



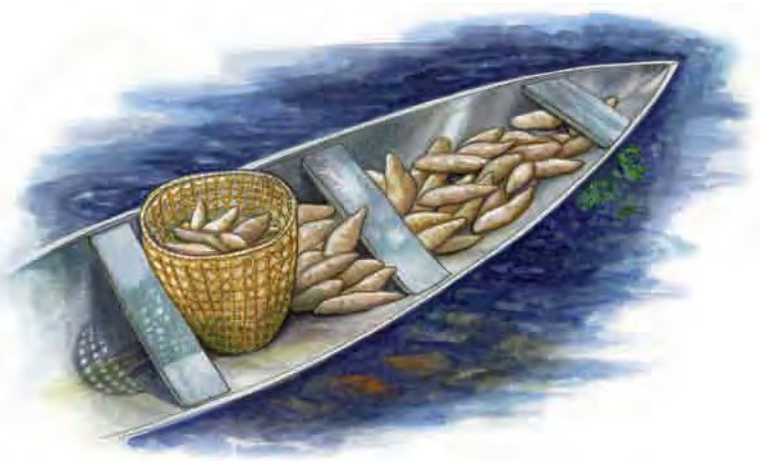
Chapitre 1

Le manioc, une culture du XXI^e siècle

*L'«aliment des pauvres» est devenu
une culture polyvalente qui répond
aux priorités des pays en développement,
aux tendances de l'économie mondiale
et au défi du changement climatique.*

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) est une des quelque 199 espèces d'arbres, d'arbustes et d'herbes constituant le genre *Manihot*, dont la distribution s'étend du nord de l'Argentine au sud des États-Unis d'Amérique. Si certaines études identifient plusieurs origines géographiques du manioc, d'autres suggèrent que l'espèce cultivée est originaire du versant sud du bassin brésilien de l'Amazonie¹⁻⁴. D'un point de vue botanique, le manioc est un arbuste ligneux pérenne, qui peut atteindre 1 à 5 m de hauteur. Sa mise en culture, essentiellement pour ses racines tubéreuses riches en amidon, est estimée remonter à 9 000 ans, ce qui en fait l'une des productions agricoles les plus anciennes. À l'époque précolombienne, il était cultivé en de nombreux endroits d'Amérique du Sud, d'Amérique Centrale et des îles des Caraïbes.

Suite aux conquêtes espagnole et portugaise, le manioc a été transplanté sur la côte occidentale de l'Afrique. Dès les années 1800 sa culture s'étendait au long de la côte orientale de l'Afrique et en Asie du Sud. L'expansion de la culture du manioc a été considérable au cours du XX^e siècle, qui l'a vu émerger comme une culture alimentaire de base de premier plan dans toute l'Afrique sub-saharienne ainsi qu'en Inde, en Indonésie et aux Philippines. Du fait qu'il est vulnérable au froid et que sa période de croissance dure presque un an, la culture du manioc se confine presque exclusivement dans les zones tropicales et sub-tropicales. Sa culture est pratiquée aujourd'hui par des millions de petits agriculteurs dans plus de 100 pays, depuis les American Samoa jusqu'à la Zambie, sous toutes sortes d'appellations locales: *mandioca* au Brésil, *yuca* au Honduras, *ketela pohon* en Indonésie, *mihogo* au Kenya, *akpu* au Nigéria et *sân* au Viet Nam.



***Manihot esculenta* présente des caractéristiques** qui en font une culture très attractive pour les petits producteurs des zones isolées à sols pauvres et précipitations faibles ou aléatoires. Comme il est propagé au moyen de boutures des tiges, le matériel végétal (boutures) est abondant et bon marché. La plante supporte très bien les sols acides, et participe à une association symbiotique avec des champignons du sol qui aident ses racines à absorber le phosphore et les oligoéléments. Elle décourage les herbivores au moyen de deux glycosides produits par ses feuilles et qui, à la digestion, forment du cyanure d'hydrogène, hautement toxique. Du fait que la plupart des nutriments du sol absorbés au cours de sa croissance restent dans la partie aérienne de la plante, le recyclage de cette partie aide à préserver la fertilité du sol. Lors d'un stress provoqué par la

D'après certaines études, la culture du manioc a commencé il y a bien 9 000 ans, sur la lisière sud de l'Amazonie brésilienne, où elle perdure à ce jour.

sécheresse, la production foliaire se réduit jusqu'à la pluie suivante. Grâce à l'utilisation efficace de l'eau et des nutriments du sol par le manioc, ainsi qu'à sa résistance aux attaques sporadiques de ravageurs, les producteurs, tout en utilisant peu ou pas d'intrants, peuvent compter sur une récolte raisonnable là où d'autres cultures échoueraient.

Une racine tubéreuse de manioc contient plus de 60 pour cent d'eau. Cependant, sa matière sèche est très riche en glucides, qui constituent environ 250 à 300 kg pour une tonne de racines fraîches. Quand la racine est utilisée comme aliment, le meilleur moment pour la récolte est environ 8 à 10 mois après plantation; plus la croissance est longue, plus le rendement en amidon est élevé. Cependant, pour certaines variétés, la récolte peut se faire «à la demande», n'importe quand entre six mois et deux ans. Ces qualités font du manioc une des cultures de base alimentaires les plus fiables.

En raison de la teneur élevée en amidon des racines tubéreuses, le manioc constitue une source importante d'énergie métabolisable. Son rendement énergétique à l'hectare est souvent très élevé, et il a le potentiel de dépasser largement celui des céréales⁵. Dans de nombreux pays d'Afrique sub-saharienne, c'est la source la moins chère de calories. De plus, les racines tubéreuses contiennent des quantités significatives de vitamine C, de thiamine, de riboflavine et de niacine⁶.

Ils peuvent également présenter, selon la variété, une teneur élevée en glycosides cyanogénétiques, particulièrement dans les téguments externes⁷. C'est pourquoi, après récolte, les racines tubéreuses de manioc sont épluchées, puis subissent une cuisson prolongée, ou épluchées, râpés et mis à tremper pour provoquer une fermentation qui va libérer le cyanure sous forme de gaz volatil. Le traitement de la pâte continue ensuite – par séchage, rôtissage ou ébullition – pour obtenir une farine grossière et divers autres produits alimentaires. Dans certains pays, le manioc est également cultivé pour ses feuilles, qui peuvent contenir jusqu'à 25 pour cent de protéines en poids sec^{5, 8}. Le séchage au soleil ou la cuisson ramènent la teneur en cyanure d'hydrogène à un niveau non toxique. Tant les feuilles que les racines tubéreuses peuvent servir à nourrir les animaux de la ferme, tandis que les tiges peuvent servir de bois de feu et de substrat pour la culture de champignons.

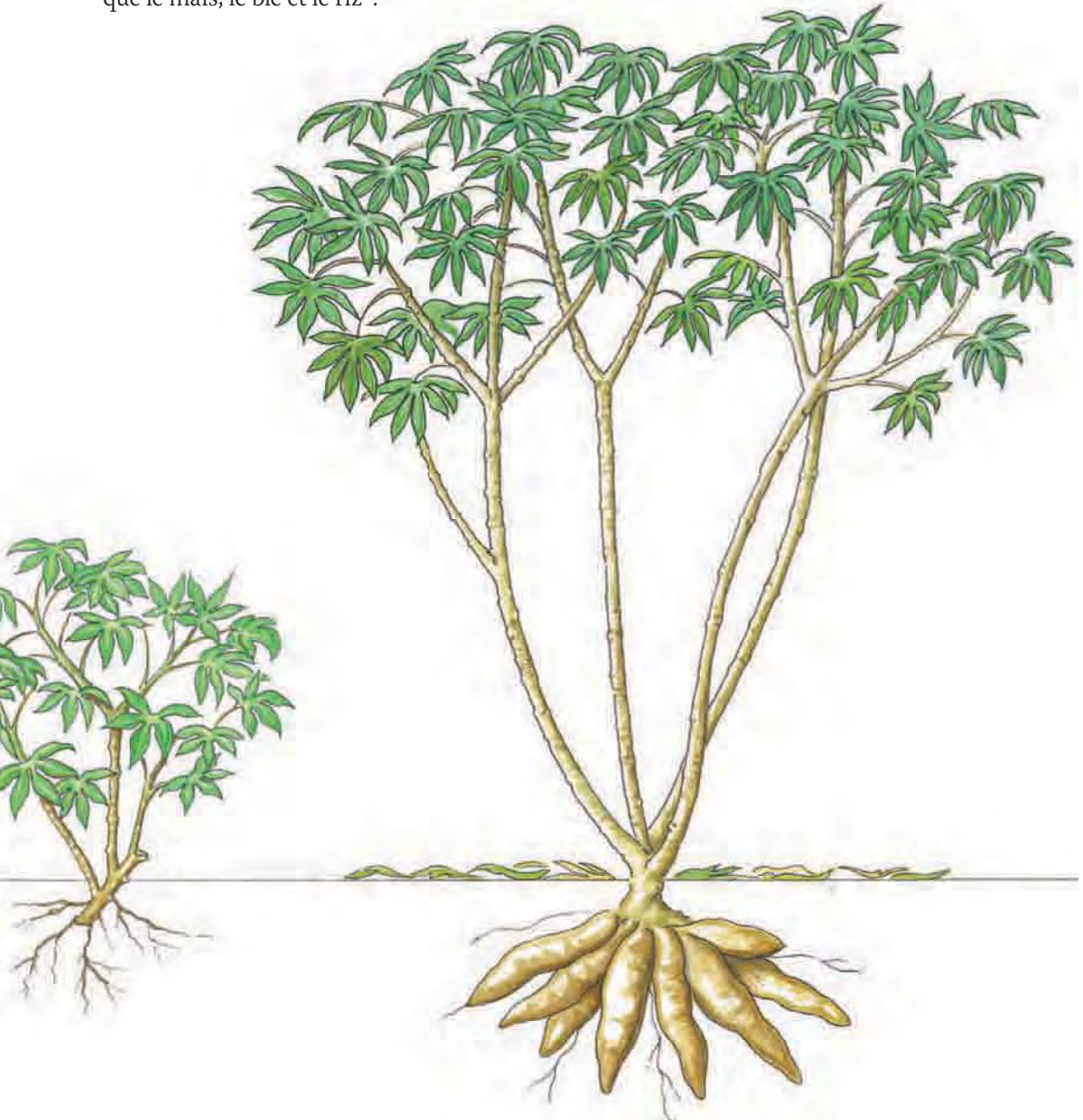
La versatilité du manioc ne s'arrête pas là. L'amidon des racines tubéreuses peut également être utilisé dans un large assortiment d'activités industrielles, dont l'industrie alimentaire, le textile, le contreplaqué, la papeterie et les colles, ainsi que comme matière première pour la production d'éthanol biocarburant.



