



Chapitre 7

Récolte, opérations après récolte et valeur ajoutée

Aliment pour le ménage, fourrage pour le bétail et matière première pour une large gamme de produits à valeur ajoutée, de la farine grossière aux gels d'amidon issus de technologies avancées, le manioc est vraiment une culture polyvalente.

Une des grandes qualités du manioc est de ne pas avoir de saison de récolte spécifique. Les racines tubéreuses peuvent être récoltées n'importe quand, de six mois à deux ans après la plantation. En période de pénurie alimentaire, on peut les récolter au fur et à mesure des besoins, souvent une plante – ou même une racine tubéreuse – à la fois. La récolte pour consommation humaine a en général lieu à 4-10 mois environ; pour les utilisations industrielles, attendre un peu plus permet normalement un rendement racine et amidon plus élevé. Après la récolte, les racines tubéreuses peuvent être consommées directement dans le ménage du paysan, données au bétail ou vendues comme matière première pour toute une gamme de produits à valeur ajoutée, de la farine grossière aux gels d'amidon issus de technologies avancées.

La racine tubéreuse n'est pas la seule partie utilisable de la plante. En Afrique, les jeunes feuilles cuites servent de légumes. Dans beaucoup de pays, le haut vert de la tige, feuilles et pétioles compris, est donné aux vaches et aux buffles, tandis que les feuilles vertes servent à nourrir les poules et les porcs. En Chine, en Thaïlande et au Viet Nam, les feuilles vertes servent à élever des vers à soie. Les souches servent de bois de chauffage, et les tiges ligneuses sont broyées pour fournir un substrat de culture pour champignons.



Récolte des racines tubéreuses et des parties aériennes

La récolte des racines tubéreuses se fait généralement en coupant la tige environ 20 cm au-dessus du sol, puis en déracinant complètement la plante en tirant sur la souche. Si le sol est trop dur ou les racines trop profondes, il peut être nécessaire de creuser autour des racines tubéreuses avec une houe, une bêche ou une pioche, pour enlever le sol en veillant à ne pas blesser les racines tubéreuses.

Pour récolter leur manioc, les agriculteurs thaï ont mis au point un outil de métal fixé à une perche et faisant levier. Il est bien adapté aux sols meubles ou à texture légère. Dans les sols plus lourds, qui en saison sèche peuvent devenir très durs, une lame de récolte tirée par un tracteur est parfois utilisée. Elle passe dans le sol juste sous les racines tubéreuses et le mouvement du tracteur pousse les grappes de racines tubéreuses à la surface. Les racines tubéreuses sont alors séparées de la souche et mis dans des paniers ou des sacs pour enlèvement.

La récolte de champs importants est fréquemment confiée à des intermédiaires qui emploient des équipes d'ouvriers et ont des camions pour le transport des racines tubéreuses au marché ou à l'usine. Au Viet Nam, le transport se fait souvent dans des paniers pendus aux deux extrémités

Transport de la récolte à la ferme. Les agriculteurs du monde entier ont produit plus de 280 millions de tonnes de racines tubéreuses fraîches en 2012.

d'une perche portée sur l'épaule; en RDP Lao, les agriculteurs utilisent des hottes en bambou. En Chine, la récolte est en général transportée dans des remorques tirées par des tracteurs à deux roues, tandis qu'en Thaïlande les agriculteurs utilisent souvent des camionnettes agricoles.

Une fois les racines tubéreuses récoltées, les parties aériennes sont souvent laissées sur le sol pour sécher, et ensuite enfouies pour aider à entretenir la fertilité du sol (voir chapitre 5, *Nutrition des cultures*). Cependant, les agriculteurs peuvent multiplier le volume total de feuillage disponible pour l'alimentation animale en coupant les parties aériennes tous les 3 mois ou tous les 2 mois et demi au cours du cycle de croissance de la plante. Après chaque coupe, le restant de la tige va refaire des rejets et une nouvelle récolte de feuilles sera disponible dans les 2 ou 3 mois. Pour une production maximale de feuillage, l'espacement des boutures doit être réduit à environ 60 x 60 cm.

Les jeunes feuilles ainsi collectées à intervalles réguliers au cours du cycle de croissance du manioc tendent à être plus riches en protéines et moins fibreuses que celles récoltées en même temps que les racines tubéreuses, à l'âge de 11 à 12 mois en principe. Ces feuilles plus jeunes sont mieux appréciées et constituent un fourrage de meilleure qualité. De même, la farine de feuilles faite uniquement à base de feuilles est plus riche en protéines et moins fibreuse que celle qui incorpore également des pétioles et des tiges vertes.

Au cours d'une expérimentation menée en Thaïlande, le rendement total en feuilles sèches était de 710 kg/ha si les feuilles étaient récoltées uniquement lors de la récolte des racines tubéreuses, à 11,5 mois après plantation (tableau annexe 7.1). Mais ce rendement passait à 2,6 tonnes si les feuilles étaient coupées à cinq reprises dans le même temps. Le rendement total en protéines foliaires augmentait également, de 170 kg/ha pour une seule coupe de feuilles à 650 kg/ha, comparable à une bonne récolte de soja^{1, 2}. Cependant, plus la fréquence des coupes de feuilles augmentait, plus le rendement racine final déclinait, passant d'environ 40 tonnes/ha pour une unique récolte de feuilles à moins de 25 tonnes pour cinq récoltes de feuilles². L'intérêt économique de ce système dépend du coût de la main-d'œuvre et des prix relatifs des racines tubéreuses fraîches et des feuilles séchées.

De plus, prélever 4 ou 5 fois en une année les parties aériennes de la plante revient à exporter de grandes quantités de nutriments – notamment de l'azote – à partir du champ, et la pratique ne saurait être durable sans l'application de volumes importants d'engrais minéraux pour préserver la fertilité du sol.

Utilisations et valeur ajoutée après récolte

Consommation alimentaire directe

Les jeunes feuilles de manioc sont régulièrement cueillies et préparées pour la consommation humaine dans divers pays africains, notamment le Cameroun, la République démocratique du Congo, le Libéria et la République unie de Tanzanie. Les feuilles tendres contiennent environ 25 pour cent de protéines en poids sec, et sont une source appréciable de fer, de calcium, et de vitamines A et C³. La teneur en acides aminés essentiels de la protéine de feuilles de manioc est comparable à celle de la protéine d'œuf de poule. La valeur marchande des feuilles de manioc, là



où elles sont consommées, est souvent supérieure à celle des racines tubéreuses, de sorte que leur vente contribue de façon substantielle au revenu des ménages ruraux⁴.

