45-61

- Gasser, M.O., A. N'Dayegamiye et M.R. Laverdière. 1995. Short-term effects of crop rotations and wood-residue amendments on potato yields and soil properties of a sandy loam soil. *Canadian Journal of Soil science* 75: 385-390.
- Griffin, T.S. et O.B. Hesterman. 1991. Potato response to legume and fertilizer nitrogen sources. *Agronomy Journal* 83: 1004-1012.
- Kafara, J. M., 2002. "Pratiques paysannes d'association de cultures dans les systèmes cotonniers des savanes centrafricaines ». Actes du colloque, 27-31 mai 2001, Garoua, Cameroun. Prasac, N'Djamena, Tchad -Cirad, Montpellier, France. p. 1-5
- Karlen, D.L., G.E. Varvel, D.G. Bullock and R.M. Cruse. 1994. Crop rotation for the 21st Century. *Advances in Agronomy*, vol. 53: 1-45.
- Karsenty A., 2012. Le rôle de l'agriculture dans la déforestation et la dégradation en RDC Situation actuelle, perspectives et solutions possibles, CIRAD, 21 p.
- Leihner, D. E. 1979. Agronomic implications of cassava legume intercropping systems. Dans: Weber, E.; Nestel, B.; and Campbell, M. (eds.). *Proceedings of an international workshop on intercropping with cassava*. International Development Research Centre, Ottawa, Canada. Series ISTRC-142e.p. 130-112.1980a.
- Lebot V, 2009. Tropical Root and Tuber crops: Cassava, Sweetpotato, Yams and Aroids
- Litzinger, J. A. and Moody, K. 1976. Integrated management in multiple cropping systems. In: *Multiple cropping*, ASA special publication No. 27. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. P. 293-316. 1975. Annual report for 1974. Los Banos, Philippines, p. 324-347.
- Lutaladio N.B. 1983. Évaluation des clones de manioc pour la production des feuilles « Pondou » au Zaïre. *Plantes-Racines et Tubercules, Culture et emplois en Afrique*. 4 p
- Mahungu N.M., H.R. Chheda, M.E. Aken'ova and S.K. Hahn, 1991. Correlated response and use of selection index in cassava. In: Hahn S.K. and F. Ofori (eds.). *Tropical root crops in a developing economy*. Proceed. Of the 9th Symp. ISTRC, Accra, Ghana 20 – 26 October 1991, pp 114 – 117.
- Mahungu N.M, Ndonda A, Frangoie A., et Moango M.A. 2015. Effet du labour et de la position de bouturage sur les rendements en racines et en feuilles de manioc, cas des zones de savane et des jachères forestières de la République Démocratique du Congo. *TROPICULTURA*, 2015. 33, 3, 176-185
- Makinde E.A, 2011. Cassava/Maize Intercrop Performance and Soil Nutrient Changes with Fertilizers. *Journal of Agricultural Science*, Vol. 3, No. 4. www.ccsenet.org/jas URL: <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v3n4p136>. Date consultation: 11octobre 2013
- Maldague M. 2007. *Traité de Gestion de l'environnement tropical Tome I. Développement Intégré des régions tropicales. Approche systémique – Notions – Concepts – Méthodes. Fascicule I – 3. Mécanismes de la fertilité des sols tropicaux et rapports avec les pratiques agricoles*. Pp. 18
- Mazaheri dariush, Madani Ahad, Oveysi Meysam, 2006. Assessing the Land Equivalent Ratio (LER) of two corn (*zea mays* L.). Varieties intercropping at various nitrogen levels in Karaj, *Journal of Central European Agriculture*. Iran. Volume 7 (2006) no. 2 (359-364).

- McDole, R. E. et C. E. Dallimore, 1978. Continuation of cropping sequence studies on coarse textured soils in southeastern Idaho. *American Potato Journal* 55: 221-226.
- Mead, R. and Willey, R. W. 1980. The concept of a "land equivalent ratio" and advantages in yields from intercropping. *Experimental Agriculture* 16: 217-228.
- Mohan Kumar et Logan, 1979. Intercropping systems with cassava in Kerala State, India. Dans: Weber, E.; and Campbell, M. (eds.), *Proceedings of an international workshop on intercropping with cassava*. International Development Research Centre, Ottawa, Canada. Series IDRC-142e.p. 31-34.
- Moreno, R. A. 1979. Crop protection implications of cassava intercropping. Dans: Weber, E.; Nestel, B.; and Campbell, M. (eds.). *Proceedings on an international workshop on intercropping with cassava*. International Development Research Centre, Ottawa, Canada. Series IDRC-142e. p. 17-24. and Hart, R.D. 1979. Intercropping with cassava in Central America. Dans: Weber, E.; Nestel, B.; and Campbell, M. (eds.). *Proceedings on an international workshop on intercropping with cassava*. International Development Research Centre, Ottawa, Canada. Series IDRC-142e. p. 113-127.
- Mwangelalo K.A, Naku M., Ruhigwa. 1987. Étude de l'influence du type de bouture et de la récolte des feuilles sur la qualité des tubercules de manioc (*Manihot esculenta* Crantz c.v. « F46 »). *Tropicultura*, 1987, 5, 5,133-136.
- Ndonda Adrien, Moango Adrien, Mahungu Nzola. 2018. Fertilisation mycorhizienne du manioc en sols dégradés des forêts. Editions universitaires européennes. International Book Market Service Ltd., member of OmniScriptum Publishing Group. 17 Meldrum Street, Beau Bassin 71504, Mauritius ISBN : 978-613-8-46652-9, 185 p.
- Nickel, J. L. 1973. Pest situation in changing agricultural systems: a review. *Bulletin of the Entomology Society of America* 54: 76-86.
- Nitis, I. M. 1977. Stylosanthes as a companion crop to cassava (*Manihot esculenta*). IFS Research Grant No. 76. Faculty of Veterinary Science and Animal Husbandry, Udayana University, Depensar, Bali.
- Njoku d. N. and muoneke, 2008. Effect of cowpea planting density on growth, yield and Productivity of component crops in cowpea/cassava Intercropping system. *Journal of tropical agriculture, food, environment and extension*. Volume 7 number 2 may 2008 pp. 106 -113. Issn 1119-7455 url: <http://www.agrosciencejournal.com/>. Date consultation: 8 novembre 2013
- Nweke F.I, 1978 Cropping systems and agroeconomic performance of improved cassava in a humid forest ecosystem
- Oelsigle, D.D.; McCollum, R. E.; and Kang. B. T. 1976. Soil fertility management in tropical multiple cropping. In: *Multiple cropping*, ASA special publication No. 27. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. P. 275-292.
- Okigbo, B. N. et Greenland, D. J. 1976. Intercropping in tropical Asia. Dans: *Multiple cropping*, ASA special publication no. 27. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. p. 63-102.
- Onwuene I.C., 1978. Evaluation of the performance of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) when grown from inverted stem cuttings. *J. Agric. Sci., Camb.*, 90: 140-156.

- O'Sullivan, J. 1978. Effects of rotation and nitrogen on yield and quality of potatoes. *Canadian Journal of Plant Science* 58: 475-483
- Pimentel, D. 1961. Species diversity and insect population outbreaks. *Annals of the Entomology Society of America* 19: 136-142.
- Pirot, R., 1997. La mécanisation de la culture du manioc. CIRAD-SAR 1-11
- Rao, B. S. 1970. Pest problems of intercropping on plantations. In: Blencowe, E. W. and Blencowe, J. W. (eds.), *Crop incorporated society of plants*. P. 245-252.
- Raffaillac J.-P., Nedelec G., 1993. Enracinement de la bouture de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) au cours des premières semaines de croissance
- Root disease in replanted areas. 1943. Ceylon. Rubber research scheme, Sri Lanka. Advisory circular 10: 1-1 (supl.).
- Ruthenberg, H. 1971. Farming systems in the tropics. Clarendon Press, Oxford, England. p. 3-11
- Stern R., Buysse W., Coe R. 2001 GenStat Edition Discovery pour Usage Quotidien. Traduit par Amini Mutaganda. ICRAF Nairobi, Kenya. 122 p.
- Stirling C, Williams J, Black C, Ong C, 1990. The effect of timing of shade on development, dry matter production and light-use efficiency in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) under field conditions. *Aust. J. Agric. Res.* 41:633-644
- Sullivan P, 2001. Intercropping principles and practices. *Agronomy Systems Guide*. Appropriate Technology Transfer for Rural Area, National Sustainable Agriculture Information Service. <http://attra.ncat.org/attrapub/PDF/intercrop.pdf>. p.1-3. Date consultation : 21 septembre 2013
- Sylvia Kantor, 1999. Comparing Yields with Land Equivalent Ratio (LER). *Agricultural and Natural Resources Fact Sheet* 532. WSU Cooperative Extension King County. <http://www.metrok.gov/wsucce> . Date consultation: 07 décembre 2013
- Thung, M. 1978. Multiple cropping based on cassava. Postdoctoral Report. Centro International de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. and Cock, J.H. 1979. Multiple cropping cassava and field beans: status of present work at the International Center of Tropical Agriculture. Dans: Weber E.; Nestel, B.; and Campbell, M. (eds.), *Proceedings of an international workshop on intercropping with cassava*. International Development Research Centre, Ottawa, Canada. Series IDRC-142e.p. 7-16.
- Vanlauwe, B., P. Pypers, B. Kasereka, J.M. Sanginga, L. Lodi, M. J. Walangululu, N. Sanginga, 2011. « Le potentiel de la gestion intégrée de la fertilité des sols pour l'augmentation de la productivité du manioc en RD Congo » *Proceedings of the International Conference on Cassava Cultivation and Utilization in Central Africa*, Kisangani, DRC, 16-19th November 2009. Edited by Monde Godefroid. Pg 177-196.
- Vandermeer J, 1989. The ecology of intercropping. *Cambridge university press*, Cambridge. 12 p.
- Vereijken, P. et C.D. Van Loon, 1991. A strategy for integrated low-input potato production. *Potato Research* 34: 57-66
- Willey, R. W. and Rao, M. R. 1980. A competitive ration for quantifying between intercrops. *Experimental Agriculture* 16: 117-125.



Transformation du manioc en RD Congo

**Lukombo S¹. ; Nluta S². ; Bongenda M². ; Enene J¹., Kimfuema V.J³, Nsuanda A.²
et Mahungu N.M.²**

¹IITA Kinshasa, RD Congo

²INERA, Station de Mvuazi, RD Congo

³UNIKIK, Kikwit. RD Congo

Introduction

Le manioc est l'une des principales cultures vivrières de l'Afrique (Cardoso *et al.*, 2005). En RD Congo, les racines tubéreuses, et feuilles du manioc et leurs produits de transformation sont principalement consommés comme aliments. Les racines tubéreuses de manioc sont consommées fraîches ou après avoir été transformées. Les produits de transformation des racines tubéreuses de manioc couvrent 54 % des besoins énergétiques de près de la moitié des populations congolaises (Treche, 1995). La consommation moyenne des racines tubéreuses fraîches par habitant et par jour était estimée à 400 g (HarvestPlus, 2010). Les feuilles de manioc sont consommées comme légumes, et constituent le légume le plus consommé dans le pays (Tshibaka and Lumpungu 1989) et représentent une source bon marché des protéines brutes, des vitamines et des minéraux.

Après la récolte, les racines tubéreuses et les feuilles de manioc perdent rapidement leur qualité. Les racines tubéreuses de certaines variétés peuvent commencer à se détériorer physiologiquement en moins de 48 heures après leur récolte. Pour mieux les conserver, elles doivent être transformées (Westby, 2002) en divers produits qui peuvent être stockés pendant un temps un peu plus long. Les racines tubéreuses et les feuilles de manioc sont généralement manuellement transformées au niveau des ménages. Malheureusement, ce type de transformation ne garantit pas l'uniformité et la qualité du produit final.

Il existe plusieurs dizaines des produits de transformation de manioc en RD Congo. Chaque produit est généralement lié à une technique de transformation et à une utilisation. Les différentes techniques traditionnelles de transformation des racines tubéreuses de manioc sont fortement influencées par les conditions écologiques. Dans les zones forestières situées autour de la ceinture équatoriale de la RD Congo où les pluviométries sont élevées et les intervalles entre deux pluies successives sont faibles, on observe une prédominance des produits de transformation qui ne nécessitent pas un séchage. Les pluies successives ne facilitent pas le séchage au soleil. Dans les zones éloignées de la ceinture équatoriale où les écarts entre pluies successives sont généralement plus grands qu'en forêt et autour des grandes agglomérations, on rencontre plus souvent des produits où le séchage fait partie des étapes de transformation.

Les principaux produits de transformation des racines tubéreuses de manioc en RD Congo sont les cossettes, la farine fermentée et non-fermentée, la chikwangué, le *ntuka*, le *malembe*, le *lituma*, le gari, l'*oyoko*, le *fuku*, les boissons, etc.

Dans la plupart des techniques de transformation de manioc utilisées, on retrouve une étape qui favorise la réduction du potentiel cyanogénétique du produit final. Il s'agit des fermentations humides et sèches qui jouent ce rôle et qui contribuent également au développement du goût et de l'arôme du produit final. Les principales étapes de transformation de ces différents produits sont l'épluchage, la fermentation, la cuisson, le séchage, le grillage, la mouture et l'emballage.

La qualité des produits de transformation joue un rôle important après le rendement dans l'acceptabilité des variétés de manioc par les producteurs (PRONAM,1988). Elle varie d'une variété à une autre et influence leurs utilisations.

Principales transformations du manioc en RD Congo

Les racines tubéreuses et les feuilles de manioc étant périssables, elles sont transformées pour prolonger leur durée de conservation. Cette transformation a débuté depuis l'introduction du manioc en Afrique par les Portugais. Au fur et à mesure de son expansion à l'intérieur du continent, les techniques de transformation ont été adaptées aux conditions écologiques locales. Ainsi, à ce jour, on distingue les techniques de transformation traditionnelles, généralement utilisées au niveau des ménages, et les techniques de transformation modernes, qui recourent aux machines, et sont utilisées dans l'industrie. Elles varient d'un produit à un autre.

Les principales étapes de transformation du manioc en RD Congo

Les principales étapes de transformation traditionnelle des racines tubéreuses de manioc sont : l'épluchage, la fermentation humide ou rouissage, la fermentation sèche, la fermentation des racines tubéreuses râpées, le râpage, le séchage, la mouture et l'emballage (Nweke *et al.*, 2000).

- Epluchage

L'épluchage des racines tubéreuses de manioc est traditionnellement une opération manuelle. Il intervient selon les produits à différents moments pendant la transformation.



Photo 7.25. Epluchage des racines tubéreuses de manioc, Bukavu, Sud-Kivu et épluchures de manioc séchées pour aliments des porcs à LAYUKA Madimba, Kongo Central.

Mais, il est souvent réalisé au début de la transformation. Certaines personnes préfèrent le réaliser après le rouissage quand les racines tubéreuses sont bien ramollies et l'écorce se détache ainsi assez facilement. Dans certaines zones où les cossettes sont fumées, l'épluchage intervient après le fumage, juste avant leur mouture. Lors de l'épluchage, on utilise un objet tranchant, le plus souvent un couteau, une machette ou une houe pour enlever l'écorce.

Le rythme d'épluchage manuel varie d'une variété à une autre car il existe des variétés dont l'écorce s'enlève facilement et celles dont l'écorce est collée à la chair et qui se détache difficilement. La saison également semble avoir une influence sur la vitesse d'épluchage. D'une manière générale, la plupart des variétés s'épluchent beaucoup plus facilement en saison de pluies par rapport à la saison sèche. Un homme-jour (8 heures de travail) peut en moyenne éplucher entre 250 et 300 kg des racines tubéreuses.

- Nettoyage

Le nettoyage permet de débarrasser les racines tubéreuses de la saleté et des impuretés. Cette opération est traditionnellement manuelle et souvent réalisée après le rouissage ou après épluchage des racines tubéreuses à cuire, à griller ou à frire. Traditionnellement, les racines tubéreuses sont nettoyées une à une avec la même eau utilisée pour le rouissage.



Photo 7.26. Nettoyage des racines tubéreuses de manioc dans une unité de transformation, Kinshasa.

- Fermentation

Les racines tubéreuses de manioc subissent pendant leur transformation trois types de fermentation : la fermentation humide ou rouissage, la fermentation sèche et la fermentation des racines tubéreuses râpées (cas du gari). Le rouissage est le type de fermentation le plus répandu en RD Congo.

Fermentation humide ou rouissage

Après l'épluchage ou non, les racines tubéreuses, souvent entières, sont mises dans l'eau. Il existe plusieurs variantes de rouissage (Massamba et Trèche, 1993). Le rouissage est réalisé dans des ruisseaux, des marais, aux bords des rivières, et parfois dans des fûts ou des bassins.

La durée du rouissage est fonction du degré de ramollissement désiré. Le degré de ramollissement diffère d'un produit à un autre. Ainsi, la durée de rouissage est de 24 heures pour le malemba, 48 à 72 pour les cossettes, 72 à 96 heures pour la pâte à chikwangue. Lors du rouissage dans les ruisseaux situés dans les galeries forestières dont les eaux sont souvent tièdes, cette opération peut durer entre 120 et 168 heures, soit 5 à 7 jours. Aussi, pendant la saison sèche caractérisée par des basses températures dans la grande partie de la RD Congo, le rouissage dure un peu plus de temps que d'habitude. Il a été observé à Bukanga Lonzo, situé à une altitude de plus de 600 m, que pendant la saison sèche où les températures nocturnes et matinales sont en dessous de 25 °C (au mois d'août), les racines tubéreuses se ramollissent après 7 jours de rouissage.

Pendant le rouissage, la fermeté des racines tubéreuses diminue progressivement et elles finissent par devenir molles. Les glucosides cyanogénétiques se dissolvent dans l'eau et une autre portion est hydrolysée en acide cyanhydrique par l'action



Photo 7.27. *Epluchage et nettoyage des racines tubéreuses de manioc rouies dans un ruisseau, Mvouazi, Kongo Central.*

de l'enzyme linamarase (Kobawila *et al.*, 2005). Ainsi, le potentiel en acide cyanhydrique du produit en transformation diminue significativement (Mahungu *et al.* 1987).

Les cossettes, la farine et la pâte fermentées, la chikwangue (différents types), le malemba, le ntuka sont les produits traditionnels qui sont rous lors de leur processus de transformation et sont conformes à la consommation humaine.

Fermentation sèche

La fermentation sèche est pratiquée dans la région des hautes altitudes (plus de 1200 m) de l'Est de la RD Congo où les températures diurnes et nocturnes sont souvent basses (inférieure à 25°C). Dans cette zone, les racines tubéreuses ne se fermentent pas rapidement dans l'eau. Ainsi, on utilise plus la fermentation sèche.



Photo 7.28. Séchage des cossettes produites par fermentation sèche, Mboko, Sud-Kivu.

Après épluchage, les racines tubéreuses entières ou découpées sont mélangées ou saupoudrées d'un ferment, provenant des fermentations précédentes et parfois avec des cendres. Elles sont ensuite couvertes des feuilles de bananier et laissées à la fermentation pendant 3 à 5 jours. Les feuilles de bananier permettent de conserver l'humidité et favorisent ainsi l'action des microorganismes responsables de la réduction des glucosides cyanogénétiques. A la fin de la fermentation sèche, les cossettes sont recouvertes des moisissures et elles donnent une farine de couleur grisâtre ou sombre.

Fermentation des racines tubéreuses râpées

Les racines tubéreuses râpées sont fermentées pendant la production du gari. La pâte est mise dans un sac sur lequel on pose un objet lourd pour favoriser l'égouttage. Pendant le pressage, une fermentation lactique commence à se développer. En RD Congo, le gari est généralement pressé et grillé le même jour, ainsi la durée de la fermentation est de quelques heures.

Fermentation alcoolique

Lors de la préparation des boissons alcoolisées à base de manioc, les moûts sont fermentés pendant 5 à 10 jours et ensuite distillés. Un ferment est souvent ajouté au moût pour accélérer la fermentation et parfois pour améliorer également le goût de la boisson.

- Réduction des dimensions de racines tubéreuses

Dans la transformation traditionnelle, les dimensions des racines tubéreuses de manioc sont souvent réduites. La réduction des dimensions de racines tubéreuses est une opération manuelle réalisée à différentes étapes et dépend de la méthode et du produit désiré. Lors de la production des cossettes, les racines tubéreuses sont souvent découpées en tranches après la fermentation et juste avant le séchage au soleil. Dans la production de malemba, les racines tubéreuses sont râpées avant le rouissage. Lors de la production de l'oyoko dans la province du Sankuru, une partie des racines tubéreuses fraîches est râpée et ensuite mélangée à la pâte fermentée de manioc.

La réduction des dimensions de racines tubéreuses est une opération importante pour avoir plus de surface d'attaque pour les enzymes ou pour l'élimination de l'eau pendant le séchage. Elle peut se faire par découpage ou par râpage.

- Pressage

Le pressage est une opération qui consiste à exercer une pression sur une masse afin de faire sortir l'eau qui s'y trouve et réduire ainsi son humidité. Cette opération est traditionnellement pratiquée lors de la production de la chikwangue et du gari. Un objet lourd (une brique, un morceau de bois ou de fer, etc.) est mis au-dessus du sac contenant la pâte fermentée (*kimpuka*) ou du gari. Le pressage dure de quelques heures à 24 heures pour la pâte de gari et de 24 ou plusieurs heures pour la pâte de chikwangue.

- Séchage

Le séchage est une étape cruciale dans la transformation des racines tubéreuses de manioc. Il joue un rôle important dans la coloration/qualité des cossettes ou de la



Photo 7.29. Séchage sur claies du manioc au Plateau de Batéké, Kinshasa et Cossettes de manioc fermentées étalées sur une toiture de maison, Kwilu.



Photo 7.30. De gauche à droite cossettes séchées au soleil et fumées en vente dans la province du Kwilu.

farine de manioc ou du produit final utile. Un séchage qui dure plusieurs jours, surtout pendant les périodes pluvieuses, peut conduire à l'obtention des cossettes colonisées par des microorganismes.

Les cossettes de manioc sont séchées au soleil ou fumées. Elles sont soit mises sur un étalage, une natte, des pierres, une toiture de maisons, sur l'asphalte, une surface cimentée, etc. Les étalages sont souvent surélevés. La durée du séchage des cossettes au soleil varie entre 4 à 7 jours. Pendant la nuit ou en cas d'intempéries (pluie, grêle), les cossettes sont couvertes sous un film plastique. Dans certaines zones du pays, elles ne sont pas couvertes. Ceci conduit à une reprise partielle d'humidité et le séchage dure un peu plus longtemps.

Le séchage au soleil nécessite un ensoleillement permanent. Plus, le séchage prend du temps, plus les cossettes restent humides et pourraient facilement être colonisées par les moisissures.

Dans les zones où les intervalles entre pluies successives sont courts ou pendant les périodes très pluvieuses, on utilise plus le fumage. Dans ce cas, les cossettes sont mises sur des étales qui se trouvent dans une cuisine. Pendant la préparation des aliments, la chaleur dégagée réduit progressivement l'humidité et les cossettes se couvrent d'une couche de fumée. Parfois, on met un feu doux sous les étales. Cette pratique est fréquente autour de la ceinture équatoriale (provinces de l'Equateur, de Maï-Ndombe, de la Tshopo, de la Mongala, du Nord-Kivu, etc.). Le fumage est également pratiqué pendant les périodes très pluvieuses dans des zones éloignées de la ceinture équatoriale dans les provinces du Kwilu (autour de Kiyaka), du Kongo Central (Kakongo et Luozi), du Kasai Oriental et de la Lomami, etc.).

- Grillage

Le grillage est une opération peu commune dans la transformation traditionnelle du manioc en RD Congo. Il est important dans la préparation du gari le long de la côte de l'Océan Atlantique. Le grillage du gari diffère du séchage du fait qu'après avoir mis les granules pressées et un peu humide sur un grilloir, elles sont remuées et laissées au repos plusieurs fois pendant un minimum de 15 secondes afin qu'elles puissent gonfler. Traditionnellement, c'est encore une opération manuelle. Les produits grillés pendant leur production sont le gari (Côte Atlantique de la RD Congo) et le *Fuku* (provinces du Nord-Ubangi et Sud-Ubangi)

- Cuisson/Ebullition

La cuisson est une opération présente dans les transformations qui aboutissent à des aliments. Elle intervient sous forme de cuisson à la vapeur ou d'ébullition. L'ébullition est pratiquée lors de la préparation de la Chikwangue, du Malemba et des boissons à base de manioc. La cuisson à la vapeur constitue la méthode de préparation du *Lituma*, du *Mombita* (province de la Tshuapa), du *Ntuka*, de *Oyoko* (province de Sankuru) et certains types de chikwangue.

- Mouture et tamisage

La mouture et le tamisage sont deux étapes qui permettent d'obtenir de la farine de manioc fine utilisée dans la préparation de la pâte alimentaire appelée *fufu*, *luku*, *ugali*, *Nshima* selon la zone. Souvent, ce sont des petites quantités de cossettes qui sont manuellement pilées et tamisées. Dans les villes et centres urbains ou périurbains, les cossettes sont moulues avec des moulins à marteaux. Avant le pilage ou la mouture, les cossettes séchées par fumage sont raclées avec un couteau afin d'enlever la couche superficielle sombre. Les déchets qui en résultent, vulgairement appelés '*makololo*' dans la Tshopo, servent à la production du lotoko (une boisson obtenue par distillation du moût fermenté).



Photo 7.31. Cossettes emballées en sacs en polyéthylène et en panier de raphia (Crédit photo à droite, Ndonga A., 2015).

- Emballage et conditionnement

Traditionnellement, les cossettes ou la pâte fermentée sont emballées dans des gros sacs en jute, polyéthylène ou polyuréthane. Ce type d'emballage occupe un grand volume. Le poids moyen d'un sac de cossettes séchées de manioc est d'environ 40 à 60 kg. Dans certaines régions des zones équatoriales, les cossettes sont conditionnées dans des paniers en raphia dont les poids varient entre 25 et 35 kg (province de la Tshopo).

Les chikwanges sont généralement emballées avant leur cuisson dans des feuilles des amarantacées.

- Conservation

Les produits transformés de manioc sont traditionnellement conservés à la température ambiante, dans un sac ou un bassin dans un coin de la maison. En général, il est recommandé de conserver dans un endroit sec et bien ventilé.

Principaux produits traditionnels de transformation des racines tubéreuses de manioc

- Cossettes et farine

Les cossettes et les farines constituent les produits intermédiaires de transformation du manioc les plus communément retrouvés à travers toutes les provinces de la RD Congo. Elles sont un produit sec pouvant être conservé pendant longtemps.

Il existe trois principaux types de cossettes de manioc. Il s'agit des cossettes obtenues par fermentation humide ou rouissage, des cossettes obtenues par fermentation sèche et des cossettes obtenues sans fermentation (cas du Mpandu dans les provinces du Kasai Oriental et de la Lomami). Les cossettes et la farine rouies sont les produits les plus répandues à travers le pays. Les cossettes et la farine résultant de la fermentation sèche

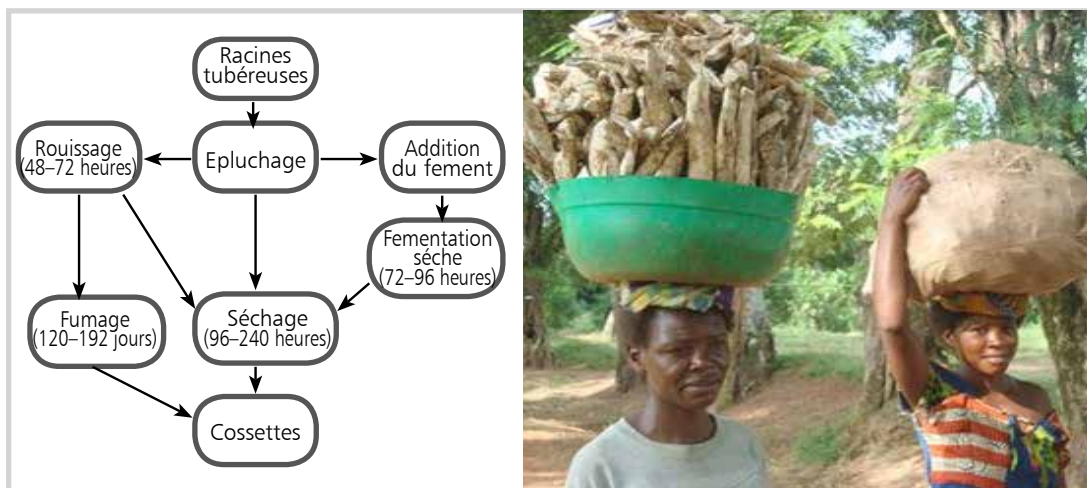


Figure 7.44. Schéma de production des cossettes à gauche et Photo 7.32 (à droite): Cossettes de manioc non fermentées ou Mpandu, Ngandajika.

sont produites dans les hautes altitudes de l'Est du Congo, plus particulièrement dans les provinces de l'Ituri, du Nord-Kivu et du Sud-Kivu.

Les cossettes sont moulues en farine. La farine est utilisée pour la préparation du *fufu* (lingala et Kikongo), *luku* (kikongo) *Ugali* Swahili, *Nshima* (Tshiluba). Le fufu est obtenu par malaxage de la farine dans l'eau en ébullition jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène et de bonne consistance.

Dans les provinces du Kasai Oriental et de la Lomami, on utilise plus des cossettes et de la farine non fermentée de manioc. Généralement après épluchage, avec ou sans tranchage, les racines tubéreuses sont directement séchées au soleil ou sont fumées. La non-fermentation des racines tubéreuses en RD Congo est une caractéristique de la zone de Bakwanga située autour de la ville de Mbuji-Mayi, qui constitue le principal marché de manioc. Cette méthode de transformation du manioc a été petit à petit adoptée dans les zones qui produisent les cossettes qui sont vendues à Mbuji-Mayi. La pâte alimentaire (*Nshima/Ugali*) produite avec cette farine est toujours mélangée à la farine de maïs, qui est la céréale la plus répandue dans ces deux provinces (Kasai Oriental et la Lomami).

- Chikwanges

La chikwange est un produit de transformation des racines tubéreuses de manioc répandue en Afrique centrale (Angola, Cameroun, Congo/Brazzaville, RD Congo et Gabon). Elle est un aliment prêt à être mangé et semble être très appréciée par la classe moyenne congolaise (Nweke *et al*, 2000). Après les cossettes, la chikwange est le deuxième produit traditionnel de manioc le plus répandu à travers la RD Congo. Elle continue à s'étendre dans les zones où elle n'existait pas. C'est le cas des villes de Goma dans le Nord-Kivu et de Mbuji-Mayi dans le Kasai Oriental. Cette expansion est favorisée par les mouvements des populations à travers le pays et particulièrement par les agents de l'Etat, les militaires, les étudiants, etc.

La chikwange se conserve entre 3 et 7 jours après sa préparation. Il existe plusieurs méthodes de préparation de chikwanges. Chaque méthode conduit à un type de

chikwangue. Ainsi, il existe dans chaque province de la RD Congo plusieurs types de chikwangues (Exemple dans la province du Kongo Central, on retrouve le *Ndika*, le *Nsesa*, le *Ntolula* ou le *Losa lobe*, etc.).

Les principales étapes de préparation des chikwangues sont : l'épluchage, le rouissage, le nettoyage, l'émiettement, le tamisage/défibrage, l'extraction de l'amidon fermenté, la sédimentation, l'égouttage, la cuisson partielle (souvent à la vapeur), le pétrissage/pilage, le moulage, l'emballage dans des feuilles et la cuisson.

L'émiettement, le tamisage et l'extraction d'amidon sont réalisés dans un bassin contenant de l'eau. L'émiettement et le tamisage permettent d'éliminer les fibres qui se trouvent dans la pâte. L'intervalle de temps entre le début de l'égouttage et la cuisson



Photo 7.33. Chikwangues de type *Ndika* au Kongo Central.

partielle de la pâte a une influence énorme sur la consistance de la chikwangue. Pendant cet intervalle de temps, la pâte subit une deuxième fermentation qui la ramollit de plus en plus. Le pétrissage/pilage permet également d'améliorer le ramollissement de la pâte. Le moulage donne la forme à la pâte de la chikwangue avant d'être emballée dans des feuilles des Amarantacées. Lors de la cuisson, les pâtes emballées sont mises dans de l'eau en ébullition. La durée de cuisson varie généralement entre une heure et une heure et demie.

On ne retrouve pas toujours toutes ces étapes dans la préparation des chikwangues. Dans certains types, certaines de ces étapes manquent. C'est le cas des chikwangues *Muboku* dans le Maï-Ndombe, *Rowe* au Sud-Kivu et *Mombita* dans la Tshuapa (plus particulièrement dans le territoire de Djolu) et *Intoo* au Plateau Batéké/Kinshasa.

Muboku : Dans le cas de *Muboku*, après l'égouttage, émiettement/pulvérisation et un séchage partiel, la pâte est cuite à la vapeur et malaxée. La pâte cuite est emballée dans des feuilles. Lors de la cuisson à la vapeur, on met des morceaux de bois dans une marmite et on verse de l'eau sans dépasser le niveau des bois. On étale des feuilles de chikwangue sur les morceaux de bois et on tamise la pâte de manioc sur les feuilles. Enfin, la pâte est recouverte des feuilles de chikwangue. La cuisson à la vapeur dure entre une heure et une heure et demie. La pâte cuite est malaxée jusqu'à obtenir une consistance voulue. La pâte obtenue est enfin emballée dans des feuilles. Les feuilles d'emballage sont toujours imbibées d'un peu d'huile de palme.

Mombita : Lors de la préparation du Mombita (Territoire de Djolu, province de la Tshuapa), après l'émiettement et le défibrage, la pâte rouie de manioc est tamisée et est mise dans un panier dont la paroi interne est recouverte des feuilles étanches et appropriées. Le panier est mis dans une marmite contenant de l'eau et repose sur une couche de bois ou d'herbes qui empêche un contact direct entre l'eau et le fond du panier. La pâte est cuite par la vapeur formée lors de l'ébullition de l'eau. Enfin, la pâte cuite est pétrie et emballée dans des feuilles.



Photo 7.34. Préparation du Mombita, Djolu, Province de la Tshuapa.



Photo 7.35. Rowe, Mboko, Sud-Kivu.

mises dans l'eau et sont bouillies. Après la cuisson, elles sont mises dans une casserole contenant de l'eau et sont rouies pendant 2 à 3 jours. Ensuite, les racines sont lavées, pilées et emballées dans des feuilles. Par moment, les racines sont de nouveau cuites et rouies avant d'être pilées.

Into : C'est un aliment proche de la chikwangue. Après production de la pâte fermentée, extraction de l'amidon et égouttage, la pâte égouttée est mélangée et malaxée avec de l'eau bouillante jusqu'à obtenir une pâte uniforme et de consistance désirée. La pâte obtenue est emballée dans des feuilles de chikwangue et se conserve pendant quelques jours. Elle peut aussi être directement consommée après sa

préparation. Le même aliment constitue l'aliment de base d'une partie du peuple Ngbandi dans le territoire de Yakoma en Province du Nord-Ubangi où il est appelé Kutubo.

Autre usage de la chikwangue : La chikwangue est principalement utilisée comme aliment mais depuis un certain moment, elle sert aussi de colle pour les pneus sans chambre à air (tubeless tire). D'après les automobilistes et les garagistes, la colle de la chikwangue est très étanche.

- Pâte fermentée de manioc ou Kimpuka

Le *Kimpuka* ou pâte fermentée de manioc est un produit intermédiaire qui conduit à la chikwangue. Elle est obtenue par épluchage, rouissage, émiettement et défilage des racines tubéreuses. Ce produit intermédiaire se conserve pendant longtemps (plusieurs semaines et/ou mois), et est la principale pâte fermentée de manioc présentement en RD Congo.

Il y a plus de 60 ans, le kimpuka était emballé avec des grandes feuilles avec des lianes, mais maintenant il est souvent emballé dans des sacs en polyéthylène. Cette pâte peut être utilisée par la suite pour la préparation de la chikwangue ou d'autres produits comme le *Into* chez les Teke du Plateau Batéké et le *Tutubo* chez les Ngbandi de Yakoma.

- Malemba

Le *malemba* ou *mabulia* ou *masele* est un aliment préparé à base des racines tubéreuses de manioc. Il est souvent rencontré dans la zone forestière équatoriale, plus particulièrement dans les provinces de la Mongala, de la Tshopo et du Maniema. Traditionnellement, le malemba est préparé à base des racines tubéreuses amères. Mais, on peut aussi



Photo 7.36. Chikwangue utilisée comme colle pour l'étanchéité d'un pneu tubeless, Kinshasa.

Principales étapes de préparation de Malemba

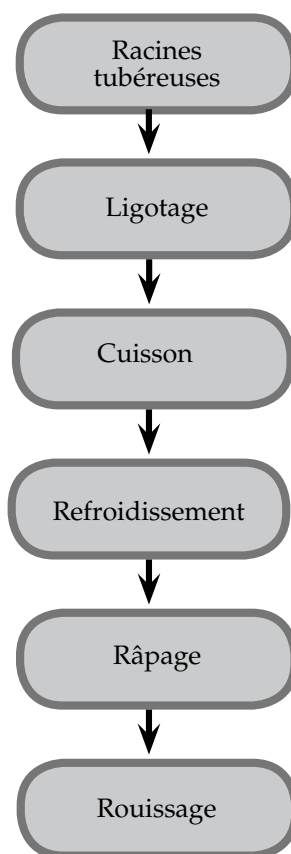




Photo 7.37. Boule de Malemba, Kisangani.



utiliser des racines tubéreuses douces. Les principales étapes de préparation du malemba sont le ligotage une à une des racines tubéreuses, la cuisson, le refroidissement, l'épluchage, le râpage et le rouissage.

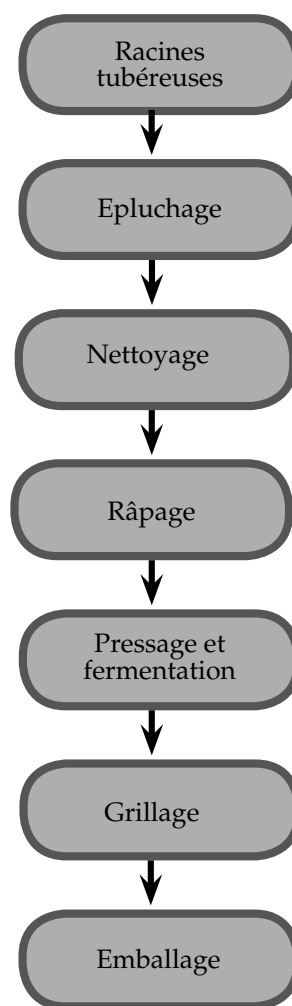
Avant la cuisson, chaque racine tubéreuse est ficelée sur toute sa longueur avec un fil afin d'éviter des éclatements de l'écorce en certains endroits pendant la cuisson. La cuisson dure 1h30 à 2 heures. A la fin de la cuisson, les racines tubéreuses sont mises à l'air libre afin de les refroidir et ensuite elles sont déficelées, épluchées et râpées et afin rouies. Le râpage est une opération manuelle, laborieuse, faite par les femmes avec un instrument appelé *Linango*. Il dure plusieurs heures.

Traditionnellement, le lavage ou rouissage est réalisé dans des ruisseaux qui se trouvent sous des arbrisseaux. Il dure plusieurs heures (24 à 48 heures). Pendant cette opération, l'amertume de la pâte est continuellement testée (en gouttant le produit). La disparition de celle-ci indique la fin du rouissage.

- Gari

Le gari est un des principaux produits de transformation de manioc le

Principales étapes de préparation du Gari en RD Congo



long de la côte Atlantique de la RD Congo, zone d'introduction du manioc par les Portugais dans le royaume Kongo. Il était important dans les villes et cités de la province du Kongo Central et dans la ville de Kinshasa. Mais, son importance en dehors de la côte Atlantique a beaucoup baissé à cause de la pénibilité liée à sa production, particulièrement au râpage manuel des racines tubéreuses. Dans la ville de Kinshasa, le gari est actuellement plus retrouvé dans les coins habités par les populations originaires de l'Afrique de l'Ouest.

Lors de la production du gari, les racines tubéreuses de manioc sont épluchées et râpées. La pâte obtenue est mise dans un sac qui est pressé. Le pressage peut durer de quelques heures à deux jours. Pendant le pressage, la pâte de manioc se fermente. En général, en RD Congo le gari n'est pressé que pendant quelques heures avant d'être grillé. En cas d'une fermentation plus longue, le sac est continuellement pressé et la masse devient plus acide. Bien qu'il existe des grilloirs mécaniques en RD Congo, le grillage du gari continue à être manuel.

- Lituma

Le *lituma* est un aliment préparé à base des racines tubéreuses de manioc douces. Il est un aliment de base d'une majeure partie de la population de la province de la Tshopo et se rencontre également dans plusieurs coins de la zone équatoriale. Les principales étapes de préparation du *lituma* sont : l'épluchage, le nettoyage, la cuisson à la vapeur, le pilage et le moulage.

Après épluchage et nettoyage, les racines tubéreuses sont mises dans une marmite avec un fond d'eau. Des morceaux de bois sont mis dans le fond de la marmite pour que les racines tubéreuses ne puissent pas être en contact avec l'eau. Pendant

Principales étapes de préparation du Lituma en RD Congo

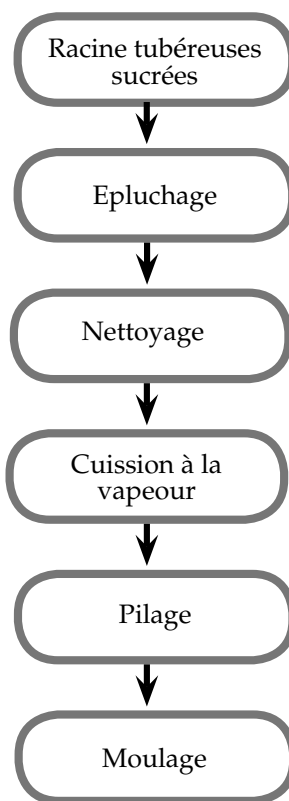




Photo 7.38. Pilage des racines tubéreuses cuites à la vapeur et *lituma*, Kisangani.

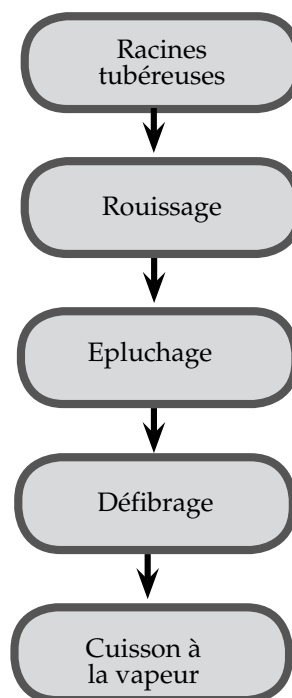
la cuisson, les racines tubéreuses sont partiellement ramollies par les vapeurs provenant du fond de la marmite. Les racines ramollies sont pilées et moulues.

Dans certaines parties de la zone équatoriale, les racines tubéreuses de manioc sont parfois mélangées pendant le pilage ou la cuisson et selon la préférence avec les bananes plantain mûres ou non mûres et cuites. Ainsi, on parle de *lituma ya drap* qui est fait à 100 % avec des racines tubéreuses de manioc. Le terme *drap* est utilisé en référence aux draps de lit qui souvent sont de couleur blanche.

- Ntuka

Le *ntuka* est un aliment à base de racines tubéreuses de manioc. Il est très prisé par les populations qui habitent autour de la ceinture équatoriale en RD Congo, plus particulièrement par le peuple Mongo. Ce même type d'aliment, le *Bombila*, se retrouve aussi dans la province du Kongo Central et il est mangé par les Hoyos qui habitent le long de la côte de l'Océan Atlantique.

Principales étapes de préparation du Ntuka en RD Congo



Après la récolte, les racines tubéreuses fraîches sont épluchées ou non et sont rouies pendant 48 à 72 heures. Après le rouissage, on enlève la fibre principale. Les racines tubéreuses sont

ensuite égouttées et cuites à la vapeur. La cuisson se fait dans une marmite contenant un fond d'eau et les racines tubéreuses sont mises sur des feuilles et ne sont pas en contact avec le fond. Pendant la cuisson, les racines tubéreuses sont cuites par les vapeurs dégagées par l'eau en ébullition.

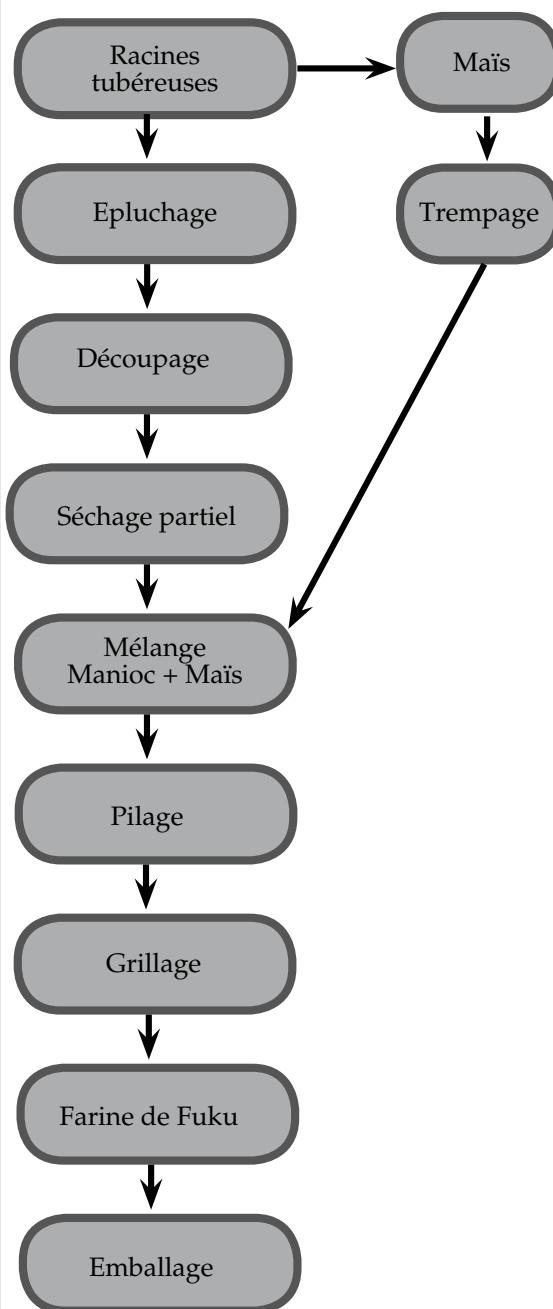
- Fuku

Le *Fuku* est produit à base d'un mélange manioc et grains de maïs fermentés. On le retrouve chez le peuple Ngbaka dans les provinces du Nord-Ubangi et Sud-Ubangi. Lors de la production du *Fuku*, les racines tubéreuses de manioc, souvent amères, sont épluchées, découpées en petits morceaux et directement séchées au soleil. Après 12 à 16 heures de séchage, les cossettes partiellement séchées, sont mélangées avec les grains de maïs préalablement trempés dans l'eau pendant 10 à 12 heures.

Pendant le trempage dans l'eau, les grains de maïs se fermentent et contribuent au développement du goût aigre caractéristique du *Fuku*. Le mélange manioc-maïs est suivant le cas, fermenté, pilé et ensuite séché par grillage. La farine obtenue (un peu grossière) après grillage et pilage sert à la préparation du *Fuku* aliment, qui est une pâte obtenue par le malaxage de farine de fuku dans de l'eau en ébullition.