Parmi la famille des cultures alimentaires de base, le manioc a longtemps été considéré comme celle se prêtant le moins bien à l'intensification. Les morceaux de tige de manioc sont volumineux et sont fréquemment vecteurs de ravageurs et maladies sérieux, tandis que la lenteur considérable du processus de multiplication végétative fait obstacle à l'adoption de nouvelles variétés améliorées. Sortir de terre les racines tubéreuses de manioc demande beaucoup de main-d'œuvre, et les racines elles-mêmes sont difficiles à transporter tout en étant très périssables: ils doivent être transformés dans les jours suivant la récolte.

L'approche de l'intensification d'après le modèle Révolution Verte, basé sur le recours aux variétés naines et des apports considérables d'intrants chimiques et d'irrigation, a énormément amélioré le rendement du blé et du riz, mais s'est révélé inadaptée au manioc en zones pluviales. En partie à cause de sa localisation dans des pays en voie de développement, le manioc a bénéficié de beaucoup moins de recherche et de développement que le maïs, le blé et le riz⁹.

Le manioc pousse à partir de boutures coupées dans les tiges. À compter du 3^{ème} mois, quelques-unes de ses racines fibreuses commencent à tubériser grâce à l'amidon transféré à partir du feuillage. La plus grande partie de l'amidon des racines tubéreuses se forme après le sixième mois, quand le couvert formé par la plante atteint son extension maximale.

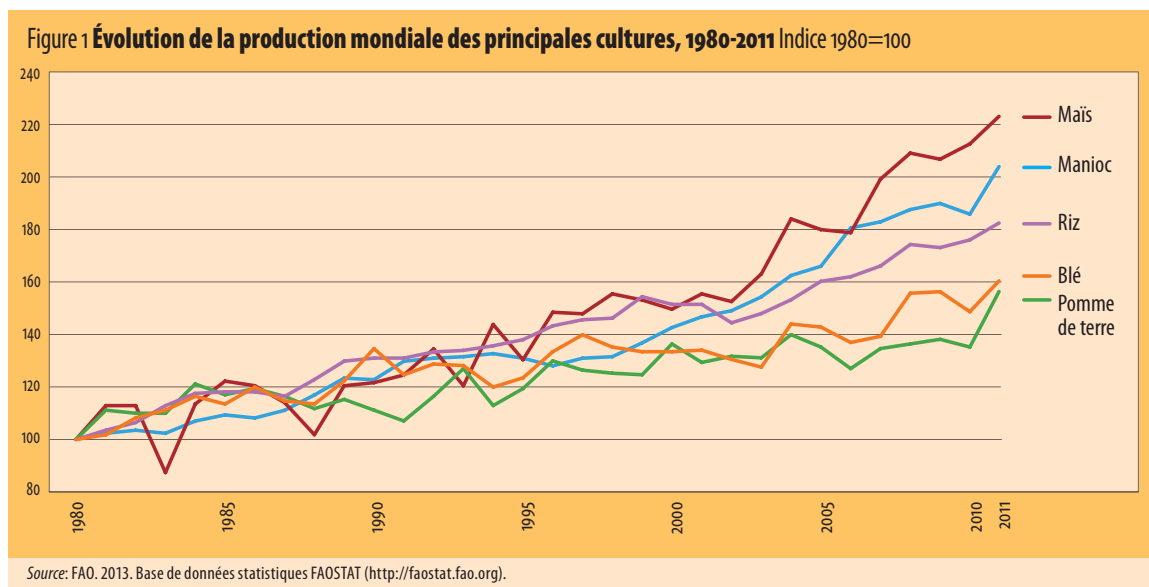


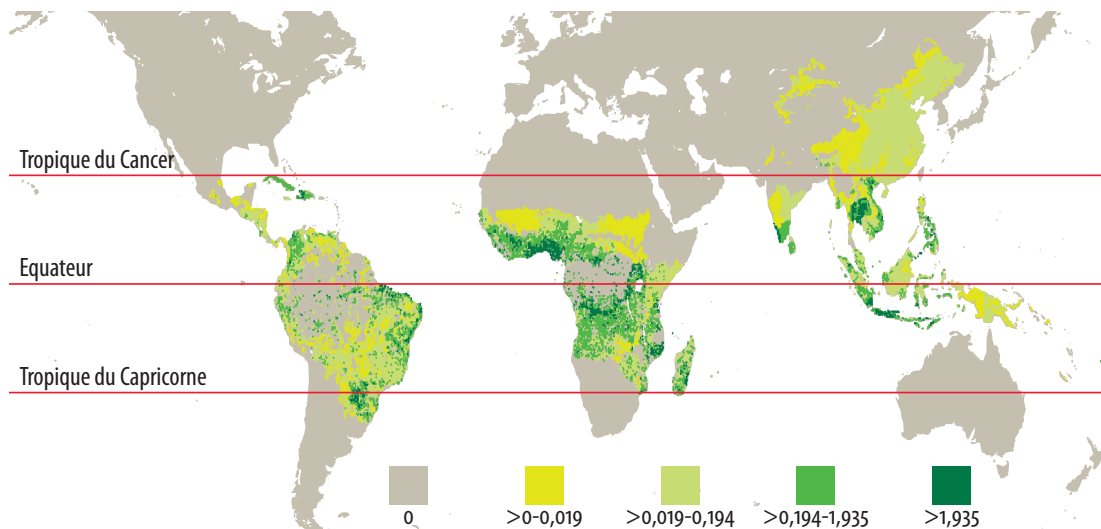
Mais le rang occupé par le manioc dans l'agriculture a changé du tout au tout. De 1980 à 2011, la superficie totale cultivée en manioc a augmenté de 44 pour cent, passant de 13,6 à 19,6 millions d'hectares, soit le taux d'accroissement le plus élevé des cinq grandes cultures alimentaires mondiales. Au cours de la même période, la production mondiale a plus que doublé, passant de 124 à 252 millions de tonnes¹⁰.

Au cours de la décennie écoulée, la croissance de la production de manioc s'est accélérée (figure 1). Les estimations de la FAO situent la récolte mondiale 2012 à plus de 280 millions de tonnes, ce qui représente une augmentation de 60 pour cent depuis 2000 et un taux de croissance annuelle double de celui constaté au cours des deux décennies précédentes¹¹. Depuis 2000, le taux de croissance de la production de manioc en Afrique est égal à celui du maïs, tandis qu'en Asie du Sud, du Sud-Est et de l'Est, il est presque le triple de celui du riz¹⁰.

Également significative, depuis le début du siècle, est la tendance à l'accroissement de la productivité des systèmes de production agricole basés sur le manioc. Entre 1980 et 2000, la montée de la production était essentiellement due à la mise en culture de superficies plus importantes, avec un gain de quelque 3,7 millions d'hectares, tandis que les rendements connaissaient une croissance annuelle de 0,6 pour cent seulement. Depuis lors, le rendement moyen à l'hectare a augmenté de presque 1,8 pour cent par an à l'échelle globale, passant de 10,4 tonnes en 2000 à 12,8 tonnes en 2012. Alors que durant la période 1980-2000 la croissance des rendements du manioc était largement à la traîne derrière celle des autres grandes cultures alimentaires, au cours de la décennie écoulée elle a dépassé celle des pommes de terre, du riz, du maïs et du blé¹⁰.

Les rendements moyens actuels sont encore très en dessous du potentiel du manioc. Une étude du Centre international d'agriculture



Surface cultivée en manioc (ha/km²)

tropicale (CIAT) datant des années 90 donnait une estimation prudente de ce potentiel, chiffré – sous réserve d’une amélioration de la conduite de la culture et des sols, et de l’introduction de variétés plus productives et résistant mieux à la sécheresse, aux ravageurs et aux maladies – à 23,2 tonnes/ha en moyenne. Sur la base de la superficie actuellement en culture, cela représenterait une production annuelle de 450 millions de tonnes.

L’examen de l’évolution des régions productrices de manioc dans le monde montre que la croissance de la production est le fruit de différents facteurs et que les producteurs réagissent à la montée de la demande en intensifiant la production.

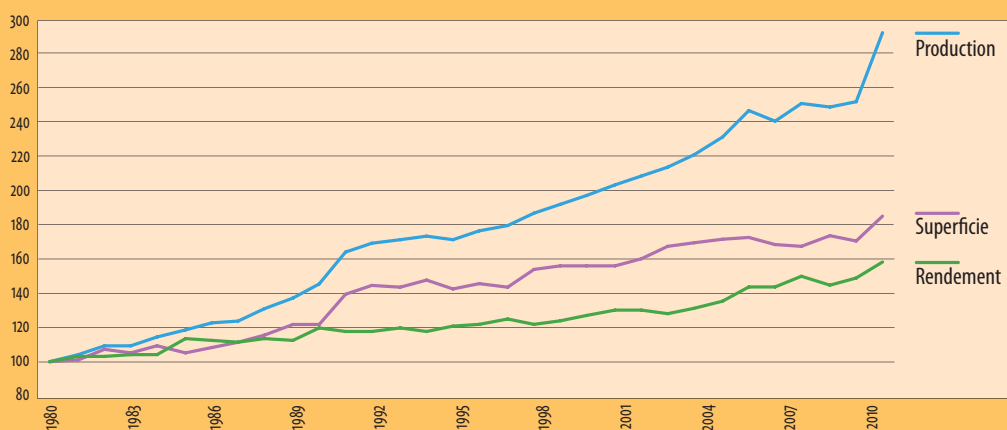
Afrique sub-saharienne

C’est en Afrique sub-saharienne que la croissance de la production de manioc a été la plus marquée, avec une récolte de 140,9 millions de tonnes – plus de la moitié de la production mondiale – en 2011. De 1980 à 2000, la production a presque doublé, passant de 48,3 à 95,3 millions de tonnes, grâce à une expansion de 56 pour cent de la superficie en culture et de 25 pour cent des rendements. Entre 2000 et 2011, l’expansion de la superficie en culture est retombée à 18 pour cent, mais l’amélioration des rendements, passant de 8,6 à 10,8 tonnes/ha, a entraîné une augmentation de près de 50 pour cent de la production (figure 2).