La préparation des feuilles de manioc commence par la séparation des pétioles durs, puis le broyage au mortier des feuilles et des jeunes pétioles, et la cuisson à ébullition de la pâte ainsi obtenue durant 30 à 60 minutes. Ce procédé élimine les substances cyanogénétiques et rend les feuilles consommables sans risque. Cependant, l'ébullition prolongée se traduit également par une déperdition considérable en vitamine C⁵.

Les racines de manioc sont hautement périssables et doivent être préparées dans les quelques jours suivant la récolte. Dans beaucoup d'endroits du Brésil, les racines fraîches sont râpées, puis pressées pour éliminer le liquide où se concentre l'essentiel de cyanure contenu dans la racine. La pâte semi-humide est alors chauffée pour produire la *farinha*, une farine grossière qui sera étalée sur de nombreuses préparations culinaires brésiliennes. En Afrique, la pâte obtenue par râpage est d'abord fermentée avant d'être rôtie sur une plaque chaude pour produire une sorte de semoule appelée *gari*, ou bien elle est séchée au soleil et moulue, la farine obtenue étant mêlée à de l'eau pour obtenir une pâte consistante appelée *foufou*.

Au Bénin et en Côte d'Ivoire, on utilise la cuisson vapeur pour arriver à un autre produit semblable à de la semoule, appelé *attiéké*. En République démocratique du Congo, la pulpe de manioc, après pilonnage, est enveloppée dans des feuilles de bananier et cuite plusieurs heures à la vapeur,

En Afrique centrale, les jeunes feuilles tendres du manioc sont régulièrement cueillies et préparées, formant un légume riche en protéines.

donnant des pains ou des bâtons appelés *chickwangué* ou *kwanga*, qui sont servis avec des soupes, des ragoûts ou des sauces.

En Indonésie, les racines tubéreuses sont épluchées, coupées en tranches dans la longueur, et séchées au soleil. Les morceaux séchés, appelés *gaplek*, sont alors entreposés ou vendus au marché. Pour être consommé, le *gaplek* est pilonné et réduit en farine, qui est délayée dans une petite quantité d'eau pour produire de petits granules de la taille d'un grain de riz. Ceux-ci, appelés *tiwul*, sont cuits à la vapeur, soit séparément soit en même temps que du riz, et servent de «riz de secours» quand il n'y a pas assez de riz pour nourrir la famille. Un autre aliment de grignotage populaire en Indonésie est appelé le *krepek*. Il est préparé en lavant des racines tubéreuses épluchées et en les coupant en tranches fines avec une trancheuse à main ou électrique. Les chips sont passées à l'eau froide, égouttées puis frites à l'huile bouillante pendant quelques minutes. Après cuisson, elles sont enrobées d'un mélange d'épices plus ou moins pimentées et vendues en petits sachets plastique par des marchands ambulants ou sur les marchés locaux.

La *farine de manioc de haute qualité* (HQCF) est de la farine de manioc qui n'a pas subi de fermentation et peut être utilisée en remplacement de la farine de blé et autres sources d'amidon en boulangerie et en confiserie. La production de HQCF à partir des racines tubéreuses se fait par épluchage, lavage, râpage, pressage, désagrégation, tamisage, séchage, mouture, blutage, conditionnement et entreposage.

Malgré l'émergence de marchés pour la farine de manioc de haute qualité en Afrique sub-saharienne, le défi consiste à faire la liaison avec les très nombreux petits agriculteurs dont la production est très variable en qualité. Là où existe une filière manioc relativement bien implantée, par exemple au Nigéria et au Ghana, la mise en œuvre de séchoirs artificiels avec un débit de 1 à 3 tonnes/jour de HQCF pourrait aider à positionner des capacités de transformation intermédiaire à proximité de la production de racines fraîches. Ces transformateurs pourraient également servir de semi-grossistes, fournir des services de collecte et de transport, et assurer une qualité acceptable aux produits destinés aux marchés de consommation finale⁶.

L'*amidon natif* est extrait des racines tubéreuses dans certains pays, essentiellement en Asie, pour incorporation dans des produits alimentaires. S'il a été extrait dans les règles de l'art, l'amidon de manioc est d'un blanc pur, avec une faible teneur en lipides et en protéines et dépourvu de goût de céréale, ce qui est souhaitable pour nombre de produits alimentaires⁷. L'extraction de l'amidon peut se faire à n'importe quelle échelle – depuis l'unité de production artisanale dans une cour jusqu'à l'usine à grande échelle, entièrement mécanisée. Il existe encore au Cambodge, en Inde, en Indonésie et en Viet Nam de nombreuses unités artisanales d'extraction d'amidon. Dans ce type de transformation, les racines tubéreuses de manioc sont épluchées à la main, lavées, râpées et mélangées à de l'eau. L'eau chargée en amidon est filtrée dans un tamis textile pour éliminer

les fibres, puis mise à reposer dans des réservoirs ou à circuler dans des canalisations pour laisser déposer l'amidon en suspension. Une fois l'eau de surface éliminée par siphonage, l'amidon humide est récupéré, broyé et étalé sur des tapis de bambou ou des sols de ciment pour sécher au soleil. Dans ces systèmes artisanaux, la productivité par ouvrier varie de 50 à 60 kg/j d'amidon, tandis que la transformation semi-mécanisée peut aller jusqu'à 10 tonnes/j⁸.

Dans certaines régions de la Colombie, l'amidon humide reste à fermenter durant quelques jours avant d'être séché au soleil. Il en résulte l'amidon acide, ingrédient principal de préparations boulangères appelées *pan de bono*. Dans l'État indien du Tamil Nadu, l'amidon humide est collecté, broyé puis secoué sur une toile de chanvre pour former de petites boulettes d'amidon, qui sont tamisées puis cuites quelques minutes à la vapeur, donnant des perles de tapioca. En Indonésie, un mélange d'amidon de manioc avec de la pâte de crevettes, un colorant alimentaire et de l'eau subit une extrusion avant d'être débité à la main en tranches fines. Après une cuisson vapeur sur des tamis en bambou pendant 15 minutes, et un séchage au soleil sur le sol d'une cour intérieure pendant une demi-journée, on obtient des chips dures appelées *krupuk*. Passé à la friture, le *krupuk* gonfle pour donner des pétales de crevettes croquants et tendres, un amuse-gueule apprécié qui figure à presque tous les repas.