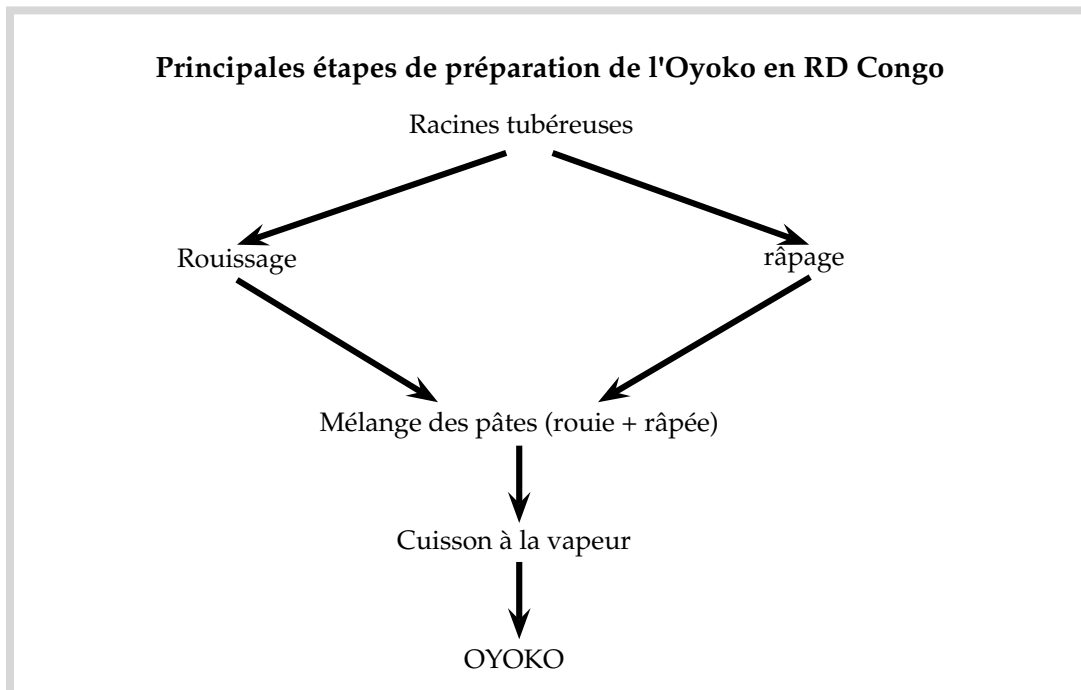
Dans certains cas, les tranches de manioc sont totalement séchées et conservées. Avant la production de la farine de *Fuku*, les tranches sont humidifiées et mélangées avec du maïs fermenté. Les proportions manioc-maïs varient d'un coin à un autre. Généralement, la quantité de maïs est plus élevée que celle du manioc.

Principales étapes de préparation de la farine de Fuku



- Oyoko

L'*oyoko* est un aliment à base des racines tubéreuses de manioc. Il est mangé par les populations communément appelées « *Tetela* » qui vivent dans la province du Sankuru. Généralement, la pâte des racines tubéreuses rouies pendant 48 à 72 heures est mélangée à celle des racines tubéreuses de manioc fraîchement râpées. Le mélange est mis dans une marmite contenant un fond d'eau et des morceaux de bois ou d'herbes afin d'éviter que le fond de la marmite puisse être en contact avec la pâte à cuire. Des feuilles d'amarantacées (comme celles des chikwangues) ou de bananier sont mises sur les morceaux de bois et tout autour de la marmite et le mélange pâte rouie plus pâte râpée est mis sur les feuilles et est cuit à la vapeur.



- Racines tubéreuses bouillies

Les racines tubéreuses douces et bouillies constituent dans plusieurs parties de la RD Congo un aliment de base. Dans les territoires de Luozi, Lukula et Tshela dans la province du Kongo Central, les racines de manioc bouillies sont après cuisson mises dans une marmite contenant de l'eau et sont prélevées progressivement pour le repas et parfois pour le petit déjeuner (appelé Tshubu-Tshubu). Certaines personnes clament qu'un bon morceau de viande ne peut être mangée qu'avec du manioc bouilli. Dans la Tshopo et le Bas-Uélé, les racines tubéreuses bouillies sont parfois servies avec des plats de feuilles de manioc ou de haricot.

- Casse-croûtes à base de manioc

Les racines tubéreuses douces constituent également un snack très apprécié par les Congolais. On les retrouve à tous les niveaux : ménages, bureaux, le long des routes. Les principaux casse-croûtes traditionnels de manioc sont les racines tubéreuses fraîches, frites, bouillies et braisées.

a. Racines tubéreuses fraîches

Les racines tubéreuses fraîches et douces constituent un snack très populaire à travers la RD Congo. Généralement elles sont consommées au champ, en cours de route et dans les ménages. Souvent des morceaux de racines tubéreuses douces fraîches sont servies avec l'arachide crue. Au champ, les racines tubéreuses fraîches servent à revigorer les consommateurs pendant les travaux champêtres. Dans des ménages, lorsque servi à l'arachide crue, il est parfois considéré comme un aphrodisiaque ou une invitation pour l'homme. Dans des villes et le long des routes principales des morceaux des racines tubéreuses douces blanches et jaunes fraîches sont vendues par des ambulants souvent associés à l'arachide crues.

b. Racines tubéreuses frites

Ce snack est constitué des morceaux des racines tubéreuses douces qui après épluchage et nettoyage sont directement frittées dans l'huile de palme. Ce snack est rencontré à travers tout le pays, mais il est plus populaire dans la ville de Kisangani où il est communément appelé 'Molé' une forme abrégée de *moleki-nzela* en lingala et traduit en français 'un passant'. De fois, ce sont des racines tubéreuses rouies ou bouillies qui sont ensuite frites.



Photo 7.39. Moleki nzela ou Mole ou encore Molécule, Kisangani.

c. Racines tubéreuses braisées

Les racines des variétés douces de manioc braisées sont un snack répandu dans le pays. Des morceaux épluchés ou non sont mis sous la cendre très chaude ou sur des braises chaudes et elles sont de temps en temps remuées. De fois ce sont des racines tubéreuses rouies et épluchées qui sont braisés.

d. Tshiomba tshia kabiola

Le *tshomba tshia kabiola* ou kabiola est un snack très répandu et prisé dans les provinces de Kasai, Kasai Central, Kasai Oriental et la Lomami. Il est préparé à base des racines tubéreuses de manioc doux. Les racines tubéreuses épluchées sont lavées et découpées en gros morceaux avant d'être légèrement bouillies pendant 10 minutes (tout en évitant un ramollissement poussé). Après la cuisson, l'eau chaude est jetée et remplacée avec de l'eau tiède et on laisse le tout au repos pendant 15 à 20 minutes.

Les racines tubéreuses sont ensuite coupées en petites tranches (*kubenga*) qui sont mises dans une marmite contenant de l'eau pendant au moins une nuit. Pendant ce temps, les tranches se fermentent. Après ce temps, on jette l'eau et on met les tranches dans un panier qui est recouvert de feuilles de bananier. Le panier est mis sous le soleil pendant près de 8 heures avant d'être mis dans un endroit frais pendant 48 heures. Pendant ce temps, une seconde fermentation s'opère. Les tranches de manioc sont ensuite écrasées

ou mélangées avec un malaxeur en bois. Le Kabiola est servi mélangé avec de l'eau, du sucre ou parfois avec de l'avocat ou de la banane. On peut également ajouter, à volonté, de l'arachide.

Alcool

Le manioc est une des matières premières pour la production traditionnelle de l'alcool dans la majorité des provinces de la RD Congo. Généralement, la farine de manioc est mélangée avec de l'eau et est chauffée jusqu'à l'ébullition. Après le refroidissement, on ajoute du malt de maïs (farine des grains de maïs pré germés) et un ferment. Dans la province du Kwilu et chez le peuple Manga de la Tshopo, ce sont les racines tubéreuses qui sont bouillies et ensuite mélangées avec du malt de maïs ou de millet (dans une partie du Kwilu). La solution est bien mélangée et laissée en fermentation pendant 7 à 10 jours. La boisson obtenue à la fin de la fermentation peut être directement consommée, (cas du *Tshibuku* au Kasai et de *Musururu* dans le Nord-Kivu et le Sud-Kivu) ou être distillée une ou deux fois pour donner une liqueur très alcoolisée appelée selon le cas *Lotoko*, *Kanianga*, *Agene*, *cinq cents* (double distillation) etc.

Transformation améliorée des racines tubéreuses de manioc

Introduction

La transformation améliorée ou mécanisée du manioc est récente en RD Congo : celle des feuilles a commencé avec le développement des mixers des feuilles et celle des racines tubéreuses avec l'introduction des machines, la mise en place des unités pilotes et la promotion des petites et moyennes entreprises de transformation de manioc par l'IITA en collaboration avec l'INERA.

Avant 2004, période d'introduction des premiers découpeurs et râpes mécanisés par l'IITA en RD Congo, il n'y a pas de documentation écrite en rapport avec des entreprises de transformation des racines tubéreuses et feuilles de manioc. Le rapport de l'étude COSCA (Nweke *et al.* 2000) renseigne que le moulin à manioc est le principal équipement de transformation rencontré à travers tout le pays.

Les seules informations connues se rapportant à une transformation du manioc sont la production de Fufu spécial et des chikwanges par Mr Bieme. Fufu Spécial était une petite entreprise située dans les environs du pont de la rivière Kwilu sur la nationale n°1, à une trentaine de kilomètre de Kimpese dans la province du Kongo central. Cette entreprise séchait les cossettes de manioc avec un four à bois. Elle a fermé ses portes fin 1988. Mr Bieme, un entrepreneur congolais, avait une entreprise qui produisait des chikwanges qui étaient exportées vers l'Europe. Certaines étapes de cette production étaient mécanisées. Cette unité utilisait un rouleau compresseur pour faire le pétrissage de la pâte à chikwange.

Entre 1995 et 2003, la Minoterie de Matadi (MIDEMA) produisait à l'INERA-Gimbi dans la province du Kongo Central de la farine fermentée de manioc. Des grandes quantités de racines tubéreuses étaient après épluchage, rouies dans un bac et les cossettes étaient séchées sur un four alimenté avec du bois. Cette unité a arrêté ses activités de transformation de manioc vers 2002.

La première tentative de mécanisation de la transformation des racines tubéreuses de manioc en RD Congo en farine rouie remonte en 1992 avec l'introduction d'un kit des machines de manioc à l'INERA-Mvuazi par l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industrielle (ONUDI) en collaboration avec *The Federal Institute of Industrial Research, Oshodi (FIIRO)* du Nigeria. Ce kit était composé d'une râpe motorisée, d'un séchoir à gaz et d'une presse à vis sans fin. Malheureusement, la méthode de transformation liée à ces équipements n'avait pas permis d'obtenir une pâte de fufu de couleur blanche, préférée par les consommateurs Congolais. La technologie consistait qu'après rouissage, les cossettes de manioc étaient râpées, pressées et pulvérisées. Les granules étaient séchés au four chauffé avec du gaz.

La vague actuelle de mécanisation de la transformation du manioc en RD Congo avait commencé en 2003 par le développement de la technologie de production des micro-cossettes fermentées. Avec l'introduction des râpes-découpeurs en provenance du Nigeria en 2004, des centres pilotes de transformation de manioc étaient progressivement installés par l'IITA en collaboration avec l'INERA à travers le pays : Mvuazi (2004), Gimbi (2004), Mulungu (2009), Kisangani (2010), Ngandajika (2011) et Kiyaka (2012). Les principaux objectifs de ces centres pilotes étaient de : (1) générer les données techniques et financières nécessaires pour la mise en place des unités de transformation par des privés, (2) développer et adapter les techniques de transformation de manioc et (3) former les opérateurs des machines, les entrepreneurs, les fabricants des équipements et les utilisateurs sur les techniques améliorées de transformation de manioc. Les analyses des données collectées au niveau des centres pilotes de transformation ont favorisé la mise en place progressive, en collaboration avec des entrepreneurs nationaux, des organisations paysannes et des organisations non-gouvernementales de développement, des petites entreprises de transformation de manioc à travers le pays.

Développement des petites entreprises de transformation de manioc

Le développement des petites entreprises de transformation améliorée du manioc en RD Congo avait été appuyé techniquement par l'IITA en collaboration avec l'INERA et financièrement par des bailleurs des fonds internationaux dont l'USAID et quelques pays de l'Union Européenne.

Une analyse de petites entreprises de transformation de manioc existantes avait été réalisée en octobre 2008 par l'IITA dans les provinces de Kinshasa et du Kongo Central afin de déterminer les différentes contraintes et les appuis nécessaires pour améliorer leur développement. Des appuis avaient été apportés pour l'amélioration de leurs capacités opérationnelles et techniques.

Ces appuis étaient les suivants :

- Organisation des formations pour améliorer les capacités techniques des différents acteurs impliqués dans la transformation. Des séances de formations théoriques et pratiques étaient organisées en faveur des gestionnaires et opérateurs des machines sur les techniques modernes de transformation, conditionnement des produits et sur la manipulation des machines de transformation
- Organisation des visites d'études. Plusieurs visites d'études étaient organisées en faveur des fabricants des machines de transformation au Nigeria. Une visite d'étude



Photo 7.40. Visite d'étude au Thai Tapioca Institute par des acteurs majeurs Congolais du secteur manioc, Thaïlande 2009.

était organisée en mars 2009 en Thaïlande en faveur de douze personnes impliquées dans la transformation améliorée du manioc dont des transformateurs, des fabricants des équipements et des chercheurs. L'objectif de cette visite était d'apprendre le processus qui a conduit au développement de la filière manioc en Thaïlande et de capitaliser sur les leçons apprises.

- Facilitation de l'introduction des machines de transformation de manioc qui n'étaient pas présentes dans le pays. Ainsi, des découpeurs et des râpes manuels et motorisés, avaient été importés du Nigeria. Ces machines étaient par la suite évaluées et adaptées localement.
- Renforcement des capacités des fabricants locaux et introduction des prototypes des machines de transformation. Des fabricants des machines de transformation de manioc avaient suivi un stage sur la fabrication des principales machines de transformation de manioc à Morogoro, Tanzanie (janvier 2005). Les artisans formés avaient, à leur tour, formé localement d'autres fabricants de machines. Les capacités des transformateurs et des opérateurs de machines de transformation avaient été ainsi améliorées.
- Octroi des crédits garantis et des subventions non-remboursables sous financement de l'USAID à travers IITA.
- Mise à la disposition de quelques entreprises de transformation du manioc, ONGD et associations paysannes des râpes et découpeurs motorisés ou manuels et de presse à vis sans fin par l'IITA, la FAO et le ministère de l'Agriculture (suite au lancement de l'Initiative Présidentielle sur le Manioc en RD Congo en 2009).

Tableau 7.40. Liste des entreprises et centres de recherche bénéficiaires de l'appui de l'IITA et autres structures semi-indépendantes.

Province	Partenaire	Localisation
Kongo Central	Association des Femmes Paysannes (AFEPA) BENI-FOOD Caritas-Matadi Centre Régional d'Appui à la Formation et au Développement (CRAFOD) Centre de Développement familial (CEDF) Fondation Nsimba Nzungila Groupe du Peuple de Dieu (GROUPEDI) INERA-Mvuazi INERA-Gimbi LAYUKA SARL Minoterie d'Inkisi Minoterie de Kinzau (MIDEKI) Père Charles	Mission Catholique Nkolo Luozi Kinzau-Mvueté Boko Secteur Inkisi Nzadi Kongo/Muanda Kuakua Mvuazi Gimbi Madimba Inkisi Kinzau-Mvueté Kimpese Kingabwa/Limete Kinshasa Kinshasa Mbankana/Maluku Mampu Righini/Lemba Kingabwa/Limete Kinshasa-Limete Kinshasa-kingabwa Kinshasa-Ngaliema Kinshasa-Mont Ngafula
Kinshasa	Alizé BOLIMO BELPES Centre d'Appui au Développement Intégral Mbankana (CADIM) Eglise de Mangembo Maman Yedu Développement Matchem AGRIMAC NITRIPRO Colonel Ndombi ACOMMER-Congo	Kingabwa/Limete Kinshasa Kinshasa Mbankana/Maluku Mampu Righini/Lemba Kingabwa/Limete Kinshasa-Limete Kinshasa-kingabwa Kinshasa-Ngaliema Kinshasa-Mont Ngafula
Kwango	Usine de transformation de manioc ECOSAC	Bukanga-Lonzo Bukanga Lonzo
Kwilu	Association Agro-Piscicole des Fermiers de Ndunga (AAFPND) Action pour le Développement à la Base (ADIB) Action Communautaire pour le Développement Intégré (ACDI) Association pour le Développement Communautaire de Lasiel (ADCL) Equipe Betu Sadisana (EBES) Fondation Muamba Grand Séminaire de Kalonda Groupement Paysan de Miwanzi (GROPAM) INERA-Kiyaka PREFEN	Ndunga Kwenge Lusekele Lansiel Idiofa Dibaya-Lubwe Kalonda Bulungu Kiyaka Kanga/Idiofa Kafumba/Bulungu
Sud-Kivu	Association de Développement de Kafumba (ADK) DIOBAS/Maman Mapendo DIOBAS INERA-Mulungu Centres Communautaires de Transformation de Manioc (CCTM)	Kamanyola Mboko/Fizi Mulungu Sud Kivu
Lomami	Eglise du Christ des Saints de Derniers Jours (EJCSDJ) INERA-Ngandajika Projet Ditunga (PRODI)/Ngandajika	Luputa Ngandajika Tshimyama/Ngandajika
Tshopo	IITA-Kisangani	Kisangani

Ces différentes entités étaient soit des entreprises privées, soit des associations paysannes ou des associations sans but lucratif de transformation de manioc ou de fabrication des équipements. Il a été observé que les associations paysannes ou sans but lucratif qui s'étaient muées en unités de transformation de manioc avaient connu beaucoup de difficultés dans leur fonctionnement. Plusieurs ont arrêté les activités de transformation par suite des difficultés d'approvisionnement en racines tubéreuses, des incompréhensions dans la gestion financière, la non-implication des certains membres dans la recherche des matières premières, la commercialisation, la réparation en cas de panne et le manque de marché dans les environs immédiats. La majorité des entreprises privées ont progressé et continuent d'opérer.

Mécanisation dans transformation améliorée du manioc

La transformation améliorée du manioc est récente en RD Congo. Elle a commencé avec la mécanisation des certaines opérations de transformation. Actuellement, la transformation améliorée des racines tubéreuses de manioc utilise totalement ou partiellement des machines. Le découpage, le râpage et le pressage sont généralement des opérations mécanisées.

- Epluchage

Dans la transformation moderne du manioc, on recourt souvent à l'épluchage mécanique. Malheureusement, ce type d'épluchage n'est pas encore très répandu en RD Congo. L'épluchage manuel continue à être la méthode la plus utilisée par les petites et moyennes entreprises à base de manioc. Néanmoins, quelques unités de transformation opérationnelles en RD Congo possèdent des éplucheurs mécaniques.

Il existe principalement deux types d'éplucheuses ; ceux qui enlèvent complètement l'écorce et ceux qui éliminent seulement l'écorce externe ; c'est-à-dire la couche subérisée de l'écorce. Les machines qui enlèvent complètement l'écorce fonctionnent par abrasion. Les racines tubéreuses se frottent contre des surfaces rugueuses et perdent progressivement leur écorce. C'est le cas des éplucheuses qui sont actuellement fabriquées en Allemagne par la Société DORNOW spécialisée depuis plusieurs années dans la production des éplucheuses dont une est installée à Mfumu Nkento par l'entreprise Matchem, Plateau de Batéké à Kinshasa et qui a une capacité de 50 tonnes de racines tubéreuses par journée de travail.



Photo 7.41. Eplucheur DORNOW, capacité optimale 50 tonnes des racines tubéreuses Mfumu Kento, Plateau de Bateke.

Les éplucheuses les plus répandues sont les Nzongo III développés par le Colonel Zéphirin Ndombi, retraité des Forces Armées de la RDC, (FARDC). Ces éplucheuses sont fabriquées avec des matériaux localement disponibles et ont des capacités comprises entre 1,5 à 3 tonnes par jour. Elles sont utilisées par des petites entreprises qui produisent 1 à 3 tonnes de farine de manioc par semaine.

Les éplucheuses utilisées dans la production des farines de manioc éliminent totalement l'écorce par frottement ou abrasion. Les bavures ou les surfaces rugueuses éliminent, en contact avec les racines tubéreuses, l'écorce. L'épluchage des racines tubéreuses entraîne une perte de poids de 15-27 %, qui varie en fonction de la variété (Mahungu *et al.* 2015). Généralement lors de l'épluchage mécanisé, les racines tubéreuses sont, au même moment, nettoyées.

Il y a aussi des machines laveuses des racines qui n'enlèvent que la mince écorce morte de la racine afin de rendre les racines propres. Ces machines laissent l'écorce interne collée à la pulpe comme elle contient un bon pourcentage d'amidon.



Photo 7.42. Un prototype d'éplucheuse Nzongo III.



Photo 7.43. Une vue des machines laveuses des racines tubéreuses (Usine LAYUKA Madimba).

- Découpage et râpage des racines tubéreuses

La réduction des dimensions de racines tubéreuses est une opération importante pour avoir plus de surface d'attaque par les enzymes et pour l'élimination d'eau pendant le séchage. Elle peut se faire par découpage ou par râpage. Le découpage et le râpage sont des opérations mécanisées.

Les découpeurs permettent de sectionner les racines tubéreuses de manioc en des petites tranches. Les râpes réduisent la pulpe des racines tubéreuses en de petites granules qui forment une pâte. Elles servent également à pulvériser les gâteaux qui résultent du pressage des produits en cours de transformation. Il y a plusieurs modèles de découpeurs et râpes en utilisation à travers la RD Congo.



Photo 7.44. Découpeur-râpe et râpe pour racines tubéreuses de manioc.

- Rouissage

Dans la transformation moderne, le rouissage est pratiqué dans des bacs en acier inoxydable ou en briques et couverts avec des faïences en porcelaine. Ces faïences doivent être de préférence de couleur blanche. Dans la mesure du possible, les bacs de rouissage sont raccordés à un système d'eau courante pour leur alimentation.

Les dimensions de bacs les plus couramment utilisées sont variables. Néanmoins, un bac de 1 m de long x 1 m de large x 1 m de haut, soit 1 m³ a une capacité de 800 kg des racines tubéreuses épluchées soit 1000 kg avant épluchage



Photo 7.45. Bacs de rouissage remplis des micro-cossettes (Matchem, 2008).

- Pressage

Les micro-cossettes ou la pâte résultant du râpage contiennent beaucoup d'eau. Le pressage permet de réduire la quantité d'eau contenue dans les micro-cossettes ou la pâte en transformation. Des sacs contenant des micro-cossettes, de la pâte ou des grumeaux de manioc sont mis sous une presse dont la partie supérieure possède un plateau qui exerce une pression sur ceux-ci afin d'en éliminer une grande partie d'eau.

A la fin du pressage, la teneur en humidité du produit doit se situer entre 38 et 46 %. La réduction de l'humidité de départ raccourcit sensiblement la durée du séchage (de 5-7 jours pour le séchage au soleil à 2 jours). Il existe plusieurs types de presse en utilisation

à travers la RD Congo. Les presses à vis sans fin et à criques hydrauliques sont les plus courantes. Les presses hydrauliques sont encore rares.

- Séchage

Dans des petites unités de transformation de manioc, le séchage au soleil ou ses variantes sont les plus répandus. Lors du séchage au soleil, les micro-cossettes, les granules, etc., sont d'abord pressées pour ramener leur humidité autour de 45 %, ensuite le gâteau y résultant est pulvérisé/émietté. Les granulés obtenus sont répandus soit sur des étalages soit sur des aires cimentées préalablement recouverts de films plastiques noirs. Les films plastiques noirs améliorent l'absorption de la chaleur.



Photo 7.46. Presse à crique hydraulique Bukanga Lonzo.

La durée minimum du séchage au soleil est de 16 heures d'exposition soit deux journées consécutives de séchage (8h00 à 16h00). Généralement, la surface de séchage est surélevée pour éviter une contamination facile par des grains de sable, les excréments ou les urines des animaux, etc. Tout autour des étalages ou d'aires de séchage, on plante une pelouse / couverture herbacée.

A la fin de chaque journée (entre 17h00 et 18h00), le produit en séchage est retiré et gardé dans un bâtiment où il est étalé et non gardé en tas. Le lendemain matin, il est remis en séchage.



Photo 7.47. Séchage des micro-cossettes sur des claies surélevées (LAYUKA, Madimba, 2016).



Photo 7.48. Vue extérieure et intérieure du séchoir cabinet de Kinkanzi/Muanda, Kongo Central.

Le séchage au soleil est le plus répandu et est tributaire des conditions atmosphériques. Pendant la saison sèche où les températures sont basses ou pendant les périodes des pluies successives, ce type de séchage pose de sérieux problèmes. Il vaut alors mieux recourir au séchage artificiel ou solaire amélioré. Le séchage artificiel est le plus pratiqué parce qu'il peut être réalisé à n'importe quel moment et dans n'importe quelle condition météorologique. Le séchage solaire est plus commode dans les zones où n'y a pas suffisamment d'énergie électrique.

Le séchage artificiel est le plus recommandé dans le cas de transformation des grandes quantités de racines tubéreuses. Il existe plusieurs types de séchoirs dont : les séchoirs cabinets, rotatifs et pneumatiques etc.

Les deux modèles de séchoirs en utilisation en RD Congo sont le séchoir pneumatique du type flash dryer et les séchoirs cabinets. Les séchoirs cabinets sont faits de containers chauffés respectivement avec du bois (Ibi village, plateau Batéké) et au courant électrique (Minoterie de Kinkanzi à Muanda).

Les flashs dryers réduisent l'humidité des granulés de manioc à 10-12 % en espace de 3 à 5 secondes. Ce type de séchoirs est encore rare en RD Congo. Seules trois entreprises de transformation de manioc LAYUKA SARL (Madimba, Kongo Central), l'Unité de transformation de manioc de Bukanga Lonzo et NutriPro (Kinshasa) et la station de recherche de l'IITA/Kalambo au Sud Kivu en disposent. Le flash dryer de Bukanga Lonzo avait été importé du Nigeria par l'IITA en 2016. Ceux de LAYUKA, de NutriPro et IITA/Kalambo ont été fabriqués localement respectivement en 2013 et 2019. Toutefois, ces flash dryers sont de petites capacités et ont un cyclone et produisent 1 à 2,5 tonnes de farine ou d'amidon par jour.

Il est à noter que l'expérience a montré que les meilleurs résultats de séchage de la farine rouie de manioc ne sont obtenus qu'avec le flash dryer. D'autres prototypes de séchoirs introduits au Congo n'arrivent pas à faire descendre l'humidité maximum du manioc roui à une teneur inférieure ou égale à 12 %.

Les travaux conduits par le Département de Physique de la Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa en collaboration avec l'IITA et l'INERA ont abouti au développement d'un séchoir solaire ELOUMAH adapté aux produits de transformation de manioc (Bokungu *et al.*, 2015). Le séchoir ELOUMAH est composé de trois principales

parties qui sont : le foyer, l'axe central et la chambre de séchage. Le foyer capte l'énergie solaire qui chauffe l'air qui s'y trouve. L'air chaud est forcé de passer par le bas de la partie centrale où se trouve la seule voie de passage vers la chambre de séchage. L'air chaud entre dans la chambre de séchage par le bas et remonte en traversant la masse en séchage. Cette chambre se remplit d'humidité qui s'échappe par le haut.

Généralement, à la fin du séchage, les cossettes, les micro-cossettes et la farine de manioc doivent être de couleur blanche. Les cossettes et la farine colorée conduisent en général à des produits qui ne seront pas réellement blancs et peu appréciés par les consommateurs.



Photo 7.49. Flash dryer, Bukanga Lonzo, 2016.



Photo 7.50. Séchoir solaire ELOUMAH, Mvuazi, 2014.

- Moutures et tamisage

Dans la transformation moderne, après le séchage, les micro-cossettes ou les granulés de manioc sont moulus pour donner de la farine fine. Au moins, 90 % des particules doivent passer à travers les mailles de 0.6 mm ou les dimensions des particules doivent être comprises entre 250 et 500 μ . La farine est aussi un produit intermédiaire car le produit final est la pâte appelée *fufu*, *luku*, *ugali*, Nshima etc. obtenu en malaxant la farine dans de l'eau en ébullition mais continue le malaxage hors du feu pour une consistance non élastique.



Photo 7.51. Grilloir à gari IITA/Kalambo, Sud Kivu, 2014.

- Grillage

Le gari et le fuku sont les seuls produits grillés que l'on retrouve en RD Congo. Actuellement il existe des grilloirs améliorés utilisés par quelques unités de production du gari.

- Emballage

Les micro-cossettes et la farine sont conditionnées dans des sacs en polyuréthane ou polyéthylène de 10, 25 et 50 kg ou en plastique ou en papier de 1, 2,5 et 5 kg. Les sacs sont manuellement remplis et pesés avec des balances digitales. Contrairement aux cossettes, la



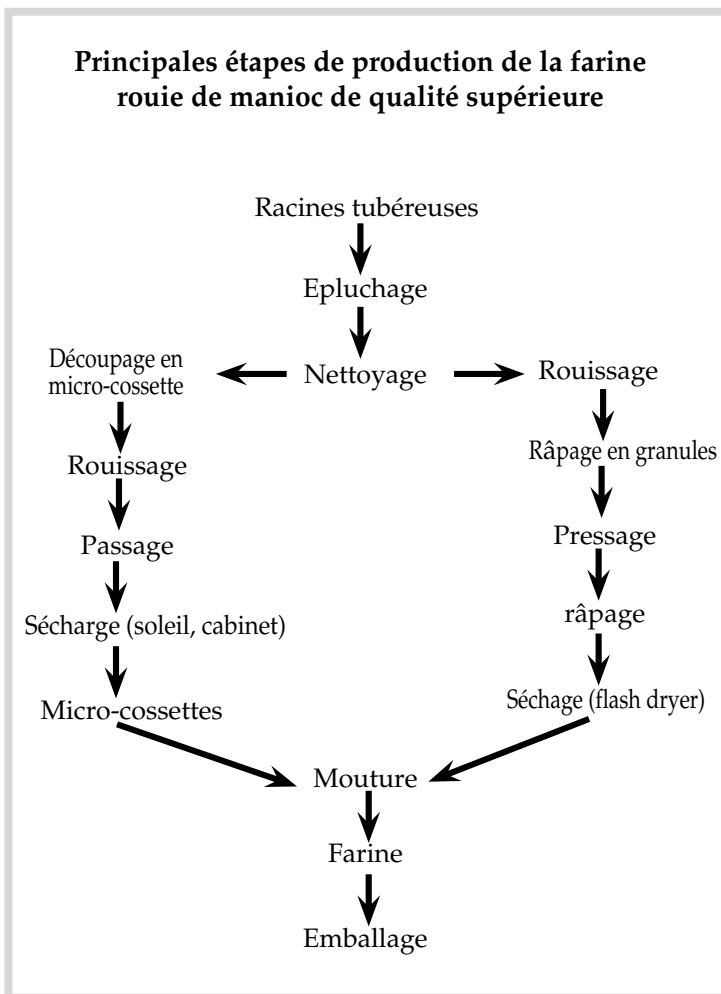
Photo 7.52. Sacs de farine rouie de manioc de certaines compagnies de transformation ;(Source photo à droite : Niangisi A., 2020).

farine de manioc emballée n'occupe pas un grand volume. Dans certains cas, les sacs d'emballage contiennent à l'intérieur un sachet plastique afin d'éviter une réabsorption facile d'humidité. Ce type d'emballage permet de conserver les produits bien séchés (tout au plus 12% d'humidité) pendant une période de 6 à 12 mois.

Principaux produits par des méthodes de transformation améliorées

Actuellement en RD Congo, ce sont des unités/entreprises qui possèdent des machines qui utilisent les techniques améliorées pour la production des produits de qualité. Les principaux produits provenant des unités de transformation du manioc sont : les micro-cossettes

rouies, la farine rouie de manioc de qualité supérieure (FMRQS), la pâte fermentée ou Kimpuka de qualité supérieure, la farine de manioc de haute qualité (FMHQ) et l'amidon.



Farine de manioc rouie de qualité supérieure (FMRQS)

La farine de manioc rouie de qualité supérieure ou fufu de qualité supérieure est principalement obtenue par la mouture des micro-cossettes, qui actuellement constituent le principal produit transformé avec les techniques améliorées. Les micro-cossettes (cossettes de petites dimensions) sont un produit intermédiaire qui est moulu en farine avant son utilisation dans la préparation de *Fufu/Ugali Nshima*.

Les racines tubéreuses de manioc fraîchement récoltées sont épluchées, nettoyées et découpées avant d'être fermentées pendant un minimum de 48 heures dans un bac de rouissage jusqu'au leur ramollissement. Au cas où pendant le rouissage on observe que les micro-cossettes ne sont pas blanches, on peut changer l'eau.

Après le rouissage, les micro-cossettes ramollies sont mises dans des sacs qui sont par la suite bien pressés. Le gâteau obtenu après pressage est pulvérisé avec une râpe ou manuellement et les micro-cossettes sont par la suite séchées au soleil ou dans un séchoir cabinet. Lors du séchage au soleil, à la fin de la journée ou en cas de pluie, les

micro-cossettes sont enlevées de l'étagé ou de l'aire de séchage afin d'éviter une reprise d'humidité. La durée de ce type de séchage est généralement de 16 heures d'exposition au soleil. Enfin, les micro-cossettes sont moulues et la farine est emballée dans des sacs en jutes, en polyuréthane ou en polyéthylène.

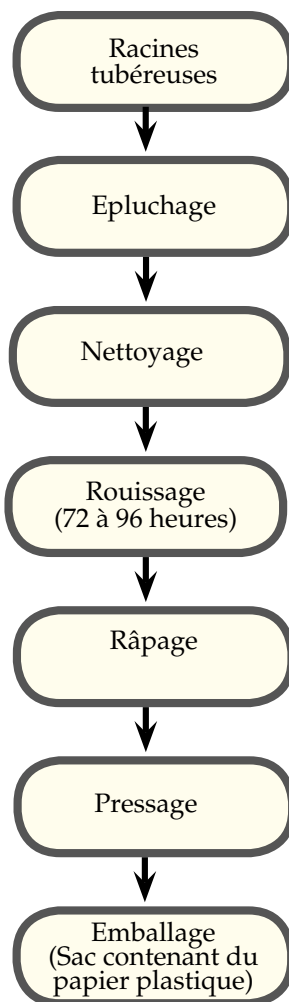
Dans le cas de séchage par flash dryer, les racines tubéreuses épluchées et nettoyées sont rouies pendant un minimum de 48 heures. A la fin du rouissage, elles sont pressées et ensuite râpées. Aussi, on peut presser, râper, represser et rerâper si nécessaire. Les grumeaux, très fins et presque secs, avec un maximum 46 % d'humidité, sont séchés au flash dryer pendant 3 à 4 secondes à une température d'air chaud comprise entre 150 et 180°C.

Après séchage, les micro-cossettes ou les grumeaux sont moulus et la farine obtenue est emballée dans des sacs dans des emballages en plastique ou en papier.

Pâte fermentée de manioc de qualité supérieure

La pâte fermentée de qualité supérieure ou Kimpuka de qualité supérieure est une pâte destinée à la préparation des chikwangues. Elle est produite dans des conditions améliorées. Les racines tubéreuses épluchées sont lavées et ensuite fermentées pendant 72 à 96 heures. Les racines tubéreuses ramollies sont pulvérisées avec une râpe. La pâte résultante est pressée et ensuite emballée dans des sacs contenant du sachet plastique. La réduction de l'humidité et l'emballage avec du sachet plastique ralentissent la fermentation secondaire de la pâte et empêchent l'eau de suinter pendant le stockage et la conservation.

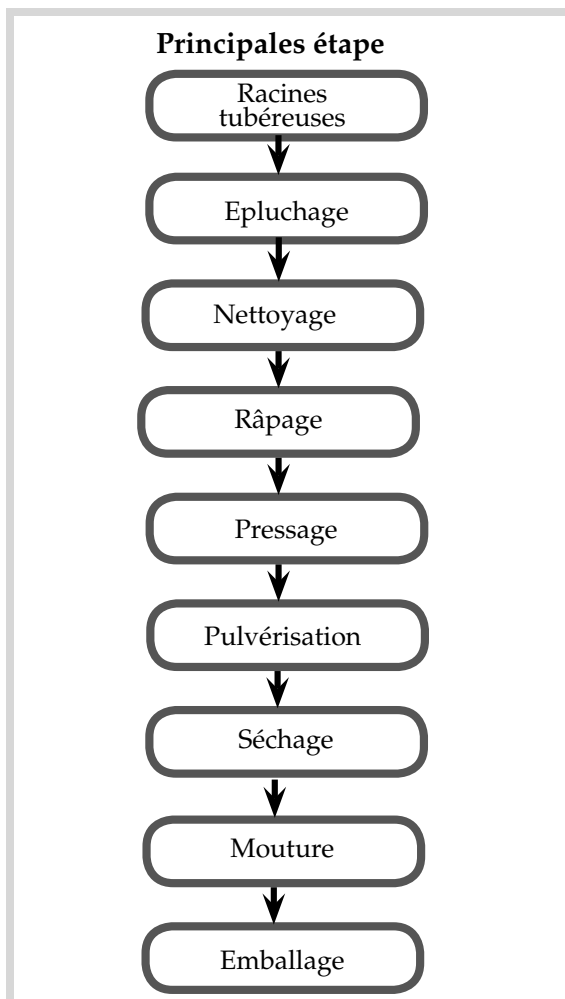
Principales étapes de production de la pâte fermentée de qualité supérieure



Farine de manioc de haute qualité (FMHQ)

La farine de manioc de haute qualité (FMHQ) ou farine panifiable a été introduite en 1998 en RDC par l'IITA dans le cadre de sa dissémination dans la panification. C'est un produit qui est actuellement plus utilisé comme un substitut de la farine de blé dans beaucoup de produits de boulangerie et de pâtisserie. La farine de manioc de haute qualité est produite avec des racines tubéreuses de manioc fraîchement récoltées soit au plus tard 24 heures après récolte.

Les racines tubéreuses fraîches sont épluchées, lavées et ensuite râpées. La masse obtenue après le râpage est directement pressée pour éviter un quelconque début de fermentation. Le gâteau résultant du pressage est ensuite pulvérisé et les grumeaux obtenus sont séchés au soleil ou dans un séchoir. Les grumeaux secs sont moulus avec un moulin à marteau. La farine obtenue est emballée dans des sacs ou des emballages en plastique ou en papier. Les conditionnements les plus courants sont de 5, 10, 20 et 25 kg.



Dans certains cas, les racines tubéreuses à très faible potentiel en acide cyanhydrique sont après épluchage et lavage, découpées en micro-cossettes qui sont directement séchées sur des étalages, aires cimentées ou dans des séchoirs cabinets.

1. Production de l'amidon

Après récolte, les racines tubéreuses fraîches sont mécaniquement lavées, broyées. Le « lait obtenu après broyage est filtré dans une série des filtres et le lait d'amidon tombe dans un long canal serpente qui se remplit au fur et à mesure que le filtrat y arrive et l'amidon se dépose par décantation au fond du canal.

Après un moment, l'eau surnageant est évacuée en ouvrant un robinet qui la laisse couler dans un canal d'évacuation. L'amidon est raclé, mis dans des sacs en tissus qui sont par la suite pressés. L'amidon pressé est pulvérisé et est séché dans un flash dryer.

Actuellement, seule l'usine de transformation de manioc LAYUKA SARL (Madimba, Kongo Central) possède une unité mécanisée d'extraction d'amidon. Des enquêtes réalisées par LAYUKA ont révélé que plusieurs entreprises locales utilisent l'amidon

comme matière première. Ce sont principalement les charcuteries, les pâtisseries, les usines de production des papiers de toilette, des cartons d'emballage, etc.



Photo 7.53. Une vue de l'unité d'extraction d'amidon de Layuka SARL, Madimba, Kongo Central.

a. Extraction de l'amidon de manioc

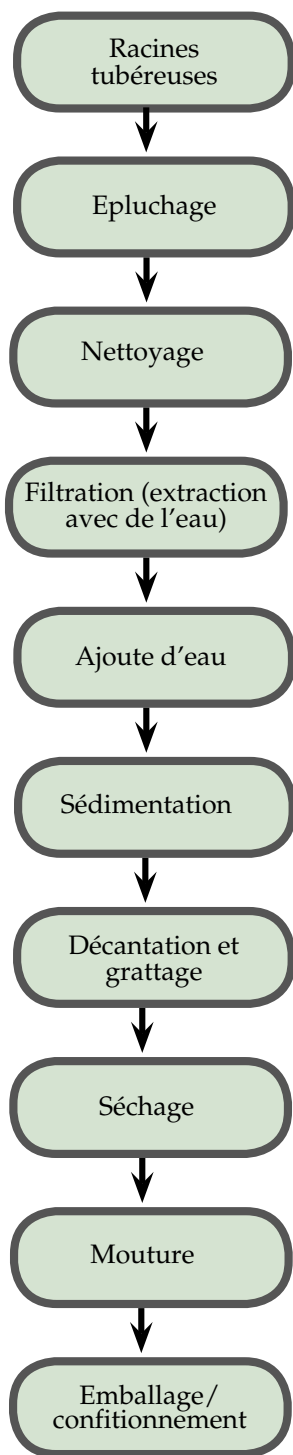
Les racines tubéreuses et l'eau constituent les deux principaux éléments d'extraction. L'idéal est d'utiliser les racines tubéreuses d'une variété qui a une teneur élevée en amidon (supérieur ou égal à 25 %). Les racines tubéreuses doivent être transformées au plus tard 48 heures après leur récolte. L'eau d'extraction d'amidon doit être très propre.

b. Les principales étapes d'extraction de l'amidon

Les principales étapes d'extraction d'amidon sont : le nettoyage, le râpage, l'extraction, la sédimentation/décantation, le raclage et ajout d'eau, pulvérisation/émiettement, séchage, mouture et conditionnement.

- *Nettoyage des racines tubéreuses* : Dans les petites unités de transformation, le nettoyage est manuel. Dans les grandes industries, le nettoyage est une opération mécanique où seulement la couche extérieure de l'écorce (écorce extérieure) est enlevée. L'écorce interne est maintenue car elle constituée à près de 40% d'amidon.
- *Râpage*. Les racines tubéreuses de manioc lavées sont finement râpées.
- *Extraction de l'amidon* : L'extraction est réalisée par un lavage abondant des granules résultant du râpage et de leur filtration. Dans des petites unités, on utilise souvent comme filtre un tamis ou un tissu très fin.
- *Sédimentation/Décantation*. Après lavage et filtration, le lait d'amidon est mis dans un récipient (bassin, fût, etc.) qui est ensuite rempli d'eau propre (rapport 1 kg d'amidon/10 l d'eau). Petit à petit, les particules d'amidon se déposent au fond du récipient. Après que l'eau soit devenue jaunâtre et sans particule en suspension, on décante le surnageant et on racle l'amidon qui s'était déposé. L'amidon est ensuite émietté et mélangé de nouveau avec de l'eau propre.

Principales étapes d'extraction de l'amidon de manioc



La décantation/sédimentation, émiettement et ajout d'eau continuent jusqu'au moment où on obtiendra un surnageant clair.

Éliminer toutes les impuretés observées au-dessus et en dessous de l'amidon sédimenté.



Photo 7.54. Granules d'amidon de manioc déposés au fond d'un bassin, Gemena, 2014.

- *Sédimentation/Décantation.* La durée de séchage est d'au moins 16 heures d'exposition au soleil. A la fin du séchage, le taux d'humidité de l'amidon doit être $\leq 12\%$. Le séchage au soleil a l'avantage de donner un amidon blanc de suite de l'action des rayons ultraviolets du soleil. Généralement, les consommateurs exigent de l'amidon très fin. Il est important de moudre après séchage l'amidon en fonction de la granulométrie exigée par le ou les différents consommateurs.
- *Conditionnement/Emballage.* L'emballage de l'amidon doit être étanche (papier Kraft). En fonction du marché, l'amidon peut être emballé dans des :
 - Grands ballons d'une tonne ou plus chacun ; si c'est destiné à un usage industriel
 - Sacs de 25 ou 50 kg
 - Sachets de 0,5 ; 1 ; 2,5 et 5 kg ; pour des usages domestiques

Les recettes à base de manioc

Les racines tubéreuses de manioc et feuilles de manioc sont traditionnellement transformées en plusieurs produits. Ces différents produits semblables sont différemment appelés en fonction de zones géographiques et de langues locales. Il existe de petites différences pour un même produit en fonction de la zone géographique. Dans ce chapitre, nous allons donner les recettes qui conduisent aux recettes les plus répandues dans les grandes zones géographiques de la RD Congo.

Racines tubéreuses de manioc

1 Fufu

Le fufu est une pâte alimentaire préparée à base de farine de manioc rouie. Il est également appelé Luku, Ugali, Nshima etc.

Ingrédients :

- Farine fermentée de manioc 450 g
- Eau 900 ml

Procédure :

1. Tamiser la farine de manioc
2. Bouillir l'eau
3. Enlever la casserole de la plaque chauffante ou du réchaud
4. Ajouter la farine de manioc
5. Malaxer jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène et à consistance désirée.

Dans certaines parties du pays, on mélange la farine de manioc à celle du maïs. Dans une partie de la province du Kwilu, la farine de manioc est mélangée à celle du millet. Dans les hautes altitudes de l'Ituri, la farine de manioc est mélangée avec celle du sorgho.

2 Ugali/Nshima/Fufu manioc + maïs/Pâte manioc - maïs

Ingrédients

- Eau : 1 l
- Farine de manioc (rouie ou non) : 200 g
- Farine de maïs : 400 g

Procédure :

1. Tamiser la farine de manioc
2. Tamiser la farine de maïs
3. Mettre l'eau dans une casserole
4. Bouillir de l'eau
5. A l'ébullition, mélanger la moitié de la farine de maïs avec un peu d'eau froide. Ajouter le mélange dans la casserole et bouillir pendant 5 à 10 minutes.
6. Ajouter le reste de la farine de maïs, malaxer
7. Ajouter la farine de manioc et continuer à malaxer jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène et à consistance désirée.
8. Servir avec un plat de feuilles de manioc etc.

3 Chikwangués

Il existe plusieurs types de chikwangué. Les chikwangués diffèrent entre elles par la consistance de la pâte cuite, la méthode de préparation et parfois le contenu.

a. Chikwangué ordinaire

Ingrédient :

- Racines tubéreuses amères ou sucrées

Procédure :

- Éplucher les racines tubéreuses
- Laver et découper les racines tubéreuses
- Rouir les racines tubéreuses découpées pendant 72 à 96 heures
- Émietter les racines rouies
- Éliminer les fibres en tamisant la pâte dans un bassin contenant de l'eau

b. Ntolula ou Losalobe

Ingrédients :

- Pâte fermentée de manioc : 500 g
- Eau : 2 l
- Feuilles appropriées pour emballage ou feuille d'aluminium

Procédure :

- Pétrir la pâte sur une planche
- Découper en tas, si nécessaire
- Mouler la pâte en une forme allongée
- Emballer dans des feuilles ou aluminium
- Bouillir pendant 1 heure

c. Ntolula ya moambal/bâton à la pâte d'arachide

Ce type de chikwangué était traditionnellement destiné aux voyages. Cette chikwangué a peu d'eau et peut être conservée pendant plusieurs jours. Traditionnellement, on ajoute à la pâte du beurre d'arachide, de la viande, etc. Elle constitue un aliment complet.