En Afrique sub-saharienne, la majeure partie du manioc est produite par de petits producteurs à faible revenu qui n’utilisent que peu ou pas d’intrants extérieurs. Sa culture va en général de pair avec d’autres, telles que maïs, riz, légumineuses, melons, bananes et palmier à huile. Il reste essentiellement une culture alimentaire – environ 90 pour cent des racines

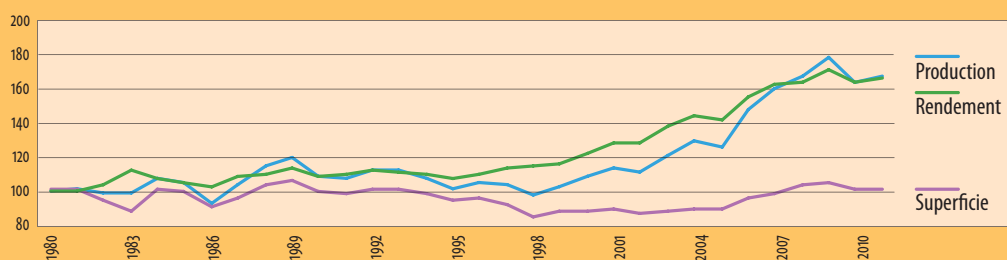
Source: Adapté de Monfreda, C., Ramankutty, N. et Foley, J.A. 2008. Farming the planet: 2. Geographic distribution of crop areas, yields, physiological types, and net primary production in the year 2000. Glob. Biogeochem. Cycles, 22: 1-19.

Figure 2 Évolution de la production, de la surface cultivée et du rendement du manioc en Afrique sub-saharienne Indice: 1980=100



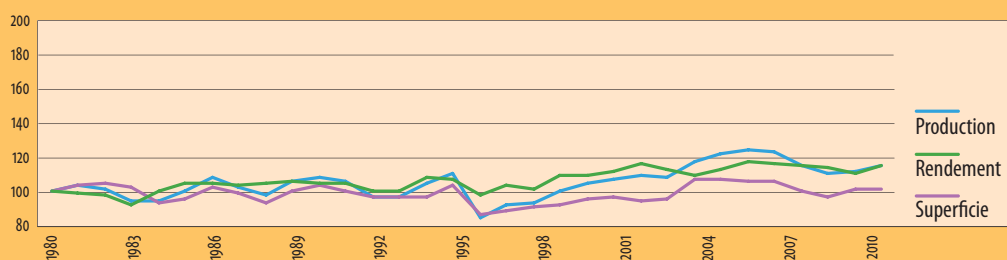
Source: Tableaux annexes 1.1, 1.2 et 1.3

Figure 3 Évolution de la production, de la surface cultivée et du rendement du manioc en Asie, 1980-2011 Indice: 1980=100



Source: Tableaux annexes 1.1, 1.2 et 1.3

Figure 4 Évolution de la production, de la surface cultivée et du rendement du manioc en Amérique latine et Caraïbes, 1980-2011 Indice: 1980=100



Source: Tableaux annexes 1.1, 1.2 et 1.3

tubéreuses récoltés vont à la consommation humaine, tandis qu'environ 10 pour cent subissent une transformation rudimentaire pour servir d'aliment du bétail utilisé sur place.

Depuis 2000, la production de manioc augmente plus vite que la population, la disponibilité de manioc par habitant montant jusqu'à presque 60 kg par an. La consommation de manioc par les Africains dépasse celle de toute autre culture de base alimentaire, le maïs y compris. La quasi-totalité est consommée soit sous forme de racines tubéreuses fraîches, soit après transformation en produits à base de farine fermentée¹³. Certaines estimations situent la consommation quotidienne des urbains nigériens à 0,2 kg¹⁴.

Les progrès les plus importants en termes de production depuis 2000 ont eu lieu en Afrique de l'Ouest, avec une production accrue de 60 pour cent, passant de 47 à 76 millions de tonnes. La productivité s'est améliorée tandis que les pays de la sous-région prenaient conscience du potentiel présenté par le manioc comme culture industrielle, à même de diversifier le revenu des producteurs, de faire rentrer des devises et de créer de l'emploi¹². La poussée de la production a été plus particulièrement marquée au Nigéria et au Ghana: en l'espace de 11 ans, ces deux pays ont connu une hausse de rendement de 25 pour cent, atteignant environ 15 tonnes/ha¹⁰.

Les rendements moyens dans le reste de la région restent faibles, à environ 10 tonnes. Néanmoins, dans certains pays, une production plus intensive – faisant davantage appel notamment à des variétés améliorées, à des engrais minéraux et à d'autres intrants – a entraîné une nette amélioration des rendements. C'est ainsi qu'au Malawi, un programme du gouvernement pour la multiplication rapide de matériel végétal à haut rendement et exempt de maladies a provoqué une expansion rapide de la culture du manioc à travers le pays¹⁵. De 1990 à 2011, les rendements moyens sont passés de 2,3 à 21,5 tonnes/ha, et la production de 144 000 tonnes à 4,2 millions de tonnes¹⁰.

Plus récemment, le Rwanda a démontré comment l'intensification peut produire des résultats spectaculaires en très peu de temps. Depuis 2007, son programme d'intensification des cultures de base alimentaires a apporté aux producteurs 140 millions de boutures de variétés améliorées, résistantes aux maladies, ainsi que des engrais importés et des services de vulgarisation.

Il en est résulté pour les rendements un passage de moins de 6,7 tonnes en 2007 à 12,3 tonnes en 2011, tandis que la production passait à plus du triple, de 780 000 tonnes à 2,5 millions de tonnes¹⁶.

L'Afrique sub-saharienne accuse un retard par rapport aux tendances globales affectant le développement de la filière manioc. Cependant, on voit émerger de nouvelles utilisations pour le manioc: dans le secteur de l'aliment du bétail, dans la boulangerie en substitution partielle à la farine de blé, et comme matière première industrielle. En 2012, le Nigéria est entré en fanfare sur le marché international du manioc en décrochant une commande de 1 million de tonnes de cossettes de manioc séchées pour

la Chine¹⁰; le gouvernement vient d'annoncer de nouvelles exportations en direction de la Chine, de 3,3 millions de tonnes en 2013¹⁷.

Asie

La contribution des producteurs asiatiques à la production mondiale de manioc est de 30 pour cent. Au cours des trois dernières décennies, leur production a augmenté de 66 pour cent, passant de 45,9 millions de tonnes en 1980 à 76,6 millions de tonnes en 2011. Cette croissance est due presque entièrement à une culture plus intensive – la superficie cultivée n'a pas changé entre 1980 et 2011, tandis que les rendements moyens passaient de 11,8 à 19,5 tonnes/ha sur la même période (figure 3).

Comme en Afrique, le manioc est essentiellement produit par des petits producteurs, qui traditionnellement y voyaient une réserve permettant d'affronter une mauvaise récolte de riz et une source d'aliment pour leurs animaux. Actuellement, la plus grande partie du manioc de la région est destinée à satisfaire la demande en cossettes de manioc séchées et en amidon de manioc, à destination du sous-secteur des aliments du bétail et de la transformation industrielle.

C'est la Thaïlande qui a introduit l'utilisation industrielle à grande échelle du manioc dans les années 80, en créant un prospère sous-secteur d'exportation de pellets séchés vers l'Europe pour l'alimentation du bétail. La croissance spectaculaire de la production de ce pays, passant de 3,7 millions de tonnes en 1970 à plus de 20 millions de tonnes en 1990, a été alimentée par l'expansion des surfaces cultivées; les rendements eux-mêmes ont en fait diminué, passant de 15,3 tonnes à moins de 14 tonnes/ha¹⁰.

Dans les années 90, la Thaïlande a lancé un important programme de dissémination auprès des agriculteurs de nouvelles variétés à haut rendement, ainsi que d'amélioration de leur accès aux engrais minéraux et à la vulgarisation. De 1990 à 2009, les rendements ont augmenté de presque deux tiers en Thaïlande, tandis que la superficie cultivée se réduisait de 10 pour cent et que la production atteignait un record de 30 millions de tonnes.

Depuis 2000, avec de plus en plus de pays désireux de pénétrer des marchés export lucratifs, la production asiatique de manioc a augmenté de 55 pour cent. Le pays le plus demandeur de la région est la Chine. Entre 2000 et 2009, les importations chinoises de manioc séché sont passées de 256 000 tonnes à plus de 6 millions de tonnes, tandis que les importations d'amidon de manioc faisaient plus que doubler, atteignant 1,2 million de tonnes¹⁰.

La Thaïlande domine le marché export avec des expéditions de 6 millions de tonnes de cossettes de manioc séchées et d'amidon, pour une valeur totale de 1,5 milliard de dollars EU en 2010. Elle se trouve néanmoins face à une concurrence croissante. Le Viet Nam a plus que quadruplé sa production de manioc depuis 2000, passant de 2 à

8,5 millions de tonnes¹¹, et exportant 1 million de tonnes de manioc séché en 2010. Les exportations indonésiennes ont également augmenté, passant de 150.000 tonnes en 2000 à 1,4 million de tonnes. Au Cambodge, l'exportation du manioc séché, une activité naissante totalisant 22.000 tonnes en 2011, vient de recevoir un coup de fouet avec des commandes chinoises portant sur 1 million de tonnes¹⁹.

Un nouveau domaine d'utilisation important se fait jour en Asie, l'alimentation de l'industrie des biocarburants – une tonne de cossettes séchées produit environ 300 litres d'éthanol pur à 96 pour cent¹³. Dans le cadre des efforts de différents pays pour réduire tant leur dépendance par rapport aux importations de pétrole que leurs émissions de gaz à effet de serre, des sociétés chinoises, japonaises et coréennes ont commencé à obtenir des concessions pour des plantations de manioc à grande échelle, notamment au Cambodge, en Indonésie, en RDP Lao et aux Philippines, pour produire des cossettes séchées destinées à la fabrication d'éthanol.