L'extraction de l'amidon donne toutes sortes de sous-produits utiles. Les épiluchures des racines tubéreuses peuvent être recyclées comme engrais et comme fourrage. Les fibres éliminées, après séchage, sont vendues à l'industrie minière comme agent de floculation, tandis que l'amidon à faible densité non récupéré par sédimentation sert d'aliment pour porcs⁸.

Utilisations industrielles

Dans certains pays comme la Thaïlande et la Chine, une bonne partie de l'amidon natif de manioc subit des transformations supplémentaires pour donner toute une série d'amidons modifiés, qui sont incorporés dans des produits alimentaires ou servent de matière première pour la production d'édulcorants, de fructose, d'alcool et de monoglutamate de sodium. Au même titre que la farine de manioc de haute qualité, l'amidon modifié est également utilisé dans la fabrication de contreplaqué, de papier et de produits textiles.

En Chine et en Thaïlande, des usines entièrement mécanisées procèdent au lavage, à la coupe et au râpage des racines tubéreuses de manioc, après quoi la pulpe est mélangée plusieurs fois à de l'eau pour en extraire les granules d'amidon. Le «lait d'amidon» – l'eau contenant les granules en suspension – est alors séparé de la pulpe, puis les granules eux-mêmes séparés de l'eau par sédimentation ou centrifugation. À cette étape, l'amidon doit être débarrassé de son humidité par séchage solaire ou artificiel, avant d'être moulu, bluté et conditionné en sacs de 50 kg ou

de 1 tonne. Une usine d'extraction d'amidon moderne et complètement mécanisée peut atteindre un débit journalier de 300 tonnes⁸.

Par ailleurs, le manioc est de plus en plus utilisé pour la production d'alcool carburant ou éthanol. Les racines, fraîches ou sous forme de cossettes séchées, sont nettoyées, lavées, broyées et mélangées à de l'eau, chauffées avec des enzymes liquéfiantes, puis refroidies avec encore d'autres enzymes qui hydrolysent l'amidon en glucides. Ceux-ci, fermentés avec des levures, produisent de l'éthanol, qui est concentré par distillation, puis déshydraté sur tamis moléculaire afin d'obtenir un éthanol anhydre à 99,5 pour cent. Celui-ci peut être mélangé à de l'essence pour obtenir de l'«essence-alcool», titrant 10 pour cent, 20 pour cent ou même 85 pour cent d'éthanol. Des usines d'essence-alcool à base de manioc sont actuellement en opération, ou en construction, au Cambodge, en Chine, en Colombie, en Thaïlande et au Viet Nam. La conversion en éthanol est appelée à devenir une des principales utilisations des racines fraîches et des cossettes séchées de manioc, notamment en Chine⁹.

L'utilisation industrielle du manioc pourrait se développer de manière spectaculaire suite à deux mutations récentes de la plante⁷. Le premier mutant, obtenu artificiellement, a des granules d'amidon de très petites dimensions, dont l'hydrolyse est plus rapide que celle des amidons des principales autres sources – d'où une réduction du coût de production d'éthanol ou d'édulcorants. Le second, résultant d'une mutation spontanée, produit un amidon «cireux» dépourvu d'amylose, qui présente d'importants avantages pour l'industrie des produits alimentaires surgelés. Les gels à base de cet amidon ont une excellente rétention d'eau à la décongélation, qualité très appréciée dans l'industrie alimentaire.

Alimentation animale

Tant les racines tubéreuses que les feuilles des plants de manioc peuvent être utilisés pour nourrir les animaux de la ferme, ou comme matières premières pour la production industrielle d'aliments du bétail. Cependant, en raison de leur teneur en cyanure, les racines tubéreuses et feuillages frais ne peuvent être donnés aux animaux qu'en quantités très limitées. Les racines fraîches sont débités en copeaux ou en tranches, tandis que les feuilles sont hachées menu. Avant d'être distribués aux animaux, les fourrages de manioc sont étalés par terre durant une nuit pour laisser l'évaporation éliminer une partie du cyanure. Les copeaux de racines et le hachis de feuilles peuvent également être séchés au soleil, puis, arrivés à une teneur en eau de 12 à 14 pour cent, entreposés pour utilisation ultérieure. Ou bien encore, les morceaux de racines et de feuilles peuvent être entassés bien serré dans des sacs plastiques ou des récipients étanches à l'air, pour produire un ensilage par fermentation (*voir p. 96*) Tant le séchage solaire que l'ensilage éliminent l'essentiel du cyanure, de sorte que ces produits peuvent être consommés sans danger par les porcs, le bétail, les buffles et les poules.

Les cossettes de manioc séchées sont produites après un lavage, ou tout au moins un nettoyage sommaire, des racines dans un tambour rotatif qui enlève la terre et une partie de la peau. Les racines sont ensuite débitées en cossettes et étalées sur un sol en ciment pour sécher au soleil, avec un râtelage régulier pour les retourner et assurer un séchage uniforme. Normalement le séchage au soleil des cossettes jusqu'à une teneur en eau de 12 à 14 pour cent peut prendre jusqu'à quatre jours.

Au Viet Nam, la préparation des racines avant séchage au soleil dans des cours ou le long des routes consiste souvent en un épluchage et un tranchage manuel sommaires. En Thaïlande, de nombreux agriculteurs transportent leur manioc vers des sécheries, où les racines sont d'abord déversées dans la trémie d'une déchiqueteuse à moteur diesel. Les cossettes sont ensuite étalées sur de vastes aires de ciment pour sécher au soleil, régulièrement retournées par un véhicule muni d'un grand râteau. Après deux ou trois jours de séchage, les cossettes sont entassées par une niveleuse et chargées en vrac sur des camions. Une partie subit une transformation supplémentaire en pellets, essentiellement pour l'exportation.

Malgré la complexité supplémentaire que représente la nécessité de déchiqueter et de sécher rapidement les racines tubéreuses, la collaboration entre les petits producteurs asiatiques et leurs partenaires commerciaux pour alimenter en cossettes de manioc l'industrie des aliments du bétail, tournée vers l'exportation, a démontré qu'à condition de disposer d'infrastructures adéquates, le produit des petites exploitations peut être séché localement et arriver sur les filières commerciales avec un taux de déperdition relativement faible¹⁰.