Ingrédients :

- Pâte chikwangué : 500g
- Sel : 1 g
- Pâte d'arachide : 125g
- Eau : 2 l
- Piment moulu : 0,5 g
- Feuilles appropriées pour emballage/feuille d'aluminium

Procédure :

1. Pétrir la pâte sur une planche
2. Ajouter du sel, la pâte d'arachide et du piment, bien mélanger et continuer à pétrir avec la pâte
3. Mouler la pâte en une forme allongée
4. Emballer dans des feuilles ou aluminium
5. Bouillir pendant un minimum d'une heure

d. Chikwangue braisée ou fumée

Ingrédient :

- Manioc fermenté (« kimpuka »)

Procédure

1. Émietter, et défibrer manuellement les racines tubéreuses fermentées
2. Tamiser les racines tubéreuses défibrées dans un bassin d'eau
3. Presser la pâte tamisée
4. Malaxer et pétrir la pâte
5. Mouler la pâte malaxée et pétrie
6. Emballer la pâte moulée dans des feuilles de marantacées
7. Creuser un trou d'environ 50 cm de profondeur, 80 cm de longueur et 20 cm de largeur
8. Disposer le bois de chauffage ou le charbon dans le trou
9. Allumer un petit feu qui produit de la chaleur et de la fumée,
10. Placer les pâtes emballées au-dessus du feu et couvrir avec un couvercle
11. Fumer pendant environ 2 à 3 heures
12. Indicateur de fin de cuisson : diminution du poids de la chikwangue

Recettes à base des feuilles de manioc

Les feuilles de manioc commun (*Manihot esculenta* Crantz) et de glaziovii (*Manihot glaziovii*) sont toutes les deux consommées comme légumes. Les feuilles de *M. glaziovii* sont moins abondantes, mais sont bien appréciées dans la ville de Kinshasa à cause de son goût sucré. Aussi, les ménagères préfèrent les feuilles avec un peu de mosaïque (CMD classes 2 et 3) parce qu'elles donnent un pondu appétissant.

Des études ont montré que les feuilles de manioc sont consommées 2 à 3 fois par semaine par ménage (Kondhe *et al.*, 2009). Dans les provinces du Kasai, Kasai Central, Kasai Oriental et Lomami, les plats à base des feuilles de manioc sont toujours présents lors de la plupart des repas.

Généralement, ce sont les limbes des feuilles fraîches de 30 à 45 jours qui servent à la préparation des plats. Dans certains cas, ce sont seulement les nouvelles repousses de sept à dix jours qui sont récoltées. C'est le cas du pondu dit 'céleri' qu'on retrouve dans la province de la Tshopo.

Les principaux ingrédients de préparation des plats à base des feuilles de manioc sont : les feuilles de manioc tendres, l'huile de palme, l'eau, du sel, du piment vert, des oignons. Les plats de feuilles de manioc diffèrent entre eux par les principaux ingrédients utilisés et peuvent regrouper en : Pondu (Saka-saka, Nsaki, Sombe, Kaleji, Matamba) ordinaire/commun, pondu au bicarbonate/sel traditionnel, pondu au haricot, pondu au beurre d'arachide, pondu frit (ngwangula), pondu fermenté.

Lors des préparations, les feuilles de manioc nettoyées sont blanchies, pilées avant d'être mises dans une marmite avec près de 30 % du volume rempli d'eau. La marmite est ensuite mise sur un feu et cuite pendant 45 à 60 minutes. Lors du blanchiment, les feuilles nettoyées sont soit totalement immergées dans de l'eau chaude pendant 5 à 10 minutes, soit grillées dans une marmite pendant 3 à 5 minutes. Pendant cette opération les feuilles sont retournées et se ramollissent.



Photo 7.55. Pilage des feuilles de manioc, Djolu, province de la Tshuapa (à gauche) et à Kinshasa (à droite).

Les feuilles blanchies sont pilées dans des mortiers. Dans certains cas, dans le Bas-fleuve au Kongo Central, les feuilles nettoyées et blanchies sont râpées.

Selon le cas, pendant le pilage, on ajoute des aubergines, des oignons entiers ou en tranches, du piment, du poireau, etc.

Certains plats sont à base de feuilles de manioc fermentées. Les feuilles de manioc lavées sont emballées selon le cas dans des feuilles de bananier, des marantacées, de papayer, et fermentées pendant 3 à 5 jours. Les feuilles emballées sont souvent exposées au soleil. Dans le territoire de Luozi, province du Kongo Central, les feuilles de manioc emballées dans les feuilles de papayer sont gardées dans un endroit frais pendant toute la période de fermentation. A la fin de la fermentation, les feuilles de manioc sont bien ramollies et directement préparées ou émiettées puis préparées.

Pendant la cuisson, on ajoute de l'huile, du sel, du poisson ou de la viande. Il existe des plats préparés avec des feuilles de manioc fermentées. Deux types de sel sont utilisés dans la préparation des plats des feuilles de manioc : du sel de cuisine ordinaire et du sel traditionnel aussi appelé 'bicarbonate'. Lorsqu'un plat est préparé avec du sel traditionnel, on parle des feuilles de manioc au bicarbonate. Le sel traditionnel est préparé en brûlant selon la contrée des feuilles ou l'inflorescence mâle de bananier, l'inflorescence du palmier à huile ou des herbes. Les cendres obtenues sont soit directement utilisées comme sel ou elles sont filtrées et le liquide obtenu est ajouté au plat de feuilles de manioc.

La viande boucanée, du poisson fumé ou des termites sont optionnellement ajoutés au plat en préparation. La viande boucanée est plus utilisée dans la zone forestière de la RD Congo. Du poisson fumé semble être le plus ajouté aux plats des feuilles de manioc. Les termites sont fréquemment ajoutés aux plats de feuilles de manioc dans les provinces du Kasai, Kasai Central, Kasai Oriental et de la Lomami.

Dans des rares cas, les feuilles de manioc non blanchies ou blanchies sont pilées et séchées au soleil. Le séchage permet de conserver le manioc-légume pendant une longue période. Cette pratique est souvent utilisée pour la conservation des feuilles de manioc exportées. La communauté congolaise vivant en Europe et en Amérique du Nord accepte ce type de ponde car c'est le plus rencontré dans les supermarchés. Lors de la préparation, ce ponde est souvent mélangé avec un légume feuille pour paraître un peu frais et tendre.

Tableau 7.41. Les ingrédients de différents plats des feuilles de manioc.

Plat	Feuilles (g)	Eau (litre)	Huile (ml)	Oignon (boules/ pièce)	Sel (g)	Aubergine (g)	Piment (g)	Ail (g)	Ciboule (g)	Poisson fumé ou viande boucanée (g)	Temps de cuisson (minutes)
Pondu commun	500	1,25	100	10	1,25	75	2,5	-		250	30
Botsou	700	2,0	1000	-	5 à 10		Optionnel	10		500	10 à 15
Mandjakpa	500	1,5	750		2 à 3	200 (aubergine amer)	Optionnel	-	-		20
<i>Feuilles de manioc fermentées</i>											
Kikula	500	--	10		Pincée	-	Optionnel				Frire pendant 5 minutes
Mvuadi	500	1	100		½ cuillerée à café sel traditionnel	-					55
<i>Feuilles de manioc + Légumineuses</i>											
Nsaki madeso	750 g + 500 g haricot déjà bouilli	3	250	15	5	150	5	Optionnel	Optionnel	250 g et optionnel	45
Manioc au beurre d'arachide	500 + beurre d'arachide 150 g	1,5	100	10	1,5	--	1 et optionnel	Optionnel	Optionnel	200	45

Etude d'impact environnemental (EIA) des unités de transformation

Avec l'avènement et la promotion des entreprises de transformation du manioc, les PME augmentent en nombre et certaines évoluent graduellement à des grandes unités de transformation. Ceci pose un problème à l'environnement dans la gestion des effluents d'eau et de déchets solides. Ces entreprises sont appelées de mener des EIA afin de générer les mesures de mitigation des impacts sociaux environnementaux directs, indirects et potentiels pouvant résulter de la création de ces unités de transformation du manioc en RD Congo comme détaillées dans l'annexe A ci-dessous.

Références

- Bokungu P. E., Ekofo E.L, Lukombo S.S and Mahungu N.M 2015 Design, Construction and Operation of Solar Dryer for Granules and Microchips of *Manihot esculenta* Crantz Tuberous Roots. *International Journal of Thermal and Environment Engineering* Vol. 9 N 2 (2015) pages 99 - 105
- Cardoso AP, Mirione E, Ernesto M, Massaza F. 2005. Processing of cassava roots to remove cyanogens. *J. Food Composition Analysis*; 18:451–460.
- Dziertzoawe, N.T; Abass A.B, Amoa-Awa W. and Sablah M. 2006. Quality Management manual for Production of High quality Cassava Flour. International Institute of Tropical Agriculture. Editors Adegake G.O and Bruner L.
- HarvestPlus. 2010. Country Crop Profile, Provitamin A in the Democratic Republic of Congo. July 2010
- James, B., Okechukwu, R., Abass, A., Fannah, S., Maziya-Dixon, B., Sanni, L., Osei-Sarfoh, A., Fomba, S. et Lukombo, S. 2013. Production du gari à partri du manioc : Guide illustré à l'intention des transformateurs de manioc à petite échelle. Institut international d'agriculture tropicale (IITA) : Ibadan, Nigeria.
- Kinkela S., Tingu Y., Ntoto M., Mpanzu B. et Belani M. 2009. Etude de la filière Manioc dans les provinces de Kinshasa et du Bas-Congo. Proseca, 144 p.
- Kobawila S C, D, Louembe, S Keleke, J Hounhouigan and C Gamba. 2005. Reduction of the cyanide content during fermentation of cassava roots and leaves to produce bikedi and ntoba mbodi, two food products from Congo. *African Journal of Biotechnology* Vol. 4 (7), pp. 689-696, 2005
- Mahungu N.M., J. Kalemba; S. Nluta; O. Nuambote; S. Bidiaka; T. Bakelana et M. Binzunga. 2015. L'influence des épilures des racines de manioc dans l'estimation économique du rendement sec des racines. Poster at World Congress on Root and Tuber Crops, 5-10, oct.,2015, Nanning, China
- Mahungu N.M., Y. Yamaguchi, A.M. Almazan and S.K. Hahn, 1987. Reduction of cyanide during processing of cassava into some traditional African foods. *J. Food Agric.* 1: 11-15
- Massamba J. et Treche S. 1993. Facteurs influençant les modalités de rouissage du manioc au Congo. Communication présentée au Colloque Anthropologie alimentaire et développement en Afrique intertropicale : du biologique au social. 27-30 avril 1993, Yaoundé, Cameroun
- Ngonde Nsakala, Robert. FAO Paper 11 : Racines et tubercules en République Démocratique du Congo - Importance dans la sécurité alimentaire. Contribution à

l'amélioration de la production des statistiques. <http://www.fao.org/3/y9422e/y9422e0b.htm> ; Consulté en Décembre 2019.

Nweke T, D. Lutete, A G.O Dixon, B.O Ugwu, O. Ajobo, N. Kalombo and B. Bukaka. 2000. Cassava Production and Processing in the Democratic Republic of Congo. International Institute of Tropical Agriculture. COSCA Working paper 22.

Programme National Manioc (PRONAM). 1988. Rapport annuel. Station de Research de l'INERA, Mvuazi, Kongo Central, République Démocratique du Congo.

Treche S. 1995. Importance du manioc dans l'alimentation humaine dans différentes régions du monde. In Egbor Egbe, T; Brauman, A ; Griffon, D and Treche, S (eds) transformation alimentaire du manioc. ORSTOM édition, Paris, page 25 -35.

Tshibaka T and Lumpungu K. 1989. Trends and Prospects for cassava in Zaire. Working paper N 4 on cassava. International Food Policy Research Institute. Washington DC, USA.

Westby, Andrew. 2002. Cassava Utilization, Storage and Small-scale Processing. In Cassava biology, production and utilization. Editors R.J Hillocks, J.M. Thresh and A.C. Belloti. Pages 281-300. CAB International Wallingford, United Kingdom.

Annexe 1.

Défis relatifs aux facteurs environnementaux provenant des unités émergentes de traitement de manioc à petite échelle : Le cas en RD Congo*

Mubenga ^{P2}; Lukombo S¹; Abass A³; et Mahungu N¹

¹IITA Kinshasa, RD Congo (N.Mahungu@cgiar.org)

²Dellions Environnement, Kinshasa, RD Congo

³IITA Dar-Es-Salaam, Tanzania

**(Traduit de l'Anglais de l'article soumis à Food Chemistry : Challenges on environmental factors from emerging small-scale cassava processing units : the case of DR Congo)*

Résumé

La transformation commerciale du manioc, à petite, moyenne et grande échelle, fait son apparition dans de nombreuses régions d'Afrique. En République démocratique du Congo, jusqu'à récemment au début des années 2000, le manioc était traditionnellement transformé pour la production locale où la transformation du manioc était respectivement un nouveau concept et un nouveau type d'entreprises en RD Congo. Etant nouveau, peu est encore connu sur leur action sur l'environnement. L'IITA, en collaboration avec Dellions Environment, a mené des études environnementales sur les impacts des nouvelles entreprises de transformation du manioc à petite et moyenne échelle.

Le principal objectif de ces études était d'identifier et d'évaluer les impacts environnementaux et sociaux directs, indirects et potentiels résultant de la construction et de l'exploitation des unités de transformation du manioc.

L'étude a été réalisée avec des PME soutenues par l'IITA / le projet de réhabilitation du manioc financé par l'USAID. L'étude a mis l'accent sur l'analyse et l'évaluation environnementale liées à l'air, au sol, à l'eau, à la faune et au social en ce qui concerne les enjeux / défis environnementaux afin d'identifier leurs impacts positifs ou contraintes importantes lors de l'implantation de ces petites unités de transformation.

En général, l'étude a révélé que la contrainte majeure était la bonne gestion des effluents des cuves de fermentation du manioc et des presses qui avaient du cyanure à leur point de rejet. Les quatre PME évaluées devraient prendre en compte les mesures d'atténuation des impacts sur l'apparition de paramètres environnementaux (eau et sol) comme décrit ci-dessous à partir d'échantillons analysés.

Mots clés : Evaluation - Environnement - Impacts - D.R. Congo

Introduction

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) est principalement cultivé pour ses racines tubéreuses qui constituent une source importante d'énergie alimentaire pour plus de 500 millions de personnes sous les tropiques (Lyman, 1993). En général, les racines tubéreuses de manioc peuvent être stockées sous terre pendant plus de deux ans, alors qu'elles deviennent hautement périssables après la récolte. La transformation des racines en produits à faible humidité contribue à l'extension de la conservation et à la réduction de l'encombrement des racines tubéreuses (IITA, 1990). Dans la région centrale de l'Afrique, les feuilles de manioc sont utilisées comme légumes.

En République Démocratique du Congo (RDC), le manioc est l'aliment de base le plus important. Ses racines tubéreuses sont consommées crues, bouillies, bouillies et pilées, frites, cuites au four ou après avoir été transformées en divers produits. Ils fournissent plus de la moitié de l'énergie quotidienne nécessaire aux populations congolaises. Les copeaux et pâtes fermentés et les copeaux séchés au soleil non fermentés sont les produits transformés à base de manioc les plus courants. Traditionnellement, de petites quantités de racines tubéreuses de manioc sont traitées manuellement au niveau des ménages. Les efforts récents du gouvernement de la RDC et d'autres parties prenantes ont conduit au développement et à la diffusion de variétés améliorées à haut rendement et résistantes aux ravageurs / maladies.

Ainsi, à son tour, a entraîné une augmentation importante de la production de manioc dans de nombreuses régions du pays. Afin d'éviter une surabondance de la production, des équipements et des usines améliorées de transformation du manioc ont été introduits pour faciliter l'absorption d'une grande quantité de manioc dans des produits de haute qualité. L'introduction et la création d'usines de transformation classées comme petites et moyennes entreprises (PME) en RDC ont entraîné un virage vers la transformation commerciale du manioc.

Les transformateurs utilisés pour gérer de petites quantités d'effluents d'eau et de déchets solides doivent désormais traiter de grandes quantités. Ceux-ci sont dangereux pour l'environnement (Cumbana *et al*, 2007, et Jyothi *et al*, 2005). Une tonne de farine de manioc peut générer en moyenne 2,62 m³ et 3,68 m³ de résidus d'eau issus du lavage et de la production de farine (Horsfall *et al.*, 2006), respectivement. Pour les PME nouvellement créées et les régulateurs de la RDC, il s'agit d'un nouveau concept et d'un nouveau type d'entreprises dont l'impact sur l'environnement est mal connu.

L'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) en RDC, en collaboration avec *Dellions Environnement*, a mené des études environnementales sur les impacts des nouvelles petites et moyennes entreprises de transformation du manioc. L'objectif principal de ces études était d'identifier et d'évaluer les impacts sociaux environnementaux directs, indirects et potentiels pouvant résulter de la création d'unités de transformation du manioc.

L'étude s'est focalisée sur l'analyse et l'évaluation environnementale liées à l'air, au sol, à l'eau, à la faune et à l'impact social avec des enjeux afin d'identifier leurs effets positifs et les contraintes importantes liées à la mise en place de ces petites unités de transformation.

Méthodologie

Quatre PME de transformation du manioc : MATCHEM-Agriculture et ALIZÉ, BENIFOOD et MIDEKI, respectivement basées à Kinshasa et dans la province du Bas-Congo, ont été sélectionnées au hasard pour l'enquête sur les impacts environnementaux directs, indirects et potentiels des PME. ALIZE, MATCHEM et MIDEKI transforment les racines tubéreuses de manioc en farine de manioc fermentée (fufu). Dans les 48 heures suivant la récolte, les racines tubéreuses de manioc ont été pelées, lavées, ébréchées et fermentées dans des cuves pendant 3 jours. A la fin de la fermentation, l'eau a été drainée. Les copeaux ont été lavés avant d'être placés dans des sacs en polyuréthane. Les sacs ont ensuite été pressés pendant 15 à 30 minutes. Dans chacune des PME, les effluents d'eau étaient dirigés vers une fosse souterraine. BENIFOOD produit de l'amidon de manioc. Dans les 24 heures suivant la récolte, les racines de manioc ont été pelées, lavées, râpées et placées dans un extracteur d'amidon. Après extraction, le moût de lavage est collecté et placé dans des sacs en polyuréthane. Les sacs étaient pressés ; le gâteau a été cassé et étalé aux étapes de séchage.

Les PME sélectionnées ont été visitées chacune par une équipe de spécialistes de l'environnement de Dellions et des échantillons d'effluents d'eau ont été collectés, après 3 jours de fermentation, au niveau des cuves de fermentation, presse, point d'entrée de la fosse souterraine, et à la source d'eau douce (source ou robinet). Pour l'amidon, les effluents aqueux ont été prélevés au niveau de l'extracteur d'amidon et de la presse.

Les échantillons ont été conservés dans des glacières et emmenés au laboratoire pour analyse. La demande biologique en oxygène (DBO5), qui est égale à la quantité d'oxygène dissous consommée en cinq jours par les bactéries qui effectuent la biodégradation de la matière organique, la demande chimique en oxygène (DCO), qui indique indirectement la quantité de composés organiques présents dans l'eau, le cyanure et la teneur en phosphate, la turbidité et le pH des échantillons prélevés ont été analysés ou déterminés au laboratoire de chimie du Département des Sciences de l'Université de Kinshasa

Résultats et discussion

Les résultats de l'analyse des effluents d'eau de manioc ont indiqué que les valeurs de DBO5, DCO, cyanure, teneur en phosphate et turbidité des effluents d'eau de manioc étaient supérieures et que le pH était inférieur aux normes recommandées par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) pour l'eau potable. La DBO5 variait de 68,60

à 268,60 mg/l et la DCO de 216,42 à 564,2 mg/l. Les valeurs les plus élevées de DBO5 et de DCO ont été obtenues à partir de l'effluent de presse collecté à MIDEKI. Alors que les niveaux les plus bas ont été observés à partir d'un échantillon prélevé au point d'entrée de la fosse souterraine à ALIZE.

Le niveau de DCO des effluents de fermentation du manioc à la presse était encore plus élevé que celui des normes pour les eaux usées.

Les niveaux les plus bas de DBO5 et de COD5 avec respectivement 32 mg / l et 48 mg / l ont été observés sur les effluents d'amidon provenant de l'extracteur d'amidon de BENIFOOD. Des niveaux élevés de DBO indiquent des conséquences indésirables sur la vie aquatique (Boyd et Lichkopler, 1979). En général, les niveaux de DBO5 et de DCO provenant des effluents de fermentation étaient très supérieurs aux seuils pour l'eau potable (0 mg / l). Les niveaux de DBO 5 étaient proches de <300 mg/l et inférieurs à <600 mg/l recommandés au Japon pour les eaux usées à rejeter dans le réseau d'égouts à partir d'usines à grande échelle et à échelle régulière, respectivement (Okada M et Peterson SA, 2000).

Les teneurs totales en phosphore des effluents aqueux issus de la fermentation des racines tubéreuses du manioc et de l'extraction de l'amidon étaient supérieures au seuil pour l'eau potable (<0,1 mg / l). Ils varient de 113 mg/l à 233,2 mg/l. Les effluents prélevés dans les cuves de fermentation à MATCHEM (216,2 mg/l) et les presses à MIDEKI (233,2 mg/l) ont été caractérisés par des teneurs élevées en phosphate. Une teneur élevée en phosphate dans l'eau peut contribuer à l'eutrophisation puis à la production et à l'accumulation de nitrates.

Le pH des effluents aqueux issus de la fermentation des racines tubéreuses du manioc était acide. Pendant la fermentation, le pH de l'effluent aqueux a diminué et s'est établi en moyenne à 3,92. Ce pH est proche de 4,1 observé par Uzoije *et al.* (2011) sur les effluents des usines de manioc. Le pH de l'effluent aqueux issu de l'extraction de l'amidon (5,96) collecté à BENIFOOD était moins acide que celui de l'eau du robinet (5,60). Selon l'OMS, le pH de l'eau potable devrait varier entre 6,0 et 7,0 (OMS, 2006). Les valeurs de pH obtenues à partir des effluents de manioc fermenté indiquaient qu'ils n'étaient pas potables. Ils étaient également inférieurs aux valeurs de pH recommandées de 6,5 à 9 ou 6,5 à 8,5 pour la croissance des poissons (Ayodele et Ajani, 1999 et Okunle, 2000) ou de 5 à 8,7 pour les eaux usées à rejeter dans le réseau d'égouts.

La turbidité des effluents aqueux issus de la fermentation du manioc était très élevée. Leurs valeurs variaient de 55 à 473 FTU. Les valeurs les plus élevées ont été observées sur les effluents des cuves de fermentation, respectivement 98, 386 et 473 FTU à ALIZE, MIDEKI et MATCHEM. Les valeurs de turbidité sur les effluents collectés à la presse étaient plus élevées que celles observées dans les cuves de fermentation. La turbidité était encore élevée au point d'entrée de la fosse souterraine, 68 FTU à ALIZE. Les valeurs de turbidité des effluents issus de la production d'amidon étaient faibles, 18,5 FTU à l'extraction et augmentées à 121 FTU à la presse. La turbidité est augmentée par des valeurs élevées de Total Solid Soluble (TSS) qui peuvent réduire la quantité de lumière qui pénètre dans les plans d'eau (Ethiagbonare *et al.*, 2009).

Les teneurs en cyanure des effluents étaient supérieures au seuil recommandé de 0,2 mg / l pour l'eau potable. Les teneurs en cyanure des effluents de fermentation varient de

142,70 à 186,6 mg/l. Bengtsson et Trient (1994) ont signalé que le cyanure peut avoir un impact négatif sur les stades sensibles des poissons.

Les effets sur les poissons et la vie aquatique dépendent des concentrations de cyanure. La concentration de 5 à 7 mg/l réduit la capacité de nage des poissons et inhibe la reproduction (http://www.cyanidecode.org/cyanide_environmental.php). De nombreuses espèces de poissons sont tuées entre 20 et 70 mg/l de cyanure. À des concentrations supérieures à 200 mg/l de cyanure, la plupart des poissons sont tués (International, http://www.cyanidecode.org/cyanide_environmental.php). De plus, il a été signalé que le cyanure présentait des problèmes environnementaux aux plantes au début de leur croissance.

Des tests de survie ont été menés pour évaluer la toxicité potentielle des effluents d'eau de manioc sur les poissons. Les conteneurs ont été étiquetés et remplis de 25, 50, 75 et 100% d'effluents d'eau de manioc. Trois alevins de *Gambusia affinis* âgés de deux mois ont été ajoutés dans chaque conteneur. Les conteneurs ont été conservés à température ambiante. Le nombre d'alevins de survie dans chaque conteneur a été enregistré toutes les 24 heures. Vingt-quatre heures après l'incorporation des alevins, des poissons vivants n'ont été observés que dans des conteneurs remplis de 25 et 50% d'effluents depuis le point d'entrée à ALIZE. Tous les autres poissons dans des conteneurs avec des effluents de manioc étaient morts.

Conclusion

Les résultats de cette étude ont indiqué que les effluents de manioc contenaient des niveaux élevés de phosphate, de DBO₅, de COD₅, de turbidité et de CN et un pH bas et constituaient alors une menace sérieuse pour la vie aquatique autour des centres de transformation. Il est fortement nécessaire d'imposer des mesures d'atténuation fortes qui contribueront à la réduction des phosphates, DBO₅, COD₅, turbidité et CN- dans les effluents.

Il ressort de ces résultats que l'eau polluée du manioc transformé, sous sa forme fraîche, constitue une réelle menace pour l'environnement lorsqu'elle n'est pas gérée correctement. Cependant, le cyanure est connu pour être très volatil et naturellement biodégradable dans les environnements naturels. A cet égard, des suggestions sont faites pour une bonne gestion de ces effluents afin d'accélérer le processus naturel de biodégradation tel que le traitement thermique, le décanteur, la canalisation normalisée avec des tuyaux, l'étanchéité des voies de trempage etc. Cela évitera des impacts négatifs sur l'environnement tels que l'eutrophisation, érosion, contamination des eaux souterraines et des cours d'eau à proximité, destruction de la biodiversité locale.

D'une manière générale, l'étude a révélé que la contrainte majeure résidait dans la bonne gestion des effluents des cuves de fermentation du manioc et des pressoirs qui avaient, à leur point de rejet, des niveaux élevés de cyanure. L'étude a également proposé des actions à entreprendre afin d'atténuer les impacts négatifs sur les paramètres environnementaux.

Tableau 7.42. Demande biologique et chimique en oxygène, phosphate, turbidité, pH et niveaux de cyanure des effluents d'extraction de manioc fermenté et d'amidon.

PME	Site de collecte des effluents	PO4 (mg/l)	BOD5 (mg/l)	COD5 (mg/l)	pH	Turbidité (FTU)	CN (mg/l)
MATCHEM	Bac de fermentation	216.8	253.06	312.07	3.68	473	182.3
	Bac de fermentation	142.0	172.20	282.50	4.58	386	186.42
MIDEKI	Eau de lavage	113.5	152.30	248.21	3.87	197	142.7
	Presse	233.2	268.60	564.2	5.28	491	182.6
	Bac de Fermentation	119.1	142.22	172.40	3.50	98	158.4
ALIZE	Eau de fermentation au point d'entrée dans la voie de trempage	113.9	16.43	68.60	3.48	55	144.2
BENIFOOD (amidon)	Extracteur d'amidon	115.5	32.23	48.80	5.96	18.62	12.06
	Presse	133.0	144.30	216.42	3.41	121	158.9
Moyenne		148.37	147.67	239.15	4.22	229.95	145.95

Tableau 7.43. Nombre d'alevins morts.

Échantillon (3 poissons)	Concentration d'effluents	Nombre de poissons placés dans un bocal	Nombre de poissons morts				Survivants
			1 ^{er} jour	2 ^{ème} jour	3 ^{ème} jour	4 ^{ème} jour	
MATCHEM	100	3	3	0	0	0	0
	75	3	3	0	0	0	0
	50	3	3	0	0	0	0
	25	3	3	0	0	0	0
MIDEKI Cuve de fermentation	100	3	3	0	0	0	0
	75	3	3	0	0	0	0
	50	3	3	0	0	0	0
	25	3	3	0	0	0	0
MIDEKI point d'entrée de la fosse souterraine	100	3	3	0	0	0	0
	75	3	3	0	0	0	0
	50	3	3	0	0	0	0
	25	3	3	0	0	0	0
MIDEKI effluent de lavage	100	3	3	0	0	0	0
	75	3	3	0	0	0	0
	50	3	3	0	0	0	0
	25	3	3	0	0	0	0
BENIFOOD eau de robinet	100	3	0	0	1	0	2
	75	3	0	1	0	0	2
	50	3	0	0	0	0	3
	25	3	0	0	0	1	2
BENIFOOD extracteur d'amidon	100	3	0	1	0	1	1
	75	3	0	0	1	0	2
	50	3	0	0	1	0	2
	25	3	0	0	0	2	1
BENIFOOD presse	100	3	3	0	0	0	0
	75	3	3	0	0	0	0
	50	3	3	0	0	0	0
	25	3	3	0	0	0	0
ALIZE cuve de fermentation	100	3	3	0	0	0	0
	75	3	3	0	0	0	0
	50	3	3	0	0	0	0
	25	3	3	0	0	0	0
ALIZE	100	3	3	0	0	0	0
	75	3	3	0	0	0	0
	50	3	3	0	0	0	0
	25	3	3	0	0	0	0
ALIZE Point d'entrée de la fosse souterraine	100	3	0	0	0	1	2
	75	3	0	0	1	1	1
	50	3	0	1	1	1	0
	25	3	0	0	0	0	0
B K 1	100	3	0	2	1	0	0
	75	3	0	0	0	0	0
	50	3	0	1	1	0	1
	25	3	0	0	0	1	2

Références

- Ayodele J.A. and Ajani EK.1999. Essntial of Fish Farming. Odua Printing Co. Ibadan Nigeria p 39.
- Bengtsson B.E. and Trient T. 1994. Tapioca-starch waste water toxicity characterized by microtox and duck week tests. *Ambio*. 23: 473-477
- Boyd CE and Lichkopler F. 1979. Waater quality in Fish Pond Culture Research and Development Series N° 22 International Center for Agriculture. Experimental Station Auburn.
- Cumbana, A.E., Mirione, J.C. and Bradbury, J.H. 1992. Reduction of cyanide content of cassava flour in Mozambique by wetting method. *Food chemistry* 101:894 -897
- Ethiagbonare J.E, Adjarhore R.Y and Enabulele S.A, 2009. Effect of cassava effluent on Okada natural water. Short communication. *African Journal of Biotechnology* Vol. 8(12) pp 2816-2818. Available online at <http://w.w.w.academicjournals.org/AJB>
- International Cyanide management code: Environmental and Health Effects of Cyanide: http://www.cyanidecode.org/cyanide_environmental.php
- FAO (2002), Partnership Formed to Improve Cassava, Staple Food for 600 Million people, <http://www.fao.org/english/newsroom/news/2002/10541-en.html>, Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome.
- Horsfall, M. Jr., Abia, A.A. and spiff, A. I, 2006. Kinetic studies on the adsorption of Cd²⁺, Cu²⁺ and Zn²⁺ ions from aqueous solutions by cassava (*Manihot esculenta* Crantz) tuber bark waste. *Bioresearches Technology* 97: 283-291
- IITA. 1990. Cassava in Tropical Africa-A reference manual. Ibadan, Nigeria: International Institute of Tropical Agriculture.
- Jyothi, A.N., Sasikiran, B.N and Balagopalan, C. 2005. Optimization of glutamic acid production from cassava starch factory residues using *Brevibacterium divaricatum*. *Process Biochemistry* 40: 3576 -3579
- Lynam, J.R. 193. Potential impact of biotechnology on cassava production in the third Wold. In Hillock R. J., Tresh M. J. and Bellotti, A.C. Cassava: Buiology; Production and Utilization CABI International Oxford: 22 – 30.
- Okada M, and Peterson SA. 2000. "Water Pollution Control Policy and Management: The Japanese Experience". Gyosei, Japan, 287pp.
- Okunle O. 2000. Homestead Pond Management. John Archers LTD p 34.WHO.2006. Guidelines for Drinking Water Vol. 1 Geneva



Socio-Economie

Kinkela S¹. ; Kendenga T². ; Moloba Y¹. ; Mobula V¹. ; Kintche K³. ; Ntoto R¹. ; Mpanzu P¹. ; Lukombo S³. ; Muteba D¹. ; Kayowa T¹. ; Lema A¹. ; Tingu Y¹. et Mahungu N³.

¹Université de Kinshasa, RD Congo

²CIAT/HarvestPlus, Kinshasa, RD Congo

³IITA Kinshasa, RD Congo

Sous-chapitres:

1. Initiative Présidentielle sur le manioc en RDC, 2010
2. Perspectives d'accroissement de la production du manioc
3. La typologie des acteurs du manioc
4. Transformation du manioc et ses contraintes dans une perspective commerciale
5. Adoption des innovations pour la production des racines tubéreuses en RDC.

1. Initiative Présidentielle sur le Manioc en RD Congo (IPMa), 2010

Le contexte africain des initiatives présidentielles sur le manioc

Les origines des initiatives

Dans son programme global pour le développement agricole de l'Afrique, le NEPAD (Nouveau Partenariat pour le Développement de l'Afrique) a mis en évidence le rôle fondamental de l'agriculture pour la réduction de la faim et de la pauvreté, la génération des revenus, l'amélioration de la croissance économique et sur la réduction des importations alimentaires. L'agriculture est aussi la source importante des matières premières pour l'industrie. Selon la vision du NEPAD, l'agriculture « doit être le moteur pour la croissance économique en Afrique ».

La raison en est que l'agriculture en Afrique supporte 70-80% des populations rurales qui comptent 70% des pauvres et de sous alimentés. Le secteur agricole a le potentiel d'assurer la croissance économique à une échelle que les autres secteurs économiques, bien qu'ils puissent contribuer d'une manière significative, ne peuvent pas accomplir.

Le NEPAD, ayant constaté que le manioc joue un rôle de premier plan pour assurer sa vision, avait institué son initiative sur le manioc ou « Initiative pan Africaine du NEPAD sur le Manioc », NPACI en sigle anglais. En application de l'initiative du NEPAD sur le manioc, quelques pays en Afrique ont mis en place leurs initiatives nationales pour accélérer le développement du secteur agricole basé sur le manioc.

a. Le cas du Nigéria

La production de manioc avait déjà bénéficié d'une attention particulière des autorités au Nigeria depuis plusieurs années, de telle manière que vers le début des années 1990, ce pays s'était placé en tête comme premier producteur du manioc en Afrique, dépassant ainsi la RD Congo. Des politiques bien définies sur la production, transformation et commercialisation du manioc et l'appui technique assurée par l'IITA basé dans le pays, ont favorisé le Nigeria à atteindre cette situation.

Ainsi, le Nigeria était le premier pays en Afrique à lancer l'initiative présidentielle sur le manioc. Il est devenu le premier producteur mondial de manioc.

Un point fort de cette initiative était des objectifs, stratégies et politiques bien définis et mis en place par l'Etat :

- Objectif global : produire 150 millions de tonnes de racines fraîches chaque année. Le pays devra à cet effet emblaver 5 millions d'hectares. Produire environ 38 millions de tonnes de produits dérivés de manioc pour les marchés locaux et d'exportation. Générer environ 5 milliards de dollars par an par l'exportation de ces produits.
- Stratégie : favoriser un partenariat qui implique le secteur public et le secteur privé.
- Politiques en faveur du secteur manioc en créant un environnement à l'investissement dans le secteur : interdiction des importations de la farine de blé, et du riz, obligation d'incorporer 10 % de la farine de manioc dans le pain et diversification des produits à base de manioc (amidon, éthanol, etc.).

A cet effet, le Gouvernement Nigérian a mis en œuvre un certain nombre d'actions notamment l'Initiative Présidentielle en faveur du Manioc (IPM) et établi un partenariat entre le secteur public et privé (PPP) en vue de stimuler la diffusion du manioc. Un certain nombre de mesures d'accompagnement ont été mis en exécution afin de faciliter de réaliser l'objectif visé telles interdiction des importations de la farine de maïs et du riz, le soutien à la transformation agro-industrielle du manioc pour l'obtention des produits agro-industriels diversifiés (tels que l'amidon et l'aliment pour bétail. Il a par ailleurs encouragé le partenariat entre les secteurs Public et Privé.

En effet, des entreprises telles que Shell-BP, Texaco, et Agip sont intervenues dans l'établissement des fermes, la multiplication et la fourniture des matériels de plantation du manioc amélioré. L'IITA a fourni de l'assistance technique à ces PPPs par l'octroi des matériels de semis performants ainsi que des conseils techniques.

b. Le cas du Ghana

Ghana était l'un des pays qui ont suivi le Nigeria pour la mise en œuvre d'une initiative présidentielle sur le manioc en 2001 dans le cadre de la politique du gouvernement de promouvoir la production du manioc de sa forme de culture de subsistance pour en faire une activité agro industrielle viable capable de générer des revenus substantiels à partir du marché local aussi bien que des exportations. Le modèle du Ghana était basé sur le droit de propriété des paysans groupés en « Coopératives d'entreprises du Villages » (COVE), propriétés des communautés.

Les principaux objectifs spécifiques de l'Initiative Présidentielle sur le manioc du Ghana étaient de : (1) transformer l'industrie du manioc en un pôle majeur de croissance, (2) établir 10 usines de transformation d'amidon, et (3) générer de revenus d'exportation de 100 millions de dollars américains à la fin de l'année 2006 et de s'assurer que 50% des paysans participant dans le projet seront des femmes.

Bien que le gouvernement du Ghana ait été le principal garant de PSI, le projet était planifié pour se baser sur un arrangement de droit de propriété par le paysan appelé coopérative d'entreprise du village (COVE). Le modèle COVE cherche à amener les communautés rurales dans un courant d'activités essentiellement économiques en établissant des entreprises de large échelle orientées vers l'exportation,

qui seront leurs propres propriétés mais gérées par des professionnels. Dans le cadre de cette politique.

Ces initiatives présidentielles sur le manioc avaient suscité un grand enthousiasme, créant de nouveaux espoirs et de grandes attentes des parties prenantes. Cependant, de nombreux rapports (principalement des médias au Nigeria), ainsi qu'une étude d'impact publiée au Ghana (Tonah, 2006) ont mis en exergue les difficultés dans leur mise en œuvre. Par exemple, le mois de Janvier 2005 fixé par le gouvernement afin d'arriver à 'inclure 10% de farine de manioc dans la fabrication du pain au Nigeria n'a pas été respecté par les transformateurs. Au Ghana, (Tonah, 2006) a trouvé que les paysans n'étaient pas contents du bas prix que les transformateurs leur payaient pendant que les transformateurs, à leur tour, se plaignaient de l'insuffisance de fourniture des racines de manioc brutes par les producteurs.

Le programme de l'initiative présidentielle sur le manioc en RD Congo

Introduction

A l'instar d'autres pays africains qui ont mis en place leurs initiatives présidentielles sur le manioc (IPMa), la RD Congo avait aussi lancé son initiative en juin 2009 par le Directeur de cabinet du Chef de l'Etat. Une formation de plusieurs femmes et la distribution de certains outils notamment les machines de transformation avaient suivi le lancement de l'initiative, et un comité restreint était mis en place pour organiser la suite des activités. En plus, une étude a été menée pour faire l'état des lieux sur le secteur de manioc dans le pays. Lors de sa réunion du 14 septembre 2010, le comité restreint a senti la nécessité pour toutes les parties prenantes de l'IPMa de comprendre la philosophie sur laquelle sont basées les IPMa dans le cadre du NPACI.

Vision/objectif global

Créer de l'emploi, générer les revenus, assurer la sécurité alimentaire et la croissance économique, par la relance de la culture du manioc.

Objectif spécifique

Produire 45 millions de tonnes de racines tubéreuses de manioc chaque année pendant cinq ans.

Stratégies

L'IPMa devra être vu, considéré et mis en œuvre comme un programme plutôt qu'un projet. C'est-à-dire une structure dont le rôle principal est de catalyser toutes les interventions (recherche, production, transformation, commercialisation, etc.) pour assurer la promotion du secteur manioc. La structure devra aussi assurer l'encadrement des parties prenantes du secteur.

L'Etat devrait jouer le grand et double rôle de :

- recherche de financement/soumission des projets du programme et
- supervision et coordination du programme.

Dans ce cadre l'Etat pourra faciliter les activités suivantes :

- Définition d'un système de gestion de l'initiative présidentielle au niveau national et en provinces.

- Mise en place des politiques favorables à l'investissement dans le secteur manioc (exemples exonération pour les importations des produits/machines requis pour la mise en œuvre des activités de l'IPMa, obligation d'incorporer la farine panifiable de manioc dans le pain, les biscuits, etc.).
- Détermination d'un modèle d'organisation des partenaires de terrain.
- Définition d'un mécanisme de financement (soumission des projets par le gouvernement ou par les institutions internationales, exemple la FAO).

Les partenaires

- Les partenaires techniques et financiers (bilatéraux, multilatéraux, etc.). L'Etat congolais, avec ses fonds propres, devra être un important partenaire (pour montrer le sérieux accordé à l'IPMa et pour ainsi stimuler les autres partenaires).
- Les banques et autres structures de crédits pourront être intéressées.
- Les partenaires de terrain : producteurs, transformateurs, commerçants, transporteurs (associations paysannes et individus).
- Déterminer les critères de sélection de ces partenaires, pour une meilleure efficacité et pour obtenir les résultats escomptés.
- Les partenaires scientifiques : universités congolaises et INERA, institutions régionales et internationales de recherche (exemple IITA). Pour obtenir l'assistance technique pour toute la filière manioc (y compris les variétés spécifiques aux différents produits dérivés de manioc : amidon, biocarburant, etc.).

Les composantes du programme : les sous-secteurs

Chacune de grandes composantes du programme constitue un sous-secteur qui comprend un ensemble d'activités avec des budgets correspondants. Un ou plus d'un partenaire financier (ou le gouvernement) peuvent financer un projet (ou plusieurs projets) ou même un sous-projet (exemple, le voyage dans le projet 1 ci-dessous).

a. Sous-secteur 1. Formation des partenaires

La formation sera assurée sur la production, protection, transformation (techniques et outillage de transformation), commercialisation. Elle sera complétée par des visites d'études dans des pays qui ont une forte expertise dans le secteur manioc. On devra définir une politique de formation : combien de partenaires par thèmes, par an, par province. Lieu de formation : grouper tous les partenaires à Kinshasa ou déplacer une équipe de formateurs en provinces.

b. Sous-secteur 2. Multiplication des boutures saines de manioc

Définir la politique pour la production des boutures saines (indemnes de maladies) de manioc. On peut envisager deux modèles: **modèle 1** : groupes de multiplicateurs qui seront financés pour la production et distribution des boutures aux producteurs des racines. **Modèle 2** : la multiplication est financée au niveau de chaque partenaire qui produira ses propres boutures et ses racines tubéreuses.

On devra quantifier les résultats attendus de ce projet en rapport avec l'objectif visé pour la production nationale des racines tubéreuses.

Quel que soit le modèle qui sera utilisé, la production des boutures devra bénéficier de la supervision de la recherche et les boutures devront être certifiées par le Service National des Semences (SENASA).

c. Sous-secteur 3. Production des racines tubéreuses (et des feuilles)

Il est attendu ici que chaque partenaire de terrain produise ses racines pour la finalité de son business. Par exemple, partenaire A : finalité, produits alimentaires ; partenaire B : finalité, amidon, colle ; partenaire C : finalité, éthanol/biocarburant, etc. Avec la production proposée, on estime le nombre d'hectares à planter.

N.B. Un des thèmes de formation devra être la protection des ressources de base (sol et eau) pour assurer une utilisation durable de ces ressources et minimiser au maximum la pollution de l'environnement, car l'IPMa va aboutir à l'ouverture de grandes étendues de terrain avec abattage des forêts.

d. Sous-secteur 4. Transformation et stockage

Cette sous-filière devra assurer une utilisation industrielle du manioc pour stimuler une production élevée et soutenue, c'est-à-dire la production du « manioc commercial ».

- Identifier/déterminer les produits dérivés de manioc à haute valeur ajoutée, et pour un avantage compétitif sur le marché (local, sous-régional et international).
- Les partenaires de terrain choisiront librement le (s) produit (s), mais il faudra éviter que tous s'adonnent à la production d'un ou de deux produits seulement.
- Construction des infrastructures de transformation et de stockage.
- Acquisition de l'équipement de transformation et de conditionnement des produits de transformation.
- Utilisation des sous-produits dans l'élevage/production d'énergie.

e. Sous-secteur 5. Commercialisation

Détermination d'une politique des prix.

- Accès au marché.
- Modèle de commercialisation : organisation des producteurs et transformateurs en coopératives ou vente individuelle.
- Implication des transporteurs.
- Détermination du système d'octroi et de remboursement des crédits (ceci est applicable pour les différents crédits éventuels qui couvriront tous les projets du programme).

Contraintes à l'exécution de l'initiative (IPMa)

a. Insuffisances d'offre des boutures

Les besoins en boutures améliorées sont importants (4 milliards de kms linéaires) et les institutions de recherche et de vulgarisation n'ont pas obtenu suffisamment de moyens pour arriver à nettoyer les boutures existantes et introduire les nouvelles variétés. Les besoins sont couverts à raison de 15 % des besoins. Par conséquent, il y a encore du chemin à faire. L'accroissement de la production devra être faite suivant un coefficient de 20% d'accroissement annuel afin d'arriver à satisfaire les besoins en manioc de la

population. Cependant cet accroissement des besoins en produit finis doit être précédé par un accroissement des besoins en intrant. L'IPMa devra donc prendre des dispositions afin de permettre une disponibilité permanente en intrants divers indispensables à la culture du manioc.

b. Coûts élevés de transport des boutures

Des investissements considérables en équipements industriels de transformation sont indispensables à la réussite de l'accroissement de la production finie.

L'IPMa devra donc penser à éclater les structures de multiplication des boutures et les décentraliser le plus que possible de façon que dans les CARGS les plus reculés puissent disposer des boutures en bonne et due forme si l'on veut minimiser les coûts de transport et de distribution. La réflexion sur la minimisation des coûts de transport doit se poursuivre.

c. Transformation modernes et investissements (élevés) relatifs

Des investissements considérables en équipement industriels de transformation sont indispensables à la réussite de l'accroissement de la production finie. L'accroissement de la production par un coefficient de 20% implique également l'accroissement des équipements de transformation par un coefficient à déterminer de façon à prendre soin de la transformation de manioc racines tubéreuses et éviter un engorgement de la production aux niveaux des paysans qui risquent de décourager la production en amont de la transformation.