Dans quelques pays, le manioc reste d'abord et avant tout une culture alimentaire. L'Indonésie dispose de l'approvisionnement alimentaire en manioc per capita le plus important de la région, avec 44 kg/an, contre une moyenne régionale de 6,7 kg. Le manioc est également cultivé essentiellement à des fins alimentaires dans l'État indien du Kerala, où les producteurs ont atteint un rendement moyen en racines tubéreuses de 24 tonnes/ha, grâce à une production intensive, fréquemment sous irrigation²⁰.

Amérique latine et Caraïbes

L'Amérique latine et les Caraïbes, où *Manihot esculenta* a été cultivé à l'origine, ne contribuent que pour 14 pour cent à la production mondiale, avec quelque 34,3 millions de tonnes en 2011. Entre 1980 et 2011, la superficie cultivée a progressé de moins de 1 pour cent, passant à 2,6 millions d'hectares, tandis que la production augmentait de 15 pour cent, grâce à une augmentation modérée des rendements. Cependant, la croissance annuelle moyenne de la production depuis 2000 est le double de celle enregistrée au cours des deux décennies précédentes (figure 4).

Comme dans d'autres régions des tropiques, le manioc des Amériques est en général confiné dans des zones marginales à précipitations aléatoires, faible fertilité naturelle du sol, et terrain difficile. La nature inhérente de la culture du manioc, et particulièrement ses exigences en matière de main-d'œuvre, en font généralement une culture de petits producteurs, dans le cadre de systèmes de production agricole où elle cohabite avec d'autres cultures ou des activités d'élevage²¹. La production est dominée par le Brésil, qui a récolté 24,4 millions de tonnes en 2011 – soit quasiment les trois quarts de la production totale de la région – suivi par le Paraguay (2,4 millions de tonnes), la Colombie (2,2 millions de tonnes) et le Pérou (1,1 million de tonnes)¹⁰.

En dépit de la diminution de la consommation alimentaire de manioc au cours des 50 dernières années, en raison des déplacements massifs des populations rurales vers les zones urbaines, il demeure un aliment de base important, notamment en Colombie et dans le Nord-Est du Brésil. La FAO évalue à moitié-moitié la proportion de la production de manioc consommée par les humains et par le bétail dans la région. Le Brésil met en œuvre des politiques de promotion de la consommation de manioc par substitution de farine de manioc produite dans le pays aux céréales importées. Le gouvernement a décrété l'incorporation de 10 pour cent de farine de manioc dans la farine de blé pour panification, une initiative dont on estime qu'elle absorbe environ la moitié de la production nationale de manioc¹¹.

La plupart des producteurs de manioc d'Amérique latine et des Caraïbes utilisent peu d'intrants, et leurs rendements – avec une moyenne de 12,9 tonnes/ha – restent bien en deçà de leur niveau potentiel. Il existe cependant, depuis les années 90, une tendance significative à l'émergence d'exploitations à plus grande échelle et plus intensives, notamment au Brésil. Si la majeure partie du manioc brésilien continue de provenir du Nord-Est, sec et présentant des rendements d'environ 11 tonnes/ha²¹, les États du sud du pays, pratiquant une culture intensive – essentiellement pour produire de la farine de manioc et de l'amidon natif à destination des industries alimentaire, cartonnaire et textile – sont parvenus à des rendements allant jusqu'à 40 tonnes²².

La production brésilienne d'amidon de manioc, transformée essentiellement dans les usines de l'État du Paraná, est estimée à plus de 500 000 tonnes en 2011²³. Environ 70 pour cent de la matière première provient de petites exploitations. Pour arriver à un apport de matière première constant sur l'année, la production de manioc est mécanisée, les agriculteurs pratiquant fréquemment la monoculture du manioc avec un recours intensif aux intrants²⁴. D'autres pays de la région, notamment la Colombie, le Paraguay et le Venezuela, sont également en train d'augmenter leur capacité de production d'amidon de manioc. Par rapport à l'Asie, la proportion de la production régionale de manioc qui se retrouve sur le marché international est très réduite. En fait, le premier pays exportateur est le Costa Rica, qui a exporté environ 92.000 tonnes de manioc séché en 2010.

Si la production mondiale de manioc a atteint un niveau record en 2012, et ce pour la 14^{ème} année consécutive, il subsiste toujours un gisement considérable de croissance future. Le commerce mondial des produits du manioc a connu une expansion marquée en 2012, suite à l'avantage de prix du manioc par rapport au maïs comme source d'amidon. Les prix des cossettes et de l'amidon à l'international sont restés remarquablement stables, en dépit d'une demande très forte. La FAO s'attend à voir se poursuivre en 2013 la montée en production de l'Afrique sub-saharienne¹¹.

La place qu'occupe désormais le manioc dans l'agriculture mondiale constitue une avancée majeure vers la réalisation de la Stratégie globale pour le développement du manioc qu'ont adoptée en 2001, après quatre ans de consultations, la FAO, le Fonds international pour le développement agricole (FIDA), différents partenaires issus des secteurs public et privé, et 22 pays producteurs de manioc. La stratégie reconnaît le potentiel présenté par le manioc non seulement en termes de sécurité alimentaire, mais également comme élément moteur du développement industriel rural et source de revenus améliorés pour les producteurs, les transformateurs et les négociants²⁵.

Il est très probable que la croissance de la production de manioc va encore s'accélérer au cours de la décennie actuelle. «L'aliment des pauvres» est devenu une culture polyvalente du XXI^e siècle – une culture qui répond aux priorités des pays en développement, aux tendances de l'économie mondiale et au défi du changement climatique. En résumé:

Développement rural. Dans les pays tropicaux, les décideurs reconnaissent désormais le potentiel énorme que représente le manioc pour accélérer le développement rural industriel et améliorer les revenus des ruraux. Leurs regards se tournent vers la Thaïlande, où les gains de productivité des deux décennies écoulées ont abondé les revenus des petits producteurs d'un montant estimé à 650 millions de dollars EU et fait sortir de la pauvreté de nombreux producteurs de manioc. Dans le sud du Brésil, le manioc est une culture industrielle mettant en jeu des millions de dollars, et alimentant des usines qui emploient des milliers de ruraux²⁴. Il a été suggéré que l'investissement dans la recherche et le développement sur le manioc en Afrique serait de nature à générer les gains les plus élevés en termes de PIB agricole²⁶.

Sécurité alimentaire des zones urbaines. Un facteur primordial d'accroissement de la production sera le prix élevé des céréales sur les marchés mondiaux, qui a déclenché en 2008 l'inflation globale des prix alimentaires. En Afrique, la persistance de la pauvreté urbaine favorise la consommation de produits alimentaires à base de manioc, du fait que les consommateurs recherchent les sources de calories les moins chères¹². Parmi les recommandations de la FAO aux gouvernements pour maîtriser la hausse des prix alimentaires figure la fabrication de produits à base de manioc susceptibles d'être mis sur le marché comme aliments faciles à préparer et se conservant longtemps²⁷. Le manioc pourrait également contribuer à améliorer l'état nutritionnel des populations à bas revenu – certaines nouvelles variétés biofortifiées produisent des racines tubéreuses riches en vitamine A, en fer et en zinc.

Substituts d'importation. De nombreux gouvernements ont institué, ou envisagent de le faire, l'obligation d'incorporer de la farine de manioc d'origine locale à la farine de blé utilisée en boulangerie, qui est le plus

souvent importée. Le Nigéria a récemment porté à 100 pour cent son taux de douane sur la farine de blé, consacrant le produit de cette hausse à un fond de développement du pain à base de manioc¹¹. Il a également indiqué qu'il prévoyait de substituer du gruau de manioc à 10% du maïs utilisé en alimentation des volailles, ce qui augmenterait de 480.000 tonnes la demande en racines tubéreuses de manioc²⁸. En Afrique de l'Est, le secteur des aliments du bétail se tourne vers le manioc, maïs et blé devenant de plus en plus hors de prix²⁹.

Énergie renouvelable. La production mondiale de bioéthanol pourrait atteindre les 155 milliards de litres en 2020, contre 100 milliards de litres en 2010. La part qu'y occupe actuellement le manioc est réduite, mais la demande chinoise est en croissance rapide, suite à sa décision de ne plus utiliser de céréales pour produire du biocarburant. Actuellement, 50 pour cent de la production chinoise d'éthanol provient de racines tubéreuses de manioc et de patates douces, et on s'attend à ce qu'elle produise 780 millions de litres d'éthanol, à partir de 6 millions de tonnes de manioc séché, en 2012¹³. La Chine prévoit de mettre au point des variétés de manioc adaptées à la production de biomasse énergétique dans les régions plus froides et sèches situées au nord du pays³⁰.

Nouvelles utilisations industrielles. À l'échelle globale, le manioc constitue la seconde source d'amidon, après le maïs, avec une production estimée à 8 millions de tonnes par an. Cependant, les pays tropicaux importent chaque année de l'amidon de maïs pour une valeur de 80 millions de dollars EU, auquel pourrait se substituer de l'amidon fabriqué à base de manioc produit localement¹³. En Thaïlande, où les exportations d'amidon de manioc ont rapporté quelque 4 milliards de dollars EU depuis 2000, les chercheurs sont en train de mettre au point une variété dont les racines tubéreuses contiennent un amidon capable de rivaliser avec l'amidon de maïs premium «waxy»^{31, 32}. Une variété récemment mutée présente dans l'amidon de ses racines des granules plus petits, ce qui réduit considérablement le temps et l'énergie nécessaires pour la production d'éthanol³³.

Adaptation au changement climatique. Un autre facteur favorisant l'accroissement de la production de manioc est la capacité potentielle de cette culture à bien s'adapter au changement climatique. D'après une étude récente sur l'impact du changement climatique sur les principales cultures alimentaires de base africaines, la moins vulnérable aux conditions climatiques telles que prévues en 2030 serait le manioc, et en fait, sur la plus grande partie des 5,5 millions de km² englobés dans l'étude, le manioc s'en trouverait mieux. À l'inverse, toutes les autres grandes cultures alimentaires de base de la région, dont le maïs, le sorgho, le mil, les haricots, les pommes de terre et les bananes devraient subir un impact essentiellement négatif³⁴.