Les cossettes sont en général vendues telles quelles, ou moulues en poudre pour mélangeage avec d'autres ingrédients – tels que tourteau de soja, soja non dégraissé, farine de poisson ou autres sources de protéines – et fabrication d'un aliment du bétail nutritif, auquel seront en général ajoutés de la méthionine, des vitamines et des éléments minéraux. Avec un régime alimentaire équilibré en termes d'apports énergétiques et protéiques, les performances des porcs sont très semblables à celles obtenues avec une alimentation à base de maïs ou de brisures de riz. La farine de manioc est très digeste et naturellement contaminée par des lactobactéries et des levures, améliorant la flore microbienne du système digestif des animaux. À faible dose, le cyanure d'hydrogène présent dans le manioc augmente l'efficacité d'une enzyme, la lactoperoxydase, un antibiotique naturel qui détruit les mycotoxines dans le corps et le lait de l'animal. Les animaux élevés au manioc sont généralement en bonne santé, résistent bien aux maladies, et ont un faible taux de mortalité. Ils ont besoin de peu ou pas du tout d'antibiotiques dans leur alimentation¹¹.

La farine de feuille de manioc séchée (également appelée «foin de manioc») s'obtient en général par la coupe des parties aériennes à des intervalles de 2,5 mois à 3 mois au cours du cycle de croissance du manioc. Une farine de feuilles de bonne qualité se compose essentiellement de

feuilles et de très peu de jeunes tiges, récoltées sur des plantes ou des rejets de moins de trois mois. Après récolte, le feuillage est haché et étalé sur une aire en ciment pour séchage au soleil. La teneur en eau doit baisser de 70 pour cent environ à 12-14 pour cent pour permettre la mouture et l'entreposage du feuillage.

En raison de sa forte teneur en fibres, la farine de feuilles de manioc est surtout destinée aux ruminants. Des recherches ont montré qu'une supplémentation de 1 à 2 kg/j/animal de foin de manioc augmente la production des vaches laitières et fait monter la teneur du lait en thiocyanate, avec la possibilité d'effets positifs sur la qualité du lait et son aptitude à se conserver. Par ailleurs, la forte teneur en tanins de la farine de feuilles limite la prolifération de nématodes gastro-intestinaux, suggérant une activité anti-helminthique de ce produit¹². Pour les non-ruminants, il vaut mieux limiter l'apport en farine de feuilles de manioc à 6-8 pour cent de l'aliment total pour les porcs en croissance et à moins de 6 pour cent pour les poulets de chair. Pour les poulets, l'intérêt de la farine de feuilles de manioc réside dans son action comme pigment naturel – sa teneur élevée en pigments xanthophylliens (500-600 mg/kg) améliore la pigmentation de la peau des poulets de chair ainsi que celle des jaunes d'œuf¹³.

L'ensilage de feuilles est produit en mélangeant les feuilles hachées avec 0,5 pour cent de sel et 5 à 10 pour cent de farine de racine de manioc ou de son de riz, avant de placer le tout dans de grands sacs plastique ou des récipients étanches à l'air. Les sacs sont scellés après un tassement des feuilles pour en expulser tout l'air. Dans ce milieu anaérobique, les feuilles se mettent à fermenter, d'où une chute rapide du pH, ainsi que de la teneur en cyanure. Au bout d'environ 90 jours de fermentation, l'ensilage est prêt pour alimenter les animaux, en général des porcs et des bovins. L'ensilage peut se garder sans détérioration dans des sacs rigoureusement étanches pendant au moins cinq mois. L'ensilage de feuilles a une teneur d'environ 21 pour cent de protéines brutes et 12 pour cent de fibres brutes. Sa teneur en cyanure d'hydrogène n'est plus que de 200 ppm, contre plus de 700 ppm avant fermentation. Au cours d'expérimentations menées au Viet Nam, l'adjonction de 15 pour cent d'ensilage de feuilles de manioc à la ration de porcs a amélioré leur prise de poids quotidienne, tout en réduisant de 25 pour cent le coût de leur alimentation¹⁴.

A detailed illustration of a tree with a thick, textured trunk and several branches extending upwards and outwards. The leaves are green and have a lobed, palmate shape. Below the ground line, a large, complex root system is shown, with several thick, horizontal roots and many smaller, fibrous roots extending downwards. A small, separate plant with three leaves is visible on the right side of the ground line.

Chapitre 8

La marche à suivre

Les pouvoirs publics doivent encourager la participation des petits exploitants à un programme de développement durable du manioc et soutenir les approches de recherche et de vulgarisation qui «laissent les agriculteurs décider».

Le présent guide dresse un panorama de pratiques «Produire plus avec moins» reposant sur des bases scientifiques, qui contribueront à l'intensification durable de la production du manioc. Elles constituent la base de systèmes de production agricole compétitifs et rentables, qui stimulent la productivité par unité de facteurs de production, tout en protégeant et en alimentant l'agroécosystème.

Cependant, l'impact de ces recommandations sera quasiment nul si elles ne sont pas intégrées aux programmes de développement agricole à grande échelle et si elles ne sont pas adoptées par la plupart des agriculteurs. Pour que cela se produise, les politiques publiques devront encourager l'ensemble des parties prenantes, et en particulier les petits producteurs, à s'impliquer dans une dynamique de développement durable du manioc. Le succès de l'adoption de l'approche «Produire plus avec moins» dépendra également de la compréhension que pourront avoir les agriculteurs des fonctionnalités des agroécosystèmes, et de leur capacité à faire les bons choix technologiques. Pour cela, il sera nécessaire de renforcer de façon substantielle les services de vulgarisation, et d'introduire des approches innovantes en matière de transfert de connaissances et de technologies⁴.

Politiques d'intensification durable

Les petits agriculteurs pratiquent l'agriculture et l'élevage essentiellement pour nourrir leur famille et retirer de leurs ventes un revenu suffisant pour couvrir des dépenses comme l'éducation ou les soins médicaux. Leur horizon prévisionnel est souvent restreint, limité à la satisfaction de besoins immédiats, plutôt qu'à assurer la durabilité à long terme de l'entreprise qu'est leur exploitation. Il est nécessaire que les agriculteurs prennent conscience des dommages infligés à la base de ressources naturelles de l'agriculture par certaines de leurs pratiques actuelles, compromettant de ce fait leur productivité, leur revenu, leurs moyens d'existence, et leur sécurité alimentaire des années à venir.

À l'échelon local, les impacts négatifs d'une production agricole non durable incluent l'érosion, la compaction et l'appauvrissement en nutriments des sols, la disparition des habitats naturels et des ennemis naturels des parasites et pathogènes, et les risques sanitaires encourus par les agriculteurs du fait d'une utilisation excessive des pesticides. Les impacts d'autres pratiques agricoles se font sentir à l'extérieur de l'exploitation et, s'ils ne touchent pas directement les agriculteurs, n'en restent pas moins sérieusement préoccupants pour l'ensemble du corps social. Ce qu'on appelle des «externalités négatives» vont de la pollution des cours d'eau par les nitrates et des inondations des zones aval, à une nourriture assaisonnée aux résidus de pesticides et aux émissions de gaz à effet de serre responsables du changement climatique.