Les défis institutionnels à l'exécution de l'IPMa

a. Coordination inefficace

L'IPMa devra être très focalisée dès sa conception, sur les sujets de ses interventions relatives au développement de la production de manioc, sa transformation et la diversification des produits commercialisables. Ces différents aspects d'interventions étaient fortement intégrés au développement de la filière manioc des Ministères intéressés du gouvernement central (agriculture et le développement rural, le commerce et l'industrie) qui sont supposés piloter l'initiative. Cependant, malgré la bonne collaboration supposée entre les différents ministères précités, il est apparu que l'exécution de l'initiative peut souffrir du manque de collaboration centrale qui aurait pu contribuer à éviter ou rapidement contourner certaines contraintes telles que le manque de fonds, déficience de monitoring et d'évaluation. Ce faisant, il apparaît nécessaire de disposer d'un secrétariat de l'initiative qui serait chargé de donner une assistance institutionnelle forte et efficace afin d'assurer une meilleure exécution et gestion du programme. Il est par conséquent indiqué dans l'IPMa de la RD Congo de concevoir un Secrétariat technique placé sous l'autorité administrative de la présidence pour piloter le présent projet.

b. Secrétariat technique

Ainsi, le rôle du secrétariat technique de la Présidence sera celui de la conception et la gestion de l'initiative. Il sera l'organe pratique qui oriente les actions au niveau du gouvernement et en assure la gestion afin de rendre compte au bureau du président. Il est une petite cellule technique placée sous l'autorité administrative de la présidence.

c. Opérationnalisation de l'IPMa

Les décisions du secrétariat de l'IPMa doivent être exécutées et opérationnalisées. A cet effet, un « Task Force » sera organisé au niveau de différents ministères intéressés par l'initiative afin que chacun en ce qui le concerne facilite la coordination avec le ministère de tutelle et en fait rapport au niveau du Secrétariat technique.

d. Inefficiency dans les moyens d'évaluation

L'inefficience dans les moyens d'évaluation serait atténuée par les différents niveaux de coordination qui existent entre l'organe d'exécution et celui de conception et d'orientation.

La décentralisation, déconcentration des institutions et la Jonction avec L'IPMa

La RD Congo est en train d'expérimenter la décentralisation qui devra être votée sous forme de loi au niveau du Parlement. En même temps 4 ministères verront leurs activités décentralisées. La loi sur la décentralisation remet aux provinces et aux entités décentralisées l'initiative de l'organisation de certaines matières de l'Etat notamment l'Agriculture, la Santé Publique. A cet effet, le nombre de provinces passera de 11 à 26 provinces et celles-ci seront décentralisées (Province ou groupement). Une fois que la loi sera votée, la structure qui sera décentralisée deviendra le réceptacle des institutions décentralisées. L'IPMa sera représentée par un comité au niveau du CARG et les autres niveaux administratifs deviendront des coordinations.

La pérennisation de l'IPMa et le cadre législatif

a. Financement de l'IPMa

L'opérationnalisation de l'IPMa requiert des moyens financiers considérables qui pourront émaner du budget de l'Etat et des autres sources. Le financement de l'IPMa sera organisé par un cadre qui permettra de mobiliser des fonds publics et privés à partir de plusieurs sources notamment : les entreprises publiques telles que le FPI, les entreprises privées brassicoles telles en plus des fonds qui proviendraient du budget de l'Etat.

b. Le cadre législatif

Différents outils législatifs pour consolider l'IPMa ; La structure qui devra opérationnaliser l'IPMa sera simple et efficace. Elle évitera de s'enliser dans une lourdeur administrative complexe. Le secrétaire permanent et son adjoint de l'IPMa seront nommés par décret du Président de la République. Les membres de la « Task Force » seront désignés par arrêté des ministres respectifs.

Références

- Banque Mondiale-DRC. 2006. Diagnostic du secteur agricole- Rapport n°30215-ZR, principal rapport.
- Banque mondiale. 2005. Examen du Secteur Agricole de la RDC.
- Banque Africaine de Développement. 2009. Etude du secteur agricole : rapport et Bilan diagnostic et Note d'intervention.
- COSCA .2000. Cassava production and processing in the DRC
- MInagri. 2009. Etude du secteur agricole, Rapport Bilan diagnostic et Note d'orientation ; Minagri, Juin 2009
- IITA. 2008. Presidential Initiative on Cassava in Africa: Case studies of Ghana and Nigeria.
- Kayowa, M. 2008. Analyse des déterminants des flux d'approvisionnements de la ville de Kinshasa par la voie fluviale. Mémoire inédite, Université de Kinshasa.
- Ministère de l'agriculture et du développement. 2009. Études du secteur agricole synthèse du bilan diagnostic et de la note d'orientation stratégique.
- Ministère de l'agriculture pêche et élevage .2009. Études du secteur agricole, rapport préliminaire Bilan – Diagnostic et note d'orientation.
- Ministère de l'Agriculture. 2009. Projet de loi sur le code agricole.
- Ministère du Plan. 2010. Revue du DSRP et DUPAP dans le secteur agricole de l'agriculture et développement rural. Document de Relance du secteur agricole, « productivité et production » et Désenclavement),
- NEPAD/NPACI. 2008. Presidential initiatives on cassava in Africa: case studies of Ghana and Nigeria.
- NPACI. 2008. Initiative panafricaine du manioc du nouveau partenariat pour le développement en Afrique
- SECID. 2007. Études des filières manioc, maïs et riz dans les provinces de Bandundu, Bas-Congo, Equateur, Kasai Oriental, Kinshasa et Orientale.
- Tollens, E. 2008. Surging food prices and Actions to be taken immediately (and in the longer run) for the DRC. In IFPRI: Achieving Food and nutrition Security in DRC: Immediate Actions and Long Term investments in Agriculture. Kinshasa, DRC
- Tollens, E. 2003. Sécurité alimentaire à Kinshasa : un face à face quotidien avec l'adversité. "Ordre et désordre à Kinshasa". In Theodore Trefon, édit. Cahiers Africains, Tervuren et L'Harmattan, Paris, 2004, pp. 61-80.
- USAID. 2010. DRC Food Security assessment.

2. Perspectives d'accroissement de la production du manioc de 2010 à l'horizon 2020

Introduction

Les perspectives d'accroissement de la production du manioc en RD Congo s'inscrivent dans un cadre global de la sécurité alimentaire par l'autosuffisance, l'exportation du surplus en passant par la valorisation industrielle du manioc. Pour l'élaboration de ce chapitre, nous avons eu recours principalement à deux études dont l'une sur les « opportunités de valorisation industrielle du manioc en RD Congo » réalisée en 2010 à la demande du Ministère de l'Industrie de la RD Congo et financée par la Banque Mondiale via le Comité de Pilotage de la Réforme des Entreprises Publiques (COPIREP) et l'autre sur les « perspectives d'accroissement de la production du manioc en RD Congo à l'horizon 2020 » réalisée en 2009 par Muteba en 2009. A ces deux études, nous avons ajouté notre réflexion qui constitue en fait une approche pragmatique intégrant les éléments majeurs de ces deux études.

8.2.2. Opportunités de valorisation industrielle du manioc en RD Congo

Dans l'étude sur les opportunités de valorisation industrielle du manioc en RD Congo, cas des provinces de Kinshasa et Kongo Central, Van *et al.* (2010) proposent une stratégie en vue de développer l'industrie de transformation qui en est, à l'heure actuelle, à ses balbutiements en RD Congo. Cette stratégie divise la filière manioc en quatre segments suivant le produit élaboré, à savoir : (i) la transformation des feuilles de manioc, (ii) la production de chikwangue, (iii) la production de farine et (iv) la production d'amidon à vocation industrielle. Cette étude s'est également penchée sur les localisations optimales en fonction du type de transformation et des exigences techniques.

8.2.3. Marché des produits du manioc en RD Congo

Selon cette étude, le marché des produits du manioc en RD Congo est constitué en quatre segments, à savoir : les feuilles, la chikwangue, la farine pour le fou-fou et les racines crues.

Les feuilles de « *Manihot esculenta* » (ou manioc à racines tubéreuses) sont en compétition avec : les feuilles de « *Manihot glaziovii* » appelées « caoutchouc » par les Kinois, le bitekuteku (*Amaranthus sp*) appelées « lenga lenga » en swahili, les feuilles de patate douce (*Ipomoea batatas*), l'oseille (*Hibiscus cannabinus* ou *sabdarifa*), l'épinard indien (*Basella alba*), et le mfumbwa (*Gnetum africanum*). Les feuilles de *Manihot esculenta* constituent 75% du marché, celles de *Manihot glaziovii* représentent 15% et les autres feuilles composent les 10% restants. La consommation apparente est de 29 kilos par habitant par année en comptant 66 millions de Congolais.

Le commerce des dérivés du manioc est quasi totalement aux mains du secteur informel. Les filières de commercialisation sont multiples : le producteur (plutôt la productrice) vend directement les produits élaborés à partir de sa production agricole. C'est surtout le cas dans les campagnes et aux abords des villes ; la production est achetée par des grossistes qui ont leurs acheteurs et affrètent des camions pour le transport. C'est ce qui existe dans les gros villages qui alimentent des grands centres urbains. Les producteurs

regroupent leurs produits avant le marché. Des acheteurs rassemblent ensuite cette production afin de faciliter le chargement le jour même du marché.

Des filières intermédiaires existent également : les produits semi-élaborés viennent de la périphérie et sont ensuite transformés en produits finis en ville. C'est par exemple, le cas des cossettes qui sont moulues à Kinshasa ou du kimpuka qui est transformé en chikwangue aussi à Kinshasa. Il est très difficile de quantifier l'importance relative des différentes filières car elles opèrent de manière totalement informelle.

Il existe très peu de transformation industrielle du manioc en RD Congo. Le manioc de la RD Congo et ses produits dérivés sont destinés à la consommation nationale et éventuellement des pays frontaliers (Congo Populaire, Centrafrique, Angola). Seule la production de feuilles surgelées est principalement destinée à l'exportation.

L'objectif est de développer en RD Congo des produits du manioc de haute qualité et de prix compétitifs avec la production artisanale afin de satisfaire la demande de produits alimentaires de qualité. Il n'est donc pas question de remplacer les produits artisanaux. Ceux-ci continueront d'exister car ils correspondent aux habitudes d'achat et de consommation de la population congolaise. Les produits industriels proposeront toutefois une alternative de meilleure qualité, qui ira en se développant.

Plusieurs centres fonctionnels de transformation du manioc seront ainsi créés via une animation et via la constitution de groupes de transformateurs intégrés verticalement et/ou horizontalement. L'objectif du Document de la stratégie de croissance et de lutte contre la pauvreté (DSRP) de réduire la pauvreté et l'objectif du Document de la politique et des stratégies industrielles de la RD Congo (DPSI) de relancer l'industrialisation seraient rencontrés en ce qui concerne la filière manioc.

Stratégies à mettre en place pour favoriser l'essor d'une industrialisation du manioc

La stratégie proposée, par cette étude, au Gouvernement de la RD Congo pour faciliter l'essor d'une industrie de transformation du manioc est reprise dans les points ci-dessous.

i. Organisation à l'intérieur du Ministère de l'Agriculture et Développement Rural (MINAGRIDER)

En ce qui concerne l'agro-alimentaire, une cellule spécialisée devrait être constituée. Celle-ci devra coordonner ses efforts avec d'autres ministères car l'interaction avec les institutions situées en amont est importante à savoir : le MINAGRIDER pour l'amélioration de l'agriculture, le ministère du transport et celui du développement rural pour les routes, dans une moindre mesure les ministères en charge de l'électricité et de l'approvisionnement en eau, et les ministères de l'enseignement technique pour la promotion de la formation. Un rôle essentiel est l'animation. Une équipe motivée et compétente en la matière peut piloter des actions de développement. Il s'agit de créer une dynamique industrielle via les médias.

ii. Améliorer la gestion des Petites et Moyennes Entreprises (PME)

Un accompagnement de gestion devrait appuyer tout subventionnement de création de PME. En effet, de nombreux défauts de débutants peuvent être évités ou atténués par la présence d'accompagnateurs de gestion (confusion de patrimoine, népotisme, laxisme au travail...).

iii. Améliorer le niveau de sécurité alimentaire

Les règles de base de la production alimentaire devront être suivies pour assurer une bonne hygiène des produits. Les principales causes de non-qualité sont : rouissage imparfait laissant trop de cyanure dans le produit, fermentation parasite lors du rouissage (induit des mauvais goûts mais non toxique), cuisson imparfaite de la chikwangu limitant sa conservation, et des éléments étrangers dans le produit. Tous ces points devront être contrôlés par les transformateurs ainsi que les défauts diminuant l'attrait pour le client (emballages sales par exemple).

iv. Faciliter l'introduction d'une entreprise dans la sphère formelle

Le gouvernement, dans son ensemble, devrait coopérer pour harmoniser les systèmes de taxation afin de ne prélever les taxes qu'une fois, pour tous les niveaux de pouvoir (communal, régional, national). La mentalité des organismes d'Etat devrait muter d'une attitude normative vers une attitude d'accompagnement au développement. Ceci est fondamental pour que les entrepreneurs aient intérêt à passer dans le système formel.

v. Faciliter la production de machinerie de qualité

Certains entrepreneurs construisent déjà en RD Congo du petit équipement pour la transformation du manioc : râpe/découpeur, presses hydrauliques ou à vis, tanks en inoxydable, soudeuse à charbon de bois, etc. Un projet de fédération de ces initiatives, couplées avec de la recherche et des collaborations externes permettrait l'essor d'une petite industrie locale pour la production d'outils de qualité.

vi. Diffusion de matériel végétal de qualité

Actions à réaliser en collaboration avec la recherche et le MINAGRIDER. La diffusion de matériel végétal de qualité a déjà commencé via l'INERA, des ONGD et certains projets. Mais une opération à grande échelle est nécessaire pour éliminer les anciennes variétés sensibles aux principales maladies qui affectent le manioc. Planter des variétés résistantes aux maladies doublerait le rendement. Avoir du matériel végétal de qualité et un système fonctionnel pour le diffuser sont des préalables à une « révolution verte » qui est désirée en RD Congo pour réduire la pauvreté et la faim dans les provinces. L'amélioration et la diffusion du matériel génétique sont les actions les plus efficaces à court terme pour améliorer la production.

vii. Promouvoir une agriculture de haute productivité

Actions à réaliser en collaboration avec le MINAGRIDER. Pour proposer des aliments à bas prix dans les centres urbains, il faut qu'il y ait accroissement de la production. Cela passe par la mutation d'une partie de l'agriculture de subsistance actuelle en agriculture de marché. Cette agriculture de plus haut niveau technologique peut à terme « tirer » le niveau des agriculteurs traditionnels vers le haut. Elle pourra en effet démontrer des techniques davantage productives et distribuer des intrants aux agriculteurs contre une partie de leur récolte. Ce phénomène a déjà commencé (Batékés) mais doit être soutenu par une recherche ou un développement volontariste et par des intrants disponibles à crédit.

viii. Entretenir les réseaux de dessertes agricoles

Actions à réaliser en collaboration avec le Ministère de l'Infrastructure et celui du MINAGRIDER. La stratégie du Ministère des travaux publics en matière de dessertes agricoles est de faire financer la réhabilitation lourde du réseau par l'aide internationale mais d'assurer la maintenance par des comités provinciaux qui sont cogérés par les usagers. La création de tels comités permet à l'aide internationale de se désengager petit à petit de la maintenance, à la condition que ces comités aient une gestion transparente des fonds. Des fonds régionaux d'entretien des pistes sont en train de se développer, celui du Bas Congo étant le pionnier.

Actuellement il n'y a pas d'offre d'amidon en RD Congo. Béni Food-Congo (production de l'ordre de quelques dizaines de kilos/jour en amidon) doit démarcher les producteurs de contreplaqué et de papier pour leur vanter les possibilités d'utiliser l'amidon de manioc au lieu d'utiliser de l'amidon de maïs importé ou de la farine de blé. Un investissement dans une amidonnerie doit préalablement trouver un marché pratiquement certain avant d'être envisagé, ce qui est loin d'être le cas actuellement même si potentiellement le marché existe. Un plan de marketing-faisabilité doit être réalisé avant tout investissement de cette dimension.

Perspectives d'accroissement de la production

Selon les statistiques du SNSA pour la période allant de 1990 à 2010, le rendement moyen du manioc est de 8 t/ha, la superficie moyenne totale annuelle occupée par le manioc pour la même période a été de plus de 2 millions d'hectare. Après une tendance baissière de 20 à 15 Mt entre 1991 et 2000, la production annuelle s'est stabilisée à 15 Mt jusqu'à 2010 avec une faible tendance à la hausse, soit 15,5 Mt depuis 2011. Les statistiques de 2010 indiquent que le nombre des ménages agricoles producteurs des cultures vivrières est de 9 millions (9.098.102) ce qui équivaut à une moyenne de 58 ares de manioc par ménage agricole correspondant à plus ou moins 22 ares par ménage réservé à la culture du manioc.

Dans nos recherches bibliographiques, nous sommes tombés sur une étude sur les perspectives d'accroissement de la production du manioc en RD Congo à l'horizon 2020, réalisée par Muteba Damien (2009). Dans cette étude, l'auteur part de la demande globale avant d'élaborer un modèle prévisionnel sur base duquel il a projeté la production du manioc en RD Congo à l'horizon 2020.

Demande globale

Dans son étude de 2009 sur les perspectives d'accroissement de la production du manioc à l'horizon 2020, Muteba Damien (2009), a estimé la demande globale en manioc frais à partir de besoins suivants : (i) consommation humaine, (ii) industrie et (iii) alimentation bétails avec les précisions ci-dessous :

i. Besoin de consommation humaine

Selon la FAO, cité par Muteba, en moyenne un congolais consomme 369,33 kg de manioc par an. Connaissant la taille de la population, il a estimé la consommation de chaque année et fait une estimation sur base de projection démographique jusqu'à l'an 2020. Ainsi, avec le taux d'accroissement annuel de 3,1% et en

partant de 2006 comme année de base avec une population de 60 millions (Ministère du Plan, 2011), il a obtenu une population d'environ 92 millions d'habitants en 2020 et des besoins alimentaires humains en manioc d'environ 40 millions de tonnes à l'horizon 2020.

ii. Besoin industriel en manioc

Il a considéré un minimum d'une grande industrie d'amidon dans au moins 5 provinces du pays à l'horizon 2020. Une industrie d'amidon ayant besoin d'une consommation de 200 tonnes d'amidon par jour ce qui correspond à 1000 tonnes de manioc frais par jour, soit 365.000 tonnes par an par industrie, pour les 5 industries il a trouvé qu'il faudra 365.000×5 soit 1.825.000 tonnes/an.

Il a en plus considéré une petite industrie par province dans les onze provinces et a trouvé qu'il faudra 11 petites industries de consommation d'une tonne par jour. Une tonne d'amidon nécessitant 5 tonnes de manioc frais par jour, soit 5×365 jours $\times$ 11 provinces, cela donne 20.075 tonnes/an pour les onze provinces. Soit un total des besoins des industries de 1.845.075 tonnes/an à l'horizon 2020.

iii. Besoin bétail en manioc

A défaut de statistiques fiables sur l'effectif de cheptel herbivores et omnivores de la RD Congo, il a considéré un forfait de 680.000 tonnes/mois pour suppléer le besoin en alimentation animale. Soit 680.000×12 mois = 8.160.000 tonnes/an.

iv. Besoins globaux en manioc

En additionnant les trois besoins (humain, industrie et bétail), il a trouvé 50 millions de tonnes/an à l'horizon 2020.

Modèle prévisionnel

Dans cette même étude, il a été estimé que la production étant fonction à la fois de la superficie et du rendement, s'il faut s'accroître on peut agir soit sur la superficie soit sur les facteurs qui peuvent avoir de l'influence sur le rendement.

L'étude a projeté un rendement moyen de 25 t/ha et une superficie moyenne/ménage de 50 ares comme objectif pour l'horizon 2020. Pour atteindre l'objectif de 50 millions de tonnes/an à l'horizon 2020, il a considéré que l'amélioration de la production doit être soutenue par l'amélioration de la transformation, le renforcement des capacités et l'encadrement et a misé sur les activités principales suivantes : (i) développement des nouvelles variétés ; (ii) multiplication des variétés déjà en diffusion et de celles qui seront développées ; (iii) dissémination des matériels de plantations saines des variétés améliorées ; (iv) mécanisation d'au moins 10% de la superficie de manioc ; (v) fertilisation d'au moins 10% de la superficie de manioc ; (vi) amélioration de la jachère d'au moins 10% de la superficie de manioc ; (vii) amélioration de la transformation du manioc ; (viii) amélioration de la commercialisation ; (ix) renforcement des capacités et (x) encadrement.

Par rapport à la production annuelle de 2009 qui était de 15 millions de tonnes, il a considéré le taux constant de croissance annuelle de 6% et a trouvé qu'on devrait atteindre 26 millions de tonnes pour l'horizon 2020. Cependant, compte tenu de l'approche

et des modèles qu'il a proposé, il a fait remarquer que ce taux ne sera pas constant, il devra aller croissant jusqu'à atteindre la production de 50 millions de tonnes à l'horizon 2020.

Une approche pragmatique

En mettant ensemble l'approche sur les opportunités de valorisation industrielle du manioc en RD Congo et les perspectives d'accroissement de la production tel que synthétisés ci-dessus, il y a moyen d'avoir une approche pragmatique. Celle-ci consiste à promouvoir les technologies améliorées de façon progressive et raisonnée.

Nous estimons, qu'avec les variétés améliorées déjà disponibles d'une part et les technologies améliorées de la transformation du manioc de l'autre côté, en passant par l'intensification de la production, on peut arriver à booster la production du manioc en RD Congo. Notre approche préconise les étapes suivantes

Multiplication et dissémination des matériels de plantations saines des variétés améliorées

Il s'agira de mettre en place une stratégie de maintenance des variétés améliorées de manioc au niveau de chaque province, dans deux ou plusieurs centres de recherche ou fermes semencières publics ou privés. Ces centres devront approvisionner régulièrement, les producteurs en matériel de plantation sains des variétés améliorées en passant par des agri-multiplieurs selon le principe de multiplication en cascade qui vise, par une augmentation rapide de la quantité des boutures saines d'un niveau à l'autre, à rendre disponible, en un temps relativement court, du matériel de plantation de bonne qualité aux petits producteurs de manioc.

Pour y arriver, le Service National de Vulgarisation (SNV) devra être réhabilité sur l'ensemble du territoire national de la RD Congo et tous les acteurs (organisations, institutions, etc.) de la filière, tant nationaux qu'internationaux, public que privé, devront travailler en synergie sous une coordination efficace et bien structurée pour une bonne canalisation des ressources technique, humaine et financière.

Intensification des exploitations du manioc par pool de développement.

Il s'agira de stimuler les opérateurs économiques et entrepreneurs qui s'investissent dans le secteur du manioc en allégeant par exemple certaines taxes et impôts, en mettant en place des mesures incitatives pour attirer davantage des investisseurs.

On devra encourager ces investisseurs à installer des usines de transformation qui auront pour vocation, non seulement de transformer leur propre production, mais aussi d'absorber celles des villages environnants à des prix incitatifs pour amener les agriculteurs à produire plus.

Ces pools de développement seront en outre des relais de dissémination de matériel sain des variétés et de technologies améliorées et serviront des centres de démonstrations dans lesquels la recherche et le système de vulgarisation se rapprocheront progressivement des agriculteurs.

Amélioration de la transformation du manioc

Il ne servira à rien de produire plus si la transformation et la conservation ne trouvent pas des solutions durables. On devra ainsi veiller à installer des centres de transformation des grandes capacités au sein de chaque pool de développement et à implanter progressivement des petites unités de transformation à travers les villages le plus éloignés des pools de développement.

Dans ces villages, à côté de l'équipement déjà disponible dont le kit actuel comprend une râpe/découpeur, un bac de rouissage, une presse, une claie de séchage et un moulin, on devra y ajouter une éplucheuse à bas prix (comparativement à l'éplucheuse moderne) pour alléger davantage le travail post récolte auprès des agriculteurs.

Références

- Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon et S. Trèche, 1995. Importance du manioc en alimentation humaine dans différentes régions du monde. Transformation Alimentaire du Manioc. Editions ORSTOM, Laboratoire d'Etudes sur la nutrition et l'alimentation, Centre DGRST-ORSTOM, Congo Brazzaville. 13 pages.
- Anonyme 1. 2012a. Annuaire des Statistiques Agricoles (2000-2006). Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Secrétariat général à l'Agriculture, Pêche et Elevage RDC. SNSA (Service National des Statistiques Agricoles).
- Anonyme 1. 2012b. L'agriculture congolaise en quelques chiffres. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Secrétariat général à l'Agriculture, Pêche et Elevage. Kinshasa. SNSA (Service National des Statistiques Agricoles).
- Anonyme 2. 2010. Revue de toutes les provinces de la R.D. Congo : Descriptif géo-agro-économique, identification des spéculations prioritaires, territoires à haute production, et commercialisation. Extraits du Programme National de Relance du Secteur Agricole et Rural (1997-2001), élaboré par le PNUD/UNOPS. Ministère de l'Agriculture RDC. Projet Appui au Secteur Semencier (ASS/CTB). SENASEM (Service National des Semences)
- Anonyme 2. 2012. Catalogue variétal des cultures vivrières. Ministère de l'Agriculture et du Développement rural RDC, Projet Appui au Secteur Semencier (ASS/CTB). SENASEM (Service National des Semences) p. 99-114.
- Anonyme 3. 2006. Le Catalogue des Matériels Génétiques. Rapport annuel 2005, INERA-Mvuazi. Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques. p. 47-67. RDC.
- Anonyme 4. 2007. Les pratiques culturelles du manioc pour une production rentable. Dépliant produit par l'équipe nationale du Réseau de Recherche des plantes à racines tubéreuses en Afrique Centrale et de l'Est (EARRNET) en RD Congo dans le cadre du projet « Promotion des technologies appropriées de production du manioc pour l'alimentation humaine et animale et la farine en Afrique Centrale et de l'Est » avec l'appui technique du Réseau Régional de l'Information Agricole (RAIN-RD Congo).

- Anonyme 5. 2009. Guide du vulgarisateur, cultures vivrières. Ministère de l'Agriculture RDC. Projet Appui au Secteur Semencier (ASS/CTB). Service National de Vulgarisation.
- Bokanga Mpoko. 1999. Cassava: Post-harvest Operation. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria (<http://www.cgiar.org/iita/>). Edited by AGSI/FAO: Danilo Mejia (Technical), Beverly Lewis (Language & Style). Last reviewed: 14/10/1999
- Ingbabona, W., Dhed'a, D. et Nyongombe, U. 2011. « Aptitude et productivité de quelques cultivars de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) greffés au *Manihot glaziovii* à Kisangani ». Proceedings of the International Conference on Cassava Cultivation and Utilization in Central Africa, Kisangani, DRC, 16-19th November 2009. Edited by Monde Godefroid. P. 117-131.
- Kabuatshika Molond André. 2008. Etudes des filières du sous-secteur des cultures vivrières, la production et la commercialisation du manioc. FAO-Projet GCP/DRC/031/BEL, « Appui à la définition des politiques de développement agricole en RDC ». p. 22-25.
- Kinkela, Savy. 2009. Etude de la filière manioc dans les provinces de Kinshasa et du Bas-Congo, Kinshasa, PROSECA, 121 p.
- Lema, K.M., A. Dixon, N. Mahungu, P. Ilona, S. Nluta, J. Kimfuema, S. Lukombo and S. Bidiaka. 2007. Strategic cassava production rehabilitation in the Democratic Republic of Congo through accelerated germplasm development and deployment. Proceedings of the Ninth Triennial Symposium jointly organized by the ISTRC-AB and Kenya Agricultural Research Institute (KARI) held at the Whitesands Hotel, Mombasa, Kenya, 1-5 November 2004. Edited by N.M. Mahungu and V.M. Manyong, April 2007. ISBN : 978-99908-941-0-3. p. 540-547.
- Mukandila K.P., Hell, K., Hauser, S., Lamboni, L. and Masimango, J.T., 2012. Qualité des produits dérivés du manioc prélevés au niveau des sites de fabrication et dans les marchés de Kinshasa, RD Congo. Plantes à racines et tubercules tropicales et les défis de la mondialisation et du changement climatique. R.U. Okechukwu and P. Ntawuruhunga (Ed.). Proceedings of the 11th Triennial Symposium of the ISTRC-AB held at Memling Hotel, Kinshasa, Democratic Republic of Congo from 4 to 8 October 2010. p. 646-654.
- Munyuli, T.M.B., Tete Tshisinda and Kashosi Kumba. 2007. Preliminary inventory of local market incentives for the improvement of cassava productivity and production in eastern of Democratic Republic of Congo (DRC). Proceedings of the Ninth Triennial Symposium jointly organized by the ISTRC-AB and Kenya Agricultural Research Institute (KARI) held at the Whitesands Hotel, Mombasa, Kenya, 1-5 November 2004. Edited by N.M. Mahungu and V.M. Manyong, April 2007. ISBN : 978-99908-941-0-3. p. 48-56
- Muteba, Damien. 2009. Etude sur les perspectives d'accroissement de la production de manioc en RDC à l'horizon 2020.
- Ngonde Nsakala Robert, 2008. Root and Tuber Crops in DRC : Importance for Food Security and Contribution to the improvement of statistic (Racines et tubercules en République Démocratique du Congo-Importance dans la sécurité alimentaire Contribution à l'amélioration de la production des statistiques). Proceedings of the Expert Consultation on Root Crop Statistics, Paper 11. FAO, Kampala.

- Phillips, T. P. 1983. [An overview of cassava consumption and production](#). In Cassava Toxicity and Thyroid; Proceedings of a Workshop, Ottawa, 1982 (International Development Research Centre Monograph 207^e), p. 83-88 [F. Delange and R. Ahluwalia. editors]. Ottawa. Canada. International Development Research Centre.
- Van Gysel Jean, Mampaka Lukusa André et Entambodji Mado. 2010. Etude sur les opportunités de valorisation industrielle du manioc en République Démocratique du Congo. Banque Mondiale, Ministère de l'industrie, RDC. Euro Consultants, 21 Avenue Pasteur, B-1300 Wavre, Belgique. p.7. infi@euroconsultants.be
- Vanlauwe, B., P. Pypers, B. Kasereka, J.M. Sanginga, L. Lodi, M. J. Walangululu et N. Sanginga. 2011. Le potentiel de la gestion intégrée de la fertilité des sols pour l'augmentation de la productivité du manioc en RD Congo. Proceedings of the International Conference on Cassava Cultivation and Utilization in Central Africa, Kisangani, DRC, 16-19th November 2009. Edited by Monde Godefroid. Pg 177-196.
- Wikipedia. 2013. Le manioc. <http://www.cefe.cnrs.fr/coev/fk/Leotard2009MolPhylEvol.pdf>, consulté en ligne le 19 mars 2013 fr. wikipedia.org/wiki/Manioc – 73k – Similar pages.

3. La typologie des acteurs de la filière manioc en RD Congo : Cas des provinces de Kinshasa et du Kongo Central

Introduction

Le manioc est l'une des racines tubéreuses la plus cultivée en Afrique, en tête des cultures de base les plus cultivées en RD Congo où il y joue un rôle très important dans la sécurité alimentaire de la population étant donné qu'il est une source importante de revenu dans le monde rural et est consommé par la majorité de la population congolaise.

Sa production est assurée au courant de toute l'année et sa filière constitue donc un secteur qui absorbe un grand nombre de la population rurale en leur offrant un emploi tant permanent que saisonnier. En général, la quasi-totalité des congolais sont acteurs de la filière manioc soit comme producteur, transformateur, distributeur, prestataire de service soit simplement comme consommateur.

Matériels et méthodes

Pour conduire cette étude, les deux provinces retenues ont été scindées en deux entités : rurale et urbaine, ce qui a conduit à la détermination au total de 15 sites sur lesquels les interviews des acteurs de la filière manioc ont été réalisées.

Au regard de la diversité des catégories d'acteurs ciblées, la collecte des données primaires a requis un échantillonnage représentatif de chaque strate ou sous-strate retenue. Toutefois, en fonction de chaque catégorie d'intervenant enquêté, il s'est imposé une taille de l'échantillon minimale de 30 unités par catégorie d'acteurs sauf dans les sites où le nombre de certaines catégories d'acteurs sur les marchés a été limité.

Les données ont été analysées en se servant des logiciels suivants : Epidata, SPSS, MS Excel 2007 et Eviews.

Les résultats des enquêtes ont été regroupés en deux grandes catégories, à savoir : les caractéristiques communes à tous les acteurs et les caractéristiques spécifiques à chaque type catégorie d'acteurs.

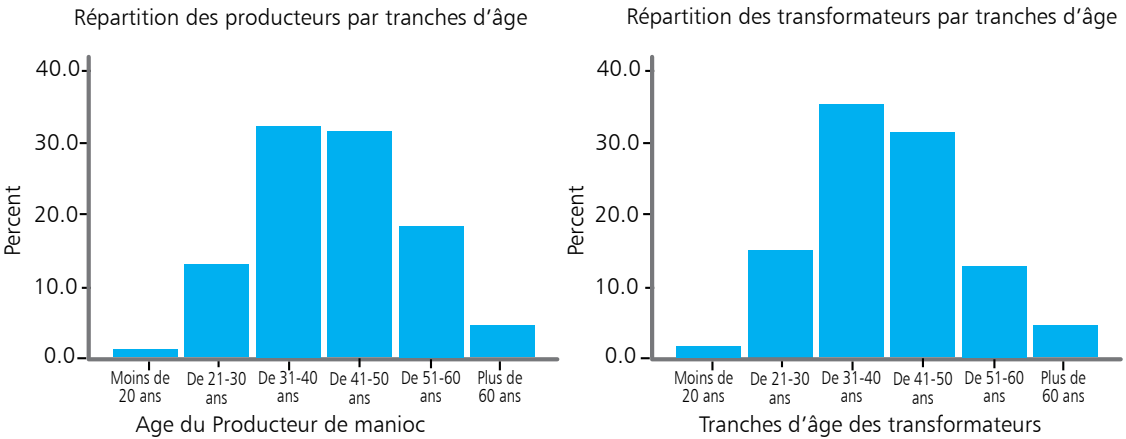
Résultats et discussion

Traits communs

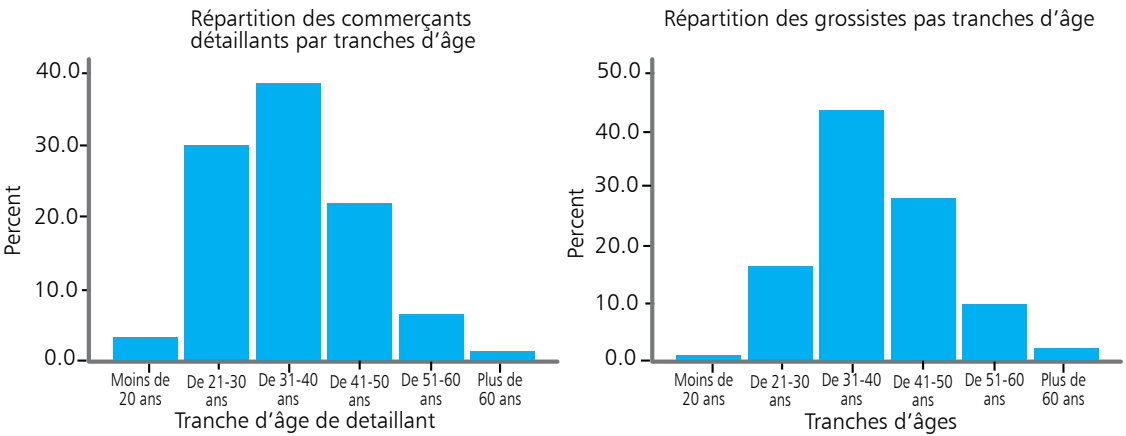
Les acteurs précités sont répertoriés selon certaines caractéristiques communes en l’occurrence l’âge, le genre, le niveau d’instruction, l’expérience et le degré de professionnalisme.

a. Age des acteurs

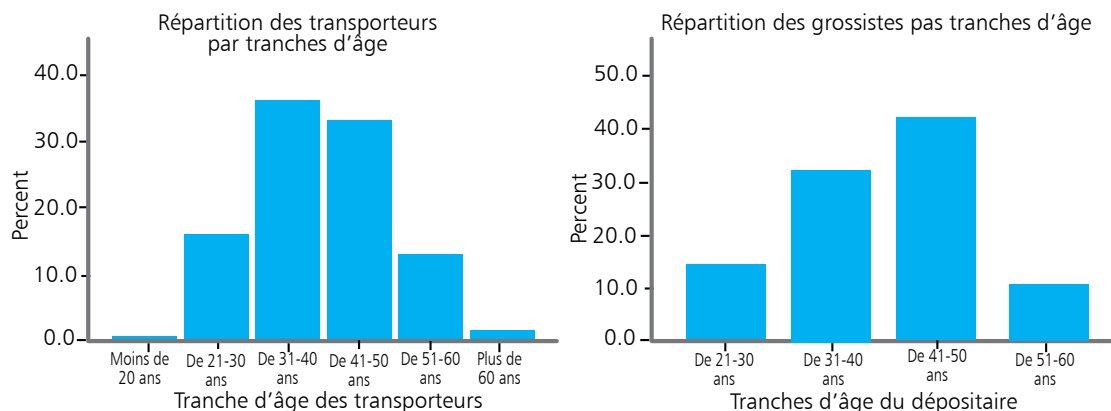
Le caractéristique âge est pris en compte pour situer l’importance de la population active au sein de chaque catégorie d’acteurs. Il a été retenu six classes d’âge : la population de moins de 20 ans, de 21 à 30 ans, de 31 à 40 ans, de 41 à 50 ans, de 51 à 60 ans et plus de 61 ans.



Tant au niveau de la production que de la transformation, les acteurs se concentrent dans la tranche d’âge comprise entre 31 et 50 ans, soit respectivement 63,5% et 66,3% des personnes actives alors que les personnes plus âgées (plus de 50 ans) se retrouvent plus parmi les producteurs (22,5%) que chez les transformateurs (17%).



Il ressort de ces deux graphiques qu'il y a une forte concentration de commerçants détaillants dans la tranche d'âge comprise entre 21 et 40 ans (avec un pic dans la classe de 31 à 40 ans), alors que pour les grossistes, c'est plutôt dans l'intervalle comprise entre 31 et 50 ans qu'on retrouve le plus de commerçants grossistes de manioc. En outre, 67% des détaillants ont moins de 40 ans contre près de 60 % de grossistes.



Comme pour le précédent acteur (grossiste), c'est dans la tranche d'âge comprise entre 31 et 50 ans que l'on retrouve le plus de transporteurs (68.9%) alors que pour les dépositaires, l'étude n'a pas retrouvé parmi eux ceux qui ont moins de 20 ans d'âge ou ceux qui en ont plus de 61, avec une forte concentration des acteurs dépositaires âgés de 41 à 50 ans (42%) contre 32% pour ceux âgés de 31-40 ans.

De ces différents acteurs dans présents dans la filière manioc, mentionnés ici, on retrouve une forte concentration des plus vieux acteurs (ayant plus de 61 ans d'âge) parmi les transformateurs et les producteurs, alors que la concentration de jeunes acteurs (moins de 30 ans d'âge) se retrouve parmi les commerçants détaillants.

b. Genre et ancienneté dans l'activité parmi les acteurs de la filière manioc

Suivant l'activité réalisée dans la filière manioc, on remarque que le genre de la personne active à ce niveau varie.

Tableau 8.44. enre et ancienneté dans le métier de production.

Ancienneté	Genre des acteurs dans la production			
	Effectif Masculin	%	Effectif féminin	%
1 - 5 ans	140	25	61	23
6-10 ans	173	30	64	24
11-15 ans	83	15	33	12
16-20 ans	77	14	29	11
21-25 ans	28	5	13	5
26-30 ans	36	6	36	13
Plus de 31 ans	33	6	31	12
Total	570	100	267	100

Si l'étude a dénombré plus d'hommes que de femmes engagées dans la production du manioc, elle relève le fait que l'on trouve plus de femmes avec une longue ancienneté dans cette activité (25% de femmes ont une ancienneté supérieure à 25 ans d'exercice) contre 12% des hommes, ce qui pourrait encore être compris par le fait que plus les hommes vieillissent, moins ils accordent du temps aux travaux des cultures pénibles, le cas du manioc ici.

Tableau 8.45. Genre et ancienneté dans le métier de transformation.

Ancienneté	Genre du chef de ménage			
	Effectif Homme	%	Effectif Femme	%
1 - 5 ans	250	38	249	31
6-10 ans	202	31	236	29
11-15 ans	81	12	127	16
16-20 ans	78	12	111	14
21 - 25 ans	27	4	38	5
26-30 ans	23	3	55	7
Total	661	100	816	100

Il ressort de ce tableau qu'il y a plus de femmes que d'hommes engagées dans l'activité de transformation du manioc mais que les écarts exprimés en % ne sont pas encore les deux catégories pour ce qui est de l'ancienneté dans l'activité.

Tableau 8.46. Genre et ancienneté dans le métier de grossiste.

Ancienneté	Genre des grossistes			
	Effectif Homme	%	Effectif Femme	%
1 - 5 ans	151,0	52,4	152,0	45,1
6 - 10 ans	85,0	29,5	115,0	34,1
11-15 ans	28,0	9,7	40,0	11,9
16 - 20 ans	17,0	5,9	21,0	6,2
21 - 25 ans	5,0	1,7	6,0	1,8
26 - 30 ans	1,0	0,3	2,0	0,6
Plus de 31 ans	1,0	0,3	1,0	0,3
Total	288	100	337	100

Le tableau 8.47 montre qu'il a plus d'actrices féminines engagées dans la commercialisation en gros que des acteurs hommes ; en effet, il ressort de l'étude que près de 54% d'acteurs interrogés sont des femmes et dans tous les deux cas, on observe que leur ancienneté dans le commerce de gros est inférieur à 15 ans. Au début, il y a plus d'acteurs qui s'adonnent au commerce de gros du manioc (81.9% d'homme contre 79.2% de femmes ont une faible ancienneté > 10 ans) ; au fur et à mesure qu'ils progressent (acquièrent de l'ancienneté), ils abandonnent cette activité.

Tableau 8.47. Genre du détaillant et son ancienneté dans le métier.

Ancienneté	Genre détaillant			
	Effectif Homme	%	Effectif Femme	%
1 - 5 ans	125	42	731	53
6 - 10 ans	77	26	317	23
11-15 ans	41	14	145	11
16 - 20 ans	37	12	104	8
21 - 25 ans	11	4	44	3
26 - 30 ans	7	2	24	2
Plus de 31 ans	3	1	8	1
Total	301	100	1373	100

L'activité de vente du manioc en détail est réalisée essentiellement par les femmes ; parmi elles, 87% d'elles ont une ancienneté inférieure à 15 ans contre 82% pour les hommes. Le tableau 8.48 montre qu'il y a moins de commerçants qui ont une longue ancienneté dans le commerce de détail, c'est-à-dire qu'il y a plus de novices dans cette activité que des personnes expérimentées.

Tableau 8.48. Genre dépositaire.

Ancienneté	Genre dépositaire			
	Effectif Homme	%	Effectif Femme	%
1 - 5 ans	34	42	7	33
6 - 10 ans	32	40	5	24
11-15 ans	12	15	5	24
16 - 20 ans	2	2	4	19
21 - 25 ans	1	1	0	0
Total	81	100	21	100

L'observation de ce tableau 8.49 fait apparaître le fait que les tenanciers de dépôt pour la conservation du manioc se retrouvent plus parmi les hommes que parmi les femmes (respectivement 80% d'hommes contre 20% de femmes) et malgré ce faible nombre de femmes engagées dans cette activité, l'étude montre qu'il y a plus de femmes que d'hommes (19% de femmes contre 3% pour les hommes) qui ont une ancienneté supérieure à 16 ans.

Tableau 8.49. Genre du transporteur.

Ancienneté	Genre du Transporteur			
	Effectif Homme	%	Effectif Femme	%
1 - 5 ans	90	35	1	17
6 - 10 ans	86	33	3	50
11-15 ans	42	16	0	0
16 - 20 ans	22	8	2	33
21 - 25 ans	7	3	0	0
26 - 30 ans	9	3	0	0
Plus de 31 ans	4	2	0	0
Total	260	100	6	100

Par transporteur, on sous-entend la personne qui organise le transport ; ceci inclut les propriétaires de véhicules et ceux/celles qui vont louer les véhicules pour assurer l'évacuation. Ainsi, il se dégage de ce tableau 8.49 que cette activité est essentiellement réalisée par les acteurs hommes (97.7%) avec quelques rares cas de femmes (3.3%). Parmi eux, la majorité a une expérience comprise entre 1 et 20 ans (92% de cas).

c. Niveau d'instruction des acteurs de la filière manioc

Le niveau d'instruction des acteurs a une incidence notable dans l'adoption de la technologie tant au niveau de la production que de la transformation du manioc. Il en est ainsi pour le comportement et les performances affichés par les acteurs dans les divers marchés des produits et dérivés de manioc où ils interviennent.

Au niveau de la production du manioc, il se dégage du tableau 8.50 ci-dessous que la majorité des acteurs dans la production du manioc (homme et femme) ont atteint le niveau d'études secondaires et humanitaires (respectivement 67% pour les hommes contre 55% pour les femmes) ; parmi ceux qui se sont limités au niveau du primaire figurent plus de femmes que d'hommes, respectivement 33% et 20%. En outre, c'est plus parmi le genre féminin que l'on remarque une proportion élevée des acteurs qui ne sont pas allés à l'école. Pour ceux ayant atteint le niveau d'étude supérieur, ils sont plus concentrés parmi les hommes que les femmes (respectivement 10% contre 4%). Cette situation s'observe aussi bien dans les sites à Kinshasa que dans ceux du Kongo Central.

Tableau 8.50. Genre d'acteurs impliqués dans la production.

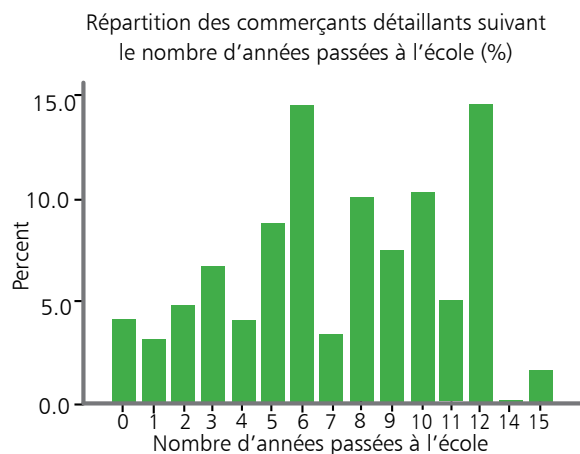
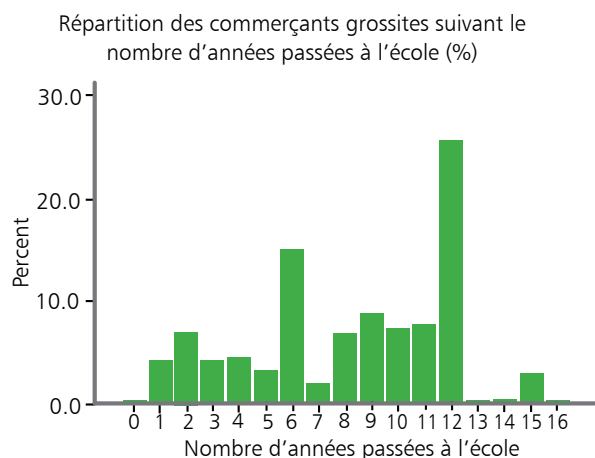
Niveau de formation atteint	Genre d'acteurs impliqués dans la production			
	Effectif Homme	%	Effectif femmes	%
Pas été à l'école	13	3	17	8
Primaire	101	20	67	33
Secondaire/Humanitaire	341	67	112	55
Supérieur et Universitaire	52	10	9	4
Total	507	100	205	100

Dans la transformation du manioc qui est une activité dominée par le genre féminin, on remarque que la proportion des femmes qui n'ont pas été à l'école est supérieure à celle des hommes (respectivement 51% contre 37%) alors qu'au niveau du primaire, c'est plus les hommes que de femmes qu'on retrouve dans cette catégorie (63% contre 49%).des tendances relative au niveau d'instruction des acteurs de la transformation des produits de manioc sont similaires à celles des producteurs, c'est-à-dire, 5 transformateurs sur 10 ont un niveau secondaire, 4 transformateurs sur 10 ont un niveau en deçà de secondaire et 1 transformateur sur 10 de niveau au-delà du secondaire.