À mesure que la demande croît, les systèmes traditionnels de culture du manioc se voient remplacer, dans le monde entier, par des systèmes de production agricole plus intensifs. Au cours des années à venir, on peut s'attendre à voir se renforcer la tendance à l'intensification – visant à augmenter les rendements sur une même surface de terre cultivée – dans l'ensemble des régions productrices de manioc. L'alternative consistant à étendre les superficies cultivées n'est pas possible dans la plupart des pays, en raison de la réduction des terres arables disponibles et des gros besoins en main-d'œuvre associés à la culture du manioc. L'expérience a également montré que l'ouverture de nouvelles zones à la culture du manioc peut avoir des coûts environnementaux sévères: en Thaïlande, au cours des années 70 et 80, l'expansion des superficies mises en culture a conduit à une déforestation massive²⁵.

Les producteurs, l'industrie et les décideurs sont en train d'étudier des solutions aux contraintes qui freinent l'amélioration des rendements du manioc⁹. Les petits producteurs brésiliens, indiens et thaïlandais ont eu d'excellents résultats en production commerciale, avec des rendements compris entre 25 et 40 tonnes/ha, obtenus par une intensification des pratiques culturales. Si les rendements africains sont actuellement inférieurs à la moitié du niveau potentiel global, des expériences sur le terrain ont donné des rendements allant jusqu'à 40 tonnes³⁵. Au Nigéria, l'amélioration des variétés, des pratiques culturales et de la conduite des cultures pourrait donner des rendements de 25 tonnes/ha et au-delà.

Le Rwanda prévoit de faire passer sa production de manioc des 2,5 millions de tonnes d'aujourd'hui à pas moins de 6,1 millions de tonnes en 2017, en disséminant des variétés à rendement amélioré, en formant les agriculteurs à une meilleure conduite des cultures, et en encourageant un recours accru aux engrais minéraux, aux pesticides et à l'irrigation¹⁶. Avec le soutien des bailleurs de fonds internationaux, d'autres pays africains – tels que le Ghana et la République démocratique du Congo – ont formulé des programmes similaires visant la commercialisation du manioc, en accord avec l'Initiative panafricaine sur le manioc de l'Union africaine, qui a identifié *Manihot esculenta* comme un produit agricole clé, une culture contribuant à la sécurité alimentaire, et un «soldat de la lutte contre la pauvreté»³⁶.

On peut donc prédire au manioc un avenir comprenant de plus en plus de monoculture à grande échelle, l'adoption généralisée de génotypes à haut rendement mieux adaptés à l'industrialisation, et un recours accru à l'irrigation et aux intrants chimiques.

Dans leur soutien aux programmes d'intensification de la production de manioc, les décideurs doivent prendre en compte les leçons tirées de la Révolution Verte. Basé sur l'utilisation de variétés génétiquement uniformes et le recours intensif au labour, à l'irrigation, aux engrais minéraux et aux pesticides, ainsi qu'aux intrants chimiques, ce dernier modèle a engendré un changement d'ordre de grandeur dans les rendements céréaliers

mondiaux et la consommation alimentaire individuelle moyenne. Mais ces énormes gains de productivité se sont souvent assortis d'effets négatifs sur la base de ressources naturelles de l'agriculture, à un degré si sérieux que le potentiel productif à venir de celle-ci s'en trouve compromis. Nombreux sont les pays où des décennies d'agriculture intensive ont dégradé des terres fertiles et asséché les nappes phréatiques, provoqué des infestations de ravageurs, mis à mal la biodiversité, et pollué l'air, le sol et l'eau³⁷.

Appliquer le même modèle à la production de manioc implique des risques similaires. Le passage des systèmes traditionnels de production de manioc des petits producteurs – basés sur les cultures intercalaires et le recours aux périodes de jachère pour laisser se reconstituer les nutriments du sol³⁹ – à une monoculture intensifiée peut simplifier la conduite de la culture et favoriser, au début, une augmentation des rendements. L'expérience montre, cependant, qu'il en résulte également une prévalence accrue des ravageurs et maladies, et une accélération de la détérioration des réserves de nutriments du sol^{35, 38}.

Dans le sud du Brésil, la demande constante tout au long de l'année de manioc destiné à l'industrie de l'amidon a conduit à une monoculture ininterrompue sur les mêmes parcelles, au chevauchement des calendriers de plantation, à l'utilisation croissante de variétés génétiquement uniformes, et à des besoins de plus en plus élevés en intrants chimiques pour préserver la fertilité du sol et lutter contre les ravageurs et les maladies²⁴. Au Rwanda, les densités de plantation plus élevées entraînées par l'intensification sont à l'origine d'une pression des ravageurs et des maladies qui compromet les rendements¹⁶. En même temps que le réchauffement va commencer à permettre une production intensive de manioc dans des nouvelles zones en Afrique, en Asie et en Amérique du Sud, on s'attend à voir s'alourdir les risques de problèmes de ravageurs et de maladies²⁴.

La culture du manioc en continu – mettant en jeu au moins 10 ans de production sur une même parcelle avec moins d'un an de jachère entre deux récoltes – est déjà très répandue en Afrique sub-saharienne, notamment dans les zones non humides et les hautes terres⁴⁰. En Afrique de l'Est, les paysages agricoles sont passés des systèmes traditionnels comportant des jachères importantes à une production en continu axée sur le manioc³⁵.

Avec l'intensification, de nombreux producteurs africains de manioc ont complètement abandonné la jachère et ne cherchent pas à compenser les pertes de nutriments au moyen de techniques de conduite de la fertilité des sols, telles que cultures de couverture et fumure organique. La chute du niveau de nutriments dans le sol se traduit par celle des rendements, au point de rendre la production non rentable³⁹.

Dans le nord-est de la Thaïlande, après plusieurs années de culture du manioc en zone de hautes terres, la fertilité du sol est en baisse à cause de l'érosion, des pratiques de labour privant le sol de couverture, et du fait que les agriculteurs n'enfouissent pas les résidus de récolte⁴¹. En Colombie,

la monoculture du manioc a vu ses rendements chuter de 37 à 12 tonnes/ha en neuf ans, à cause de la dégradation des sols.

Au Nigéria, des recherches ont mis en évidence une augmentation de l'érosion des sols quand les cultures mixtes traditionnelles cèdent la place à la monoculture⁴². Qui plus est, des pratiques traditionnelles de lutte contre l'érosion des sols qui se montrent très efficaces dans le cadre d'une polyculture le sont moins en monoculture⁴². 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, impossibles à soutenir de façon durable⁴³.

En 2010, la FAO a adopté une approche écosystémique de l'intensification des pratiques culturales, approche à la fois très productive et durable en termes d'environnement⁴⁴. Baptisée «Produire plus avec moins», elle propose de «verdier» la Révolution Verte par le recours à des pratiques culturales qui se reposent sur les contributions de la nature à la croissance d'une culture, telles que la matière organique du sol, la maîtrise de la circulation de l'eau, la pollinisation et la lutte biologique contre les insectes ravageurs et les maladies. Les principes clés qui sous-tendent «Produire plus avec moins» sont:

- ▶ La préservation d'un sol en bonne santé pour une bonne nutrition de la plante
- ▶ La mise en culture d'une gamme élargie d'espèces et de variétés végétales selon des régimes de rotation, d'association et de successions culturales
- ▶ L'utilisation de variétés bien adaptées et à haut rendement et de semences de qualité
- ▶ Une gestion de l'eau efficace, maximisant le rendement par goutte d'eau
- ▶ Une gestion préventive des ravageurs, des maladies et des plantes adventices

Ce modèle agricole respectueux de l'environnement encourage la réduction ou l'abandon du labour de façon à stimuler les rendements tout en rétablissant la santé des sols. Il lutte contre les insectes ravageurs en protégeant leurs ennemis naturels plutôt qu'en arrosant les cultures à l'aveuglette avec des pesticides. Il utilise les engrais minéraux avec parcimonie, en les combinant avec des sources organiques de nutriments du sol³⁷.

Les leçons tirées de projets de développement agricole menés dans 57 pays en voie de développement ont montré qu'une utilisation plus efficace de l'eau, la réduction du recours aux pesticides et le soin de la santé du sol entraînent une amélioration d'environ 80 pour cent des rendements⁴⁵. Une autre étude est parvenue à la conclusion que les systèmes agricoles qui conservent les services écosystémiques, en ayant recours au labour de conservation, à la diversification des cultures, à l'intensification des cultures de légumineuses et la lutte biologique contre



Grâce à «Produire plus avec moins», les pays tropicaux peuvent éviter les risques posés par l'intensification de la production du manioc.

les ravageurs, donnent des résultats comparables à ceux obtenus par les systèmes d'agriculture intensive et à haut niveau d'intrants^{46, 47}.

Le présent guide montre comment l'utilisation de «Produire plus avec moins» peut aider les pays en voie de développement à éviter les risques liés à une intensification non durable, tout en exploitant pleinement le potentiel du manioc en termes de rendements accrus, de lutte contre la pauvreté rurale et de contribution au développement économique national. Par exemple, il montre comment l'association du manioc à l'arachide non seulement donne des rendements élevés en racines tubéreuses mais encore produit un revenu bien supérieur à celui de la monoculture; comment une guêpe prédatrice est bien plus efficace que les insecticides face aux infestations de cochenille du manioc; et comment la rotation du manioc avec des haricots et du sorgho a rétabli le rendement là où l'utilisation des engrais minéraux seuls avait échoué.

On trouvera, aux chapitres 2, 3, 4, 5 et 6, une description de toute une panoplie de pratiques à la fois adoptables et adaptables, s'appuyant sur l'écosystème; ces pratiques, qui renforcent la productivité du manioc, peuvent servir de pierre angulaire aux programmes nationaux et régionaux. Le chapitre 7 se penche sur les utilisations post-récolte du manioc et la création de valeur ajoutée. Le chapitre 8 définit des politiques de facilitation de l'intensification durable de la production de manioc, et insiste sur l'importance – au moment d'introduire de nouvelles pratiques ou technologies – de «laisser le agriculteur décider».



Chapitre 2

Systèmes de production agricole

Nombre de petits producteurs de manioc suivent déjà trois recommandations essentielles du modèle «Produire plus avec moins»: labour réduit ou labour zéro, couverture du sol et diversification des cultures.