Comme la plupart des gens, les agriculteurs sont naturellement réticents à consacrer du temps et de l'argent à résoudre des problèmes qui ne les touchent pas directement. Le défi auquel sont donc confrontés les pays producteurs de manioc est la mise en place de politiques et d'un environnement institutionnel propres à faciliter une intensification durable de la production du manioc, tout en développant les opportunités commerciales ouvertes aux petits producteurs de manioc.

La première tâche des décideurs est une analyse de la situation actuelle du sous-secteur du manioc. Dans la plupart des pays, la production de manioc reste une activité à forte intensité de main-d'œuvre, essentiellement tournée vers la subsistance, avec une faible intensité technologique, des déperditions importantes à la production et en post-récolte, et largement isolée des marchés.

Transformer ce sous-secteur de façon à assurer la sécurité alimentaire, la génération de revenu et la diversification économique suppose l'identification des filières les plus rentables et des préférences du marché, l'adoption de stratégies de réduction des fluctuations de prix côté demande, et l'existence, côté offre, d'options susceptibles d'améliorer la qualité, le volume et la fiabilité de la production. Améliorer l'accès aux marchés et la compétitivité supposera une coordination tant verticale qu'horizontale, une recherche stratégique orientée par le marché, et des mécanismes de stimulation de l'innovation et de diffusion des connaissances, y compris du savoir-faire pratique des agriculteurs. Avec l'accent mis par les décideurs sur des niveaux de plus en plus élevés de valeur ajoutée, il sera nécessaire de consentir un effort important à l'intégration des petits producteurs à la filière commerciale du manioc.

S'il ne saurait y avoir un jeu de recommandations en «prêt-à-porter», il est possible d'énoncer les attributs essentiels que doivent avoir les politiques et les institutions visant à une intensification durable de l'activité des petits producteurs de manioc.

Promotion des approches et pratiques culturelles «Produire plus avec moins». Les planteurs de manioc doivent être incités à abandonner progressivement la pratique de l'écobuage ou débroussaillage par le feu, et à cultiver des superficies plus réduites de terres planes et fertiles à proximité de leurs habitations, des transports et des marchés. Produire en continu sur une même superficie va contribuer à réduire le défrichement des forêts, la combustion annuelle de matières végétales (à l'origine d'importantes émissions de dioxyde de carbone dans l'atmosphère), et la pénibilité du transport de lourdes charges de racines tubéreuses de manioc sur de longues distances. Les terrains en pente pourront être rendus à la forêt, ou consacrés à des cultures pérennes, arbres fruitiers, hévéa ou caféier.

Cependant, pour être durables, les systèmes intensifs de production de manioc ont besoin d'utiliser du matériel végétal de bonne qualité et de recourir à des approches écosystémiques de la gestion de la fertilité du

sol et de la lutte contre les insectes ravageurs, les maladies et les plantes adventices. Dans de nombreux pays, des pratiques essentielles de «Produire plus avec moins» comme le labour réduit ou zéro, les cultures de couverture et le paillage, et les cultures mixtes, ont déjà été intégrées à des systèmes de production de manioc à faible intensité d'intrants. Le rôle joué par les services de vulgarisation et de conseil – tant émanant du secteur public et du secteur privé que d'ONG – dans l'amélioration de ces pratiques, en assurant un accès aux connaissances extérieures pertinentes et en les connectant aux trésors de connaissances détenus par les petits agriculteurs eux-mêmes, sera essentiel. Des approches participatives de la vulgarisation seront nécessaires pour aider les agriculteurs à tester et à adapter les nouvelles technologies. Les nouveaux moyens de communication comme la radio, la téléphonie mobile ou l'internet pourront contribuer à réduire les coûts d'interface de la vulgarisation.

Les producteurs de manioc pourront également avoir besoin d'incitations – par exemple, être payés pour les services environnementaux rendus – pour passer à de nouvelles pratiques culturales et à la gestion de services écosystémiques allant au-delà de la production alimentaire, tels que la conservation des sols et la protection de la biodiversité. L'adoption de la lutte intégrée peut être facilitée par l'abandon des «subventions perverses» sur les pesticides synthétiques, la réglementation de leur vente, et la mise en place d'incitations à la production locale de biopesticides et d'insectariums pour l'élevage des prédateurs naturels des ravageurs.

Faciliter les progrès de la filière d'approvisionnement en intrants. Le revenu disponible de nombreux ménages de petits agriculteurs est trop faible pour leur permettre la transition d'un système à faible niveau d'intrants et de production à un système de production de manioc intensif. Il est donc nécessaire de prendre des mesures pour mettre le matériel végétal amélioré, les engrais minéraux et autres intrants à la portée des petits agriculteurs. Les gouvernements doivent encourager l'investissement privé dans la production d'intrants, et mettre en place des lignes de crédit permettant aux fournisseurs privés d'organiser des systèmes d'achat groupé assurant que les intrants seront disponibles à temps pour la plantation du manioc. Si nécessaire, la qualité des intrants doit être régulièrement contrôlée pour prévenir la vente de contrefaçons. Afin d'éviter une utilisation inappropriée, un gaspillage ou un impact environnemental négatif des engrais minéraux, leur distribution doit être accompagnée par une action de formation et des services de vulgarisation.

Les institutions qui promeuvent la participation – groupements agriculteurs, organisations communautaires et ONG de développement – peuvent aussi contribuer à réduire les coûts de transaction liés à l'accès aux intrants du commerce, tandis que des systèmes de bons («subventions ciblées») pourraient être introduits pour permettre aux petits paysans de se procurer de l'engrais et du matériel végétal à un prix inférieur à celui du marché. Si les petits agriculteurs sont favorables aux subventions,

celles-ci peuvent créer une dépendance; dans le long terme, une source de financement plus durable devra être recherchée du côté des crédits rotatifs collectifs. Une fois que les producteurs de manioc auront constaté par eux-mêmes l'amélioration de leur rendement et de leur revenu grâce à l'utilisation d'engrais et de variétés améliorées, ils seront désireux d'en acheter davantage – et disposeront des moyens financiers nécessaires. Il en résultera une stimulation de la concurrence, qui pèse à la baisse sur les prix des intrants et les rend meilleur marché.