Tableau 8.51. Genre d'acteurs impliqués dans la transformation du manioc.

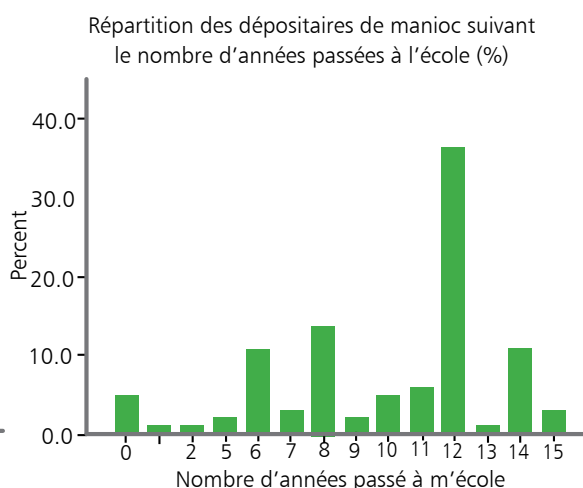
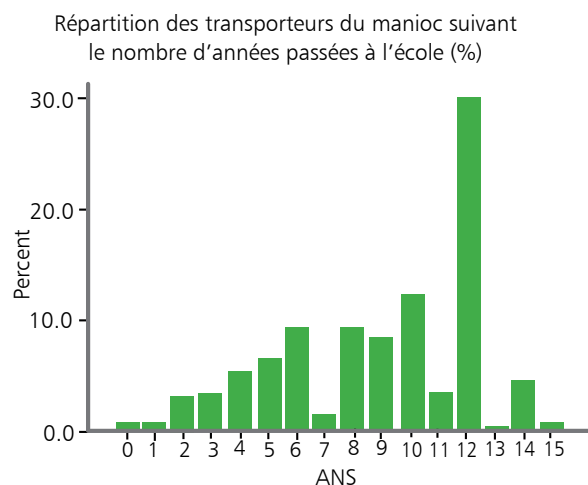
Niveau d'instruction	Genre d'acteurs impliqués dans la transformation du manioc			
	Effectif Homme	%	Effectif femmes	%
Pas été à l'école	245	37	416	51
Primaire	416	63	400	49
Total	661	100	816	100

Les grossistes ayant un niveau d'instruction secondaire dominant le commerce de gros du manioc dans la majorité des sites soit près de 6 grossistes sur 10. Les grossistes de niveau inférieur que celui du secondaire avoisinent 4 grossistes sur 10.



Le commerce de détail des produits de manioc est assuré presque à moitié par les détaillants de niveau secondaire et aussi à moitié par ceux ayant un niveau moins que celui du secondaire.

Les transporteurs des produits de manioc de niveau d'instruction secondaire représentent 54,5% de l'ensemble, ceux de niveau d'instruction inférieur au secondaire sont 37,8% et ceux ayant un niveau supérieur au secondaire remontent à 7,7%.



Les acteurs qui assurent le stockage des produits de manioc ont un niveau d'instruction secondaire, tel est le cas de près de 8 dépositaires sur 10. Au-delà et en deçà du niveau secondaire, on compte respectivement plus d'un et un dépositaire sur dix.

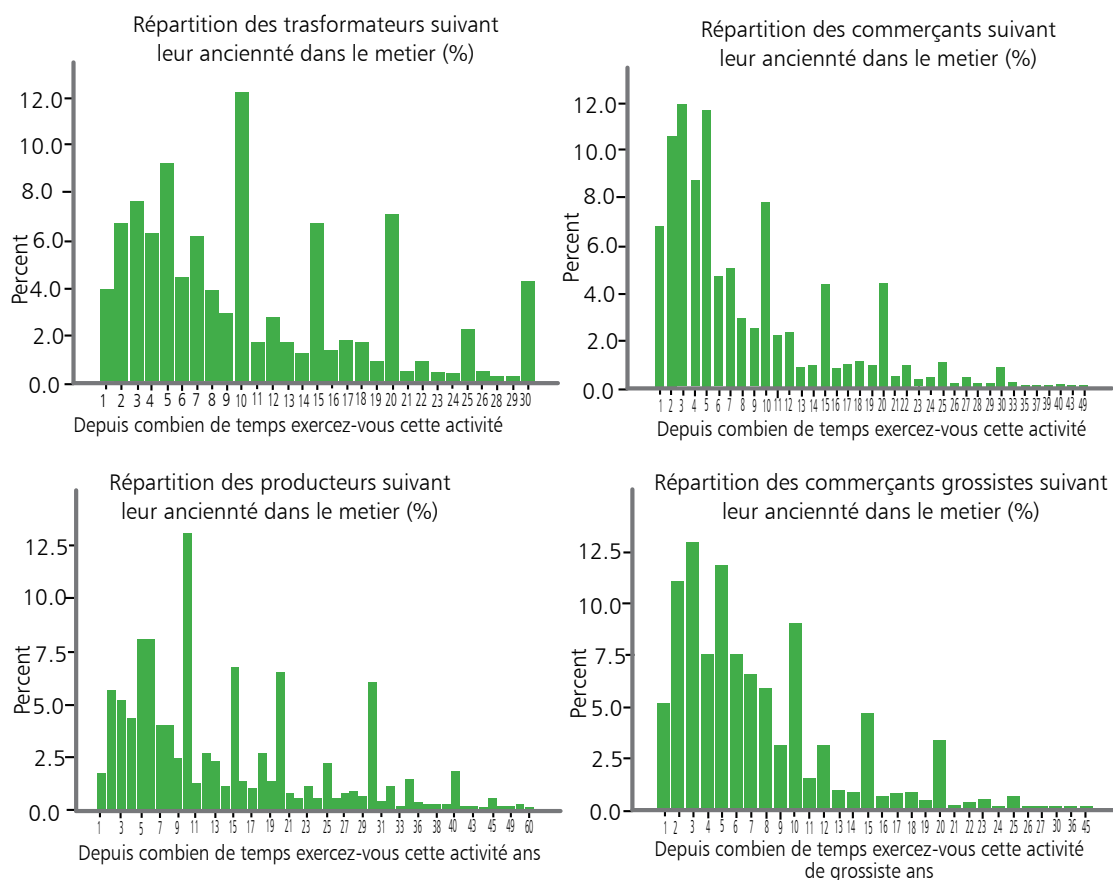
Au niveau des consommateurs des produits de manioc, près de 6 chefs de ménage sur 10 ont un niveau d'instruction secondaire, les 4 autres chefs de ménage sont répartis de manière presque égale entre ceux ayant un niveau inférieur (2 sur 10) et ceux de niveau supérieur (2 sur 10) au secondaire.

Le niveau d'instruction atteint par la plupart des acteurs enquêtés est le secondaire (au moins 5 acteurs sur 10 toute catégorie confondue), lequel niveau peut permettre, une fois

bien encadré, d'assimiler sinon de s'approprier les nouvelles technologies de production et de transformation des produits de manioc. Il en est de même pour les commerçants (grossistes et détaillants) et prestataires de service (transporteur et dépositaire) des produits et dérivés de manioc susceptibles aussi d'être encadrés pour améliorer la bonne marche de leurs affaires.

d. Expérience ou ancienneté des acteurs de la filière de manioc

La production de manioc est prise en charge par les opérateurs dont l'expérience dans ce secteur se situe entre 5 et 15 ans. C'est l'expression de 49,6% de producteurs du manioc. Au-delà de 15 ans d'ancienneté comme producteurs, on retrouve 33,4% de producteurs de manioc. Néanmoins, 24% de producteurs ont moins de cinq ans d'expérience sur la culture de manioc.



L'expérience des opérateurs de la transformation des produits de manioc est importante : 7 acteurs transformateurs de manioc sur 10 exercent cette activité au moins depuis 5 ans dont 2 d'entre eux le font depuis plus de 15 ans. Les novices dans cette profession ne sont que 3 sur 10.

Les grossistes ayant une expérience allant de 5 à 15 ans représentent 5 grossistes sur 10. Au-delà de 15 ans d'ancienneté dans ce commerce, on dénombre seulement 1 grossiste sur 10. Les grossistes ayant moins de cinq ans d'expérience représentent près de 4 grossistes

sur 10. Ce commerce est à la fois une activité ancienne et une activité nouvelle, porteuse pour beaucoup de grossistes.

En ce qui concerne l'activité de commerce de détail des produits de manioc, 5 détaillants sur 10 ont une expérience dans le métier ne dépassant guère cinq ans. Cependant, 3 opérateurs sur 10 sont là depuis 5 à 15 ans. Seulement 2 détaillants sur 10 pratiquent ce commerce depuis plus de 15 ans.

La moitié des transporteurs de produits de manioc soit 5 d'entre eux sur 10 ont une expérience allant de 5 à 15 ans. L'autre moitié est partagée entre les transporteurs novices (moins de 5 ans d'expérience) et les vieux routiniers (plus de 15 ans d'ancienneté dans le métier).

Près de 6 dépositaires sur 10 pratiquent cette activité depuis 5 à 15 ans. Les nouveaux venus dans le métier de dépositaire de produits de manioc, c'est-à-dire ceux qui ont moins de cinq ans d'ancienneté représentent 3 sur 10. Les plus anciens des dépositaires de manioc ne représentent que 1 sur 10 d'entre eux.

La majorité des acteurs rencontrés ont une expérience allant de 5 à 15 ans du métier respectif qu'ils exercent à l'exclusion des détaillants où on retrouve plus des novices que des expérimentés. Ceci s'explique probablement par la faiblesse des investissements nécessaires pour se lancer dans le commerce de détail alors que le commerce de grossiste demande plus de moyens financiers.

e. Taille des ménages des acteurs de la filière de manioc

Les ménages des producteurs sont composés de 6 à 8 personnes, c'est la taille habituelle d'un ménage sur deux des producteurs des produits de manioc (52,3% de cas). Les ménages de moins de 6 personnes comptent pour 35,9% et ceux de plus de 8 personnes pour 11,8% des ménages visités.

Les familles des transformateurs des produits de manioc sont bipolarisées en deux classes de taille quasi similaire. Celles de moins de six personnes (4 ménages sur 10) et celles de 6 à 8 personnes (4 ménages sur 10). Les ménages de plus de 8 personnes ne représentent que 2 ménages sur 10.

La taille dominante des ménages au niveau de grossistes est celle contenant moins de 6 personnes, 5 ménages sur 10 sont concernés. Les ménages ayant entre 6 et 8 personnes représentent près de 4 ménages sur 10.

La taille dominante des ménages des détaillants se rapproche de celle des grossistes car près 5 ménages des détaillants sur 10 ont moins de 6 personnes. Aussi, 4 ménages sur 10 sont constitués de 6 à 8 personnes. Les ménages de plus de 8 personnes correspondent à 1 ménage sur 10.

Les familles de transporteurs des produits de manioc sont légèrement centrées autour de 6 à 8 personnes. Ce sont les déclarations de 4 ménages sur 10. Les ménages de moins de 6 personnes et ceux de plus de 8 personnes comptent respectivement 3 ménages sur 10.

Les ménages des dépositaires des produits de manioc sont constitués dans leur majorité de 6 à 8 personnes. C'est l'avis de près de 5 ménages sur 10. Les ménages de moins de

6 personnes sont représentés par 3 ménages sur 10 et ceux de plus de 8 personnes par 2 ménages sur 10.

La composition de ménage de consommateurs des produits de manioc se présente de la manière suivante : 42,7% des ménages ont moins de 6 personnes, 37,2% des ménages sont constitués de 6 à 8 personnes et 20,1% d'entre - eux réunissent plus de 8 personnes.

La taille de ménages des producteurs, transformateurs, transporteurs et dépositaires est constituée de 6 à 8 personnes pour 40% d'entre eux. Les commerçants (grossistes et détaillants) enquêtés ont des ménages dont la taille est de moins de 6 personnes. C'est l'avis de 5 ménages sur 10 de ces deux catégories d'acteurs.

f. Degré du professionnalisme des acteurs de la filière manioc

Les producteurs des produits de manioc se répartissent en plusieurs catégories : producteur uniquement (32,7%), producteur et transformateurs des produits de manioc (44%), producteur, transformateur et détaillant des produits de manioc (23,3%).

La majorité des producteurs assurent à la fois la transformation et la vente des produits de manioc qu'ils manipulent.

Bien qu'exerçant principalement le métier de transformateur des produits de manioc, ces transformateurs cultivent aussi le manioc et exercent eux-mêmes aussi le métier de grossistes et de détaillant par la vente des produits de manioc et ses dérivés. Les différentes catégories de transformateurs sont : transformateurs uniquement (35,6%), transformateur - producteur (34,5%), transformateur-producteur-grossiste (18,5%) et transformateur-détaillant (11,4%).

Sur dix grossistes, sept ont déclaré exercer uniquement la profession des grossistes en produits de manioc et trois d'entre-deux sont aussi cultivateurs. Aussi, il est à noter que sur dix grossistes, six se sont spécialisés comme grossiste uniquement en produits de manioc et ses dérivés et quatre commercialisent, outre les produits de manioc et ses dérivés, d'autres produits agro-alimentaires.

Caractéristiques et fonctions spécifiques des acteurs de la filière de manioc

Producteurs

a. Type de main-d'œuvre utilisée

Les activités de production de manioc font recours à la main-d'œuvre familiale (dans 42,6% des cas), à la main d'œuvre salariée (dans 19,1% des cas) et aux deux types (dans 38,4% des cas).

b. Statut par rapport à la terre

Les statuts respectifs de propriétaire foncier et de locataire par rapport à la terre cultivée sont détenus de manière quasi-égale par les producteurs tant dans les sites de Kinshasa qu'à ceux du Kongo Central.

On a recensé 5 producteurs sur 10 comme propriétaires fonciers et aussi près de 5 producteurs sur 10 comme locataires.

c. Formation et encadrement des producteurs

La majorité des producteurs de manioc soit 3 producteurs sur 4 enquêtés n'ont bénéficié d'aucune formation ni encadrement sur la culture de manioc.

Parmi les 203 producteurs de manioc sur 839 ayant reçu une formation et/ou un encadrement sur la culture de manioc, ceux-ci ont été assurés par les structures ci-après : 109 producteurs par les ONG locales, dont 65 par l'ONG CADIM, 43 par les organisations internationales dont 29 par USAID/IITA, 19 par les églises, 17 par les associations paysannes, 7 par le Gouvernement et 8 par d'autres structures.

L'essentiel de la formation et/ou de l'encadrement a porté sur les techniques culturales (47,8%), le choix de boutures (26,6%), le choix de culture (15,3%), la gestion de produit (6,9%), la lutte phytopathologique (1,5%) et la diffusion de boutures (2,0%).

d. Superficie emblavée par les producteurs

Habituellement, les producteurs emblavent pour la culture de manioc, les superficies qui correspondent à moins de 10 ares (34,9%), de 10 à 20 ares (54,4%), de 21 à 30 ares (9,2%) et plus de 30 ares (1,5%).

e. Durée et moyens de transport utilisés pour se rendre au champ

Les champs de la plupart des producteurs de manioc se trouvent à plus de 30 minutes de leurs habitations. C'est l'expression de près de 8 producteurs sur 10. Seulement, près d'1 producteur sur 10 a des champs localisés entre 26 et 30 minutes de marche à pied.

Les moyens de transport habituels utilisés pour se rendre aux champs sont : le transport pédestre (près de 8 producteurs sur 10), le vélo (1 producteur sur 10) et les autres modes de déplacement en l'occurrence le véhicule, la moto, (1 producteur sur 10).

Transformateurs

a. Matières premières à base de manioc utilisées

L'essentiel de la matière première à base de manioc utilisée est :

- les racines tubéreuses pour 54,3% des transformateurs,
- le Kimpuka (pâte à base des racines tubéreuses de manioc fermentées dans l'eau) pour 18,7% des transformateurs,
- les cossettes de manioc 17,9% des transformateurs,
- la farine fermentée, la farine non fermentée, les feuilles de manioc et l'amidon pour 9,1% des transformateurs.

L'approvisionnement en matière première à base de manioc se réalise de manière suivante : les achats locaux (51,5%), l'auto-approvisionnement (26,5%), les achats auprès de divers fournisseurs (7,2%), les importations (6,2%) et les autres modes d'approvisionnement (8,6%).

b. Part des matières premières à base de manioc dans le produit final

Globalement, 80% des transformateurs utilisent 100% de la matière première à base de manioc dans la composition du produit final qu'ils mettent sur le marché.

Les commerçants (grossistes et détaillants)

a. Types des produits manipulés

Les produits de manioc les plus manipulés par les grossistes sont : les cossettes (40,0%), la chikwangue (16,0%), le kimpuka (13,9%), les feuilles (13,1%), la racine tubéreuse (10,7%) et autres (6,3%).

Outre les produits à base de manioc, les grossistes commercialisent aussi d'autres denrées vivrières locales en l'occurrence du maïs, de l'arachide, de la banane, de l'huile, des légumes, de la patate douce, du haricot, du piment et autres.

b. Nombre des rotations, durée de voyage et condition de transport

La majorité de grossistes visités effectuent moins de 5 voyages aller-retour par mois.

La durée moyenne de voyage aller-retour tourne autour de trois jours.

La quantité des produits à base de manioc achetée par grossiste varie d'un produit à un autre.

c. Conditions de transport des produits

Les grossistes principalement recourent à deux moyens de transport pour atteindre le lieu de vente de leurs produits : le véhicule et le moyen pédestre. Le recours au vélo, à la pirogue et à la moto se fait de manière sporadique.

Transporteurs

a. Année de fabrication du véhicule utilisé

L'année de fabrication des véhicules qui assurent le transport des produits de manioc et de ses dérivés va de l'année 1945 pour le plus ancien à 2005 pour le plus récent. Durant l'étude, le véhicule le plus ancien a été acquis depuis 1978, c'est-à-dire depuis 31 ans et le véhicule le plus récent l'a été depuis l'année en cours (2009).

b. Documents de bord et autorisations officielles détenus par les transporteurs

La détention des titres, des documents de bord et des autorisations officielles, constitue des préalables pour l'exercice du métier de transporteur des produits. A en croire les déclarations des transporteurs des produits de manioc, il peut être avancé que plus de moitié de transporteurs ont comme document de bord : la carte rose, permis de conduire et des autorisations officielles de transport. Par contre, moins de la moitié de ceux-ci sont en règle avec l'assurance.

Les entrepositaires

a. Nature de l'entrepôt

Les dépôts dans lesquels sont entreposés les produits de manioc et ses dérivés ont été érigés dans les bâtiments dont les matériaux sont en dur, en semi-durable et en bois.

c. Importance relative des produits de manioc stockés

Les dépôts où l'on stocke uniquement les produits de manioc sont moins nombreux. La majorité des dépositaires, entreposent à la fois les produits de manioc et d'autres

produits vivriers en l'occurrence du maïs, du haricot, de la banane plantain, de l'huile de palme, de l'arachide, de la patate douce, des fruits (orange, avocat, ananas) et des légumes (tomates, oignon, ail, céleri, ciboulette).

Les produits de manioc et ses dérivés qu'on retrouve dans ces entrepôts sont en ordre d'importance : les cossettes de manioc (39,4%), le Kimpuka (18,5%), la Chikwangué (15,9%), la farine de manioc fermentée (9,5%), les racines tubéreuses (7,4%), les feuilles de manioc (2,6%), le gari (2,2%) et autres (4,5%).

Conclusion

Le manioc est l'un des aliments de base de la population congolaise ; sa culture est pratiquée dans toutes les provinces du pays et emploie donc plusieurs couches de la population. Son commerce de détail ainsi que sa transformation sont assurés en grande partie par les femmes (respectivement 80% et 60%), alors que le commerce de gros est assuré à part égale par les deux sexes et que les activités de stockage et de transport sont exécutées essentiellement par les hommes (80%).

Pour ce qui concerne le degré de professionnalisme, l'étude a montré que 44% des enquêtés sont en même temps producteurs, transformateurs du manioc et de ses sous-produits contre 32,7% qui sont uniquement des producteurs et 23,3% qui sont transformateurs, producteurs et détaillants. Le niveau d'instruction atteint par la majorité d'acteurs demeure le secondaire (50% de cas) avec quelques rares cas qui ont un niveau supérieur au secondaire (10% de cas chez les transformateurs contre 7.7% chez les transporteurs).

Quant à la spécialisation des grossistes, 60% d'entre eux commercialisent uniquement du manioc et ses produits, contre 40% qui vendent du manioc et ses produits avec d'autres produits agricoles qu'ils trouvent. Pour ce qui est du niveau d'expérience, l'étude nous a dévoilé que, contrairement aux activités de transport, Stockage/dépositaire et de transformation, la majorité d'acteurs dans le commerce de détail sont des novices avec une expérience de moins de 5 ans dans l'activité peut-être à cause de la faiblesse des investissements pour se lancer dans cette activité de vente en détail. Avec une faible superficie emblavée par ménage (10 à 20 ares pour 54.4% de cas contre 34.9% pour une superficie inférieure à 10 ares), la main d'œuvre utilisée dans la production est en grande partie familiale (42.6%) contre 38.4% pour une main d'œuvre mixte.

Les dépositaires et les transporteurs sont essentiellement des hommes.

Le niveau d'instruction atteint par la plupart des acteurs enquêtés est le secondaire (au moins 5 acteurs sur 10, toute catégorie confondue).

La majorité des acteurs rencontrés ont une expérience allant de 5 à 15 ans du métier respectif qu'ils exercent à l'exclusion des détaillants où on retrouve plus des novices que des expérimentés.

La taille moyenne des ménages de ces acteurs était de 6 personnes. Les caractéristiques spécifiques des acteurs varient d'un acteur à l'autre.

Les ménages qui assurent la production du manioc ont pour chef de ménage un homme dans près de 7 ménages sur 10 et une femme dans 3 ménages sur 10.

Les activités de transformation du manioc s'opèrent dans les ménages dirigés par les femmes (6 ménages sur 10) et les hommes (4 ménages sur 10). Dans les deux cas, ce sont les femmes qui s'occupent des activités de transformation au sein de ménages.

Dans l'ensemble, les grossistes des produits de manioc et ses dérivés sont à peu près moitié hommes et moitié femmes. Dans les centres urbains, on retrouve légèrement plus de femmes que d'hommes alors qu'en milieu rural, on dénombre parfois plus d'hommes parfois aussi plus des grossistes femmes.

De manière globale, la représentativité par genre dans le commerce de détail des produits de manioc et ses dérivés est telle que sur 10 détaillants, 8 sont des femmes. Dans bien d'endroits tant en ville qu'en zone rurale, on trouve plutôt 9 femmes sur 10 détaillants des produits manioc.

Le métier des transporteurs des produits de manioc et ses dérivés est exclusivement exercé par les hommes.

Les dépositaires en produit de manioc et ses dérivés se retrouvent plus parmi les hommes. C'est le cas de 8 dépositaires sur 10. Dans bien des sites, cette activité est exclusivement exécutée par les hommes.

La question genre dans la filière manioc est bipolaire. Il y a plus d'hommes chefs de ménage dans la production alors que les activités de transformation principalement est l'apanage des femmes.

Les prestataires de service dans la filière manioc en l'occurrence les transporteurs et dépositaires sont quasi-exclusivement des hommes.

Références

- Dostie B., Randriamamonjy J. et Rabenasolo L. 1999. Cassava Production and Marketing Chains: the Forgotten Shock Absorber for the Vulnerable, INSTAT/Cornell University/USAID. 29 p.
- Ducommun G., Cecchini H., Ouedraogo S. et Bengaly A. 2005., Commercialisation vivrière paysanne marchés urbains et options politiques au Bourkina Faso : Rapport final de synthèse, CEDRES/Université de Ouagadougou. 101 p.
- Kadima N. 2006. Profil du sous-secteur des légumineuses en République Démocratique du Congo, Kinshasa, FAO, 53 p.
- Kambewa E. and Mahungu N.M. 2007. Cassava production and marketing in the Chinyanja Triangle (Malawi, Mozambique et Zambia), Angola and South Africa, IITA/SARRNET/USAID. 71 p.
- Kambewa E., Mahungu N.M., and Sopo O. 2007. Mango and Banana production and marketing in Chinyanja Triangle (Malawi, Mozambique and Zambia), IITA/USAID. 59 p.
- Kandu K. C. 2006., Études de filière du secteur des cultures vivrières : Profil de la filière de production des tubercules et racines, Kinshasa, FAO. 86 p.

- Kinkela Savy.C., M., Biloso M., Belani M. et Mpanzu B. 2006. Seconde évaluation du projet « Réponse urgente à la recrudescence de la mosaïque du manioc en RDC », Kinshasa, PROSECA. 73 p.
- Kinkela Savy.C., Alimasi B. C., Belani M. J et Ntoto M. R. 2007. Analyse genre dans le système de production du manioc : « Cas du plateau de Batéké à Kinshasa » Kinshasa in « Lutte contre la pauvreté en RDC : Bilan et Perspective », Université d'Anvers, pp 85-111. www.nano.ua.ac.be/main.aspx?c=.GRALACF&n=69077
- Lauret F., Perez R. 1992. Méso analyse et économie agroalimentaire. Economies et sociétés. Série développement agro-alimentaire, AG, juin 1992, n. 21.
- M'pia E.B., Etudes des filières du sous-secteur des cultures vivrières : Profil de la filière de production des bananes, Kinshasa, FAO. 45 p.
- Malassis L. et Gheris G. 1996. Traité d'économie agroalimentaire. Tome 1. Economie de la production et de la consommation : méthodes et concepts. 2ème édition. Paris : Cujas. 393 p.
- Mananga M.J. 2006. Etude de filière du secteur des cultures : Profil de la filière de production des céréales, Kinshasa, FAO. 57 p.
- Montignaud J. C. 1992. L'analyse des filières agro-alimentaires : méthodes et premiers résultats.
- Moustier P. 1998. Offre vivrière et organisation des échanges : problématique générale. In Vergriette B. Contrats et concertation entre acteurs des filières vivrières. Inter-Réseaux développement rural, n° 4, mai 1998. 86 p.
- Nouhine D.P. 2003. Comportement des acteurs et performances de la filière lait périurbain de Kolda (Sénégal), Série "Master of Science" n° 61, 57 p.
- PNUD/UNOPS. 1998. Monographie de la ville de Kinshasa, Kinshasa, 247 p.
- PNUD/UNOPS. 1998. Monographie de la ville de Matadi, Kinshasa
- Rastoin J. L. 2001 Economie et stratégie agro-industrielle : le système alimentaire. Montpellier : ENSAM : Département des sciences économiques et de gestion. Support pédagogique. 195 p.
- Sadoulet E. et DE Janvry A. 2005. Quantitative Development Policy Analysis, London, 392 p.
- SARNET, (2009), Roots: Newsletter, IITA, Malawi, 18 p.
- Scherer F.M., Ross D. 1990. Industrial market structure and economic performance. Boston : Houghton Mifflin Company. 713 p.
- Scott G. et Griffon D. 1998. Prix, produits et acteurs : Méthodes pour analyser la commercialisation agricole dans les pays en développement, KARTHALA, CIRAD et CIP. 504 p.
- SENAC/PAM/UE. 2006. République Démocratique du Congo : Profil des marchés pour les évaluations d'urgence en sécurité alimentaire, KUL. 79 p.

4. Transformation du manioc et ses contraintes dans une perspective commerciale

Introduction

Contexte

Le manioc est la plus importante plante agricole de l'Afrique, à part certaines cultures de rente destinées à l'exportation telles que le coton et le cacao. Ses champs couvrent une surface de plus de 10 millions d'ha, ce qui correspond à environ 6 % de la superficie agricole totale du continent africain (Agueguia *et al.*, 2000). Le manioc est la culture vivrière importante sur la majeure partie du pays, particulièrement dans le Nord-Ouest (Kongo Central, Kwilu, Kwango, Mai-Ndombe, Équateur, Sud-Ubangi et Nord-Ubangi, Tshuapa, Mongala, Sankuru, Kasai, Lualaba, Kasai Oriental, Lomami, Bas-Uele et Haut-Uele, Tshopo et Ituri), vis-à-vis de ses utilisations diversifiées dans l'alimentation humaine et animale ainsi que dans les industries. Il joue un rôle important dans la sécurité alimentaire des ménages, notamment au sein des communautés rurales (Onwueme, 1978, Kinkela *et al.*, 2009 ; Kembola *et al.*, 2012 et FAO, 2014). Les racines tubéreuses de 5 à 6 kg ou même davantage au nombre de 5 à 10, sont les principaux produits alimentaires et/ou matière première obtenus du manioc (Agueguia *et al.*, 2005).

La récolte échelonnée renforce davantage la place du manioc dans les stratégies de sécurité alimentaire des ménages congolais pour assurer la sécurité alimentaire, et les racines tubéreuses sont disponibles tout au long de l'année. Il n'existe pas de saison spécifique pour la récolte, puis que les racines tubéreuses peuvent être prélevées à tout moment, à partir de six (6) mois jusqu'à deux (2) ans, après la plantation (Khonde, 2001). En effet, la sécurité alimentaire de la RD Congo est assurée par le manioc qui reste stocké dans le sol et qui peut être récolté à tout moment entre 9 et 24 mois après la plantation (PAM et FAO, 2006). Donc, le manioc demeure une réserve alimentaire fiable pour les ménages ruraux paupérisés. Les racines tubéreuses peuvent être consommées directement, après la récolte ou servir de matière première pour la fabrication d'une série de multiples produits à valeur ajoutée issus des technologies avancées (Nweke *et al.*, 2000). Par ailleurs, James *et al.* (2013) soutiennent que les racines de manioc fournissent des matières premières idéales pour un grand nombre des types de produits alimentaires, puisqu'elles sont faciles à transformer et ont peu de saveur. Avec des technologies très avancées provenant de la recherche scientifique soutenue, le manioc possède encore un fort potentiel en termes des produits dérivés, si bien que plus de 80 types des produits à base du manioc ont été déjà identifiés en Afrique (Agueguia *et al.*, 2000 et FIDA, 2008).

En RD Congo où la dépendance vis-à-vis du manioc est particulièrement forte, la consommation annuelle par habitant est très élevée au monde pouvant dépasser 450 kg des racines fraîches (Khonde, 2001 ; Raffaillac et Second, 2002 ; FIDA, 2008 et Kinkela *et al.*, 2009). En outre, Kembola *et al.* (2012) estiment que la consommation annuelle du manioc par habitant, tous produits confondus, est d'environ 250 kg. Concernant la production du manioc destinée à la consommation humaine, la RD Congo vient en deuxième position mondiale après le Paraguay (Raffaillac et Second, 2002 et FIDA, 2008). Hormis les racines tubéreuses, les autres parties du manioc sont aussi utilisées, notamment les feuilles qui sont comestibles comme légumes très appréciés (Onwueme, 1978 et Matteoli et Bayedila,

2010) et les tiges utilisées comme matériel de plantation (Raffaillac et Second, 2002). Pour la consommation des feuilles, Ndonga (2018) estime que la consommation moyenne annuelle par congolais est de 29 kg. Donc, le manioc est exploité dans son entièreté. Il contient 60 à 70 % d'eau, et sa transformation en produits secs diminue sa teneur en eau pour le rendre moins périssable et plus stable. Après séchage, la teneur en eau du produit sec doit être suffisamment réduite, car c'est un paramètre très important du stockage d'un produit sec. La teneur en eau idéale se situe entre 8 et 10 % (Kwatia et Jeon, 1990 et IITA, 2014). Si bien que la réduction du volume facilite le transport du manioc, la transformation diminue ou élimine la teneur en cyanure et améliore la saveur des produits dérivés du manioc. Les racines de manioc contiennent du cyanure, une substance toxique (James *et al.*, 2013).

La chaîne de valeur du manioc possède des potentialités à tout niveau, c'est-à-dire de la production, la transformation, la commercialisation et la consommation/utilisation. Après la récolte des racines tubéreuses périssables, le manioc frais est transformé en nombreux dérivés pour être commercialisés et/ou consommés. La transformation, la commercialisation et la consommation sont nécessaires et constituent les activités (composantes) post-récolte qui valorisent davantage la chaîne de valeur du manioc. Il existe encore des pesanteurs qualifiées des contraintes, par rapport aux activités post-récolte à relever pour parvenir à tirer profit des opportunités offertes, surtout au niveau de la transformation. En effet, les méthodes traditionnelles de transformation pour obtenir des produits dérivés, sont rudimentaires et fastidieuses, aboutissant souvent aux produits transformés de qualité relativement instable.

Bien que le manioc soit cultivé partout en RD Congo, les contraintes post-récolte sont perçues en relation directe avec les réalités agricoles par rapport à la transformation à la Tshopo et au Kongo Central, qui sont les provinces où notre étude s'est réalisée. Quelles sont ces vraies contraintes de transformation dans ces deux (2) provinces productrices du manioc ? Cette recherche tente de répondre à cette grande question sur quelques aspects et proposer des solutions nécessaires dans la mesure du possible.

Objectifs

L'objectif général est de tenter de dégager les contraintes empêchant le développement de l'activité post-récolte de transformation au Kongo Central et à la Tshopo, et les objectifs spécifiques consistent à :

- Identifier les technologies de l'activité post-récolte de la chaîne de valeur au niveau de la transformation du manioc ;
- Analyser les contraintes particulières par rapport à la transformation, en vue de proposer des solutions susceptibles d'améliorer l'efficacité de la chaîne de valeur du manioc.

Méthodologie

La consultation documentaire était exclusivement exploitée pour recueillir toutes les informations nécessaires sur les contraintes liées à la transformation. La littérature sur ces contraintes est fournie par les données secondaires recueillies à travers les publications, articles scientifiques, thèses, rapports techniques et rapports des projets de manioc. Bref,

ces différentes sources documentaires ont été consultées et passées en revue pour tenter d'appréhender les enjeux liés au développement de l'activité post-récolte.

Les rapports techniques des institutions étatiques ont servi de références pour contextualiser les informations recueillies. Parmi ces institutions, il est signalé les ministères à travers leurs organes techniques comme l'Institut National des Statistiques (INS) et l'Institut National pour l'Étude et la Recherche Agronomiques (INERA) dépendant respectivement du plan de la révolution de la modernité et de la recherche scientifique. La recherche a employé la démarche analytique basée sur l'approche objet, centrée sur les caractéristiques de l'innovation considérée individuellement (OECD, 2005). Cette approche suggère que soit dressée une liste des innovations, en se confiant souvent sur les évaluations d'experts.

En outre, la recherche a exploité les données primaires recueillies en mai 2016, à l'issue de la pré-enquête ayant permis le repérage des sites de transformation et le test du questionnaire. L'enquête in situ par sondage stratifié à travers un choix raisonné, a été conduite auprès de 112 transformateurs du manioc (60 au Kongo Central et 52 à la Tshopo), membres des organisations paysannes bénéficiaires des kits de transformation. La liste des membres a servi de référence pour les identifier, selon la disponibilité à être interviewé. À l'absence des listes actualisées des membres, seule la disponibilité a été considérée. Cependant, la classification de ces acteurs identifiés était inclusive, c'est-à-dire un acteur est considéré producteur et transformateur du manioc. En plus, les entretiens semi-structurés avec les informateurs-clés ont été conduits avec la synergie des partenaires locaux, pour clarifier et compléter les informations collectées, en vue de valider les conclusions.

Les différents sites, en référence aux conditions socio-écologiques, ont été stratifiés en zones rurales et urbaines. Seuls les transformateurs des zones rurales, ont été ciblés et sélectionnés de manière aléatoire. L'étude a été réalisée sur un rayon de 163 km, autour de stations de recherche de Gimbi (Kongo Central) et Yangambi (Tshopo).

Résultats attendus

- Les technologies de la chaîne de valeur liée à la transformation sont identifiées.
- Les contraintes majeures de la transformation sont analysées, tout en proposant des pistes des solutions probables pour d'améliorer l'efficacité de la chaîne de valeur du manioc.

Chaîne de valeur du manioc et ses contraintes post-récolte

Chaîne de valeur du manioc

Le rôle joué par la chaîne de valeur du manioc est prépondérant au sein de l'économie agricole en général et dans l'alimentation en particulier. Le manioc est la plante à racine la plus cultivée et consommée au pays (MINAGRIDER, 2013), et Popelier (1977) insiste que la popularité du manioc soit due à ses qualités spécifiques parmi lesquelles la croissance vigoureuse, la faculté de pouvoir se cultiver sur des sols moins fertiles, le peu d'exigences culturelles et la possibilité de racines de conserver dans le même sol après l'arrêt de la croissance. Il contribue significativement à la sécurité alimentaire et à la création des emplois pour soutenir la croissance économique. La culture de manioc est génératrice

d'emplois et de revenus pour les ouvriers agricoles, les producteurs indépendants, les transformateurs, les distributeurs et les prestataires de services (Kinkela *et al.*, 2009). Bref, plusieurs intervenants depuis les producteurs ruraux jusqu'aux consommateurs urbains, sont impliqués dans la chaîne de valeur du manioc.

La chaîne de valeur étant l'ensemble des acteurs (privés, publics y compris les fournisseurs de services) et activités à valeur ajoutée qui contribuent à porter un produit de la phase de production au consommateur final (Miller et Jones, 2013). En d'autres termes, la chaîne de valeur est l'ensemble de processus et flux de la production à la consommation d'un produit agricole. En principe, la valeur créée, tout au long du processus de fabrication entrepris à chaque étape de la chaîne, représente la valeur ajoutée. A part l'autoconsommation, le manioc et ses produits dérivés sont principalement expédiés au marché. La détérioration accélérée des racines tubéreuses et leur teneur élevée en glucosides cyanogéniques toxiques ont stimulé l'imagination humaine sur le traitement du manioc, d'une part par les techniques traditionnelles et d'autre part par les techniques améliorées. L'accroissement de la productivité et l'obtention de produits de meilleure qualité qui se conservent mieux dépendent en outre des méthodes de transformation. De plus, les meilleures perspectives commerciales sont offertes par les méthodes améliorées de transformation. Par ailleurs, Soule *et al.* (2013) soutiennent que le manioc revêt un fort potentiel nutritionnel et bénéficie de techniques de transformation, qui permettent de lutter contre la périssabilité du produit. Par contre, les principaux dérivés du manioc sont concernés par les échanges et destinés aux marchés locaux, nationaux et régionaux.

En effet, la production annuelle du manioc demeure encore faible, estimée à 19 millions de tonnes, et elle est l'œuvre de petits producteurs disséminés à travers le territoire national (FIDA, 2008). La mise en place de projets et programmes de promotion du manioc attestent l'importance de cette culture pour tenter d'améliorer sa productivité, sa production et le revenu des producteurs agricoles, transformateurs et les autres acteurs impliqués. Par conséquent, plusieurs variétés résistantes aux maladies et à haut rendement ont été introduites, notamment par la FAO et IITA, dans le cadre de la relance de la production de cette culture. Eu égard à son potentiel énorme d'addition de plus-value par transformation, le manioc et ses dérivés de racines sont considérés comme des facteurs économiques d'une importance inestimable. Souvent, les producteurs vendent une plus grande partie de leur manioc que des autres cultures vivrières (Bokanga et Djoussou, 1996). Le manioc est l'une des rares denrées alimentaires qui subissent de transformation pour être consommées sous des formes aussi diverses.

La multiplication de sous-produits s'est accompagnée avec le développement de cette culture, mais la qualité de ces produits constitue encore une préoccupation, suite à l'absence de contrôle de qualité et de normes de production. La transformation du manioc est basée essentiellement sur les technologies traditionnelles, face à une demande croissante des dérivés selon la FAO (2014). La promotion du manioc tant pour la sécurité alimentaire que pour la relance de l'économie nationale est bénéfique au pays, et il est une évidence d'accompagner la chaîne de valeur pour assurer une production de qualité à un prix compétitif.

La récolte, la transformation, la commercialisation et la consommation du manioc et ses dérivés sont les principales composantes post-récolte de la chaîne de valeur. La transformation peut alors influencer la demande d'un certain nombre de produits à base

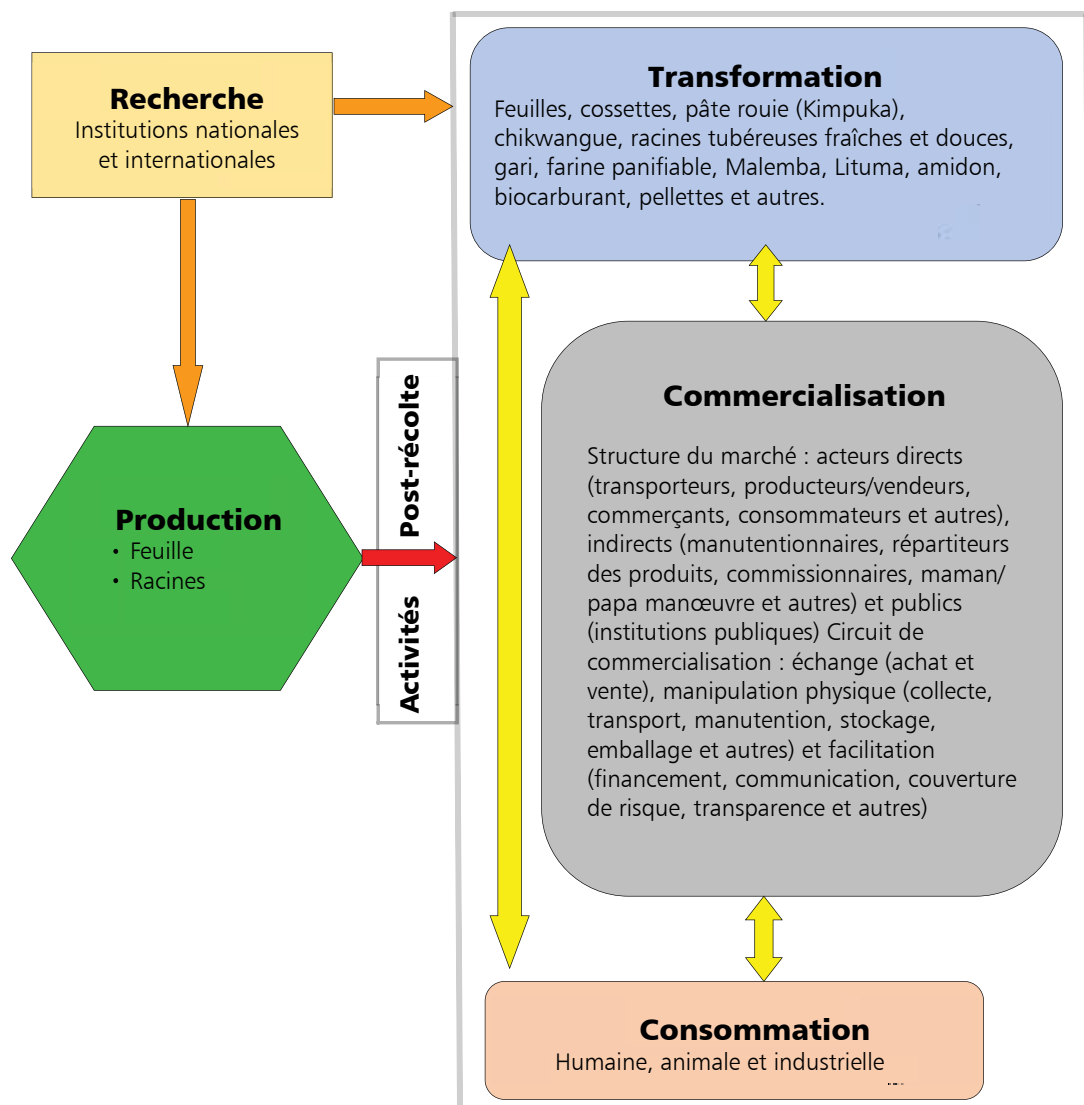


Figure 8.45. Chaîne des valeurs du manioc.

de manioc, et vice-versa. Donc, l'accès à la technologie, aux innovations technologiques et aux matériels appropriés constitue une préoccupation sur cette activité post-récolte (Kinkela *et al.*, 2009). Les défis logistiques entravent la commercialisation (transport, stockage, manutention, emballage, conditionnement et autres) en termes d'impacts négatifs sur les échanges. Pour la consommation, la demande de différents produits du manioc demeure essentiellement élevée. Ainsi, cette recherche se focalise particulièrement sur l'activité post-récolte transformation.

Transformation du manioc

C'est une opération primordiale qui aide à produire des dérivés ayant une plus-value largement supérieure à celles de racines elles-mêmes (matières premières). La nécessité de la transformation fréquente du manioc résulte d'une part, de la détérioration accélérée

des racines qui deviennent vite périssables après la récolte et de l'autre, de la teneur élevée en glucosides cyanogéniques de la plupart des variétés de manioc. Par ailleurs, Kwatia et Jeon (1990) mentionnent que le taux d'élimination du cyanure oscille entre 70 et 100 %, selon la méthode de transformation. Mpanzu (2012) évoque que le manioc est le produit vivrier qui subit le plus de transformation physique. En outre, les avantages liés à la transformation sont multiples, les études (Mahungu *et al.*, 1987 ; IITA, 1990 ; Assiedu, 1991 ; Agueguia *et al.*, 2000 ; Khonde, 2001 ; James *et al.*, 2013) mentionnent quelques-uns, précisément :

- La réduction des pertes des tubercules frais après la récolte ;
- L'augmentation, liée à la fermentation, de la valeur nutritive ;
- La réduction de la teneur en glucosides cyanogéniques ;
- La fabrication de produits se conservant mieux que les racines fraîches ;
- La réduction des coûts de transport des zones rurales vers les centres urbains en raison de la réduction de poids dans le cas des produits secs ;
- La stabilisation des fluctuations annuelles des quantités disponibles sur le marché
- L'approvisionnement de petites unités de transformation en matières premières.

Les procédés traditionnels de technique de transformation sont souvent élaborés, mais les équipements employés (couteaux, coupe-coupe, mortiers, pilons, râpes, grosses pierres ou presses archaïques, casseroles, poêles et autres) se réfèrent à une technologie la plus simple. Les femmes sont majoritaires dans la transformation artisanale, et les techniques employées demeurent toujours très rudimentaires et fastidieuses. En plus, certaines variétés du manioc (surtout amères) ne se consomment pas à l'état frais, mais doivent subir préalablement la transformation, notamment la fermentation. La fermentation est un processus jouant un rôle capital pour transformer un produit presque toxique et difficilement digeste en un aliment fort comestible.

La fermentation dans l'eau (fermentation anaérobie) est plus appropriée pour traiter le manioc, par rapport à la fermentation à l'air ambiant (fermentation aérobie). Toutefois, les micro-organismes impliqués dans la fermentation du manioc sont des espèces qui ne provoquent pas de maladies ou produisent des toxines, mais au contraire ils sont utiles pour donner un goût apprécié aux produits traités.

Il existe plusieurs techniques de transformation du manioc selon les produits finis désirés, et Agueguia *et al.* (2000), Khonde (2001) et FIDA (2008) ont répertorié au moins 80 différents types de produits à base de manioc consommés en Afrique. La transformation compte parmi les activités les plus importantes de la stratégie de la sécurité alimentaire et de l'exploitation agricole (Khonde, 2001 et IITA, 2014). Il existe trois (3) modes de transformations de manioc couramment utilisés en RDC, en utilisant les racines :

- La transformation semi-industrielle (améliorée/moderne) : elle emploie de petites unités de transformation par des individus ou des groupes organisés ;
- La transformation artisanale : elle utilise des équipements rudimentaires, et les femmes sont les principales actrices ;
- La transformation familiale : c'est une transformation sans but lucrative, et les femmes y travaillent pour transformer les produits totalement destinés à la consommation familiale.