Dans «Produire plus avec moins», les systèmes de production agricole s'articulent sur trois recommandations essentielles¹. Tout d'abord, les agriculteurs doivent s'attacher à protéger la structure, la matière organique et la santé du sol en général en *limitant les atteintes mécaniques à son encounter*. Cela signifie minimiser «le labour conventionnel», le passage de la charrue, de la herse ou de la houe avant chaque culture et au cours de la croissance de la plante. À la place, les producteurs sont encouragés à passer au labour de conservation, qui exclut les pratiques conduisant à inverser le sol et à enfouir les résidus de récolte. Des formes répandues de labour de conservation sont le labour en bandes ou minimal, qui permet de ne perturber que la couche destinée à contenir le rang de semences, et le labour zéro, qui s'interdit le recours à la charrue ou au binage.

En même temps que le labour de conservation, la FAO recommande *le maintien d'un couvert protecteur organique sur le sol*, c'est-à-dire l'utilisation de cultures ou de résidus (paillage) pour réduire l'érosion du sol, préserver son eau et ses nutriments, et éliminer les plantes adventices. La couverture organique du sol ne se contente pas d'améliorer l'état physique du sol; elle encourage la prolifération des biotes du sol – y compris les vers de terre et les protozoaires, champignons et bactéries bénéfiques – qui favorisent la bonne santé du sol et les résultats de la culture. Dans un système à zéro labour, la plantation se fait directement à travers le paillis formé par les résidus des récoltes précédentes ou des cultures de couverture.

Troisièmement, les agriculteurs doivent cultiver, en association, en succession ou en rotation, *un large assortiment d'espèces végétales*, qui pourront comprendre des arbres, des arbustes et des pâturages. Les cultures mixtes aboutissent à une production diversifiée, ce qui aide les agriculteurs à réduire les risques, à réagir aux variations de la demande des marchés, et à s'adapter aux chocs extérieurs, dont le changement climatique. L'association ou la rotation de cultures exigeantes en nutriments avec des légumineuses qui vont enrichir le sol, et de cultures à enracinement superficiel avec des cultures à enracinement en profondeur, préservent la fertilité du sol et la productivité des cultures, tout en posant une barrière à la transmission des ravageurs ou des maladies spécifiques d'une espèce cultivée.

Ces trois pratiques, en améliorant la teneur du sol en matière organique et l'activité de ses biotes, en réduisant la pression des ravageurs et des maladies, en réduisant l'érosion et en accroissant la disponibilité de l'eau et des nutriments utilisés par la culture, conduisent à une amélioration durable des rendements. Elles font également baisser les coûts de production, essentiellement grâce aux économies réalisées sur les machines agricoles, les carburants fossiles et les intrants extérieurs tels que l'irrigation, les engrais minéraux et les pesticides.

Labour ou pas labour?

Il faut au manioc un sol à la structure assez meuble pour faciliter l'enracinement initial et permettre la tubérisation des racines. Il est par ailleurs plutôt vulnérable à la concurrence des plantes adventices, à l'excès d'humidité et à la pourriture des racines. Pour toutes ces raisons, la plantation se fait en général sur un sol ameubli et désherbé à la charrue ou par binage. Sur des sols dégradés et sans structure, un labour conventionnel facilite l'insertion des boutures dans le sol et permet à l'enracinement de bénéficier d'un sol bien drainé et bien aéré^{2, 3}.

Cependant, ce n'est pas le labour qui détermine le rendement, mais l'état du sol. Il est également possible de planter des boutures de manioc, et d'obtenir de bons rendements, sur un sol non labouré, à condition que celui-ci soit sain, bien structuré et sans compaction⁴. Un sol friable et riche en matière organique offre des conditions idéales pour une culture à zéro labour². D'après une étude sur la production de manioc par les petits producteurs en Afrique de l'Ouest et de l'Est, la plantation sur un lit de semis sans aucune préparation du sol est plus fréquente que pour toutes les autres cultures, à l'exception du riz. Là où le sol présente de mauvaises qualités physiques, les agriculteurs plantent sur des buttes ou des billons préparés à la main⁵.

La pratique continue du labour conventionnel, surtout avec des charrues, herse ou rototillers lourds attelés à des tracteurs, enfouit la couverture protectrice du sol, tue ses biotes, entraîne une décomposition rapide de sa matière organique, et détériore sa structure en pulvérisant ses agrégats. Labourer ou biner toujours à la même profondeur, saison après saison, provoque fréquemment l'apparition d'une semelle de labour, couche de sol compacte – en général sous la couche arable – qui laisse difficilement le passage à l'eau et aux racines. Avec des sols de ce type, il sera nécessaire de les ameublir mécaniquement pour continuer à produire, mais au prix d'une aggravation de leur dégradation.

Toujours avec ces sols, cultiver du manioc sans labour pourra se traduire par des rendements inférieurs dans les premières années. À plus long terme, cependant, en réduisant la minéralisation du sol, son érosion et la perte d'eau, en contribuant à reconstituer sa matière organique et en préservant la stabilité de ses agrégats et son drainage interne, le zéro labour facilite au mieux le fonctionnement des racines. Une fois sa santé restaurée, un sol non labouré peut produire des rendements élevés et le faire à moindre coût, tant pour le agriculteur que pour la base de ressources naturelles du système de production agricole.

Aujourd'hui, la préparation du sol pour le manioc se fait de toutes sortes de manières différentes et à divers degrés d'intensité. Les petits producteurs d'Indonésie, du Viet Nam et de nombreux pays africains, ainsi que partout où la pente est trop forte pour permettre une mécanisation quelconque, utilisent en général une houe pour ameublir le sol à l'endroit

du semis. S'agissant d'une activité à forte intensité de main-d'œuvre, la préparation du sol se limite fréquemment au trou de semis proprement dit. Si cela s'apparente à un labour réduit, il peut également en résulter un mauvais rendement si les plantes adventices ne sont pas combattues.

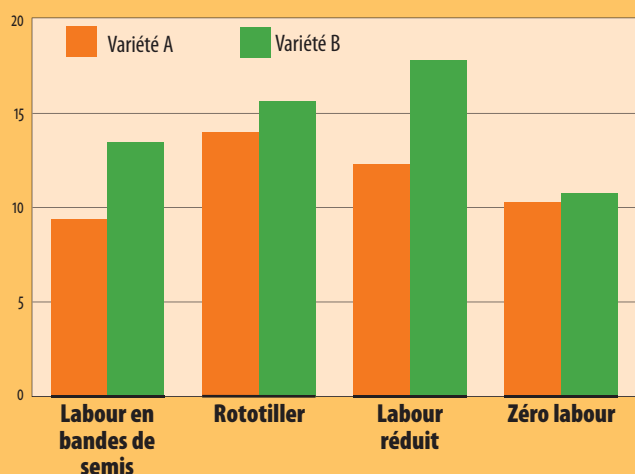
Dans les régions où les agriculteurs cultivent le manioc sur de grandes surfaces, ils procèdent traditionnellement à un labour tracté par des bœufs ou des buffles d'eau, en général en un ou deux passages. Les agriculteurs des zones montagneuses de la Colombie utilisent une charrue réversible simple tractée par une paire de bœufs¹¹. En Indonésie, ils labourent avec des bœufs, avant de billonner à la main avec une houe à manche court. Dans l'État indien du Kerala, les agriculteurs binent le sol avant de pratiquer des buttes individuelles pour chaque plant de manioc, une pratique à haute intensité de main-d'œuvre qui peut demander plus de 30 jours de travail à l'hectare.

Dans les pays où le manioc est cultivé sur de grandes surfaces, allant de 2 à 5 ha, le sol est généralement préparé avec un tracteur tirant une charrue à versoirs ou à disques, suivi en général par un passage de herse à disques et parfois de billonneuse. Ou encore, le sol est ameubli, et les résidus de culture et plantes adventices enfouis, avec un rototiller. Cependant, cette méthode tend à pulvériser le sol et peut entraîner une érosion sérieuse si le sol est en pente.

De nombreux producteurs brésiliens de manioc pratiquent le labour de conservation. En général ils cultivent durant les mois d'hiver une plante de couverture, comme l'avoine maigre (*Avena strigosa*) ou le blé, afin de protéger la surface du sol, de l'enrichir en matière organique et d'éliminer les plantes adventices. Au printemps, avant la maturation de la céréale de couverture, celle-ci est écrasée avec un rouleau tiré par un tracteur, ou tuée avec des herbicides, puis une planteuse mécanique plante les boutures de manioc directement à travers le paillis formé par les résidus de la céréale. Au Paraguay, les agriculteurs plantent le manioc à la main sans labour préalable, après avoir utilisé de l'avoine maigre ou des légumineuses arbustives comme couverture d'hiver¹².

De nombreuses expérimentations ont tenté de déterminer la meilleure méthode de préparation du terrain pour le manioc et l'efficacité des méthodes alternatives basées sur le labour de conservation^{11, 13}. Cependant, les effets des différentes options de labour sur le niveau de rendement ne sont pas clairement établis: les expériences de terrain en Afrique, en Asie et en Amérique latine donnent des résultats qui varient d'une année à l'autre et d'un endroit à l'autre. Sur une pente peu prononcée en Colombie, les meilleurs rendements pour une variété résultaient d'un labour réduit – préparation à la houe des seuls trous de plantation – alors que pour une autre variété, l'utilisation d'un rototiller monté sur un tracteur donnait le meilleur rendement (figure 5). Tant le zéro labour qu'une préparation en bandes de semis à la houe ou au rototiller produisaient des rendements sensiblement inférieurs. Mais d'autres expérimentations

Figure 5 Effets du mode de labour sur le rendement du manioc, Colombie (t/ha)



Source: Tableau annexe 2.1

dans la même zone – portant sur le zéro labour, le labour à traction animale (bœufs), et le labour en bandes de semis – ont désigné le zéro labour comme entraînant les rendements les plus élevés et l'érosion du sol la plus faible.

Lors d'une expérimentation sur trois ans, sur une pente à 25 pour cent dans la province de Hainan, Chine, le rendement supérieur, 26 tonnes/ha, résultait de labour et disquage conventionnels. Un labour réduit aux trous de plantation donnait un rendement légèrement inférieur, de 24,6 tonnes, tandis qu'au zéro labour et à la préparation de bandes de semis correspondaient des rendements encore plus bas, d'environ 22,8 tonnes. Cependant, le

labour réduit et le zéro labour entraînaient également le plus faible niveau d'érosion du sol, un problème majeur sur une pente marquée¹⁴.