S'attaquer aux problèmes de ravageurs et de maladies avec des variétés résistantes et de strictes règles de quarantaine. Au fur et à mesure qu'elle s'intensifie, la production en continu risque d'entraîner une recrudescence des ravageurs et des maladies, qui constituent déjà une des contraintes les plus sérieuses à l'accroissement de la productivité. Plutôt que de se reposer sur les pesticides chimiques, les programmes d'intensification de la production du manioc doivent promouvoir la lutte intégrée, qui fait appel aux cultivars résistants, aux agents de lutte biologique, aux biopesticides et à la gestion des habitats pour défendre les cultures, préserver la biodiversité, et protéger l'environnement et la santé des populations. Le germplasma et les variétés mis en place doivent toujours être résistants aux populations de pathogènes prédominantes dans chaque pays, agro-écozone et système de production agricole spécifique. Faute d'un système semencier organisé, du matériel végétal de qualité doit être mis à disposition des producteurs au moyen de systèmes communautaires de multiplication et de distribution.

Avec l'intensification des mouvements et échanges transfrontières de germplasma de manioc, il sera nécessaire de mettre en œuvre des mesures phytosanitaires améliorées pour veiller à ce que le matériel végétal soit exempt de ravageurs et de maladies. Des méthodes sensibles et fiables de détection et de diagnostic, visant à bloquer la circulation des organismes pathogènes, sont essentielles pour améliorer la sécurité fournie par la quarantaine et pour mettre les réglementations phytosanitaires de chaque pays au niveau des conventions et protocoles gouvernant le commerce international. Les transferts de germplasma de manioc doivent être soigneusement préparés, en consultation avec les autorités administrant la quarantaine, et se faire en quantités telles qu'elles permettent les tests nécessaires. Les seules formes sous lesquelles le germplasma de manioc peut être autorisé à voyager sont les graines, le matériel végétal produit *in vitro* et testé sans pathogènes, et les boutures obtenues en milieu fermé à partir de matériel végétal régénéré *in vitro* testé sans pathogènes².

Soutenir la recherche et le développement technologique portant sur le manioc. La recherche agronomique appliquée peut faciliter l'évolution des systèmes de production du manioc en contribuant à mettre au point des variétés résistantes aux maladies et aux ravageurs et présentant des caractères souhaitables d'un point de vue commercial, des technologies d'irrigation économes en eau, et un machinisme agricole adapté, surtout

pour la préparation du sol, la plantation et la récolte. Les politiques mises en œuvre doivent promouvoir les partenariats public-privé pour le développement technologique, et les connecter aux filières commerciales de façon à faciliter l'application en vraie grandeur des innovations réussies. C'est ainsi qu'en Thaïlande, l'Institut de développement du tapioca, qui a été créé sur financement public mais fonctionne comme un organisme indépendant à but non lucratif, travaille avec le CIAT et l'Université de Kasetsart à la sélection de variétés de manioc à amidon «cireux» convenant aux conditions de culture du pays. Le Consortium latino-américain et caraïbe de soutien à la recherche et au développement sur le manioc (*Consortio Latino Americano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y Desarrollo de la Yuca*, CLAYUCA) est un réseau régional, regroupant des entités publiques et privées, qui planifie et coordonne la recherche dans le sous-secteur du manioc. Le CLAYUCA agit en facilitateur d'alliances public/privé, pour susciter l'intensification durable de la production de manioc et améliorer l'accès au matériel génétique de qualité élite. Parmi ses résultats récents, on citera une technologie à petite échelle et faible coût, facile à utiliser et à gérer par des petits agriculteurs, pour la production locale d'éthanol à partir du manioc.

Améliorer les infrastructures rurales. De bonnes infrastructures rurales sont essentielles pour un fonctionnement sans heurts de la filière manioc, surtout si on prend en compte la nécessité de traiter les racines tubéreuses dans les 48 heures suivant la récolte. Dans de nombreux pays, le mauvais état du réseau routier rural non seulement limite l'accès des agriculteurs aux intrants du commerce et aux services financiers – il restreint aussi sévèrement leur accès au marché. Le manque d'infrastructures d'entreposage et de transformation entraîne de lourdes déperditions post-récolte, compromet le développement de la commercialisation et décourage l'ensemble des parties prenantes de la filière de produire et de vendre des produits différenciés en qualité, avec des caractéristiques répondant aux attentes du marché.

L'investissement dans le réseau routier rural et dans des installations d'entreposage et de transformation au niveau des zones de production aidera les petits producteurs et transformateurs de manioc à s'intégrer aux marchés porteurs pour des produits intermédiaires à base de manioc, avec une durée de vie plus longue. Cet investissement contribuera également à stabiliser les prix, à réduire les déperditions post-récolte et à faire baisser les coûts de transaction. Des installations de traitement à l'échelon communautaire, disposant d'équipement et de technologies appropriés, pourraient produire de la farine de manioc de haute qualité, du gruau et des cossettes pour les activités industrielles installées en milieu urbain et rural, permettant aux producteurs de manioc de conserver une part plus importante de la valeur ajoutée. Il est nécessaire d'élaborer des modèles pour des activités de collecte et de tri qualité à l'échelon communautaire, permettant d'assurer un approvisionnement fiable de marchés urbains

potentiellement importants. Le séchage mécanique utilisant des carburants fossiles s'étant fréquemment révélé non rentable dans les zones rurales isolées, il convient d'envisager une alimentation en énergie associant énergie solaire, carburants fossiles et biomasse.

Développer les filières et les marchés dans une optique de croissance de la demande et d'amélioration des revenus des producteurs. Au départ, ces marchés seront les marchés locaux de vente de racines tubéreuses et feuilles fraîches, ou la petite production de farine fermentée ou d'amidon de faible qualité. Au fur et à mesure que les marchés se développent et que la demande s'accroît, les agriculteurs sont incités à produire davantage et donc à intensifier le mode de production. Une offre plus abondante de matière première donne aux transformateurs une bonne raison pour augmenter leur capacité et se moderniser, d'où une stimulation accrue de la production, dans un cercle vertueux de développement rural. Des exemples de développement réussi des marchés sont la croissance rapide, en Thaïlande, de la production de cossettes de manioc séchées, et, plus récemment, d'alcool carburant pour la consommation nationale et l'exportation.