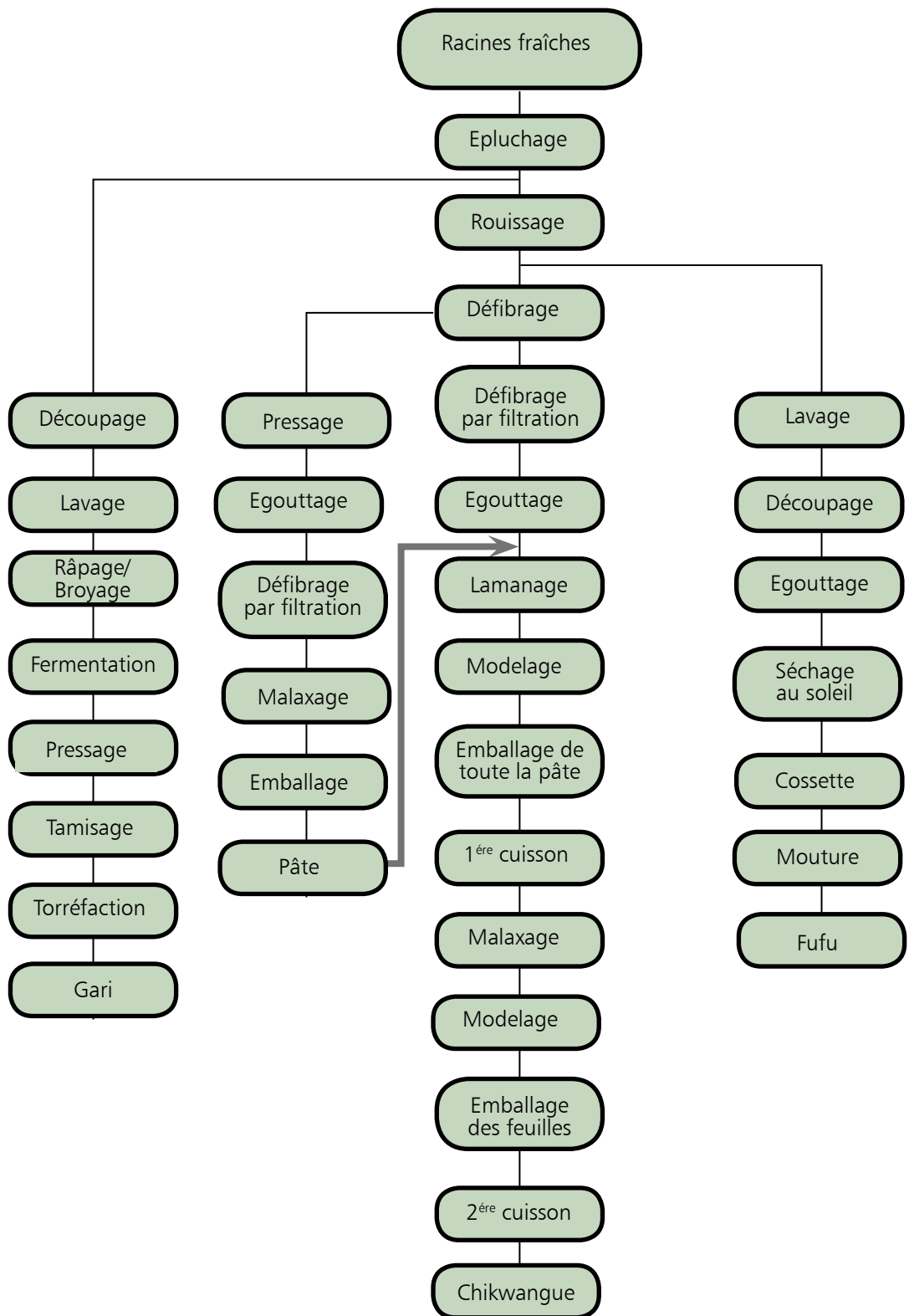


Figure 8.46. Procédés de fabrication des produits de manioc.
(Source : Agbor, 1995 et Nkiere, 1984 cités par Khonde, 2001 et adaptation personnelle pour Gari).

Donc, les racines sont les matières premières de plusieurs produits dérivés, dont les plus répandus en RD Congo sont :

a. Farine panifiable

C'est une farine de haute qualité n'ayant pas subi préalablement la fermentation pour substituer à la farine de blé et autres sources d'amidon en boulangeries et confiseries. En Afrique, l'émergence de ce grand marché contribue à l'organisation de la chaîne de valeur du manioc dans plusieurs pays, notamment le Nigéria et Ghana.

b. Gari

Originaire du sud du Nigeria, le gari a récemment conquis la quasi-totalité des régions côtières d'Afrique. Il rencontre un franc succès auprès de transformateurs ruraux et périurbains, ainsi que les consommateurs urbains. Pendant la torréfaction, l'huile de palme est ajoutée au gari pour réduire le risque de le brûler, rendre sa couleur jaunâtre et l'enrichir en lipides et vitamines A. A partir de 1 kg de racines tubéreuses, il est obtenu entre 140 et 260 g de gari, notamment une moyenne de 190 g (Agueguia *et al.*, 2000 ; James *et al.*, 2013 et Kouakou *et al.*, 2015). Sa faible teneur en eau justifie sa longue durée de conservation (environ plus d'une année) pour être préparée sous formes diverses et réduit substantiellement les coûts de transport en raison de sa légèreté (Bokanga et Djoussou, 1996).

c. Cossettes (macro et micro)

Le manioc est le plus couramment trouvé au marché sous la forme des macro-cossettes qui, après broyage, émiettement ou pillage, donnent la farine fermentée (Fufu) qui est la matière première de la pâte alimentaire appelée aussi "*fufu*" (Khonde, 2001). Le fufu est le plat à base de manioc le plus populaire de l'Afrique (Agueguia *et al.*, 2000). Les macro-cossettes sont l'un des produits issus de la transformation du manioc frais et ne constituent qu'un produit semi-fini (Mpanzu, 2012 et Kouakou *et al.*, 2015). Le conditionnement des macro-cossettes s'effectue depuis le lieu de transformation à l'aide des sacs aux dimensions variées avec un poids moyen de 50 kg. La couleur blanche et l'odeur sont les caractéristiques les plus déterminantes de l'appréciation des macro-cossettes par les consommateurs. Agueguia *et al.*, (2000), Janssens (2001) et Kouakou *et al.*, (2015) ont calculé qu'une tonne de racines fraîches, non pelées, peut donc fournir 200 à 300 kg de cossettes séchées ou de farines (fermentées). Pour réduire davantage le temps de séchage naturel et la teneur en eau, la technologie traditionnelle des micro-cossettes est souvent utilisée en milieu paysan, si bien qu'elle demeure très exigeante en opérations.

d. Pâte rouie (Kimpuka)

C'est la pulpe rouie, défibrée, émietée, parfois légèrement pétrie et égouttée du manioc. C'est la matière première qui compose la chikwangue, dont le commerce est de plus en plus intense dans les grandes villes, surtout à Kinshasa. La pâte de couleur blanche est la préférence des transformateurs et consommateurs.

e. Chikwangue

Fabriquée à partir de pâte, la chikwangue (bâton de manioc) est obtenue après cuisson de la pâte couverte de feuilles. Elle est plus appréciée principalement par sa

couleur et parfois par son odeur, et les feuilles naturelles constituent son emballage. C'est un dérivé hygiénique très pratique avec une faible teneur en cyanure, vu qu'il se prête directement à la consommation. En effet, la préparation et le traitement des racines tubéreuses de manioc en chikwangue sont très pénibles en termes de travail à effectuer.

f. Manioc frais et doux

Les racines de manioc sont consommées crues ou bouillies dans tout le pays. Au niveau de Kinshasa, il est constaté l'émergence du commerce ambulant du manioc cru écorcé combiné avec les arachides fraîches décortiquées, bouillies ou grillées.

g. Feuilles de manioc

Dans plusieurs pays africains, les jeunes feuilles sont régulièrement collectées pour être consommées comme légumes dans le cadre de la consommation humaine. Les feuilles tendres contiennent environ 25 % de protéines en poids sec, et sont une source appréciable de fer, de calcium, et de vitamines A et C (FAO, 2013). Kinkela *et al.* (2009), Matteoli et Bayedila (2010) et FAO (2014) appuient que les feuilles de manioc, consommées en moyenne trois fois par semaine, constituent le légume le plus populaire de la RD Congo). Un congolais consomme annuellement une moyenne de 29 kg (Ndonga, 2018).

Avec une teneur élevée en protéines et aussi la qualité des acides aminés de ces protéines, la transformation des feuilles est devenue intéressante en Afrique Centrale, car elles sont consommées comme légumes très appréciés. Elles sont parfois transformées en concentrés des protéines servant à l'alimentation animale. Le commerce de ce légume est plus intense au niveau de grandes villes et cités du pays, voire dans certaines capitales occidentales (Bruxelles, Londres et autres). Mais à ce jour, aucune activité industrielle de transformation des feuilles de manioc n'a été répertoriée en Afrique, et encore moins en Afrique Centrale (FIDA, 2008).

De nouvelles opportunités commerciales sont offertes par la transformation du manioc aux acteurs à petite échelle, pour ne plus le vendre sous forme de racines fraîches. Néanmoins, les racines tubéreuses et les feuilles servent aussi à l'alimentation animale. A l'état frais, elles sont servies en quantités très limitées en raison de leur teneur en cyanure.

Il se constate une saisonnalité à Matadi (Kongo Central) à cause des saisons pluvieuse et sèche, ce qui n'est pas le cas à Kisangani (Tshopo), où il pleut toute l'année. Pour remédier à la fluctuation des prix au Kongo Central, la diversité climatique du pays est un atout aux échanges (inter)provinciaux. Ou carrément l'efficacité du stockage devrait être améliorée au Kongo Central avec des infrastructures appropriées pour réguler l'offre et la demande, en vue de stabiliser les prix. Globalement, la farine fermentée et la chikwangue affichent une stabilité au sujet du prix, mais le prix de la farine est intéressant. C'est un produit (dérivé) sec à promouvoir. En ce qui concerne les prix des dérivés du manioc, ils sont plus élevés à Kisangani qu'à Matadi. Il sied de noter que les efforts sont nécessaires à Tshopo pour parvenir à baisser les prix des dérivés du manioc, pourquoi pas au même niveau de ceux du Kongo Central.

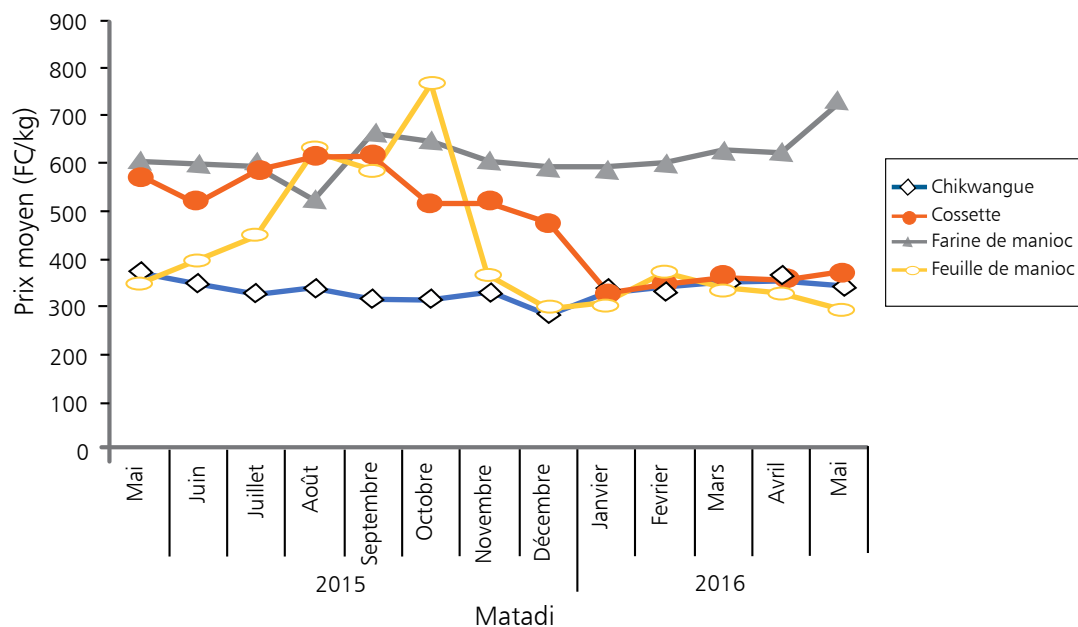


Figure 8.47. Prix moyen (FC/kg) de quelques dérivés du manioc à Matadi (INS, 2016).

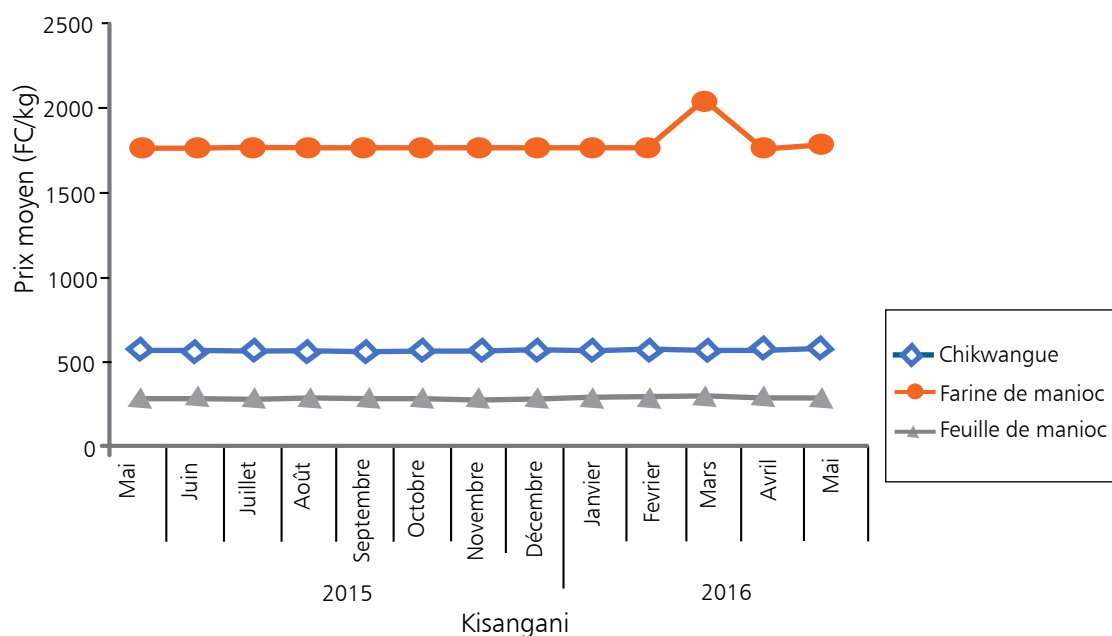


Figure 8.48. Prix moyen (FC/kg) de quelques dérivés du manioc à Kisangani (INS, 2016).

Contraintes de la transformation et solutions proposées

Comme la farine fermentée (fufu) du manioc est un produit à promouvoir, vis-à-vis de son prix intéressant sur les marchés (notamment à Matadi et Kinshasa), il s'avère difficile qu'un paysan produise de quantités importantes lors d'une seule transformation avec la transformation artisanale. Cette transformation est confrontée aux nombreuses contraintes opérationnelles. La farine fermentée est généralement obtenue à partir des

macro-cossettes, qui sont séchées de manière naturelle (4 à 7 jours), dont le stockage conservation est difficile par rapport à la forte teneur en eau qui accroît la vulnérabilité aux moisissures. Le séchage naturel (au soleil) constitue un goulet d'étranglement, surtout lors de la saison pluvieuse au cours de laquelle il pleut abondamment.

La main d'œuvre est un défi à relever, car les quantités importantes des racines tubéreuses à transformer et éplucher, mobilisent une main d'œuvre salariale importante. L'approvisionnement est en relation directe avec la difficulté de transport de manioc frais des champs aux endroits de traitement (Soule *et al.*, 2013). D'ailleurs, toutes les enquêtes ont exprimé la difficulté liée au transport de la matière au lieu de traitement.



Photo 8.56. Cossettes attaquées par les moisissures (Marché de Kinzau-Mvouete, Kongo Central, 2016).

Plusieurs autres opérations revêtent un caractère de corvée, ce qui explique le fait que la transformation à petite échelle est souvent confrontée au défi de la rentabilité. Cette situation renchérit les frais d'exploitation et grève la marge bénéficiaire nette. En plus, plusieurs dérivés issus de la transformation artisanale, dont les macro-cossettes, sont de qualité quasi moindre, suite aux conditions hygiéniques déplorables et contaminations aux substances indésirables. Ce qui baisse leur valeur commerciale.

Les formations en matière de transformation de la farine fermentée ne sont presque pas organisées ou ne sont pas continues à long terme. Les acteurs évoluent généralement dans leurs activités professionnelles sans formations et encadrements techniques. C'est ainsi que chaque acteur travaille de manière isolée, et ses difficultés professionnelles quotidiennes ne trouvent pas de solutions immédiates.

Au niveau de la Tshopo, l'axe routier reliant Kisangani à Yangambi (Turumbu) long de 100 km, bien qu'en bon état, est parsemé de multiples obstacles naturels tels que l'absence d'un pont sur la rivière Lindi, la dégradation des ponts (en cours de réhabilitation) et l'absence de ponts sur certains tronçons. Dans ce mode de transport routier, l'infrastructure de base nécessaire à l'écoulement du trafic existe, mais l'entretien insuffisant et l'absence de modernisation ont eu pour résultat que les ouvrages ne sont plus viables. Par conséquent, il y a augmentation du coût de transport, suite à la discontinuité spatiale du trafic et un transport multimodal (route et rivière) mal organisé. Les retards dans l'acheminement des marchandises et la hausse significative des coûts de transport sont les conséquences de ces obstacles constatés. Les frais de transport (y compris la manutention) constituent la plus grande part des coûts de transaction du commerce de gros pour les produits agricoles (manioc, maïs, arachide, banane plantain et haricot). C'est ainsi que la voie fluviale serait de plus en plus exploitée pour atteindre les marchés de Lotokila et Kisangani, avec une flotte inappropriée au commerce fluvial. Les ménages vivant sur cet axe routier (secteur de Turumbu) vivent en autarcie, et travaillent plus pour l'autosuffisance alimentaire.

L'insuffisance du réseau de transports et de communication constitue un obstacle majeur à la commercialisation des produits agricoles.

Pour améliorer la performance de la chaîne de valeur au sujet de la farine, vis-à-vis de quantités importantes des racines tubéreuses à traiter, la technologie des micro-cossettes est de plus en plus diffusée depuis 2004, à travers l'approche de dotation des kits de transformation au profit des organisations paysannes. Cette approche de diffusion favorise l'utilisation communautaire par l'accès gratuit de tous les membres aux services offerts, dans le souci de mécaniser certaines opérations susceptibles de rendre la transformation plus rentable et efficace. Le kit de transformation est constitué le plus souvent d'un découpeur, d'une râpe-découpeuse et d'une presse, par moment d'un moulin et d'un bac de rouissage. L'approche prônée subventionne les coûts élevés d'acquisition d'un kit (plus de 1.500 USD), et est plus soutenue par l'IITA, la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture) et l'Enabel (Agence Belge de Développement, ex-Coopération Technique Belge - CTB). Cette technologie est susceptible de rendre la transformation plus efficiente, par l'accroissement de la productivité tout en améliorant la qualité des produits, dont la farine fermentée. Cependant, la mécanisation encourage la transformation, car la proportion de manioc transformé augmente de 56 à 91 % dans les villages qui possèdent ne fût-ce qu'une râpe (Osswald, 1995). La perspective de l'approche est de réduire les pertes post-récolte en augmentant les quantités et la qualité des produits transformés, notamment la farine fermentée et aboutir progressivement à l'industrialisation de cette culture du manioc.

Au sujet du séchage naturel, les micro-cossettes présentent l'avantage de se sécher rapidement (1 à 2 jours), en réduisant substantiellement le temps de séchage (plus de 70 %). Avec sa teneur en eau suffisamment basse par rapport aux macro-cossettes, ce produit sec se stocke le plus longtemps possible. D'ailleurs, plus de la moitié des enquêtés (57 %) adoptent la technologie des micro-cossettes en recourant aux services des kits de transformation, et produisent principalement la farine fermentée. Par ailleurs, la pâte rouie (Kimpuka) et la farine panifiable (farine non fermentée) sont aussi des produits transformés lors de l'usage des kits de transformation, motivé par la meilleure qualité du produit final, la facilité de l'obtenir et le séchage rapide (des micro-cossettes) et la durée de stockage.

Le genre masculin est plus dominant, car seulement 12 % des ménages sont dirigés par une femme. Néanmoins, la femme demeure toujours active dans cette transformation améliorée, comme dans la transformation artisanale. Toutefois, l'homme semble s'intéresser de plus en plus à cette transformation semi-industrielle, car elle mobilise une main d'œuvre importante en termes de logistique. Bien que certaines opérations soient confiées à l'homme, les deux (2) genres participent à cette activité post-récolte. D'ailleurs, Kinkela *et al.* (2007) ont constaté la répartition des tâches entre les deux (2) genres dans la filière manioc.

L'installation d'un kit de transformation offre des opportunités socio-économiques surtout au niveau de l'emploi. La main d'œuvre locale influence positivement l'utilisation du kit de transformation, car plus la quantité de matière première augmente, plus la main d'œuvre locale est sollicitée. Bien que les ménages enquêtés soient des familles nombreuses avec une taille moyenne est de sept (7) personnes, présumant une disponibilité des actifs, ils recourent à la main salariale. En amont, elle est mobilisée pour

emblaver des superficies raisonnables de la propre production des racines tubéreuses, car la plupart des transformateurs sont avant tout producteurs de cette matière première. En aval, elle est mobilisée pour le transport et l'épluchage de la matière première, qui sont des opérations qui s'effectuent manuellement. Il est noté que la majorité des utilisateurs de la nouvelle technologie (89 %) emploient une main d'œuvre externe, pour acheminer les racines tubéreuses aux kits de transformation, et les éplucher. Néanmoins, Kouakou (2017) confirme que la main-d'œuvre a un effet positif et significatif sur l'efficacité technique. Donc, le secteur de transformation en se modernisant progressivement, est pourvoyeur d'emploi en milieu rural, surtout pour les femmes et jeunes (Hillocks, 2002 ; Tshingombe, 2007 ; Ducenne et Huart, 2011 ; Soule *et al.*, 2013 et Contech *et al.*, 2015). L'émergence du secteur engendre celle de plusieurs métiers connexes, dont l'artisanat pour fabriquer des presses et râpeuses, tout en propulsant la demande de ces équipements agricoles.

Vu que la technologie des micro-cossettes utilisant le kit de transformation est nouvelle, il sied de renforcer les capacités des transformateurs avec de diverses formations techniques. La répartition géographique des kits de transformation, par rapport aux stations de recherche (Gimbi et Yangambi) est un élément déterminant, pour faciliter le renforcement des capacités par les chercheurs. Plus les ménages s'y éloignent, moins ils adoptent la nouvelle technologie. En effet, cet éloignement anéantit les perspectives d'accès à l'information, vis-à-vis des choix technologiques (Mastaki, 2006). Les stations (Gimbi et Yangambi) sont dans un état criant de manque des ressources humaines et financières, caractérisé par le ralentissement, le dysfonctionnement ou l'arrêt de plusieurs programmes de recherche et la difficulté de la mobilité du personnel. Elles couvrent un faible rayon d'actions, qui réduit l'accès à l'information technologique, en cas des difficultés.

La viabilité des infrastructures routières, par l'entretien suffisant et la modernisation des ouvrages (entretien/réhabilitation/construction des ponts), garantit l'accès aux débouchés. Par conséquent, les paysans sont sûrs d'écouler leurs produits transformés, soit par la collecte assurée par les commerçants au niveau des marchés ruraux, soit par la vente directe aux marchés urbains (Cook, 1998 ; Bolakonga *et al.*, 2013 ; Mpanzu, 2013 et Bonkena, 2014). Les sites enquêtés sont généralement accessibles, puisque les routes qui relient les villages aux marchés ruraux et urbains sont en bon état, offrant la possibilité aux véhicules d'y rouler à plus de 45 km/h (vitesse moyenne). Ainsi, l'amélioration des routes d'accès aux marchés ruraux (locaux) et urbains (Matadi et Kisangani) incite les paysans à produire davantage

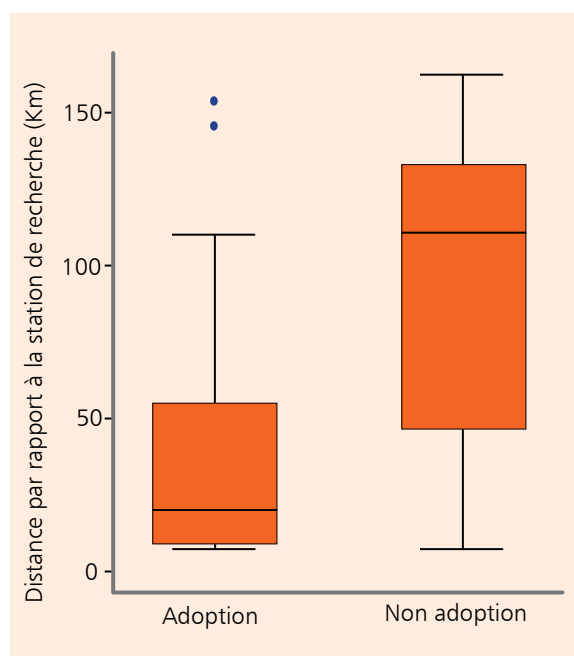


Figure 8.49. Distance des transformateurs par rapport aux stations de recherche (Gimbi et Yangambi) (Km).



Photo 8.57. Axe Matadi-Kinzau-Mvute, 2015.



Photo 8.58. Axe Kisangani-Banalia, 2015.

les dérivés du manioc (notamment la farine fermentée), en ayant une attitude positive vis-à-vis de cette nouvelle technologie appuyée par le kit de transformation.

En outre, Cook (1998) et Bonkena (2014) ont suggéré que les investissements agricoles complémentaires et l'amélioration du climat macro-économique, s'opèrent simultanément avec l'amélioration du réseau routier, pour engendrer plus d'impacts socio-économiques dans les zones rurales.

Toutefois, l'approche de dotation de kits de transformation pour une utilisation communautaire, bien qu'ayant des objectifs sociaux nobles, semble paternaliste accusant des limites opérationnelles dues à l'irrégularité de l'approvisionnement en matière première. Les kits ne fonctionnent pas en plein régime au regard de leurs capacités productives. Cette approche ignore la performance commerciale soutenue par la rentabilité de l'investissement, au profit de l'aspect social. En effet, les entrepreneurs privés visités (Kisungimundi Frères et Fils à la Tshopo, Fondation Nsimba Nzungila et Groupedi au Kongo Central) ayant les sens des affaires et capacités managériales, installent progressivement des usines de transformation. Ainsi, ils s'approprient déjà la vision de cette nouvelle technologie, sous un angle purement commercial pour rentabiliser les investissements (kits de transformation, infrastructures de la ferme

et autres). Ils s'approvisionnent en matière première par leurs propres productions, qui sont très limitées vis-à-vis des capacités productives des kits de transformation. Cependant, ils collaborent avec des producteurs locaux du manioc frais regroupés en associations paysannes, pour ravitailler les usines, en vue de répondre à l'exigence de la rentabilité. Les efforts restent à conjuguer dans l'établissement du bassin de production sur un rayon de moins de 20 km pour couvrir au moins 50 % des besoins annuels, comme le recommandent Kwatia et Jeon (1990). La répartition géographique des fournisseurs et l'usine de transformation demeure un facteur capital du succès de l'approvisionnement en matière première (Akoroda, 2007).

De ces faits, ils parviennent à concilier petit à petit les objectifs sociaux aux objectifs commerciaux, avec leurs moyens financiers limités dans un contexte d'absence totale d'une institution financière spécialisée dans le micro-crédit agricole. La participation du secteur privé devrait être encouragée au niveau de la transformation par la promotion de PPP. Les usines privées visitées constituent déjà un bel exemple à soutenir dans le cadre de la promotion de PPP. Elles ont acquis certaines expériences en matière de transformation, tout en travaillant avec leurs propres moyens de bord. Les appuis, en termes de subventions et crédits agricoles en faveur de ces unités privées, devraient les propulser vers d'autres dimensions de la transformation améliorée, qui deviendra de plus en plus viable.

Conclusion

Le succès du manioc est dû entre autres à son fort potentiel de diversification des produits transformés, pour assurer la sécurité alimentaire d'une part, et générer les revenus de l'autre. Cependant, la transformation est l'une des activités post-récolte essentielles, pour booster la chaîne de valeur, mais elle évolue avec des contraintes qui limitent ses performances, surtout au niveau de la transformation artisanale.

Par ailleurs, la présente recherche conduite auprès de 112 transformateurs répartis dans les provinces de la Tshopo et Kongo Central, s'est focalisée sur certaines contraintes de cette activité. Elle révèle que le manioc est plus transformé en farine fermentée (fufu), dérivée principalement des macro-cossettes. C'est un produit à promouvoir, à cause de son prix intéressant aux marchés de Kisangani et Matadi. L'approvisionnement en racines tubéreuses mobilisant la main-d'œuvre salariale, le séchage et le stockage des macro-cossettes, les formations très limitées et la viabilité des infrastructures routières comptent parmi les contraintes dégagées. Pour les lever, il sied de promouvoir la transformation améliorée, à travers la technologie des micro-cossettes accompagnée par le kit de transformation, pour mécaniser certaines opérations. Dans l'optique d'améliorer davantage la valeur ajoutée, la diffusion de cette innovation technologique coûteuse (plus de 1.500 USD), se fait par l'approche de dotation des kits de transformation pour une utilisation communautaire. La promotion de cette approche est assurée par IITA, FAO et Enabel.

En effet, il ressort que plus de la moitié (57 %) des transformateurs interrogés recourent à cette technologie, à cause de la meilleure qualité du produit final, la facilité de l'obtenir, le séchage rapide (micro-cossettes) et la durée de stockage. Toutefois, la femme est toujours active dans les tâches de cette activité moderne, bien qu'il soit aussi signalé une implication effective de l'homme. L'émergence de cette activité post-récolte moderne

est significativement influencée de manière positive par la main d'œuvre salariale, l'état des routes d'accès aux marchés (ruraux et urbains) et négative par l'accès à l'information technologique à travers des formations pour le renforcement des capacités. Cette émergence pourvoyeuse d'emploi en milieu rural, stimulera aussi l'offre en matière première (racines tubéreuses) pour appuyer la compétitive de la chaîne des valeurs manioc.

Toutefois, l'approche communautaire bien que justifiée par des objectifs sociaux nobles, présente des limites (techniques et managériales) vis-à-vis des exigences de cette nouvelle technologie. Par conséquent, elle devra être progressivement substituée par le partenariat-public-privé (PPP) pour encourager davantage l'investissement privé. Donc, la transformation améliorée est plus appropriée par les acteurs du secteur privé, qui ont déjà le sens des affaires, en plus de cette expertise acquise. Ainsi, ils parviennent à concilier les objectifs sociaux et commerciaux, en rentabilisant les kits de transformation par l'amélioration de l'offre en farine fermentée. Malheureusement, leurs investissements sont limités par l'autofinancement, au contexte actuel d'absence d'une institution financière spécialisée dans le micro-crédit agricole susceptible de promouvoir les Micro, Petites et Moyennes Entreprises (MPME).

Références

- Agueguia A., Apedo-Ama A., Fontem D.A., Manga G.A., Mboua J.C., Mouen M., Ndzana Z., Ngeve Mbua J., Poné Kamdem D., Tchuanyo M., Tetka J., Tiki Mpondo G., Wouamane M. et Zok S., 2000. Le manioc : un aliment pour tout le monde, édition Bell A., Mûch O. et Schuler B., 2000. Les richesses du sol : les plantes à racines et tubercules en Afrique. GTZ, 330 p.
- Akoroda, M.O. (2007). Systèmes visant à assurer l'approvisionnement en racines de transformation de manioc des usines de transformation. In: Amani, G., Nindjin, C., N'zue, B., Tschannen, A. & Aka, D. (ed), Potential of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) processing in West Africa. CTA, FARA and AUF, 341 p.
- Assiedu J.J., 1991. La transformation des produits agricoles en zone tropicale : Approche technologique. CTA-Karthala, p. 11-38.
- Bokanga M. and Djoussou L.H.O, 1996. Structure, potential and constraints of root and tuber crop processing in Africa. Pages 79 – 93, in edition Richter J.; Basler A. and Franzen H.: Small-Scale Food Processing Contributing to Food Security. Feldafing, R. F. A., 242 pages.
- Bolakonga, I.A., Disonama, M., Baudouin, M. & Lebailly, P., 2013. Système de production, économie rurale et accès au marché en milieu Mbole, territoire d'Opala, République Démocratique du Congo. In: Badibanga, T. & Ulimwengu, J. (ed), Development of agriculture in Democratic Republic of Congo: opportunities and constraints. Paris (France): Harmattan, p. 42–62.
- Bonkena, B.P., 2014. Infrastructures routières et développement socioéconomique dans le Mayombe (RDC). Harmattan, 181 p.
- Contech, A.M.H, Yan, X. & Moiwo, J.P., (2015). The determinants of grain storage technology adoption in Sierra Leone. Cahiers Agriculture 24: 47–55. DOI : 10.1684/agr.2015.0733.

- Cook C.C., 1998. L'analyse sociologique dans les projets de routes rurales, édition Cernea M.M., 1998. La dimension humaine dans les projets de développement : les variables sociologiques et culturelles, Karthala, 586 p.
- Ducenne Q. et Huart A., 2011. Évaluation finale du Programme de Relance de la Recherche Agricole et Forestière (REAFOR) en République Démocratique du Congo. Union Européenne, 60 p.
- FAO, 2013. Le manioc : produire plus avec moins. Rome, 128 p.
- FAO, 2014. Champs-école paysans sur le manioc : Ressources à l'intention des facilitateurs d'Afrique sub-saharienne. Rome, 223 p.
- FIDA, 2008. Etude sur les potentialités de commercialisation des produits dérivés du manioc sur les marchés de la Communauté Économique et Monétaire de l'Afrique Centrale. 316 p.
- Hillocks, R.J., 2002. Cassava in Africa. In: Hillocks, R.J., Thresh, J.M. and Belotti, A.C. (ed.), Cassava: Biology, Production and Utilization. London (UK): University of Greenwich, p. 41-54.
- IITA, 1990. Le manioc en Afrique tropicale : Un manuel de référence. Ibadan, 190 p.
- IITA, 2014. Research for development to support the cassava industry in the Democratic Republic of Congo (Cassava III). Final report, p 47-50.
- INERA (Institut National d'Étude et Recherche Agronomiques), 2012. Rapports annuels des activités de recherche. Kinshasa.
- INERA (Institut National d'Étude et Recherche Agronomiques), 2013. Rapports annuels des activités de recherche. Kinshasa.
- INERA (Institut National d'Étude et Recherche Agronomiques), 2014. Rapports annuels des activités de recherche. Kinshasa.
- INS (Institut National des statistiques), 2014. Enquête 1-2-3 : Résultats de l'enquête sur l'emploi, le secteur informel et sur la consommation des ménages/2012. Enquête 1-2-3. INS, 164 p.
- INS (Institut National des statistiques), 2015. Annuaire statistique 2014. Ministère de Plan et révolution de la modernité. Kinshasa, 267-284 p.
- James B., Okechukwu R., Abass A., Fannah S., Maziya-Dixon B., Sanni L., Osei-Sarfoh A., Fomba S. et Lukombo S., 2013. Production du gari à partir du manioc : Guide illustré à l'intention des transformateurs de manioc à petite échelle. IITA, 32 p.
- Janssens M. J. J., 2001. Manioc, édition Raemaekers R.H., 2001. Agriculture en Afrique Tropicale. DGCI, 1634 p.
- Kembola T., Ngombe R. et Chausse J.P., 2012. L'agriculture : Pierre angulaire de l'économie de la RDC, édition Samba M.D, Tshimenga T.M. et t Herderschee J., 2012. Accélérer la croissance et promouvoir l'emploi en République Démocratique du Congo. Médiaspaul, volume II.
- Khonde M., 2001. Transformation, Commercialisation et Consommation du Manioc : une stratégie de sécurité alimentaire à Kinshasa, édition Kankonde M. et Tollens E., 2001, Sécurité alimentaire au Congo-Kinshasa : production, consommation et survie. Harmattan, 478 p.

- Kinkela, S., Bahandi, A., Ntoto, M. & Belani, M., 2007. Analyse Genre dans le système de production du manioc : cas de plateau de Bateke à Kinshasa. In Herd, T. & Okana, N. (ed), *Lutte contre la pauvreté en RDC : Bilan et perspective*. Faculté Catholique de Kinshasa, p. 85-111.
- Kinkela S., Tingu Y., Ntoto M., Mpanzu B. et Belani M., 2009. Etude de la filière Manioc dans les provinces de Kinshasa et du Bas-Congo. Proseca, 144 p.
- Kouakou J., Nanga N.S., Plagne-Ismail C., Pali M.A. et Ognakossan E.K., 2015. Production et transformation du manioc. CTA et ISF, 40 p.
- Kouakou P.A, 2017. Analyse de la performance productive de l'agriculture urbaine dans le district d'Abidjan. *European Scientific Journal (ESJ)*, 13 (35).
- Kwatia, J. et Jeon, W.Y., 1990. Transformation du manioc. In: IITA (ed), *Le manioc en Afrique Tropicale : un manuel de référence*. IITA, p 99-123.
- Mahungu N.M., Yamaguchi Y., Almazan A.M. and Hahn S.K., 1987. Reduction of cyanide during processing of cassava into some traditional African foods. *J. Food Agric.* 1: 11-15.
- Mastaki, N.J., 2006. Rôle des goulots d'étranglement de la commercialisation dans l'adoption des innovations agricoles chez les producteurs du Sud-Kivu (Est de la R.D.Congo). Gembloux, Thèse de doctorat, 400 p.
- Matteoli F. et Bayedila E., 2010. Communication pour le développement et la diffusion des technologies agricoles et forestières au Bas-Congo. Document technique, FAO, 101 p.
- Miller C. et Jones L., 2013. Financement des chaînes de valeur agricole : Outils et leçons. FAO, 199 p.
- MINAGRIDER (Ministère d'Agriculture et du Développement Rural), 2013. Plan National d'Investissement Agricole (PNIA) 2013-2020. Ministère de l'agriculture et du développement rural. Kinshasa, 115 p.
- Ministère de l'Agriculture, Pêche et Élevage, 2009. Étude du Secteur Agricole, Rapport Préliminaire : Bilan-Diagnostic et Note d'Orientation. Kinshasa, Ministère de l'Agriculture, Pêche et Élevage, 337 p.
- Mpanzu B.P., 2012. Commercialisation des produits vivriers paysans dans le Bas-Congo (RD Congo) : Contraintes et stratégies des acteurs. Thèse, Université de Liège, 251 p.
- Mpanzu B.P., 2013. Filière vivrière du Bas-Congo : Acteurs, fonctionnement et performances, édition Badibanga T. et Ulimwengu J., 2013, Développement de l'agriculture en RDC : opportunités et contraintes. Harmattan, 138 p.
- Ndonda M.A, 2018. Evaluation agronomique des champignons mycorhiziens locaux sur la productivité du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) en sols dégradés des jachères herbeuses à Kisangani/RD Congo. Université de Kisangani, Thèse de doctorat, 209 p.
- Nweke F., Lutete A.G.O., Dixon, Ugwu B., Ajobo O., Kalombo N. et Bukaka B., 2000. Cassava production and processing in the Democratic Republic of Congo, Collaborative Study in Africa (COSCA), Working Paper n° 22, IITA, Ibadan.
- OECD (2005). Oslo Manual : Guidelines for collecting and interpreting data, 3rd ed. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 163 p.

<http://www.oecdilibrary.org/docserver/download/9205111e.pdf?expires=1516378717&id=id&accname=guest&checksum=F984323C350D0987FE15E1DC9501A96C>.

- Onwueme, I.C., 1978. *The Tropical Tuber Crops*. Chichester, United Kingdom, 234 pages.
- Osswald P., 1995. *Économie des racines et tubercules*. Solagral, 66 p.
- PAM et FAO, 2006. *Évaluation conjointe des besoins en République Démocratique du Congo*. Rome. 44 p.
- Popelier, G.H., 1977. *Nature et évolution de l'agriculture zaïroise (1958-1977)*. CEDAF, 49 p.
- Raffaillac J.P et Second G, 2002. *L'amélioration des plantes tropicales : Le manioc*. CIRAD, p.429-451.
- RDC, 2006. *Document de la Stratégie de Croissance et de Réduction de la Pauvreté de seconde génération (2011-2015)*. Kinshasa. 120 p.
- RDC, 2009. *État des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture*. FAO, 2ème rapport national, 67 p.
- RDC, 2011. *Document de la Stratégie de Croissance et de Réduction de la Pauvreté de seconde génération (2011-2015)*. Kinshasa, 127 p.
- Soule G.B., Aboudou F., Gansari S. Tassou M. et Yallou D.J., 2013. *Analyse de la structure et la dynamique de la chaîne de valeur du manioc au Bénin*. LARES, 70 p.
- Tollens E., 2016. *Les parcs agro-industriels et l'agriculture familiale : les défis du secteur agricole en RDC*. In: Marysse, S. & Tshonda, J.O. (ed), *Conjonctures congolaises 2015 : entre incertitudes politiques et transformation économique*. Paris (France) : Harmattan et Tervuren : Musée royal de l'Afrique Centrale, p. 147-158.
- Tshingombe M., 2007. *La sécurité alimentaire en République Démocratique du Congo : Bilan et perspectives*, édition Herd T. et Okana N., (2007). *Lutte contre la pauvreté en RDC : Bilan et perspective*. Faculté Catholique de Kinshasa, p. 13-48.

5. Adoption des innovations agricoles pour la production des racines tubéreuses du manioc en République Démocratique du Congo

Contexte et justification

Le potentiel agricole de la RD Congo est considérablement énorme, vu que le pays dispose d'environ 80 millions d'hectares de terres agricoles, dont 10 % seulement sont mises en valeur (Tollens, 2016). L'enquête 1-2-3 de l'INS (2014) révèle que le secteur agricole emploie plus de 70 % des actifs, mais il est caractérisé par une faible productivité aggravant l'insécurité alimentaire et entraînant ainsi une augmentation des importations alimentaires. C'est ainsi que Chausse *et al.* (2012) indiquent que la croissance de la production agricole a été en deçà de celle de la population. Ce qui a aggravé l'insécurité alimentaire dans l'ensemble du pays en général, et en zone urbaine en particulier, malgré un accroissement considérable des importations alimentaires (riz, maïs, huile de palme et autres).

La production vivrière estimée à 16,9 millions de tonne, est dominée par le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) qui y contribue à plus de 95 % tout en occupant 50 % de terres en culture (Kinkela *et al.*, 2009 et Ndambi *et al.*, 2014). En effet, Mahungu *et al.* (2012) et Ndambi *et al.* (2014) indiquent que le manioc est l'aliment de base de la majorité de la population de la RD Congo. Par ailleurs, la popularité du manioc est due à ses qualités spécifiques parmi lesquelles la croissance vigoureuse, la faculté d'être cultivé sur le sol moins fertile, le peu d'exigences culturales et la possibilité de racines de se conserver dans le même sol après l'arrêt de la croissance.

Depuis 1960, la production annuelle du manioc a connu une croissance et une offre efficiente qui répondait à la demande. Vers les années 1970, elle commençait à baisser à cause de la bactériose (Cassava Bacterial Blight : CBB). Pour combattre cette maladie, le pays a créé le Programme National Manioc (PRONAM) en 1974, avec l'appui technique de l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) et le financement de l'Agence Américaine pour le Développement International (USAID). Rusike *et al.* (2012) ont révélé qu'à partir des années 1980, la production annuelle du manioc a augmenté au-delà de 20 millions de tonnes, à cause de l'augmentation des superficies emblavées et de la productivité du capital bouture.

Durant les années 1990, une nouvelle baisse de la production annuelle du manioc a été estimée à 24 % (FAO, 2009 et Rusike *et al.*, 2012). Ainsi, la production annuelle des racines tubéreuses a chuté de 19 à environ 16 millions de tonne (Mahungu *et al.*, 2000 ; Mbwika *et al.*, 2001 et Chausse *et al.*, 2012) entre 1991 à 2000, et à 15 millions de tonne en 2011 (Rusike *et al.*, 2012, Chausse *et al.*, 2012 et INS, 2015). Elle était en dessous de la demande annuelle moyenne évaluée à 18 millions de tonnes (Rusike *et al.*, 2012). Donc, le pays a accusé un déficit de plus ou moins deux (2) millions de tonnes par an. Parmi les facteurs qui ont entraîné cette baisse de production, il y a la dégénérescence des variétés avec l'apparition de nouvelles épidémies. En plus, la diffusion des variétés améliorées a été très ralentie jusqu'en 2001 (Rusike *et al.*, 2012). Toutefois, la mosaïque Est-africaine du manioc de souche ougandaise (EACMV-Ug) est la maladie la plus redoutable, ayant entraîné la chute de production à partir de 1996. Mahungu *et al.* (2000), Tata-Hangy *et al.* (2010) ont confirmé que cette mosaïque s'est répandue sur les régions productrices du manioc à partir de l'Ouganda, avec comme vecteur la mouche blanche (*Bemisia tabaci*).

Par suite de la recrudescence de cette maladie, des initiatives urgentes ont été mises en œuvre avec de vastes programmes de réhabilitation de la culture (Kinkela *et al.*, 2009 et Kanju *et al.*, 2012). Depuis 2001, la culture du manioc a bénéficié d'une grande dissémination de nouvelles variétés améliorées, pour remplacer les anciennes moins résistantes aux maladies et ravageurs en général, et la mosaïque en particulier (Kinkela *et al.*, 2007). Plus de 16 nouvelles variétés améliorées, ont remplacé les anciennes dégénérées. La mise au point et la distribution de nouvelles variétés améliorées visent à augmenter la production du manioc, avec leur accès facile par les paysans (Kouassi *et al.*, 2018). Par conséquent, une stabilisation de la production annuelle a été constatée. Elle est passée de 14,93 millions de tonnes en 2002 à 15,02 millions de tonnes en 2011 (MINAGRIDER, 2013a).