Au Brésil, le rendement moyen en manioc, lors d'une expérimentation sur quatre ans, était de 18,2 tonnes/ha sur les parcelles à zéro labour, sensiblement moins que les 24,7 tonnes résultant du labour conventionnel¹⁵. En revanche, sur des sols argileux préalablement plantés en maïs d'hiver sous zéro labour pendant quatre ans, le zéro labour et le labour conventionnel n'aboutissaient pas à des différences de rendement significatives¹⁶.

Lors d'une expérimentation en Thaïlande portant sur la préparation du terrain, sur quatre années consécutives, la pratique standard – deux labours avec une charrue à 3 disques puis une herse à 7 disques – a donné les meilleurs rendements, tandis que le zéro labour donnait en permanence un rendement plus faible³. En revanche, une autre expérimentation menée en Thaïlande n'a pas donné de différence significative de rendement entre les modes de labour. En passant une sous-soleuse suivie d'un chisel, les chercheurs ont atteint un rendement de quelque 22 tonnes/ha, contre 20 tonnes quand le terrain n'était pas labouré et les plantes adventives combattues avec des herbicides¹⁷.

En Thaïlande également, avec une application d'engrais azoté de 100 kg/ha, le rendement en racines tubéreuses du manioc cultivé en zéro labour a atteint 67 tonnes, nettement plus que les 53 tonnes résultant d'un labour conventionnel (figure 6). L'année suivante, le rendement moyen des parcelles non labourées est retombé à 49 tonnes, légèrement inférieur à celui des parcelles sous labour conventionnel, de 54 tonnes cette année-là¹⁷.

Une étude nigériane a conclu que le rendement obtenu par billonnage conventionnel est jusqu'à 48 pour cent supérieur à celui des champs non labourés¹⁸, bien que le zéro labour soit la pratique la plus répandue parmi les producteurs locaux. Cependant, les plantations avaient été effectuées au

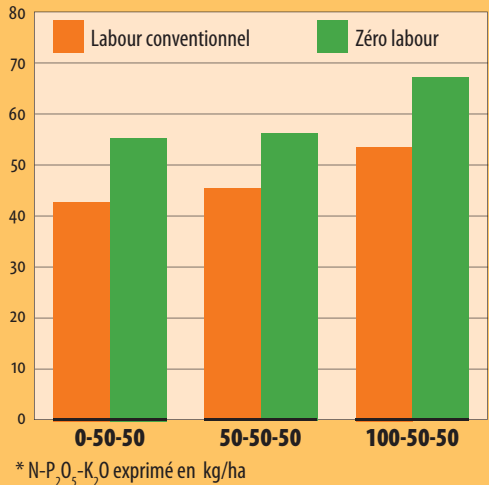
cœur de la saison des pluies, en juin, au moment où l'humidité du sol est maximale et la température minimale, ce qui a ralenti l'émergence des plants sur les parcelles non labourées et entraîné la pourriture d'une quantité substantielle de boutures¹⁸. En fait, quand la plantation a été effectuée au début de la saison des pluies, en mars, l'émergence du manioc a été meilleure dans les parcelles à zéro labour¹⁹. D'autres expérimentations menées au Cameroun et au Nigéria ont conclu que le mode de labour n'a pas d'effet sur le rendement en manioc^{18, 20}; en République démocratique du Congo, le rendement était plus élevé en l'absence de labour sur sol ferrallitique, et de même niveau sur sol de limon sableux, à condition que la parcelle soit paillée².

Pour finir, une étude récente portant sur une expérimentation de 8 ans sur sol de limon sableux en Colombie a conclu que le zéro labour est plus efficace pour enrichir le sol en nutriments et préserver ses caractéristiques physiques, et que, combiné avec le paillis de résidus de récoltes, il produit les rendements en racines tubéreuses les plus élevés, avec ou sans fumure minérale (figure 7). L'étude concluait, dans son évaluation coûts-bénéfices, que la comparaison du labour conventionnel et du zéro labour était à l'avantage de celui-ci, qui, sur le long terme, représente un «système optimal» de production du manioc²¹.

Sur la base des données dont nous disposons, il n'est pas possible de définir une méthode quelconque de préparation du sol comme «la meilleure pour le manioc». À titre de conclusion d'ensemble, on peut en déduire que, sur le rendement en manioc, les effets du mode de labour fluctuent d'une année à l'autre, et que, pour la lutte anti-érosion, les effets du zéro labour se révèlent en général positifs. La recherche montre également que sur les sols lourds, mal drainés ou déjà fortement dégradés, il est nécessaire de préparer le sol sous une forme ou sous une autre. Cependant, même dans ce dernier cas, la nécessité d'un labour peut être réduite par le recours à des pratiques améliorant la structure, la teneur en matière organique et le drainage du sol, comme le paillage².

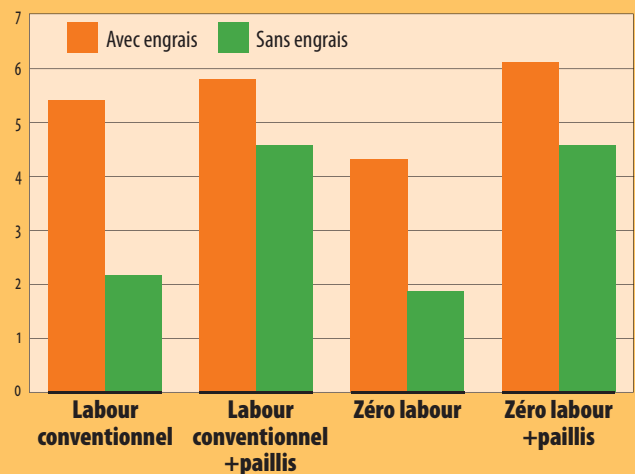
Les producteurs de manioc doivent être encouragés à se tourner vers le labour minimum, et, dans l'idéal, le zéro labour, surtout sur des sols bien agrégés, friables, avec une teneur convenable en matière organique.

Figure 6 Effets du mode de labour et de l'engrais* sur le rendement du manioc, Thaïlande (t/ha)



Source: Tableau annexe 2.2

Figure 7 Réaction du rendement du manioc au paillis de plantes de surface, à la fumure et au labour, Colombie (t/ha)



Source: Tableau annexe 2.3

Du fait que les rendements ne dépendent pas du labour proprement dit, mais de la santé du sol, il est recommandé d'assortir les expérimentations portant sur le labour d'un suivi précis de l'évolution de la structure du sol et de sa matière organique sous le régime du zéro labour, car il semble que ces facteurs aient un impact à long terme positif sur les rendements du manioc et soient de bons indicateurs de la durabilité de sa culture.

Même là où le labour de conservation entraîne des rendements inférieurs, il présente des avantages économiques pour les producteurs: économies sur le carburant et l'équipement requis pour un labour conventionnel, et – du fait qu'il réduit l'érosion du sol, préserve sa teneur en eau et contribue à préserver sa santé – possibilité de produire du manioc de façon plus intensive et durable, sans devoir utiliser de grandes quantités d'inputs extérieurs²². Le labour de conservation présentera également une alternative intéressante au labour conventionnel dans les zones touchées par le changement climatique. Là où les précipitations diminueront, il contribuera à préserver la structure du sol, et là où elles augmenteront, il contribuera à réduire l'érosion du sol et à améliorer sa structure, permettant un meilleur drainage interne²³.

Cultures de couverture et paillage

Le maintien en permanence d'une couverture du sol est une autre pratique de base de «Produire plus avec moins», qui est de plus essentielle pour tirer pleinement parti des avantages du labour de conservation. La couverture du sol est tout particulièrement importante dans le cas du manioc – avec sa croissance initiale lente, le sol reste exposé à l'impact direct de la pluie durant les 2 ou 3 premiers mois du cycle végétatif, et l'apparition de plantes adventices est favorisée par le large espacement entre les boutures plantées. Afin de protéger la surface du sol, de réduire le ruissellement et l'érosion, et de contrer les plantes adventices, les recommandations de «Produire plus avec moins» comportent la couverture de la surface du sol avec un paillis, tel que résidus de récoltes, ou de cultiver des plantes de couverture (aussi appelées «paillis vivant») au cours des périodes de jachère ou pendant l'implantation du manioc. Le paillage des lits de semis est tout spécialement recommandé quand le manioc est cultivé sur des pentes vulnérables à l'érosion. Les boutures de manioc peuvent être plantées directement à travers le paillis de couverture, avec peu ou pas de préparation du sol²⁴.

Le paillis de couverture sert également de couche isolante, réduisant les variations diurnes de la température et l'évaporation de l'eau, même en cas de sécheresse prolongée. Il augmente la teneur du sol en matière organique et offre un environnement favorable aux micro-organismes du sol ainsi qu'à la faune souterraine. Le paillis, en améliorant les conditions physiques du sol – réduction de la température du sol, humidité du sol

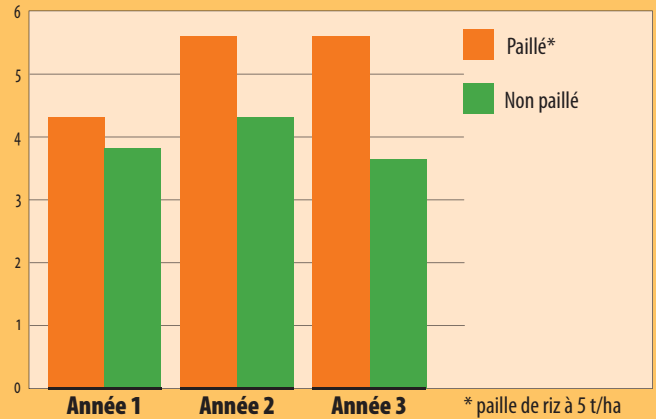
accrue, meilleure capacité d'infiltration de l'eau et moins d'évaporation – contribue à de meilleurs rendements¹⁶.

Lors d'une expérience sur 3 ans en République démocratique du Congo, l'application de 5 tonnes de paille de riz sur du manioc tardif a entraîné l'augmentation du pH du sol, de sa teneur en carbone organique, du phosphore disponible pour le sol et des cations échangeables avec le sol. Les plants de manioc paillés produisaient des racines tubéreuses plus nombreuses et plus grosses que les non paillées, et le rendement en poids sec de racines tubéreuses augmentait chaque année, passant d'une moyenne de 4,3 tonnes à 5,6 tonnes à l'hectare, quel que soit le cultivar utilisé. En années un, deux et trois, les rendements étaient respectivement supérieurs de 17 pour cent, 28 pour cent et 58 pour cent à ceux du manioc non paillé (figure 8)²⁵.