Les gouvernements doivent encourager l'investissement privé dans les usines de transformation de manioc, et susciter des associations rassemblant producteurs agricoles et transformateurs, telles que L'Association thaï pour l'amidon de tapioca et la Corporation nigérienne de développement du commerce et des marchés du manioc. Les parties prenantes de l'industrie du manioc pourront avoir besoin d'assistance pour la création d'associations transversales ou spécifiques d'une activité, susceptibles d'aider des entreprises de taille différente à travailler ensemble. Une association professionnelle active est à même de susciter la coopération entre les participants de la filière, de promouvoir des critères de qualité normalisés, de diffuser des informations de marché, et de pratiquer le plaidoyer auprès des gouvernements en faveur du développement du sous-secteur du manioc. Des regroupements industriels – associant des groupes ou entreprises privés du sous-secteur manioc qui raisonnent en termes de marché – peuvent se constituer autour d'association de ce type pour déterminer les mesures et activités nécessaires à l'amélioration de la productivité et de l'efficacité d'ensemble de la filière.

Les planificateurs doivent faire un lien entre le soutien au sous-secteur manioc et la politique de développement ciblant les activités industrielles connexes. Par exemple, le développement du manioc comme source d'aliment du bétail doit exploiter les complémentarités avec les entreprises d'élevage bovin et avicole; l'accroissement de la production de farine de manioc de haute qualité n'ira pas sans un renforcement des liens avec le secteur de la boulangerie.

Réduire l'exposition des agriculteurs à la volatilité des prix. Pour ceux qui dépendent principalement, pour leurs moyens d'existence, de

l'agriculture, la volatilité des prix de leur produit se traduit par un revenu erratique et des risques accrus. La garantie d'un prix raisonnable pour leur produit incitera les agriculteurs à investir dans la production. Une première approche est celle des subventions, comme le système national d'«engagement» du Gouvernement thaïlandais, qui a budgété quelque 1,43 milliards de dollars EU en 2012 pour l'achat de racines aux producteurs de manioc³. Parmi les approches plus durables figure la culture sous contrat, qui permet de réduire les coûts de transaction de l'approvisionnement en intrants et de la commercialisation du produit grâce à l'agrégation de petites superficies agricoles. Les grands transformateurs non seulement paient aux agriculteurs un prix convenu à l'avance, mais encore leur fournissent des services techniques, en échange de l'engagement des producteurs de leur livrer la totalité ou une grande partie de leur récolte. C'est ainsi qu'aux Philippines, un des principaux industriels de l'agro-alimentaire propose des contrats d'approvisionnement aux coopératives agricoles capables de regrouper un minimum de 20 ha pour les consacrer à la production de manioc. Il leur fournit une assistance technique au démarrage, un prix planché garanti, et un accord de commercialisation portant sur la qualité, les volumes et un calendrier de livraison⁴.

Les gouvernements de pays en voie de développement doivent promouvoir un meilleur accès à l'assurance récolte, qui, si elle n'élimine pas le risque, modère néanmoins les pertes provoquées par les intempéries et autres causes similaires, améliorant la capacité des agriculteurs de supporter les risques et les encourageant à investir dans la production. Bien que très répandue dans les économies développées, l'assurance récolte est très peu pratiquée dans les pays en voie de développement et cela vaut encore plus pour les cultures de petits agriculteurs, telles que le manioc.

Laisser les agriculteurs décider

Il sera nécessaire de convaincre les agriculteurs que les pratiques de «Produire plus avec moins» sont un progrès par rapport à celles qu'ils observent aujourd'hui, et – ce qui est très important – qu'elles présentent des avantages économiques à court terme. Les pratiques préconisées ne sont pas toutes équivalentes en termes d'utilité, ou universellement applicables. L'intérêt d'un agriculteur ne va qu'aux pratiques qui s'intègrent bien à son système de production agricole et à sa façon de cultiver. Ce n'est pas parce qu'une pratique aura bien réussi lors d'essais en station d'expérimentation qu'elle aura des résultats même approchants dans le contexte agricole local.

La plupart des pratiques présentent des avantages et des inconvénients, et il est donc nécessaire d'arbitrer entre elles. Cet arbitrage sera effectué au mieux par les agriculteurs eux-mêmes, plutôt que par des chercheurs ou des vulgarisateurs. C'est pourquoi il importe que les producteurs de manioc soient associés à tous les stades de la recherche agronomique et de la mise

au point de technologies, et habilités à tester et valider dans leurs propres champs les pratiques supposées améliorer la durabilité de la production du manioc. Le simple fait de passer d'un paradigme d'«enseignement» à un paradigme d'«apprentissage» a produit deux techniques, la recherche participative avec les agriculteurs (*farmer participatory research*, FPR) et les champs-écoles d'agriculteurs (*farmer field schools*, FFS) qui se sont révélées extrêmement efficaces pour intégrer la gestion durable des ressources naturelles dans les systèmes de production des petits agriculteurs.

La recherche participative avec les agriculteurs remonte aux années 90, où elle a constitué une réponse à l'incapacité de la recherche agronomique menée d'en haut d'apporter des améliorations significatives à la situation des agriculteurs à faible revenu dans des environnements à risque. La différence entre la FPR et l'approche plus classique du «transfert de technologie» est que les agents de vulgarisation ne soutiennent ni ne préconisent une pratique ou une technologie spécifique. Au lieu de cela, ils fournissent un menu d'options différentes que les agriculteurs peuvent tester dans leurs propres champs, par des essais simples, avec l'aide des chercheurs ou des agents de vulgarisation⁵.

Le CIAT a beaucoup recouru à la recherche participative avec fermiers en Asie pour la mise au point et le transfert de technologies de production de manioc. Son programme de FPR a impliqué des agriculteurs de 99 villages en Chine, en Thaïlande et au Viet Nam, leur faisant effectuer plus de 1 150 essais, portant en général sur la fumure, la lutte anti-érosion, l'espacement des plants, l'engrais vert et l'utilisation des racines tubéreuses et des feuilles de manioc comme fourrage.

Avec la FPR, les membres d'un groupement de producteurs, ou les agriculteurs d'un village ou d'un district donnés, commencent par poser un diagnostic des principaux problèmes qu'ils rencontrent dans la production du manioc, puis, avec l'assistance de chercheurs et d'agents vulgarisateurs, ils envisagent des solutions possibles. Sur la base de ce diagnostic, ils décident des questions spécifiques à explorer dans leurs essais. Chaque fois que c'est possible, les agriculteurs rendent visite à des stations expérimentales ou à d'autres villages pour observer des essais similaires, ou se concertent avec des agriculteurs qui ont déjà adopté les pratiques soumises à l'essai.