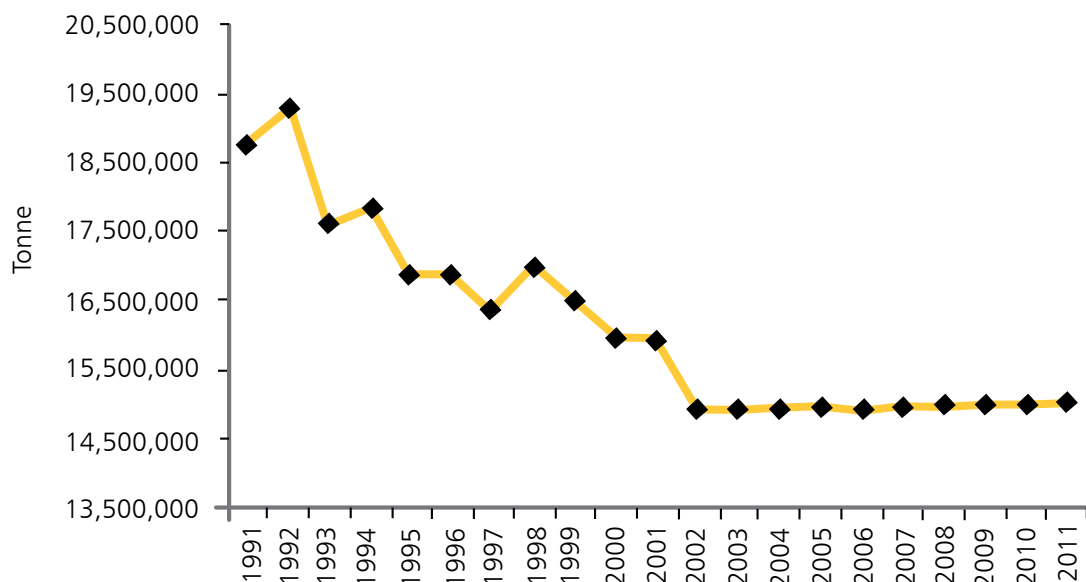


Figure 8.50. Production nationale du manioc de 1991 à 2011 (en tonnes, MINAGRIDER, 2013b et INS, 2015).

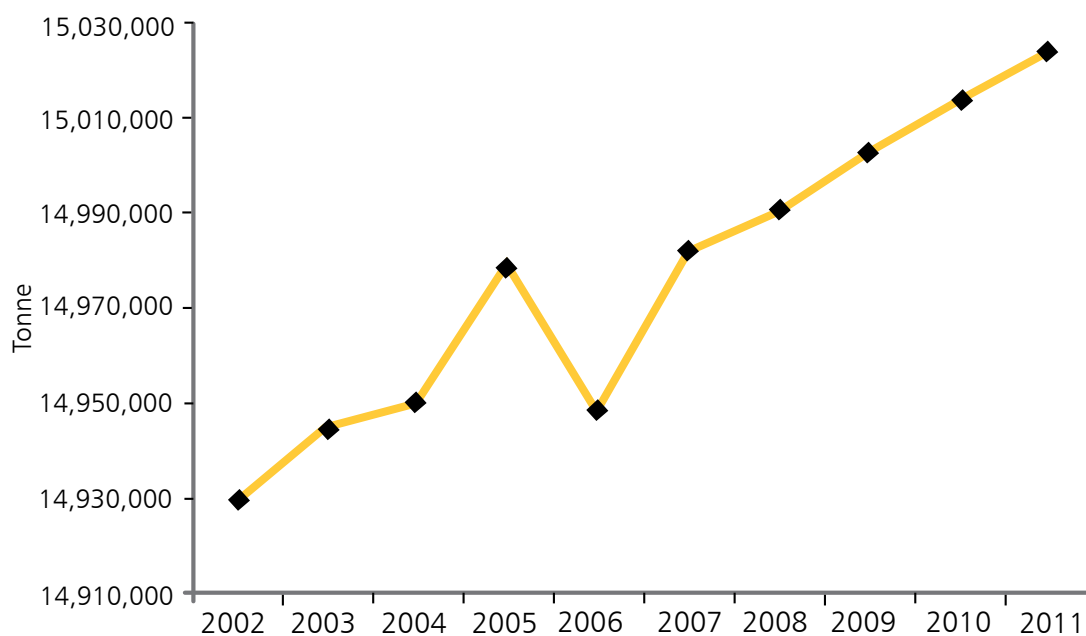


Figure 8.51. Production nationale du manioc de 2002 à 2011 (en tonnes, MINAGRIDER, 2013b et INS, 2015).

Mbwika *et al.* (2001) et Sanginga et Mbabu (2015) ont constaté que la diffusion de variétés améliorées souffre de l'absence d'un système fiable de distribution. Ce qui oblige les petits exploitants à cultiver des variétés locales vulnérables aux maladies, et ayant un faible rendement (moins de 8,8 t/ha). Cependant, le rendement en racines tubéreuses du manioc demeure encore très faible, vis-à-vis des autres pays producteurs comme le montre la figure 3 ci-dessus.

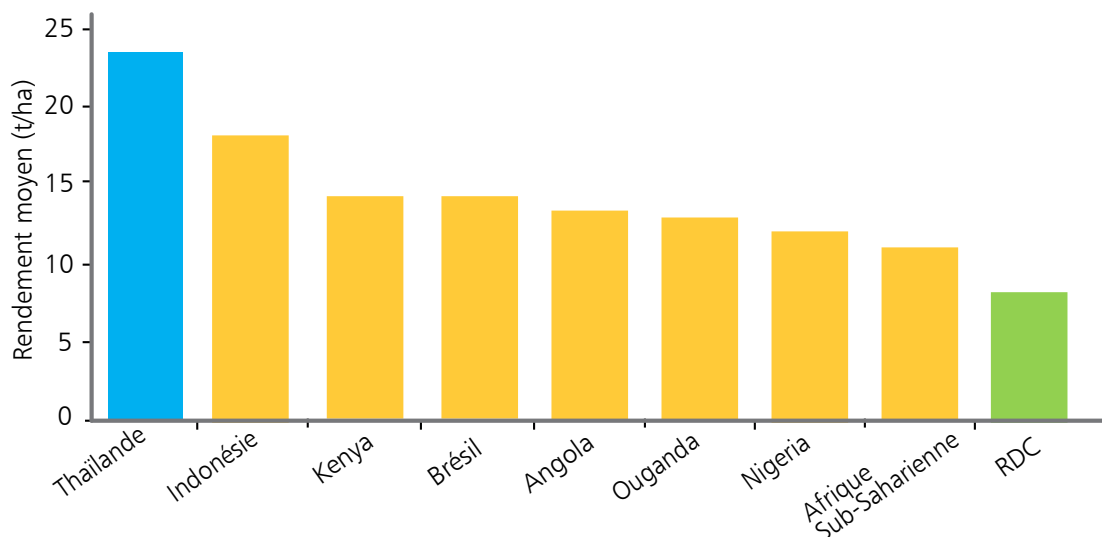


Figure 8.52. Rendement moyen (t/ha) du manioc de certains pays producteurs (Ndambi *et al.*, 2014 ; Yomeni *et al.*, 2012 ; Kanju *et al.*, 2012 ; FAO, 2013 et IITA, 2015).

En plus, le taux de réalisation du potentiel du rendement du manioc se situe entre 14 à 18 % en milieu paysan, pendant que le rendement au centre de recherche de l'Institut National pour l'Étude et Recherche Agronomiques (INERA) à Mvuazi est de 45 à 60 t/ha (Mahungu *et al.*, 2015 et Bakelana *et al.*, 2015). Sur ce, FAO (2010), Yomeni *et al.* (2012) et Mahungu *et al.* (2012) indiquent que la qualité des boutures est fondamentalement importante pour le rendement du manioc et la qualité de ses dérivés.

Eu égard à ces faibles niveaux de rendement et taux de réalisation du potentiel du manioc en milieu paysan, il y a toujours un besoin permanent d'améliorer le taux d'adoption des variétés améliorées, qualifiées d'innovations agricoles, surtout que Sanginga et Mbabu (2015) estiment qu'il est toujours faible en milieu paysan. Dans cette recherche, le taux d'adoption représente le rapport entre le nombre des pieds des variétés améliorées sur le nombre total des pieds de la superficie emblavée. C'est ainsi que MINAGRIDER (2013a) a inscrit l'élaboration d'une stratégie agricole nationale de vulgarisation et diffusion des innovations agricoles, parmi les priorités du Plan National d'Investissement Agricole (PNIA). Ce plan cible le taux d'adoption des innovations agricoles à plus 75 % à l'horizon 2020.

Toutefois, les réponses urgentes à la crise agricole s'inscrivent dans la perspective de garantir la sécurité alimentaire et relancer la culture du manioc. Les découvertes récentes qualifiées d'innovations ne sont utiles que si elles parviennent aux paysans qui doivent les utiliser correctement, en vue d'atteindre les résultats escomptés. Depuis longtemps, les études initiées sur le manioc sont nombreuses et diversifiées et ont mis un très fort accent sur l'amélioration variétale, l'accroissement de rendement, la commercialisation du manioc et ses dérivés, la transformation et la consommation (Chausse *et al.*, 2012, FAO, 2013, Mahungu *et al.*, 2015). Les études relatives au processus d'adoption des innovations agricoles apportées à la relance de la culture du manioc (Rusike *et al.*, 2012, Kinkela *et al.*, 2015 et Dongsop-Nguezet *et al.*, 2016), suivant une chronologie des paramètres significatifs sont encore très peu réalisées, et

les données demeurent disparates jusqu'à ce jour. Et pourtant, ces études focalisées sont très pertinentes pour orienter les décisions politiques susceptibles d'améliorer les programmes d'interventions sur le manioc. Ces décisions sont aperçues comme un investissement public (Hayami et Ruttan, 1998), destiné à maintenir la compétitivité du pays sur les marchés internationaux (2^{ème} producteur en Afrique et 5^{ème} au monde), et à améliorer la viabilité économique de cette chaîne des valeurs produisant des substituts aux importations et des surplus aux exportations pour diversifier l'économie nationale.

Les parcs à bois des variétés améliorées de manioc ont été installés à travers le territoire national pour assurer la diffusion des boutures saines auprès de petits producteurs paysans. Ainsi, faut-il aujourd'hui affirmer que les producteurs paysans du manioc possèdent-ils les variétés améliorées du manioc ? Quelles sont les limites auxquelles l'actuel système de diffusion de ces variétés améliorées se confronte ? Quelles sont les variétés améliorées de manioc diffusées qui sont les plus acceptées et quel est le taux de leur adoption ? Quels sont les facteurs socio-économiques essentiels qui peuvent accélérer les attitudes d'adoption vis-à-vis de ces innovations agricoles ? Toutes ces préoccupations constituent le fondement de la réflexion de cette recherche focalisée sur la diffusion des variétés améliorées au niveau des provinces de Kongo Central et de la Tshopo.

Objectifs

L'objectif général est d'analyser le processus d'adoption des variétés améliorées par les paysans, dans le cadre de la relance de la culture du manioc. Les variétés améliorées sont considérées parmi les nombreuses innovations agricoles qui appuient l'accroissement de la production du manioc. Les objectifs spécifiques assignés à cette recherche sont de :

- Ressortir les limites de l'actuel système de diffusion des variétés améliorées au contexte actuel des interventions urgentes dans la chaîne des valeurs manioc ;
- Identifier les variétés améliorées diffusées qui sont les plus adoptées en déterminant aussi le taux de leur adoption ;
- Déterminer les facteurs socio-économiques qui motivent le recours aux des variétés améliorées.

Approches méthodologiques

L'étude s'est réalisée dans les provinces de Kongo Central et la Tshopo, qui abritent les stations de recherche de Gimbi (Kongo Central) et Yangambi (Tshopo) respectivement. L'étude a recouru d'abord à la méthode inductive, en observant des faits socio-économiques sur un groupe restreint, en vue de généraliser les résultats sur l'ensemble de la population. Ensuite, elle a employé la démarche analytique basée sur l'approche objet, qui est centrée sur le nombre et les caractéristiques des innovations considérées individuellement (OECD, 2005). Pour promouvoir une innovation spécifique, cette approche est précieuse, car elle fournit des informations plus significatives et précises sur la nouveauté de l'innovation. Cette approche suggère que soit dressée une liste des innovations, en se confiant souvent sur les évaluations d'experts.

La revue de la littérature (livres, rapports techniques de programmes et projets, articles scientifiques, thèses et autres) a été d'une grande utilité pour orienter l'idée maîtresse de cette recherche, afin de s'enquérir de la vue globale sur les innovations agricoles liées à la culture du manioc. En bref, différentes sources documentaires des acteurs institutionnels et autres, ont été consultées et passées en revue pour tenter d'appréhender le phénomène complexe du processus d'adoption. Les rapports techniques des institutions étatiques (INS et INERA) ont servi de références pour contextualiser les informations recueillies.

A l'issue de la pré-enquête ayant permis l'identification des innovations à succès et le test des questionnaires traduits en langues locales, l'étude a exploité les données primaires des sites. Elles ont été recueillies auprès d'un échantillon sélectionné par choix raisonné, vis-à-vis des contraintes liées aux données statistiques fiables, budget et temps. L'enquête in situ par sondage stratifié, a été menée auprès de 180 producteurs des racines tubéreuses (juin à juillet 2015) dans quatre (4) secteurs administratifs (Lufu et Bunzi au Kongo Central et Bamanga et Turumbu à la Tshopo). Ils ont été équitablement répartis entre les deux (2) provinces. En plus, les entretiens semi-structurés avec les informateurs-clés ont été conduits par la synergie des partenaires locaux, pour clarifier et compléter les informations collectées, en vue de valider les conclusions. Les différents sites, en référence aux conditions socio-écologiques, ont été stratifiés en zones rurales et urbaines. Seuls les producteurs des zones rurales, ont été ciblés et sélectionnés de manière aléatoire sur un rayon de 66 km, autour de stations de recherche de Gimbi (Kongo Central) et Yangambi (Tshopo).

Résultats attendus

- Les limites de l'actuel système de diffusion des variétés améliorées, sont ressorties au contexte actuel des interventions urgentes dans la chaîne des valeurs manioc ;
- Les variétés améliorées diffusées les plus adoptées, sont identifiées en déterminant aussi le taux de leur adoption ;
- Les facteurs socio-économiques motivant le recours aux des variétés améliorées, sont déterminés.

Stratégies de la diffusion des innovations

Pour conduire à des innovations, les recherches doivent déboucher sur des produits, des procédés ou des organisations socialement acceptables. Par ailleurs, OECD (2005) renseigne qu'une innovation restera sans grand effet si elle n'est pas appliquée très largement au-delà de son lieu d'origine. Généralement, la diffusion d'une innovation dépend de nombreux facteurs. Ce qui justifie la pluralité de théories, dont celle retenue est la théorie de Den Ban (1984), Treillon (1992) et Everett Rogers (1995).

Théorie de de Den Ban, Treillon et Everett Rogers

La division des tâches et leur planification dans le temps demeurent déterminantes dans la remontée de l'information d'un acteur à un autre ou d'un point à un autre (Everett Rogers, 1995). La diffusion des innovations s'opère suivant certains éléments dont le marketing-mix (force de pénétration), la stratégie de communication et la compétence technologique.

a. Marketing-mix (Force de pénétration)

Toute innovation nécessite une poussée initiale, car sa diffusion peut se heurter à une résistance sociale du milieu. Cette force est due concrètement aux politiques mises en jeu dont les politiques de segmentation, communication, distribution, force de vente et prix. La force de pénétration s'assimile à l'action de marketing-mix qui vise non seulement à relier l'efficacité de la stratégie aux variables d'action, mais aussi aux effets de synergie ou de substitution associés à leur interaction.

b. Stratégie de communication

Les trois (3) actions à savoir l'emploi des media, les communications interpersonnelles entre les agriculteurs et conseillers et les discussions de groupes auxquelles participent les agriculteurs et agents publics, doivent s'unir en une stratégie de communication bien planifiée et coordonnée. Il est clair que la diffusion des innovations dépend du rôle essentiel de la communication. Selon la vitesse d'adoption à travers le temps, les acteurs se répartissent suivant les catégories de :

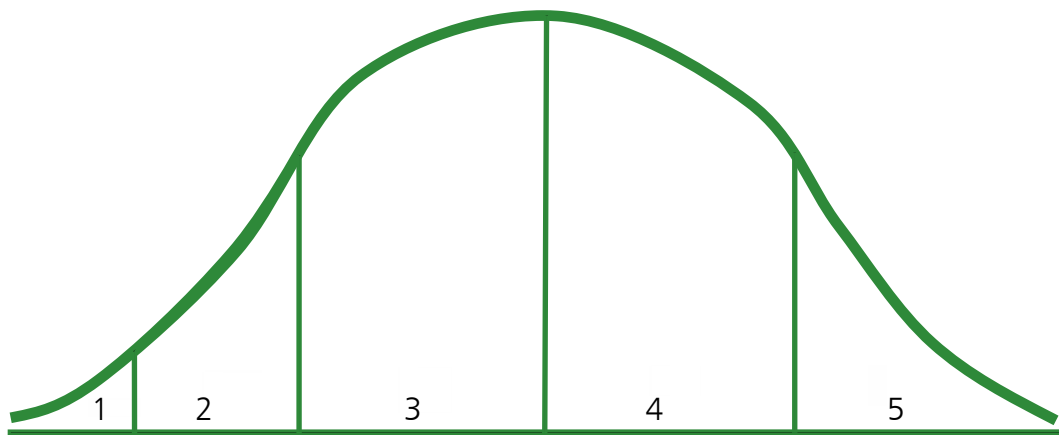


Figure 8.53. Catégories des acteurs suivant l'adoption à travers le temps (Everett Rogers, 1995).

Everett Rogers a défini la catégorie d'adopteurs comme la classification des membres d'un système social sur la base d'innovations. La distribution des adopteurs est une distribution normale (Figure 8.53).

- (1) Innovateurs (2,5 %) qui adoptent rapidement un nouveau produit en prenant tout le risque, et ils sont ouverts aux changements (early birds) ;
- (2) Adopteurs précoces (13,5 %) qui adoptent rapidement un nouveau produit, mais avec une certaine prudence ;
- (3) Majorité précoce (34 %) dont le comportement est influencé par l'information disponible sur l'innovation ;
- (4) Majorité tardive (34 %) qui accepte un nouveau produit en fonction de la décision des autres individus ;
- (5) Retardataires/réfractaires (16 %) qui se libèrent difficilement du poids des traditions et perçoivent le changement comme une menace.

c. Compétence technologique

Les interactions mutuelles entre la source de l'innovation (entités scientifiques, commerciales et autres) et sa réception (acquéreurs : paysans, clients et autres) et les mutations affectant une population donnée concourent à la réalité selon laquelle, la diffusion d'une innovation est un processus dynamique entretenu par le phénomène de l'adoption lui-même. Le progrès technique se façonne avec la mobilisation des acteurs, et l'adoption d'une innovation génère les effets de renforcement.

Stratégies de diffusion des innovations agricoles sur le manioc

L'innovation est une activité complexe, diversifiée et aux multiples composantes agissant les unes sur les autres. Hayami et Ruttan (1998) ont constaté que la diffusion de meilleures pratiques agricoles et de nouvelles variétés végétales et animales a généré beaucoup de gains de productivité en agriculture. En effet, la diffusion des variétés améliorées peut être favorisée par :

Approche participative de sélection variétale

Le rendement du manioc qui est toujours en deçà des 8,8 t/ha, demeure faible vis-à-vis de la moyenne de 10,80 t/ha en Afrique Sub-Saharienne. En effet, pour réduire ce fossé, il sied de promouvoir encore la dissémination et l'adoption de variétés améliorées sur une échelle globale en RD Congo. Le développement durable du programme de recherche et diffusion du manioc doit reposer sur l'implication des communautés par l'approche participative. Cependant, l'approche participative repose sur deux (2) techniques : la recherche participative avec les agriculteurs (*Farmer Participatory Research, FPR*) et les champs-écoles paysans (*Farmer Field Schools, FFS*).

a. Recherche participative avec les agriculteurs (Farmer Participatory Research, FPR)

La recherche participative offre un menu d'options aux agriculteurs qui les testent et valident dans leur milieu avec l'appui des chercheurs et vulgarisateurs. Contrairement à l'approche classique du transfert de technologie, la FPR ne soutient ni ne préconise une pratique ou technique spécifique. Avec la FPR, les agriculteurs font les diagnostics de leurs principaux problèmes de production du manioc, et avec l'assistance du personnel technique, ils envisagent ensemble les meilleures solutions possibles (N'zue Boni *et al.*, 2012). Les activités de protection et défense du manioc conduites par l'INERA, s'exécutent suivant cette approche FPR (Bakelana *et al.*, 2015). Dans l'hypothèse où toute idée neuve ne pouvait provenir que de la recherche, les agriculteurs étaient perçus comme de simples pratiquants d'innovations conçues sans eux.

b. Champs-écoles paysans (Farmer Field Schools, FFS)

L'apparition de nouvelles sources de virus de la mosaïque et de la striure brune du manioc en Afrique (Kenya et Ouganda), a justifié l'application des FFS à la fin des années 90 pour promouvoir la lutte intégrée et la production respectueuse de l'environnement. Les variétés améliorées de manioc tolérantes aux maladies sont testées dans des parcelles de multiplication. Et cette approche learning by doing (l'apprentissage par la pratique) offre des opportunités aux agriculteurs de réfléchir sur des options stratégiques susceptibles de combattre efficacement les maladies, tout en améliorant les pratiques culturelles du manioc. Les impacts des FFS comprennent des changements de stratégie, une meilleure

Tableau 8.52. Résultats des FFS en RD Congo, 2004.

Site	Préparation du sol	Rendement en racines tubéreuses (kg/ha)	
		Pratiques locales	Gestion intégrée de ravageurs et de la production (IPPM)
Inkisi	Manuelle (billons)	8 700	15 050
Mbankana	Traction animale	2 720	9 600
	Tracteur	2 220	7 600

Source : Ndambi *et al.*, 2014

production et plus économique, l'amélioration des moyens d'existence et le renforcement des organisations et réseaux de paysans (Rusike *et al.*, 2012; FAO, 2013 et Ndambi *et al.*, 2014).

En 2002, les FFS du manioc ont démarré en RDC à Kinshasa (Plateaux des Batéké) et au Kongo Central (Inkisi) (Ndambi *et al.*, 2014). Les résultats de FFS sont spectaculaires, à l'instar du projet d'appui au développement de l'approche champs-écoles paysans, initié par la FAO avec la formation des facilitateurs pour apporter l'assistance à 30 FFS de la ville de Kinshasa. La création au départ d'une parcelle de multiplication du matériel végétal justifiait le soutien à l'innovation, avant d'évoluer pour englober d'autres activités génératrices de revenu, afin de contribuer à la survie du groupe après la fin des FFS (FAO, 2013 et Ndambi *et al.*, 2014).

c. Multiplication et distribution des variétés améliorées

L'utilisation du matériel végétal est un élément critique pour obtenir une meilleure récolte et de bons résultats (FAO, 2010 ; Yomeni *et al.*, 2012 et Mahungu *et al.*, 2012). Les facteurs-clés de la gestion intégrée de maladies et ravageurs restent avant tout l'origine et la qualité des boutures de manioc (Chausse *et al.*, 2012 et Sanginga et Mbabu, 2015). La disponibilité et/ou la gestion correcte des boutures des variétés améliorées à l'échelle du milieu paysan demeurent souvent une réelle difficulté, qui limite le potentiel de rendement de ces variétés améliorées. Tata-Hangy *et al.* (2010) ont indiqué que le développement de la mosaïque est plus rapide sur les boutures provenant du milieu paysan que celles issues du milieu contrôle.

La multiplication des boutures saines est appuyée par plusieurs partenaires (IITA, FAO, Projet de Développement des Pôles de Croissance : PDPC et autres) dans le cadre de l'assistance techno-financier à l'INERA (amélioration végétale et fourniture du matériel végétal de souche G0, de pré-base G1-3 et de base G4) et au Service National des Semences (SENASSEM) (contrôle technique et certification des semences). La tâche est plus ardue de multiplier à grande échelle les boutures saines dans le souci de les diffuser rapidement, eu égard de la mise au point en station des variétés améliorées. Pour y parvenir, l'installation des parcs à bois est d'une importance capitale dans ce processus de diffusion. D'ailleurs, Ntoto *et al.* (2011) indiquent que les champs communautaires servent de parc à bois pour

diffuser les variétés performantes de manioc et résistantes contre la mosaïque africaine du manioc. La multiplication rapide des boutures saines peut recourir à la technologie de micro-boutures, qui repose sur le tronçonnage des tiges de manioc en boutures de deux (2) ou trois (3) nœuds en lieu et place de cinq (5) à sept (7) généralement constatés. Dans un champ de multiplication des boutures saines, il est recommandé de pratiquer la phytosanitation régulière par arrachage et destruction des plants malades (Tata-Hangy *et al.*, 2010), en vue d'obtenir du matériel végétal sain. Les plants éliminés et détruits ne sont pas remplacés, pour éviter la concurrence avec les plants restants.

La mise au point des variétés améliorées du manioc est du ressort de la recherche (INERA et IITA), et leur diffusion est assurée par l'INERA. Le Service National des Semences (SENASA) se charge de la certification des matériels de plantation en multiplication auprès de la recherche et des agri-multiplicateurs. Compte tenu de l'inefficacité de la filière semencière due au dysfonctionnement institutionnel et l'urgence de la relance de la culture du manioc, le système semencier recourt à l'approche communautaire de multiplication et distribution à trois (3) niveaux pour fournir aux agriculteurs des boutures améliorées et saines.

- Au niveau supérieur, le matériel produit par la recherche (INERA et IITA) est multiplié dans les stations de recherche (meilleures conditions agronomiques : milieu contrôlé) pour produire les boutures de base exemptes de maladies.
- Au niveau secondaire, les agri-multiplicateurs interviennent pour assurer une seconde multiplication.
- Au niveau tertiaire de multiplication, des boutures parviennent enfin aux petits agriculteurs locaux, et elles se propagent au fur et à mesure par l'échange mutuel du matériel végétal.

L'approche communautaire est le moyen d'approvisionnement en boutures le plus important et facilement accessible, avec l'avantage de faciliter l'approvisionnement des boutures à prix subventionné. La multiplication et la distribution des boutures saines constituent les meilleurs moyens de favoriser l'adoption des variétés améliorées par les petits producteurs. De 2001 à 2008, IITA a fourni 417.354.633 mètres linéaires des boutures, dont 50.580.868 (12,12 %) au Kongo Central et 81.508.830 (19,53 %) à la Tshopo, au profit de 3.530.666 ménages pour une couverture de 166.942 ha estimés représentant presque 10 % de la superficie nationale du manioc (Rusike *et al.*, 2012). En effet, les boutures saines à haut rendement donnant des produits de meilleure qualité organoleptique, ont été multipliées et distribuées grâce aux projets financés entre autres par l'USAID.

Les Organisations Paysannes (OP), coopératives paysannes, paysans-multiplicateurs, ONGs locales, et les sociétés privées souvent financées par la coopération internationale, ont comblé le vide institutionnel laissé par les organismes publics en assurant la multiplication et la distribution des boutures. Par conséquent, la multiplication de ces boutures sans aucune norme technique suivant la réglementation régissant la production, le contrôle et la certification et leur distribution informelle ont une conséquence négative sur le maintien de la pureté génétique. Comme résultat, souvent ces boutures sont de mauvaise qualité ou puisque ces variétés n'ont pas suivi un processus de purification variétale, elles dégénèrent rapidement (FAO, 2009). Néanmoins, l'actuel système de diffusion de ces variétés améliorées n'a pas de capacités adéquates pour atteindre le plus grand nombre de paysans (Sanginga et Mbabu, 2015).

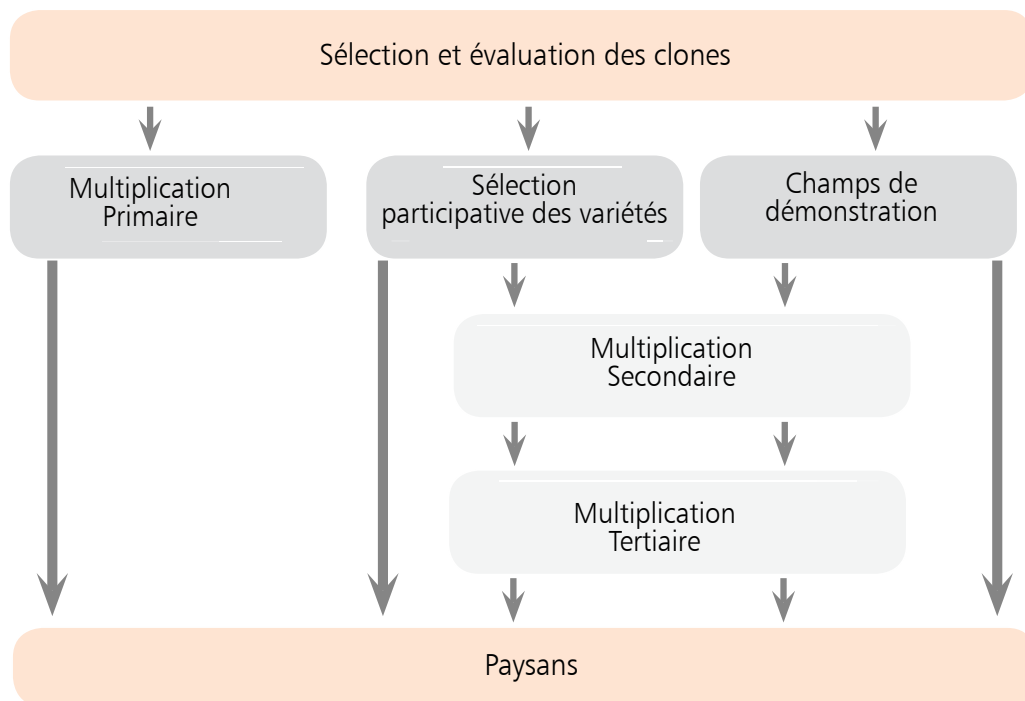


Figure 8.54. Schéma de multiplication et distribution des variétés améliorées.

d. Politiques publiques

Le secteur agricole a été toujours déclaré priorité des priorités par les différents gouvernements qui se succèdent, mais sans contenu pratique ni budget conséquent. Néanmoins, Ntoto *et al.*, (2014) renseignent qu'il existe de nombreux plans et programmes de développement agricole, et Tollens (2016) en a recensé 22 au total. En réalité, le secteur agricole a été et continue à être le plus délaissé des autres, au regard de faibles allocations publiques investies par faute d'intérêt.

Quant au manioc, il n'a pas d'allocation budgétaire nationale importante pour mettre en évidence les potentialités de cette culture. À travers la récente initiative présidentielle sur le manioc (2009 à ce jour), le pays s'est fixé comme objectif de soutenir une croissance rapide de la production du manioc. Elle passe par l'amélioration de la productivité, afin de retrouver sa place de premier producteur mondial du manioc, au regard de ses immenses potentialités agricoles. À l'instar du Nigeria où l'initiative présidentielle sur le manioc a fait augmenter la production du manioc de 34 %, soit de 34,120 à 45,751 millions de tonnes, en 7 ans (1999 à 2006). L'initiative encourage le ministère de l'agriculture et les services spécialisés à redoubler les efforts pour appuyer la recherche agronomique appliquée, sensibiliser les paysans à emblaver des superficies importantes de culture du manioc et promouvoir le partenariat public privé (PPP). La transformation du manioc et la diversification des recettes à base du manioc sont les deux (2) aspects qui sont le plus mis en évidence.

La RD Congo compte en finir avec l'agriculture aveugle basée sur la houe, pour se diriger vers une agriculture très productive appelée agriculture de précision, fondée sur les récentes innovations scientifiques et technologiques. C'est ainsi que les parcs agro-

industriels sont créés sous l'initiative présidentielle et 26 zones ont été ciblées à travers le pays allant de 1.000 à 150.000 hectares (Tollens, 2016). Ces fermes seront regroupées en zones économiques spéciales (ZES), dotées d'infrastructures nécessaires en termes de services et gérées par un PPP, dont les actionnaires sont l'État, les institutions multilatérales et les investisseurs privés.

Le tout premier parc agro-industriel de 80.000 hectares avec une première phase de 83 millions USD, a été inauguré à Bukanga-Lonzo (province de Kwango) en 2014, où les infrastructures de base ont été appuyées par la Banque mondiale (PARRSA et Société Financière Internationale). Le maïs, le soja et les légumes y sont cultivés dans une agriculture de précision fortement mécanisée. Pour soutenir l'agriculture familiale à l'intérieur du parc de Bukanga-Lonzo, la transformation du manioc de la production paysanne est appuyée par l'IITA à travers le projet SARD-SC (Support to Agricultural Research for Development of Strategic Crops) financé par la BAD. L'agriculture familiale intégrée à l'entreprise agro-industrielle constitue en effet le modèle de parc agro-industriel, et ce modèle d'agriculture duale connaît un franc succès en Afrique (Ghana, Nigeria, et autres) et Asie.

Pour faciliter la commercialisation des produits, notamment ceux de Bukanga-Lonzo, un marché international de gros sera érigé dans la ZES de Maluku (Kinshasa) sur une superficie de 15 hectares. La création de cette ZES de Maluku avec 27 millions USD, est inscrite à la composante 2 du Projet de Développement du Pôle de Croissance Ouest (PDPC) financé par la Banque mondiale, afin de faciliter l'accès à la zone industrielle et aux infrastructures et de procurer un environnement transparent et propice aux affaires. Sa création nécessiterait 180 à 190 hectares pour accueillir 120 à 180 entreprises à l'échéance de 10 ans, et la zone sera confiée à une gestion privée. La plaine de Ruzizi (Sud-Kivu) et le site de Nkundi à Luozi (Kongo central) abriteront probablement les prochains parcs agro-industriels.

Il se constate qu'il existe qu'une vision sur le manioc, exprimée à travers l'initiative présidentielle sur le manioc. Mais sa mise en œuvre accuse plusieurs lacunes, par manque d'une stratégie appuyée par les ressources conséquentes. La distribution des variétés améliorées s'appuie aussi sur le niveau d'équipements en infrastructures. C'est à ce niveau que le rôle de pouvoir public demeure incontournable pour rendre l'innovation réellement exploitable. Le Gouvernement central contribue au processus d'organisation collective des agriculteurs, par la mise en place des infrastructures publiques nécessaires (Hayami et Ruttan, 1998). L'information seule ne suffit pas pour accompagner l'innovation, les autres facteurs (financements, services et autres) sont également nécessaires, notamment l'action du pouvoir public (politiques). Actuellement, les infrastructures du pays sont en état de délabrement très avancé, à l'instar des stations de l'INERA, pistes rurales, routes nationales et provinciales et entrepôts. La recherche stratégique tournée vers le marché et le mécanisme de stimulation de l'innovation et de diffusion des connaissances ; y compris du savoir-faire pratique des paysans, constituent les réels défis pour améliorer l'accès au marché et la compétitivité de la chaîne de valeurs du manioc.

e. Recherche-Innovation-Développement (RID)

La recherche doit constamment et systématiquement émettre un paquet régulier d'innovations. Ceci constitue un sacré défi. Plusieurs chercheurs s'accordent qu'avec la Recherche-Innovation-Développement (RID), la fonction de la recherche et celle du

développement ne sont pas jetées. Mais il s'y ajoute une structure spécifique dédiée à l'innovation, où la transformation importante de la place de l'innovation est nécessaire. L'innovation qui est intensive (systématique, répétée, orientée et non plus aléatoire et épisodique) ne se confond ni avec la recherche, ni avec le développement, ni avec la traditionnelle Recherche-Développement (RD), parce qu'elle s'appuie sur les activités liées à la conception innovante peu étudiée jusqu'à présent.

Par conséquent, il sied de définir un vaste programme national de recherche à moyen et long terme, car le pays doit comprendre que l'innovation ne s'imposera pas sans un profond changement des pratiques culturelles et de modes de gestion des exploitations agricoles. L'innovation devra devenir la base même de la vision de la recherche motivant toutes les décisions politiques majeures. Si bien qu'il n'existe aucune recette miracle susceptible d'organiser le processus d'innovation, il est primordial de savoir comment s'y lancer. Le pays est appelé à penser, à concevoir son propre modèle d'organisation par la mise en place des structures adaptées au vaste programme national de recherche.

Vis-à-vis de différentes stratégies décrites ci-haut, il sied de renforcer considérablement les capacités des services publics et communautés, et d'introduire les approches innovantes en termes de transfert de connaissances et de technologies. C'est ainsi qu'un accent particulier devrait être mis sur l'approche participative qui soutient la participation des producteurs aux activités de recherche appliquée selon les niveaux souhaités. Donc, l'approche participative est l'option à promouvoir, car plusieurs échecs enregistrés par les programmes et projets de développement sont dus au manque d'intérêts communautaires aux actions initiées.

Identification des variétés améliorées diffusées

Les résultats positifs de recherche de INERA et IITA sont la sélection de plusieurs variétés résistantes à la mosaïque de souche ougandaise, la multiplication et la dissémination des matériels de plantation sains de variétés. De 2000 à ce jour, plus de 16 variétés améliorées ont été mises au point et diffusées, parmi lesquelles *Obama*, *Mahungu*, *RAV*, *Lueki*, *Nsansi*, *Zizila*, *Butamu* et *Mvuazi*. *Hormis*, *Kimbungu* (Kongo Central) et *Mbongo* (Tshopo) qui se distinguent au sein des variétés locales cultivées, les variétés améliorées les plus adaptées identifiées dans les sites d'enquête sont :

- *Lueki* (diffusé en 2000 et inscrit au catalogue variétal en 2008) (Kongo Central) ;
- *Antiota* (non diffusée officiellement et inscrit au catalogue variétal) (Kongo Central) ;
- *Autres* (*RAV* et *Mahungu*) (Kongo Central) ;
- *Nsansi* (I95/0160 diffusé en 2000 et inscrit au catalogue variétal en 2008) (Tshopo) ;
- *Obama* (TME 419 diffusé en 2008 et inscrit au catalogue variétal en 2012) (Tshopo).

Les voisins, amis et frères jouent un rôle de loin incontestable dans la diffusion des variétés améliorées. Au Kongo Central, le Fonds Mondial pour la Nature (WWF) dont la présence est plus marquée à Bunzi, distribue des matériels végétaux à travers le projet d'agroforesterie (association du manioc aux essences forestières) initié dans le cadre de la Réduction des Emissions issues de la Dégradation et Déforestation (REDD+). L'intervention de l'USAID, à travers l'IITA et South-East Consortium for International Development (SECID), dans la distribution des boutures améliorées a été ressentie à la Tshopo, précisément à Bamanga.

- Adoption des variétés améliorées

Le genre masculin est plus dominant dans cette recherche, et seulement 17 % des ménages sont dirigés par une femme. En se basant sur les champs visités sans tenir compte d'autres, la Figure 8.56 illustre la large domination de très petits fermiers (plus de 80 % des ménages). La superficie moyenne emblavée est de 0,77 ha, sans distinction entre les adoptants et non-adoptants (Figure 8.56).

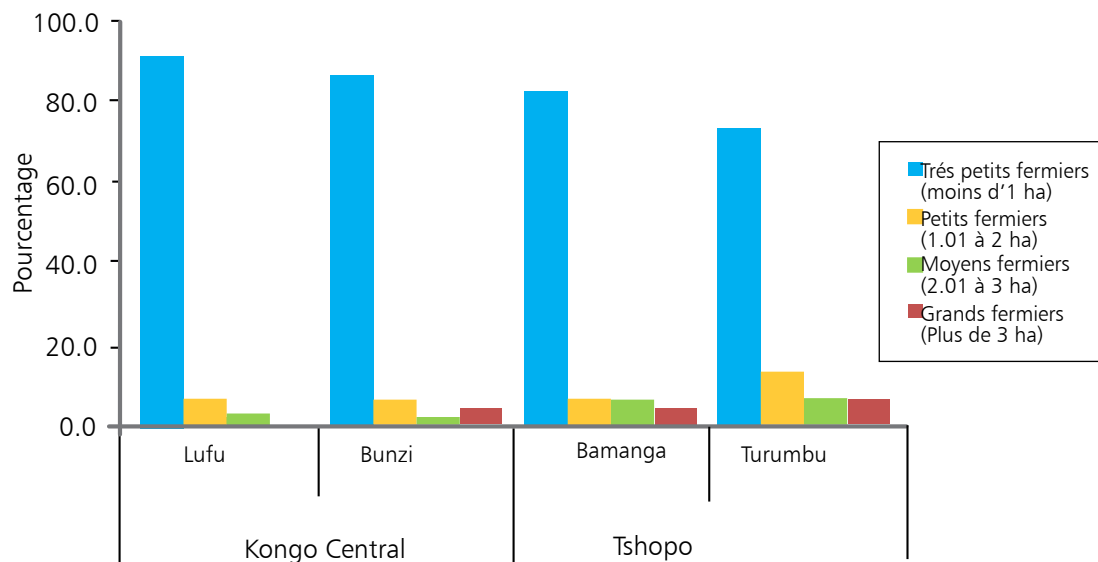


Figure 8.55. Typologie des exploitations agricoles (%).

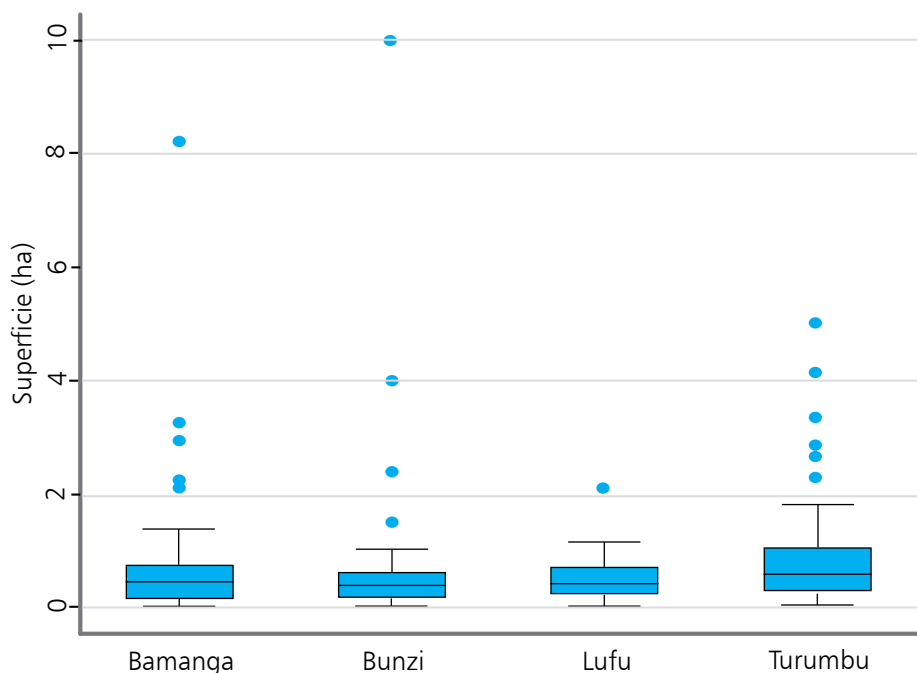


Figure 8.56. Superficie emblavée (ha).

À la Figure 8.57, il est illustré que 93,3 % des ménages cultivent des variétés améliorées. Le taux moyen d'adoption est de 74,27 % calculé à partir de la Figure 8.58.

Les motivations d'utiliser les variétés améliorées se fondent principalement sur le rendement en racines tubéreuses, la bonne qualité gustative de feuilles (pondu) et la bonne qualité gustative de la farine fermentée (fufu). La perception des caractéristiques des variétés améliorées influence positivement l'adoption. Plus les paysans apprécient les caractéristiques propres des variétés, plus ils sont convaincus librement de les cultiver

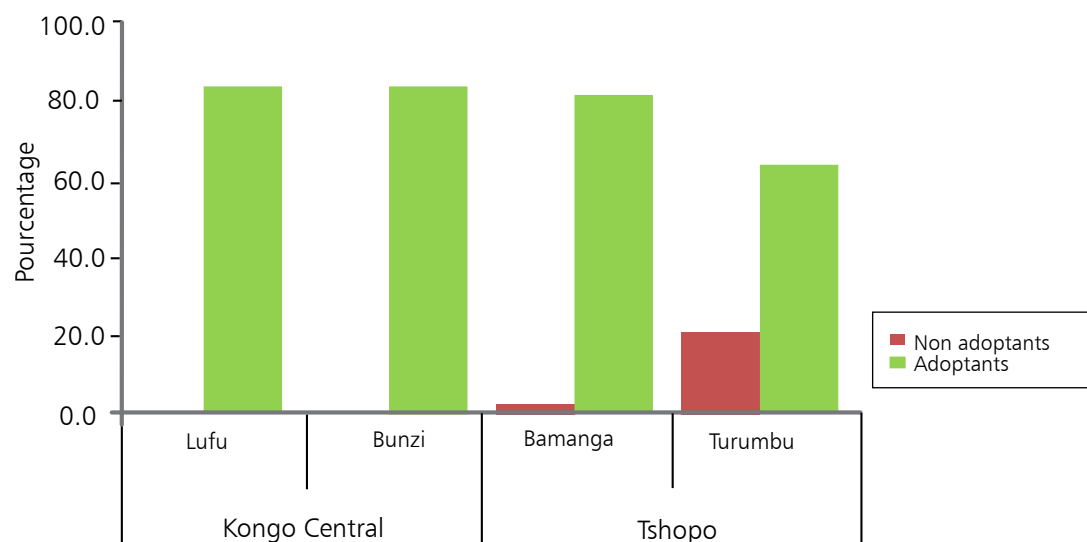


Figure 8.57. Répartition des ménages par rapport à l'adoption des variétés améliorées (%).

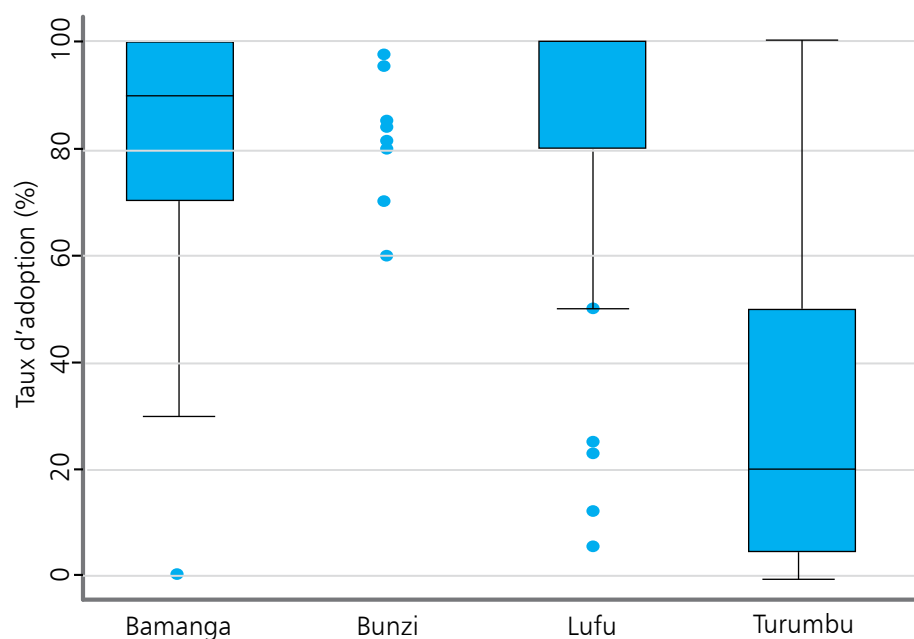


Figure 8.58. Taux d'adoption des variétés améliorées (%).

(Kinkela *et al.*, 2015 et Kouassi *et al.*, 2018). Bien qu'il y ait plus de communication autour d'excellentes caractéristiques des variétés performantes, il s'avère capital d'élaborer une meilleure stratégie de marketing agricole, qui n'existe pas à ce jour. Le marketing agricole boostera davantage l'effet de la communication sur l'adoption. Les études effectuées par Kinkela *et al.* (2007) et N'zue Boni *et al.* (2012) soulignent l'importance de la perception des agriculteurs de caractéristiques propres de l'innovation dans la détermination de l'adoption. La diffusion d'une innovation est influencée entre autres par certaines de ses caractéristiques intrinsèques.