Ils choisissent alors 3 à 5 traitements différents, en même temps qu'une pratique traditionnelle, qui vont être testés dans leurs propres champs au moyen d'essais FPR simples, sans répétition. Si tous les agriculteurs de la zone considérée utilisent le même jeu de traitements dans un type donné d'essai, chacun de ces essais peut être considéré comme une répétition, et une moyenne des résultats de ces répétitions peut être calculée. Les résultats obtenus sont alors plus fiables.

L'étape suivante consiste pour les agriculteurs à définir et à mener les essais, avec l'assistance de chercheurs ou d'agents vulgarisateurs. Les essais sont mis en œuvre directement par les agriculteurs, même si le personnel

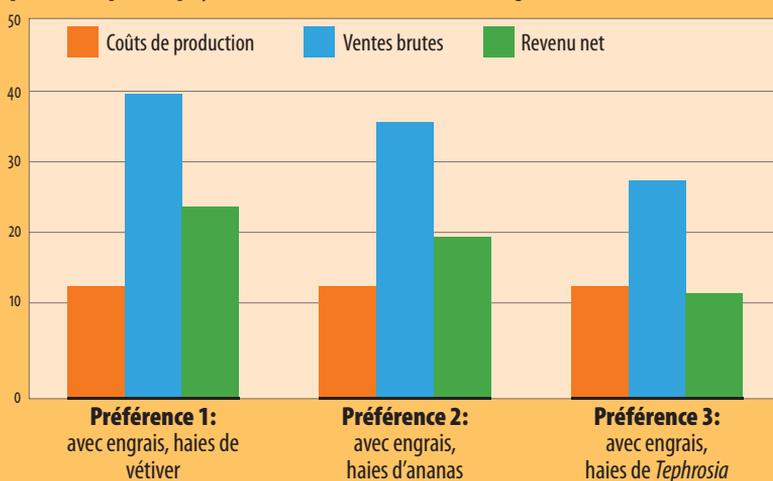
technique peut de temps à autre les visiter pour en discuter l'avancement et aider à résoudre les problèmes. Pour finir, au moment de la récolte, tous les paysans de la zone, et si possible des zones avoisinantes, sont invités à une journée au champ pour observer les essais et débattre de leurs résultats. Au cours de cette journée, le personnel technique présente les résultats moyens de chaque type d'essais, ainsi que les coûts de production, le revenu brut et le revenu net pour chaque traitement. Sur la base de ces informations, les agriculteurs peuvent choisir les variétés ou les pratiques qu'ils considèrent comme les mieux adaptées à leur propre cas.

L'approche FPR a rencontré un grand succès. Une étude d'impact indépendante, en 2003, a montré qu'en Thaïlande, tous les agriculteurs qui avaient pris part directement aux essais avaient adopté des variétés améliorées, 98 pour cent avaient adopté la fumure minérale, et 80 pour cent avaient adopté des pratiques de conservation du sol pour lutter contre l'érosion. Les taux d'adoption au Viet Nam étaient respectivement de 82 pour cent, 80 pour cent et 71 pour cent⁶. Dans une province du Viet Nam, les technologies et pratiques agronomiques améliorées ont fait monter le rendement moyen à l'hectare de 8,5 tonnes en 1994, date de début des essais, à 36 tonnes en 2003. Les essais menés au Viet Nam, et en Asie en général, ont démontré une nette préférence des agriculteurs pour les traitements qui combinent un rendement durable et un revenu net maximal (figure 31).

Les champs-écoles d'agriculteurs encouragent un processus d'apprentissage axé sur le groupe, et ont été élaborées au départ par la FAO, à la fin des années 80, pour promouvoir la lutte intégrée dans les rizières asiatiques. Dans le cadre d'un champ-école, les agriculteurs sont en mesure d'approfondir leurs connaissances des systèmes agro-systémiques, et de tester puis de valider les pratiques qui permettent de lutter contre les ravageurs et les maladies tout en améliorant la durabilité des rendements.

L'application des FFS au manioc a commencé en Afrique à la fin des années 90. L'apparition de nouvelles souches des virus à l'origine de la mosaïque du manioc et, plus récemment, de la striure brune du manioc, a servi d'angle d'attaque pour promouvoir la lutte intégrée et la production respectueuse de l'environnement. Les champs-écoles d'agriculteurs

Figure 31 Options de gestion du manioc avec culture intercalaire arachide préférées par les paysans au Viet Nam (millions de dong)



Source: Tableau annexe 8.1

fonctionnent en liaison avec les programmes qui distribuent des variétés de manioc tolérantes aux maladies, et les testent dans des parcelles de multiplication. Cette approche d'apprentissage par la pratique donne aux agriculteurs la possibilité de mettre au point des stratégies pour affronter plus efficacement les problèmes de maladie, tout en améliorant leurs pratiques de culture du manioc.

En République démocratique du Congo, un projet FAO a formé des facilitateurs pour apporter leur assistance à 30 champs-écoles d'agriculteurs de la province de Kinshasa, où les rendements de manioc étaient en déclin sous les effets des attaques de ravageurs, des maladies et de la baisse de la teneur des sols en nutriments. Les champs-écoles d'agriculteurs, en prodiguant aux agriculteurs une formation à l'utilisation de matériel végétal sain, au paillage et aux cultures intercalaires, les ont aidés à faire progresser leurs rendements dans des proportions allant jusqu'à 250 pour cent⁷.

Au Gabon, la pression des ravageurs et maladies, le manque de variétés améliorées, et l'utilisation de méthodes culturales inefficaces maintenaient les rendements à moins de 8 tonnes/ha. Les champs-écoles d'agriculteurs ont permis à 750 producteurs d'améliorer leur savoir-faire en matière de sélection de matériel végétal sain. Nombre d'entre eux ont adopté des variétés à plus haut rendement et résistantes à la mosaïque du manioc, ainsi que des pratiques améliorées, telles qu'éviter de cultiver sur sols humides et planter les boutures de manioc sur des terrains en pente en suivant les courbes de niveau, de façon à limiter les effets de la pourriture des racines. Ils y ont également appris l'importance d'un désherbage régulier, de l'élimination des plants malades, de la plantation en rangées et de l'optimisation des densités de plantation.

Une évaluation menée en 2012 a conclu que, grâce principalement au recours à des variétés à haut rendement, à la lutte intégrée et à des pratiques culturales axées sur la conservation des ressources naturelles, les agriculteurs avaient triplé leur rendement en manioc. Dans une des provinces, les rendements ont atteint 30 tonnes/ha⁸.