Plus le niveau d'instruction augmente, plus le chef de ménage n'adopte les variétés améliorées. Le niveau d'instruction a une influence positive modérée sur l'adoption des variétés. Par évidence, l'instruction, surtout en termes de professionnalisation, est susceptible d'accélérer les changements techniques (Kankonde *et al.*, 2006 et Dontsop-Nguezet *et al.*, 2016). En effet, Everett Rogers (2005) a signifié que plus le niveau d'études du chef de ménage est élevé, plus la probabilité d'adopter les innovations est grande. Les changements techniques s'opèrent dans le changement de mentalité qui change au fur et à mesure avec l'augmentation du niveau d'instruction.

L'état des routes d'accès aux marchés ruraux influence positivement sur l'adoption des variétés améliorées. L'amélioration des pistes rurales favorise l'accès aux débouchés et renforce le rythme de diffusion des innovations agricoles par la circulation aisée des intrants agricoles. Les routes d'accès aux marchés ruraux étant praticables, les produits agricoles sont évacués aisément (Bonkena, 2014). Les paysans y éloignés sont sûrs d'écouler leurs productions avec la collecte assurée par les commerçants. Ils ont une attitude positive vis-à-vis des variétés diffusées, car l'accès aux marchés de collecte des produits agricoles est toujours garanti.

L'éloignement des villages par rapport aux stations de recherche (Gimbi et Yangambi) accroît positivement l'adoption des variétés. La tendance positive de cet éloignement pourrait s'expliquer par l'intervention de l'IITA, WWF et SECID, en faveur des organisations paysans. Au cours de l'enquête, il a été constaté que les organisations paysannes (OP) qui sont éloignées des stations de recherche, sont de plus en plus appuyées par ces partenaires, qui assurent la distribution des boutures. La proximité aux stations de recherche serait perçue comme synonyme d'accès facile aux variétés améliorées. Ce qui n'est pas le cas selon les données de cette recherche. L'intervention des partenaires techniques et financiers devrait aussi plus s'orienter en faveur des organisations paysannes proches de stations de recherche.

Par contre, l'état des routes d'accès aux marchés urbains (Matadi et Kisangani) exerce une influence opposée à l'adoption des variétés améliorées. Quand ces routes se dégradent, les paysans vivent en autarcie. Par conséquent, ils adoptent davantage les variétés améliorées dans la perspective d'assurer l'autoconsommation, vis-à-vis de la limite des échanges commerciaux. La recherche de Bonkena (2014) conduite dans la région de Mayombe au Kongo Central, a indiqué que la culture du manioc n'a pas atteint le niveau d'accroissement de production de 2002-2003, pendant la période où la région était jugée « désenclavée » (2004 à 2008). Néanmoins, ce constat de Bonkena (2014) serait appréhendé en termes de flux et non stock de la production. En l'absence d'investissements agricoles complémentaires et d'un climat macro-économique favorable, l'amélioration du réseau routier n'engendre pas forcément un accroissement de la production agricole (Bonkena, 2014).

Conclusion

Le manioc demeure la principale culture vivrière de la RD Congo, et l'introduction des variétés améliorées, qui sont des innovations agricoles, a relancé la chaîne des valeurs du manioc. Cependant, les interventions initiées depuis quelques décennies, en termes d'innovations agricoles par la mise au point, la multiplication et la diffusion de boutures saines des variétés améliorées à haut rendement, ont stabilisé la production depuis 2002. Cette étude a été réalisée au niveau de 180 ménages vivant dans les sites (entités administratives) localisés sur un rayon de 66 km autour des stations de recherche de Gimbi au Kongo Central et Yangambi à la Tshopo. La recherche s'est développée autour de l'objectif d'analyser le processus d'adoption des variétés améliorées par les paysans, dans le cadre de la relance de la culture du manioc.

Vis-à-vis des résultats dégagés, il ressort une large domination des très petits fermiers qui emblavent des moindres superficies évaluées moyennement à moins d'un ha (0,77 ha). En effet, 93,3 % des enquêtés ont adopté les variétés améliorées, parmi lesquelles *Lueki*, *Antiota*, *Nsansi* et *Obama* qui sont celles les plus exploitées, avec un taux moyen d'adoption de 74,27 %. Ce taux est déjà très proche de la cible de 75 % à l'horizon 2020, envisagée par le Gouvernement. Cette adoption est positivement influencée par les caractéristiques intrinsèques des variétés améliorées, l'instruction du chef de ménage, l'état des routes des marchés ruraux et l'éloignement des stations de l'INERA, tandis que l'état des routes d'accès aux marchés urbains (Matadi et Kisangani) est une fonction décroissante par rapport à cette adoption.

Actuellement, la stratégie la plus utilisée dans la diffusion des variétés améliorées, est le système semencier recourant à l'approche communautaire de multiplication et distribution. La grande faiblesse de cette approche est le maintien de la pureté variétale, car les normes techniques ne sont pas respectées. Par contre, ces boutures dégénèrent rapidement. L'approche est inefficace, car elle est l'une des causes du faible rendement du manioc en milieu paysan, estimé à moins de 8,8 t/ha, au moment il est de 10 t/ha en Afrique Sub-Saharienne. Il demeure nécessaire que les efforts soient conjugués pour que la filière semencière puisse bien fonctionner au niveau institutionnel, afin de prévenir la dégénérescence rapide de variétés améliorées diffusées. Dans l'option de professionnaliser la production des racines tubéreuses du manioc, l'émergence des fermiers modernes s'avère impérative, en vue d'emblaver des superficies agricoles raisonnables. Cette émergence pourrait être considérablement appuyée par des facteurs socio-économiques, pour renforcer la sécurité alimentaire. Il s'agit principalement de l'instruction, système des marchés, infrastructures routières, marketing agricole et répartition géographique des villages autour des stations de recherche.

Références

- Bakelana Z., Binzunga M., Tambu M., Bongenda L., Tuwizana N., Betezi M., Bapumboyi B., Tevo N., Nsuanda M. et Nluta S. 2015. Rapport annuel des activités du Programme National Manioc. INERA-Mvuazi, 51 p.
- Bonkena B.P. 2014. Infrastructures routières et développement socioéconomique dans le Mayombe (RDC). Harmattan, 181 p.
- Chausse J.P., Kembola T. et Ngonde R. 2012. L'agriculture : Pierre angulaire de l'économie de la RDC. In : Herderschee J., Samba M.D. et Tshimenga T.M. (ed), Résilience d'un Géant Africain : accélérer la croissance et promouvoir l'emploi en République Démocratique du Congo. Volume II : Etudes sectorielles. Kinshasa, Médiaspaul, p.1-98.

- Dontop-Nguezet P.M., Manyong V., Adoulaye T., Arega A., Amato M.S., Ainembabazi J.H., Mignouna D. and Okafor C. 2016. Non-farm activities and adoption of improved cassava and beans varieties in South Kivu. *Tropicultura* 34, 3, p.262-275.
- Everett Rogers M. 1995. Diffusion of innovation. The free press, fourth edition, p 1-66. https://books.google.cd/books?hl=fr&lr=&id=v1ii4QsB7jIC&oi=fnd&pg=PR15&dq=diffusion+des+innovations+agricoles&ots=DKXryJU16V&sig=FOI3Z9reUvzC_rL0L7IBdmDpA08&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- FAO. 2009. Deuxième rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture en RDC. Rome, 67 p.
- FAO. 2010. Maladies du manioc en Afrique : une menace majeure pour la sécurité alimentaire. Rome, 39 p.
- FAO. 2013. Cassava : Save and Grow. A guide to sustainable production intensification. Rome, 128 p.
- Hayami Y. et Ruttan V.W. 1998. Agriculture et développement, une approche internationale. INRA, 599 p.
- IITA. 2015. Annual report 2014 of Support to Agriculture Research for Development of Strategic Crops in Africa (SARD-SC). IITA, p 1-22.
- INS. 2014. Enquête 1-2-3 : Résultats de l'enquête sur l'emploi, le secteur informel et sur la consommation des ménages/2012. Enquête 1-2-3. INS, 164 p.
- INS, 2015. Annuaire statistique 2014. INS, 559 p.
- Kanju E., Ntawuruhunga P. and Otim-Okello F. 2012. Progress in screening cassava genotypes for resistance to cassava brown streak Uganda virus. In : Okechukwu and Ntawuruhunga (ed), Tropical roots and tuber crops and challenges of globalization and climate change. Proceeding of 11th ISTRC-AB symposium, Kinshasa, Democratic Republic of Congo, 4-8 octobre 2010, p.125-128.
- Kankonde M., Kinkela S., Ntoto M., Biloso M., Mpanzu B. et Belani M. 2006. Seconde évaluation du projet : Réponse urgente à la recrudescence de la mosaïque africaine du manioc en RDC. Proseca, 80 p.
- Kinkela S., Bahandi A., Ntoto M., et Belani M. 2007. Analyse Genre dans le système de production du manioc : Cas de plateau de Bateke à Kinshasa. In Herd T. et Okana N. (ed), Lutte contre la pauvreté en RDC : Bilan et perspective. Faculté Catholique de Kinshasa, p. 85-111.
- Kinkela S., Ntoto M., Tingu Y., Mpanzu B. et Belani M. 2009. Etude de la filière Manioc dans les provinces de Kinshasa et du Bas-Congo. Proseca, 144 p.
- Kinkela S., Mpanzu B., Kinkela N., Belani M. et Sankiana M. 2015. Étude de la satisfaction des bénéficiaires du Projet d'Appui à la Réhabilitation et à la Relance du Secteur Agricole (PARRSA). MULTINA-DMK, 113 p.
- Kouassi K.M, Mahyao A., N'zue Boni, Koffi E. et Koffi C. 2018. Status of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in Côte d'Ivoire: From Production to Consumption and Evaluation of Technology Adoption. *European Scientific Journal*, 14 (9), 285.
- Mahungu N.M, Dixon A., Hanna R., Legg J. and Koko M. 2000. Assessment of cassava pests and diseases in Kinshasa and Bas Congo, DRC. IITA report multidisciplinary team of scientists, 16 p.
- Mahungu N.M. ; Bidiaka S. et Frangoie A. 2012. La production des semences certifiées. Module II : Manuel destiné aux Agri-multiplicateurs, 48 p.
- Mahungu N.M., Ndonga M.A., Frangoie N.A. et Moango M.A. 2015. Effet du labour et du mode de bouturage sur les rendements en racines et en feuilles de manioc dans

- les zones de savane et jachères forestières de la République Démocratique du Congo. *Tropicultura* 33,3, p.176-185.
- Mbwika J.M, Lukombo S., Koko N. and Khonde M. 2001. Cassava sub-sector analysis in DRC. Field report, IITA, 51 p.
- MINAGRIDER. 2013a. Plan National d'Investissement Agricole (PNIA) 2013-2020. Ministère de l'agriculture et du développement rural. Kinshasa, 115 p.
- MINAGRIDER. 2013b. Annuaire des statistiques 2006-2011. Médiaspaul, Kinshasa, 110 p.
- Ndambi N.C, Nzeza K.C, Kamalandua D., Hire J., Ameu M., Khisa G. et Abangi O.W. 2014. Champs-école paysans sur le manioc : Ressources à l'intention des facilitateurs d'Afrique sub-saharienne. FAO, Rome, 223 p.
- Ntoto M., Moloba L. et Dinkulu M. 2011. Evaluation du projet " Dynamiser les villages de la zone d'IBI pour améliorer leur accessibilité financière aux soins de santé, à l'éducation et à une agriculture respectueuse de l'environnement dans un système de développement intégré durable ". GI-Agro, 50 p.
- Ntoto M., Lebailly P. et Baudouin M. 2014. Quel développement agricole pour la RDC ? In : Marysse S. et Tshonda J.O.(ed), *Conjonctures congolaises 2014*. Tervuren et Harmattan, p 45-64.
- N'zue Boni, Zohouri G.P., Sangare A. 2012. On farm participative of improved varieties of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in the center of Côte d'Ivoire. In : Okechukwu and Ntawuruhunga (ed), *Tropical roots and tuber crops and challenges of globalization and climate change*. Proceeding of 11th ISTRC-AB symposium, Kinshasa, Democratic Republic of Congo, 4-8 October 2010, p.186-190.
- OECD. 2005. Oslo Manual : Guidelines for collecting and interpreting data, 3rd ed. OECD, 163 p. <http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/9205111e.pdf?expires=1516378717&id=id&accname=guest&checksum=F984323C350D0987FE15E1DC9501A96C>
- Rusike J., Mahungu N.M., Lukombo S.S., Kendenga T., Bidiaka S.M., Alena A., Lema A. and Manyong V.M. 2012. The impact of the emergency response to the outbreak of cassava mosaic disease in the Democratic Republic of Congo. In : Okechukwu and Ntawuruhunga (ed), *Tropical roots and tuber crops and challenges of globalization and climate change*. Proceeding of 11th ISTRC-AB symposium, Kinshasa, Democratic Republic of Congo, 4-8 October 2010, p.3-30.
- Sanginga N. et Mbabu A. 2015. Racines et tubercules : Manioc, Igname, Pomme de terre et Patate douce. Document de référence, 35 p.
- Tata-Hangy K., Legg J.P., Lema K.M., Hanna R. and Luyindula N. 2010. The incidence of the cassava mosaic disease in relation with the source of planting materials and its impact cassava production. In : Mahungu N.M. (ed), *Root and tuber crops for poverty alleviation through science and technology for sustainable development*. IIAM, IITA and ISTRC-AB, 478 p.
- Tollens E. 2016. Les parcs agro-industriels et l'agriculture familiale : les défis du secteur agricole en RDC. In : Marysse S. et Tshonda J.O. (ed), *Conjonctures congolaises 2015 : entre incertitudes politiques et transformation économique*. Paris (France) : Harmattan et Tervuren (Belgique) : Musée royal de l'Afrique Centrale, p. 147-158.
- Yomeni M.O., Akoroda M.O. and Dixon A.G.O. 2012. Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) stems quality for root production effectiveness. In : Okechukwu and Ntawuruhunga (ed), *Tropical roots and tuber crops and challenges of globalization and climate change*. Proceeding of 11th ISTRC-AB symposium, Kinshasa, Democratic Republic of Congo, 4-8 October 2010, p.261-268.



Remarques finales sur le développement de la chaîne de valeur manioc en RD Congo

Mahungu¹ Nzola M. Timothée ; Ndonga² Adrien ; Kendenga³ Toussaint et Bidiaka, Sylvain³

¹IITA Kinshasa et Université Kongo, Kongo Central, RD Congo

²IITA Kinshasa, RD Congo

³CIAT/HarvestPlus, Kinshasa, RD Congo

La recherche pour le développement du manioc en RD Congo

Les chapitres contenus dans ce livre couvrent tous les aspects de la chaîne de valeur manioc en RD Congo. Les informations y contenues, élaborées par les experts qui ont passé une bonne partie de leur vie professionnelle sur les travaux de recherche et de développement sur la culture de manioc, ont été mises ensemble et répondent aux aspects de chaque segment de la chaîne de valeur manioc.

La culture du manioc, comme pour toutes les autres cultures vivrières au monde en général et en Afrique en particulier, rencontre des défis liés à la transformation de l'agriculture notamment le changement des conditions climatiques avec les précipitations irrégulières pendant les saisons culturales, des fréquentes canicules et sécheresses, des inondations, etc., sous les effets d' *El Niño* et de *La Niña*, deux phénomènes climatiques ayant pour origine des anomalies thermiques des eaux équatoriales de surface de l'océan Pacifique centre, Sud et Est et sont caractérisés par des températures anormalement basses pour *La Niña* et hautes pour *El Niño*.

A cela, il faut ajouter la dégradation des sols sur le plan structurel et chimique due aux installations des nouveaux champs et aux pratiques culturales inappropriées essentiellement basées sur l'itinérance sur brûlis. Par sa plasticité, le manioc semble être parmi les rares cultures vivrières avec une résilience putative à ces aléas. Ainsi, certains auteurs vont déclarer que « le manioc est le meilleur secret gardé par l'Afrique (Nweke *et al.*, 2002).

Dès l'an 2000, il y a eu un mouvement de redirection de la stratégie de recherche sur les cultures vivrières dont le manioc n'est pas en reste comme repris ci-dessous :

Avant 2000 :

- La recherche sur le manioc avait pour objectif d'assurer la sécurité alimentaire en ciblant principalement les paysans producteurs du manioc pour leur subsistance.

- Les impératifs du marché n'étaient pas une priorité de recherche quoique les critères des consommateurs étaient timidement pris en compte.
- Les intrants comme les engrais n'étaient pas utilisés lors des évaluations des clones dans le cycle de sélection pour simuler les conditions de production par les paysans.
- Les améliorateurs focalisaient plus sur les clones en évaluation avec moins d'attention sur la gestion intégrée des ressources naturelles, ainsi dans la formule de $G \times E$, seul G (génotypes, clones) étaient plus considérés et non E qui est l'environnement (fertilité des sols, facteurs climatiques, gestion des champs, etc.).
- Souvent les chercheurs et parfois avec les vulgarisateurs transféraient directement les nouvelles technologies (variétés, bonnes pratiques agricoles –BPA-, gestion des ravageurs et maladies, etc., auprès des paysans sans l'intégration des autres acteurs principaux de la chaîne de valeur sous forme d'une plateforme.

Après 2000

- La recherche sur le manioc est maintenant réorientée pour cibler les besoins de tous les acteurs de sa chaîne de valeur.
- Les impératifs du marché visé (local, national, régional et mondial) constituent les priorités de recherche afin d'y répondre.
- L'utilisation des Intrants devient une partie importante des facteurs de production afin d'identifier la réaction différentielle des variétés de manioc. En plus des paysans pour leur sécurité alimentaire avec des superficies de moins de 0,5 ha, un groupe des paysans émergents, des producteurs commerciaux qui visent 10 ha ou plus et une forte productivité de plus de 25 à 35 t/ha pour une bonne compétitivité sur le marché. Ces derniers utilisent souvent des intrants accompagnés des BPA pour atteindre une productivité élevée.
- Les améliorateurs utilisent des plateformes d'innovation afin de tenir compte des contraintes et desiderata des acteurs de la chaîne de valeur manioc suivant les spécificités du marché.

Choix des variétés et système semencier

La diffusion des nouvelles variétés et leur adoption progressive par les producteurs/paysans est un processus dynamique souvent dicté par les acteurs de la chaîne de valeur selon les desiderata du marché qu'il soit local, national ou international.

Dans le développement des variétés, on devra tenir compte des critères suivants :

- *Forte teneur en matière sèche et bonne qualité alimentaire* : les variétés dont les racines tubéreuses renferment autour 30% ou plus de matière sèche sont dites à forte teneur en matière sèche. Ces variétés donnent des produits de bonne qualité et sont rentables pour les producteurs, transformateurs et vendeurs ;
- *Tubérisation précoce* : elle se rapporte au grossissement des racines du fait des éléments nutritifs stockés. Les variétés à tubérisation précoce compensent mieux les pertes

de rendement provoquées par la compétition avec les mauvaises herbes et par les parasites et maladies foliaires ;

- *Bonne aptitude à la conservation en terre, maturité standard à maturité tardive* : c'est la capacité des racines mûres de manioc de rester longtemps sous terre sans se détériorer prolongeant ainsi la durée de récolte et limitant par conséquent les problèmes de stockage des racines après la récolte. La sélection précoce avec augmentation et stabilité du rendement sec en racines au-delà de 24 mois est la voie à suivre pour répondre au besoin de conservation dans le sol pour la sécurité alimentaire et aussi pour des récoltes échelonnées suivant le besoin dans une unité de transformation.
- *Variétés tolérantes aux adventices, ravageurs et maladies* : si les adventices représentent une contrainte, on devra rechercher des variétés adaptées à ramification précoce, basse et régulière. Il existe également des variétés résistantes ou tolérantes aux ravageurs et maladies.
- *Variétés adaptées aux cultures associées* : En général, les variétés à croissance rapide et à ramification autour d'un mètre et plus, sont plus adaptées aux systèmes des cultures associées, souvent utilisées dans les systèmes d'exploitation congolaises/africaines.
- *Détermination des facteurs nutritionnels et antinutritionnels* : Le rendement quantitatif du manioc doit être accompagné des facteurs nutritionnels comme la teneur en protéines de qualité dans les feuilles et de certains minéraux comme le fer, le zinc, etc. la provitamine A (précurseur de la vitamine A) dans les feuilles et les racines (β -carotène). L'amélioration génétique et le processus de transformation doivent arriver à des variétés à teneur minimum en glucosides cyanogénétiques et aux produits transformés où ces glucosides et leurs enzymes sont totalement éliminés. Les laboratoires de l'INERA surtout à Mvuazi et d'autres dans des universités doivent être équipés en conséquence pour la détermination quantitative de ces éléments.
- *Utilisation de la génétique moléculaire dans l'amélioration variétale du manioc* : Un des aspects qui poussent les améliorateurs à utiliser un cycle de sélection allant jusqu'à sept ans dans un schéma conventionnel est la multiplication des boutures pour les essais allant de 5 à 10 boutures obtenues d'un semis (sauvageon) sélectionné dans la pépinière à graine à plus de 1400 boutures requises pour installer un essai uniforme dans quatre à cinq sites. L'approche de la sélection assistée par les marqueurs des traits majeurs couplée aux méthodes récentes de micropropagation telle que SAH™ pourrait réduire le cycle du schéma de sélection à moins de cinq ans.

Le système semencier des cultures végétativement multipliées amène souvent à une conception erronée qu'une variété une fois acquise et surtout si elle est résistante aux principales maladies ou principaux ravageurs, peut être multipliée plus longtemps dans des champs de production. Avec les nouvelles techniques de culture de tissu et la technologie hydroponique semi-autotrophique (Semi Autotrophic Hydroponics -

SAH™) et la multiplication rapide par mini-bouture, il est fort possible d'éliminer la charge virale sur les tiges à utiliser comme boutures. Dans le cadre du développement de la chaîne de valeur manioc et de la filière semencière, le Service National des Semences (SENASEM) du gouvernement doit sensibiliser les producteurs du manioc pour la fréquence de changement de stock des boutures dans les champs de production.

Dynamique des contraintes de productivité de la culture de manioc

Avec le changement climatique, on observe des nouveaux ravageurs et maladies qui apparaissent comme contraintes biotiques et s'étendent à des nouveaux écosystèmes. Des nouveaux ravageurs et maladies sont survenus au cours des trois dernières décennies notamment :

- La mouche blanche (*Bemisia tabaci*) qui est passée du vecteur de la CMD au ravageur avec son fumigène ;
- La CBSD qui migre de la côte de l'Afrique Orientale à l'Afrique Centrale dont la RD Congo ;
- La MNRM avec les nécroses des racines similaires à celles de la CBSD qui fut reportée pour la première fois en 2003 ;
- La résurgence de la CBB dans certaines provinces.

Un suivi régulier s'avère nécessaire pour que la recherche soit au même rythme avec ces ravageurs et maladies pour les contenir et surtout avoir les techniques de pointe pour les diagnostiquer correctement et les juguler efficacement.

Systèmes de lutte contre et/ou comment limiter les dégâts des maladies et ravageurs de manioc

- Identifier les maladies et ravageurs courants du manioc et leurs symptômes, et se familiariser avec les conditions dans lesquelles ils apparaissent pour provoquer des pertes sévères.
- Utiliser des variétés résistantes aux maladies et ravageurs afin de réduire et retarder les infections et infestations.
- Planter des boutures prélevées sur des plants sains et exempts des symptômes des maladies et ravageurs. Tout matériel de plantation à utiliser pour l'implantation d'un nouveau champ doit provenir d'un champ non infecté/infecté.
- Choisir un site convenable pour la culture du manioc.
- Assurer une bonne conservation de la fertilité du sol par la fumure, paillage et culture associée afin de favoriser une croissance vigoureuse du manioc qui pourra ainsi résister aux maladies et ravageurs.
- Respecter les dates de plantation : planter le manioc au début de la saison pluvieuse et éviter des plantations tardives.
- Utiliser toutes les méthodes de lutte qui sont envisageables comme : (a) les méthodes culturales, (b) la lutte chimique, et (c) la lutte biologique.

Systèmes d'exploitation agronomique et économique

Dans l'exploitation agronomique du manioc, il y a lieu de considérer les facteurs ou les bonnes pratiques agricoles qui contribuent à atténuer le changement climatique, promouvoir la sédentarisation des champs agricoles en pratiquant les zonages où opérer les rotations des champs au lieu d'ouvrir des nouveaux champs. À la suite de la démographie croissante que connaît le pays, la demande en produits de manioc ne fera qu'augmenter, cela pourra être juguler avec l'accroissement de la productivité pour doubler, tripler, quadrupler les rendements actuels en s'assurant des bonnes pratiques intégrées sur la gestion des sols et assurer sa durabilité afin d'asseoir une approche intelligente face au changement climatique pour la culture du manioc.

Pour l'agribusiness basé sur le manioc, il est recommandé de mettre à jour régulièrement les études des marchés et toujours tenir compte de leurs dynamiques pour redéfinir, si besoin il y a, des facteurs d'exploitation pour une rentabilité.

Les paysans producteurs doivent progressivement passer des superficies de moins de 0.5 ha par ménage à plus de 1,5 ha par ménage dans l'esprit du travail fait par Nzietchueng *et al.*, (1996) pour estimer une superficie rentable.

Superficie minimale (Nzietchueng, 1996)

- On doit savoir qu'il y a une superficie au-delà de laquelle l'exploitation devient rentable.
- Cette superficie au-delà de laquelle l'exploitation devient rentable peut être trouvée par l'équation suivante :

$$AX + B = YX,$$

A = Coûts variables pour 1 ha ;

B = Coûts fixes pour une gamme donnée de la superficie ;

Y = Revenus pour la production de 1 ha et

X = Superficie pour laquelle les charges de l'exploitation s'équilibrent avec les revenus générés par la production obtenue.

Exemple :

A = Coût Variable = [labour et hersage (200 \$) + achat boutures (50 \$) + plantation (30 \$) + regarnissage (20 \$) + sarclages (50 x 4) \$ + phytosanitation (50 \$) + récolte (150 \$)] = **700 \$** ;

B = Coût Fixe = [fonctionnement (200 \$) + personnel (450 \$) + amortissement (150 \$)] = **800 \$**

Y = Revenus = 7 000 kg x 0,2 \$ = **1400 \$**.

On aura X = 1,143 ha

Dans ces conditions, lorsque la superficie est inférieure à **1,143 ha**, l'exploitation n'est pas rentable, cependant une superficie équivalente à **1,143 ha** permet à l'exploitant de rentrer juste dans ses frais et l'exploitation ne sera rentable que pour une superficie supérieure à **1,143 ha**.

Transformation et commercialisation

FAO (2001), dans la Stratégie de développement mondial du manioc, a déclaré que le manioc stimulera le développement industriel et augmentera les revenus pour les producteurs, les transformateurs et les commerçants. Ainsi, le manioc est appelé à améliorer la sécurité alimentaire de beaucoup de ménages. Pour le moment, dans plusieurs bassins de production du manioc en RD Congo, la chaîne de valeur est caractérisée par des facteurs suivants :

- Orientée vers la production
- Offre irrégulière

- Variabilité de la qualité
- Coûts de transaction élevés
- Accès limité au crédit
- Climat d'affaire non incitatif
- Grand nombre de petits producteurs isolés.
- Etc.

Pour une bonne structuration et modernisation de la chaîne de valeur manioc, les facteurs clés ci-après devraient être considérées :

- Asseoir une politique agricole incitative pour un partenariat public-privé efficient et dynamique ;
- Inciter les acteurs de la chaîne de valeur manioc d'adhérer et respecter les normes et standards des produits à base de manioc ;
- Structurer le système de commercialisation sur le plan local, provincial, national et international (Compétitivité sur les volumes, prix, approvisionnements, Système d'information des prix des marchés, etc.)
- Promouvoir les technologies de transformation/stockage
- Promouvoir une participation effective du secteur privé dans la chaîne de valeur manioc.
- Etc.

Cependant le manioc présente un potentiel d'applications industrielles des produits biodégradables comme suit :

- Pour les racines fraîches : aliment humain et de bétail ;
- Pour les cossettes et farine : divers aliments humains, farine panifiable ; boisson alcoolique, alcool industriel et médical, ingrédients d'aliment pour bétail ;
- Pour les feuilles fraîches : légume disponible toute l'année ; ingrédients de l'aliment pour bétail ;
- Pour l'amidon du manioc :
 - *Aliment* : largement utilisé dans la production alimentaire, comme les nouilles instantanées, le tapioca perlé et dans l'assaisonnement des sauces ;
 - *Textile* : utilisé dans le fil de calibre et le matériel d'impression ;
 - *Papier* : utilisé dans le pressage du papier, l'aplanissement et le polissage
 - *Bois* : utilisé comme colle de bonne qualité ;
 - *Pharmacie (médecine)* : utilisé en mélange (comme liant) avec la matière active pharmaceutique pour fabriquer des capsules ;
 - *Édulcorant* : utilisé dans la fabrication de glucose, fructoses, lactose, au lieu du sucre dans la fabrication des boissons alcooliques, confitures et cannette des fruits ;
 - *Monosodium glutamate (MSG)* : principale matière première dans la fabrication de MSG.

La liste ci-dessus n'est pas exhaustive, toutefois elle montre à suffisance le potentiel de filières possibles à exploiter dans la chaîne de valeur manioc.

Ceci pour dire qu'en Afrique en général, et en RD Congo en particulier, le manioc est très présent dans les régimes alimentaires qui sont industriels comme en Asie et en

Amérique latine. On note cependant qu'il y a tendance depuis l'année 2000 au Nigeria, la RDC et certains pays africains qui commencent à changer timidement dans l'utilisation industrielle du manioc. Dans ce processus, le rôle des femmes et des jeunes dans l'entrepreneuriat sur l'agribusiness du manioc devrait être prépondérant.

Références

- FAO. 2001. The Global Cassava Development Strategy and Implementation Plan, Vol. 1. In: Proceedings of the Validation Forum. Rome, 26-28 April 2000. pp70.
- Nweke F.I., Spencer S.C.D and Lynam J.K. 2002. The Cassava Transformation, Africa's Best-kept Secret. Michigan State University Press. pp.273.
- Nzietchueng, Samuel. 1996. Les plantes-racines et tubercules cultivées en Afrique Tropicale humide : Caractères généraux, contraintes de production et stratégies de gestion. IRA – Ekona

Index-Livre manioc

- Acarien vert du manioc 88, 97, 99, 101, 102
 Accession 10, 16, 20
 Adventices 32, 202, 363
 Agents pathogènes 88, 157, 163, 164, 180
 Agriculture durable 197
 Agriculture itinérante sur brûlis
 Aleurodes 88, 137, 142
 Allogamie 6, 24
 Allotétraploïde 6
 Amidon 33, 34
 Amylose 33, 34, 55, 56
 Antécédents culturaux 198
 Anthracnose 75, 83, 88, 89, 111, 115, 124, 130, 131, 132, 143
Aonidomytilus albus 114
Apoanagyrus lopezi 96
 Approche communautaire 338, 350, 358
 ATER (Area Time Equivalency ou équivalence de superficie en temps)
 Autoconsommation 326, 356
 Azote symbiotique 197
- Bactériose 11, 21, 71, 83, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 140, 143, 157, 158, 174, 180, 190, 342
Begomovirus 132, 139, 183
Bemisia tabaci 88, 89, 113, 135, 137, 139, 342, 364,
 Biofortification 4, 62, 84
 Bloc des croisements 44, 50
 Bonnes pratiques agricoles (BPA) 196, 362
 Bouture de souche 93
 Boutures améliorées 87, 92, 314, 369, 372
 Boutures saines 87, 88, 95, 155, 156, 163, 164, 172, 217, 313, 323, 364, 368, 369, 376
Butamu 21, 71, 81, 168, 199, 353
- Cambium 6, 198,
 Catégories des plants 79
 Cercosporiose 124, 174, 176-180
 Chaîne de valeur 361
 Champs mono- ou biclonaux 16
 Changements climatiques 25, 89, 113, 196, 364, 365,
 CIAT : Centre International d'Agriculture Tropicale
 Cochenille africaine des racines et tubercules 102, 104, 105
 Cochenille farineuse du manioc 21, 42, 62, 88, 89, 90, 91
 Cochenilles des tiges 114
Colletotrichum gloeosporioides 111, 154,
 Crédit agricole 337, 338
Creolinha 16
 Criquet puant, Criquets *Zonocerus* 87, 88, 89,
 Culture de base 3, 4, 8
- Culture *in vitro* 5, 86, 94, 95,
 Cyanure 9, 283, 284, 285, 286, 287, 301, 324, 328, 331
- Découpeur 260, 261, 262, 265, 266, 301, 305, 334
 Dégénérescence 74, 342, 357
 Desserte agricole 10
Diomus sp 90, 95
 Dispositif des parcelles allongées 49, 50
 Dispositifs d'essai non randomisés/Dispositif standard 48, 49, 50, 51
 Dissémination 22, 46, 47, 68, 70, 71, 72, 73, 75, 134, 136, 149, 153, 273, 303, 304, 342, 348, 352,
 Diversification 9, 30, 42, 292, 296, 337, 351
 Diversité génétique 43, 47, 48, 207
- Ecimage 141, 143, 198, 199
 Ecosystème 88, 196, 200, 364
 Eléments nutritifs
 Emballage 166, 173, 203, 204, 214, 216
 Emiettement 251, 252, 253, 274, 275, 330
 Ennemis naturels 90, 92, 94, 95, 97, 100
Epidinocarsis lopezi
 Epluchage 242, 243, 244, 246, 250, 251, 254, 256, 257, 258, 259, 260, 264, 265, 266, 271, 272, 273, 275, 335
 Essai
 - avancé de rendement 29, 34, 38
 - clonal 23, 29, 32, 36, 37, 48, 49, 50, 109
 - préliminaire de rendement 20 29, 33, 37, 44, 53
 - uniforme de rendement 29, 38, 44
 - en milieu paysan 35
- Etapes de transformation 241, 242,
 Ethanol 57, 58, 76, 292, 295
 Euphorbiacées 1
- Farine
 - de manioc de haute qualité (FMHQ) 271, 273
 - de manioc rouie de qualité supérieure (FMRQS) 271
 - fermentée 42, 242, 260, 276, 318, 330, 331, 332, 333, 334, 336, 337, 338, 355
 - non-fermentée 250, 318, 334
 - panifiable 42, 273, 294, 327, 330, 334, 366
- Fermentation
 - Humide 242, 244, 249
 - Sèche 242, 244, 245, 246, 249
- Fertilité de sols 196
 Feuilles de manioc 2, 9, 22, 65, 72, 94, 97, 98, 331, 141, 145, 149, 172, 174, 177, 217, 218, 241, 242, 258, 260, 276, 278, 279, 280, 283, 299, 318, 320, 331
 Filière manioc 262, 294, 296, 300, 307, 309, 312, 317, 321, 334

- Flash dryer 46, 268, 269, 271, 272, 273
Flemingia macrophylla 220
Frankliniella sp 89
Fufu 22, 24, 43, 46, 72, 123, 248, 250, 260, 261, 270, 271, 276, 284, 329, 330, 332, 337, 355
Fuku 242, 248, 257, 270
- Gain génétique 27, 31, 44, 45
Gari 242, 244, 246, 248, 254, 255, 270, 320, 327, 329, 330, 344
Geminivirus 138, 139
Germoplasme 8, 11, 20, 24, 25, 28, 30, 44, 63, 71, 74, 75, 130, 131
Glucosides
 Cyanogènes 8
 Cyanogénétiques 246, 363
Graines illégitimes 16, 20
- HCN (voir cyanure)
Helopeltis sp 89, 109, 110, 111, 112
Hétérozygote 7, 27, 29
Hyperaspis notata 90, 95
- INEAC (Institut National pour l'Etude Agronomique du Congo Belge) 15, 16, 17, 116
Initiative présidentielle sur le manioc 262, 291, 292, 293, 351, 352
Into 251, 252, 253
Ipomovirus 132, 149, 150
- Jardin botanique d'Eala 16
Jatropha dulcis Rottb Kaleji 16
- Kimbungu* 353
Kimpuka 246, 253, 271, 272, 278, 300, 318, 319, 320, 327, 330, 334
Konzo 9
Kutubo 253
- Land Equivalent Ratio ou ratio de la terre équivalente (LER) 201, 225, 229
Légume 8, 9, 78, 79, 89, 94, 97, 123, 128, 140, 145, 198, 205, 208, 241, 278, 279, 283, 319, 320, 323, 331, 352, 366
Lésions nécrotiques 147, 148, 154, 158, 176
Leucaena leucocephala
Lituma 43, 242, 248, 255, 256, 327
Lotoko 248, 260
Lueki 21, 71, 81, 105, 106, 168, 353, 357
Luku 248, 250, 250, 270, 276
Lutte
 Biologique 90, 92, 94, 95, 97, 99, 100, 129, 141, 364
 Chimique 90, 92, 93, 94, 99, 223, 364
 Intégrée 180, 222, 348,
- Macro-cossette 334, 337
Malemba 242, 244, 245, 246, 248, 253, 327
Manihot aipi Pohl 6
Manihot
 esculenta Crantz 1, 17, 55, 103, 123, 196, 342,
 esculenta subsp. *Flabellifolia* 6
 esculenta subsp. *Peruviana* 6
 glaziovii 17, 278, 299,
 palmata Muel Arg 16
 utilissima Pohl 6
Manioc
 biofortifié 44, 46, 47
 commercial 295
 juteux 57, 58
Matamba 278
Matériel
 de départ 74, 77
 légitime 16
Mauvaises herbes 88, 116, 128, 178, 196, 204, 220, 221, 222, 223, 363
Mbongo 36, 37, 197, 198, 199, 207, 353,
Méthodes de sélection 27, 40
Micro-cossette 42, 266, 267, 269, 270, 271, 272, 273, 334, 335
Micronutriments 8, 43, 215
Maladie des nécroses racinaires du manioc (MNRM) 11, 26, 169,
Mombita 248, 251, 252
- Niveau d'étude : 312, 356
Nombre chromosomique : 6
Nombre de base : 6
NPACI : 291, 293, 298
Nsaki : 278, 280
Nsansi : 21, 36, 37, 55, 71, 83, 168, 197, 198, 199, 218, 372, 376
Nshima : 123, 248, 250, 270, 271, 276
Ntuka : 242, 245, 248, 256
- Obama (variété) : 22, 26, 37, 72, 83, 353, 357
Offre : 75, 149, 222, 295, 302, 322, 331, 334, 338, 342, 348, 365
Oyoko : 242, 246, 248, 258
- Palmier à huile (*Elaeis guineensis*) 15, 205, 208, 279
Parasitoïdes : 90, 94, 95, 96
Parcs à bois : 76, 349
Partenariat Public-Privé : 351
Pâte
 fermentée : 245, 246, 249, 252, 253, 271, 277
 fermentée de manioc de qualité supérieure : 271, 272
 rouie : 252, 258, 327, 330

Pépinière à graines : 26, 29, 32, 33, 37, 44, 363
 Performance : 13, 26, 28, 32, 44, 237, 238, 312, 322, 333, 336, 340
 Périphérie : 300
 Périssabilité : 38, 69, 326
 Perspective : 11, 167, 186, 192, 237, 299, 302, 304, 306, 322, 323, 326, 334, 335, 340, 341, 344, 356, 358
 Pesticides : 93, 94
Phaeolus manihotis : 166, 167, 168, 187
Phenacoccus manihotis : 89
 Phytosanitation : 67, 69, 131, 153, 350, 365
 Pillage : 330
 Plants
 certifiés R1 (niveau secondaire) : 68
 certifiés R2 (niveau tertiaire) : 68
 de base (niveau primaire) : 68, 69
 PNL (Programme National Légumineuses) : 17, 18
 PNM (Programme National Maïs) : 17, 18
 Pois d'Angole (*Cajanus cajan*) : 205, 216, 220
Pondu : 43, 219, 237, 255, 276, 278, 279, 280
 Population source : 20, 25, 26, 268
 Post récolte : 305
 Potentialité : 57, 58, 65, 324, 339, 351
 Potentiel agricole : 341
 Potentiel cyanogénétique (voir cyanure) : 242
 Potentiel nutritionnel : 326
 Pourridiés des racines : 163, 180
 Pourritures sèches : 166, 167, 168
 Pratiques agricoles : 71, 195, 196, 201, 237, 348, 362, 365
 Prédateurs : 90, 94, 97, 100
 Pressage : 58, 246, 254, 255, 264, 265, 266, 271, 272, 273, 329, 366
 Presse : 10, 248, 260, 261, 262, 266, 267, 272, 277, 283, 284, 285, 286, 288, 301, 304, 328, 333, 335
 Prix incitatif : 304
 Production artisanale : 300
 Produits de transformation : 24, 43, 241, 242, 254, 268, 295
 Produits dérivés : 10, 291, 294, 295, 300, 306, 323, 324, 326, 330, 339
 Professionnalisme : 308, 317, 320
 Promotion : 10, 119, 128, 184, 260, 281, 293, 300, 305, 326, 337
 Propagation végétative : 27, 76, 134
 Protogynie : 6, 7
 Provitamine A (bêta-carotène) : 44, 46, 363
Pseudotheraptus devastans : 88, 89, 115, 118, 126, 155, 156, 181, 182, 188, 189
 Pureté génétique : 74, 78, 350
 Qualité nutritionnelle : 8
 Racines tubéreuses : 241, 337
Radiata (*Vigna radiata*) : 211, 222
 Râpe : 10, 260, 261, 262, 265, 266, 271, 272, 301, 305, 328, 334, 335
 RAV (variété) : 21, 26, 137, 353
 Ravageur : 342
 Recettes à base de manioc : 276
 Recettes à base des feuilles de manioc : 278
 Réduction des dimensions : 265, 284
 Renforcement : 42, 144, 261, 303, 335, 338, 348
 Rentabilité : 88, 94, 208, 211, 231, 333, 336, 365
 Résistance de la plante hôte : 60, 62, 90, 100, 133, 180
 Résistance génétique : 90, 99
 Rétention des feuilles : 31, 34, 38, 53, 54
 Rétention en eau : 197
 Rotations des cultures : 158, 165, 166
Rowe : 251, 252
 Rythme d'épluchage manuel : 243
 SAH (Technologie hydroponique semi-autotrophique) : 67, 363, 364
Saka-Saka : 278
 Sarclage : 17, 23, 69, 70, 117, 165, 180, 212, 223, 233, 365
 Sauvageon (voir semis) : 24, 25, 26, 29, 32, 33, 44, 55, 56, 58, 62, 74, 363
 Schéma de multiplication : 68, 79, 351
 Schéma de sélection du manioc : 29, 30, 36, 48, 363
 Séchage naturel : 330, 333, 334
 SECID : 18, 23, 298, 353, 356
 Secteur informel : 299, 339, 358
 Secteur privé : 69, 291, 337, 338, 366
 Ségrégation génétique : 27
 Sélection conservatrice (généalogique) : 75
 Sélection participative : 28, 33, 40, 41, 44, 351
 Sélection variétale : 28, 29, 40, 43, 44, 77, 348
 Semence certifiée de première (R1) et deuxième (R2) : 78, 79
 Semence
 de base : 74, 77, 78, 79
 de pré base : 79
 de qualité déclarée (SQD) : 79
 de souche : 43, 79
 Semences (Contrôle certification) : 13, 65, 68, 78, 85, 295, 349, 350
 Semis (voir sauvageon)
 SENARAV (Service National de Recherche Agronomique et Vulgarisation) : 17, 18, 42

- Seuil : 88, 91, 95, 98, 285
 Seuil économique : 88
Shimbu : 116, 117
 Sol acide : 215
 Sols appauvris : 195
 Sombe : 278
 Sous-filière : 295
 Sous-produits : 43, 295, 320, 326
 Spécialisation : 320
Stictococcus vayssierei : 89, 102, 118, 119, 120
 Stimuler : 199, 292, 294, 295, 304, 338, 365
 Stockage : 10, 38, 75, 77, 78, 84, 127, 170, 172, 173, 174, 272, 295, 314, 320, 324, 327, 331, 333, 334, 337, 363, 366
 Stratégie de croissance : 300, 341
 Striure brune du manioc (CBSD) : 11, 71, 80, 145, 146, 148, 149, 151, 184, 348
Stylosanthes guineensis : 208
 Subsistance : 18, 141, 195, 202, 204, 223, 231, 292, 301, 361
 Subvention : 262, 300, 334, 337, 350
 Sud-Ubangi : 248, 257
 Symptômes des dégâts : 87, 89, 91, 113
 Systèmes de culture traditionnels : 201, 206, 232
 Tabac (*Nicotiana tabacum*) : 107, 132, 205
 Taille de ménage : 317
 Tapioca : 2, 8, 262, 289, 366
 Taux d'adoption : 28, 344, 355
 Taux de multiplication : 67, 76
 Taxonomie du manioc : 5
 Technique de transformation : 241, 242, 261, 326, 328
 Techniques traditionnelles de transformation : 67, 241, 326
 Technologie améliorée : 201, 203, 234
 Tenancier : 312
 Teneur en carotènes totales (TCC) : 44, 45
 Thrips du manioc : 107, 108, 109
 Transformation
 industrielle : 300
 moderne : 242, 264, 266, 270, 296
 Tubérisation : 6, 105, 198, 199, 362
Typhlodromalus aripo : 100
Ugali : 123, 248, 250, 270, 271, 276
 Valeur ajoutée : 9, 40, 295, 323, 326, 337
 Variabilité génétique : 26, 27
 Variabilité phénotypique : 24
 Variétés résistantes : 42, 62, 71, 92, 99, 129, 136, 141, 143, 144, 152, 157, 158, 179, 200, 301, 326, 353, 363, 364
 Vulnérabilité : 333
Xanthomonas campestris : 124
Zizila (variété) : 21, 26, 36, 37, 55, 71, 83, 168, 199, 353
 Zones économiques spéciales : 352
 Zones agroécologiques : 197, 373
Zonocerus variegatus : 87, 89

Le Manioc en RD Congo

Mahungu NM, Ndonda A, Kendenga T. et Bidiaka S. (Editeurs)

En parcourant ce livre et ses neuf chapitres, on réalise l'importance du manioc en RD Congo. Comme culture de base dans ce vaste pays qui a une gamme variée des zones agroécologiques, le manioc commence à émerger significativement comme culture de rente et culture industrielle par la commercialisation de ses divers produits transformés sur le marché local et national.

Les institutions de recherche, d'enseignement et de développement agricole ont aligné leurs stratégies pour répondre à la dynamique des défis au développement et à la structuration de la chaîne de valeur manioc en RD Congo. Celle-ci englobe les défis liés au développement des nouvelles variétés à haut rendement sec et répondant aux besoins des acteurs de la chaîne de valeur, les défis liés au système semencier, les défis liés à la gestion des maladies, ravageurs et autres contraintes biotiques et abiotiques, les défis liés aux systèmes d'exploitation et les défis liés à la transformation et commercialisation.

Le niveau des défis à relever dans le secteur du manioc en RD Congo prouve que le développement économique doit être basé sur la science et surtout le renforcement du partenariat public-privé qui inclut tous les acteurs de la chaîne de valeur allant des producteurs-paysans aux transformateurs, transporteurs décideurs politiques, consommateurs, etc. Dans ses remarques finales, le livre recommande les lignes directrices devant guider la recherche pour accélérer le développement du manioc en RD Congo.

Imprimé au Nigeria

Le contenu de cette publication peut être reproduit dans tout contexte non publicitaire et sans but lucratif à condition que la source soit mentionnée. Il est distribué en sachant clairement que l'éditeur n'est pas engagé dans la prestation de services juridiques ou autres services professionnels.