On considère généralement que la culture de plantes intercalaires entre les cycles de culture du manioc constitue une pratique d'amélioration du sol (voir chapitre 5, *Nutrition des cultures*). Cependant, elle peut également contribuer à réduire les infestations de plantes adventices. Les légumineuses à croissance rapide étouffent de nombreuses adventices indésirables qui prolifèrent normalement durant l'implantation du manioc, ainsi qu'après sa récolte, apportant ainsi un moyen de lutte anti-adventices moins gourmand en main-d'œuvre que le désherbage manuel et moins coûteux que la pulvérisation d'herbicides (voir aussi chapitre 6, *Ravageurs et maladies*).

Des expériences ont montré que si les légumineuses pérennes sont plus efficaces pour la protection du sol que les légumineuses à graines, telles que haricots et pois chiches, les légumineuses pérennes très productives, telles que le stylosanthès (*Stylosanthes guianensis*) entrent vivement en concurrence avec le manioc pour les nutriments et réduisent le rendement racine dans une proportion considérable. Cependant, avec des légumineuses pérennes moins agressives, telles que l'arachide pintoï (*Arachis pintoi*), la perte en rendement est moins grave²⁶.

Figure 8 Effets du paillage sur le rendement séché du manioc de fin de saison, République démocratique du Congo (t/ha)



Source: Tableau annexe 2.4

Cultures mixtes

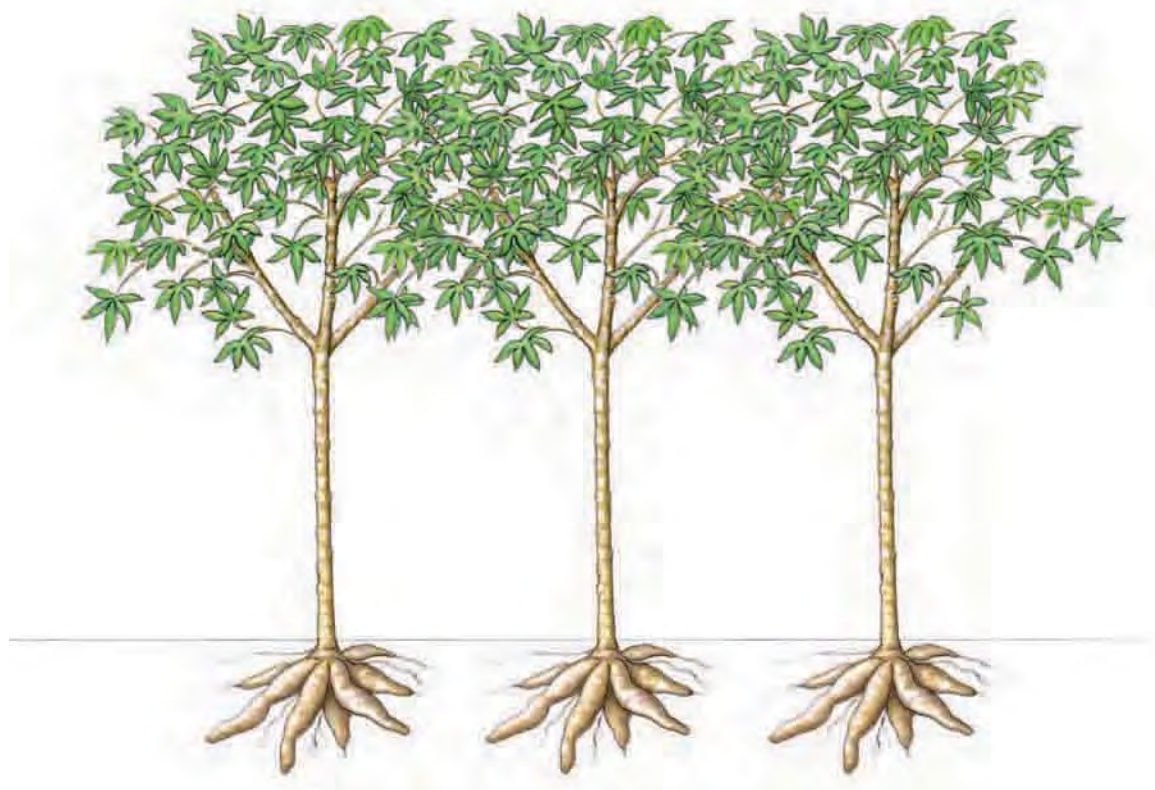
Bien que le manioc soit cultivé en monoculture en Thaïlande et dans le sud du Brésil, la culture en intercalaire est pratiquée par de nombreux petits agriculteurs en de nombreux endroits des tropiques. Ceux qui le cultivent pour l'autoconsommation, ou ne disposent que de très peu de

terre, plantent des cultures à maturation rapide, telles que maïs, riz pluvial, et différents types de légumineuses à graines, dont les haricots communs, les pois chiches, le haricot mungo et l'arachide, dans l'espace qui sépare les rangs de manioc. 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.

Les cultures intercalaires produisent par ailleurs des plantes dont la récolte s'étage au long de l'année, améliorent le revenu net par unité de superficie foncière, et réduisent 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 bonus²⁷.

La culture de manioc en même temps que des légumineuses à graines à cycle court présente encore un autre avantage: elle apporte 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 noirs communs (*Phaseolus* spp.) peut produire environ 10 tonnes de manioc frais, à 30 pour cent d'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

En monoculture, le manioc est en général planté avec des espacements de 1 m, soit 10 000 plants à l'hectare.



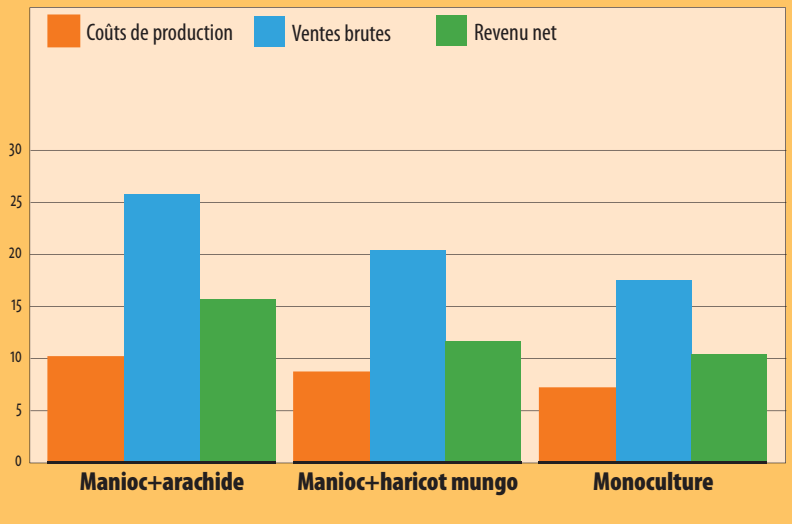
6 tonnes de manioc, pour l'utiliser comme aliment du bétail ou pour le vendre².

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. En Afrique de l'Ouest, une pratique répandue consiste à planter de 5 à 10 boutures de manioc sur le pourtour de buttes de grandes dimensions, et de planter le centre de la butte en cultures telles que maïs, haricots, et melon.

En Indonésie, le riz pluvial est cultivé entre les rangs de manioc, tandis que le maïs est cultivé entre les plants de manioc, dans les rangs proprement dits. Une fois riz et maïs récoltés, environ quatre mois après leur plantation, l'espace inter-rangs est replanté en légumineuses à graines, telles que soja ou arachide. Dans certaines zones, grâce à la longueur de la saison des pluies, une quatrième culture intercalaire est possible, comme l'ambarique, après récolte des légumineuses à graines. Ce type de culture intercalaire particulièrement intensive permet jusqu'à cinq récoltes en une année sur une superficie très réduite.

Des expérimentations menées au Viet Nam ont montré que la culture mixte manioc-arachide (*Arachis hypogaea*) non seulement donne des rendements en racines tubéreuses élevés (30,7 tonnes/ha) mais encore fournit un revenu net bien supérieur à la monoculture (figure 9). Les rendements en monoculture sont légèrement meilleurs que dans le système

Figure 9 **Coûts de production et revenu générés par trois expériences de cultures intercalaires avec manioc, Viet Nam** (millions de dong)



Source: Tableau annexe 2.5



En Indonésie, les agriculteurs plantent le manioc avec d'autres cultures, à croissance plus rapide, telles que riz et maïs. Une fois les céréales récoltées, ils plantent de l'arachide.

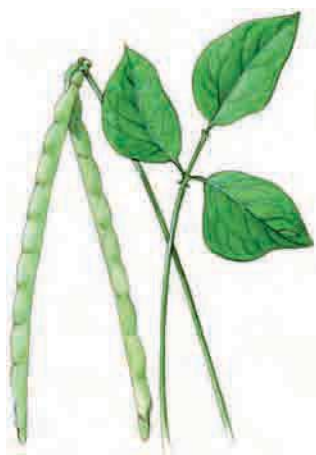
manioc-arachide, à 32 tonnes/hectare, et avec des coûts de production inférieurs de 30%. Cependant, la valeur commerciale élevée de l'arachide, et son rendement de 1,5 tonnes/ha, résultent en un revenu net total de 50% supérieur à celui de la monoculture.

En République démocratique du 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 d'intercalaires en légumineuses, une en arachide et l'autre en haricots à rame. Cette disposition des cultures n'affecte pas le rendement du manioc, et le revenu additionnel provenant des ventes de légumineuses se monte à presque 1 000 dollars EU par hectare²⁸. En Inde, la culture mixte manioc-banane entraîne des rendements manioc supérieurs, tandis que le revenu net maximum est obtenu en combinant le manioc avec des haricots verts ou des pois chiches²⁹.

Dans le nord-est de la Thaïlande, les producteurs laitiers ont mis au point un système «alimentaire-fourragère» à base de manioc en intercalaire avec des pois chiches. La culture de pois chiches fournit jusqu'à 2,4 tonnes de fourrage par hectare, qui est donné aux vaches en même temps que les feuilles de manioc séchées. Si ce système donne généralement un rendement inférieur à la monoculture, les chercheurs ont déterminé qu'il maximise l'efficacité de l'utilisation de la terre et produit de meilleurs résultats économiques³⁰.

Les cultures mixtes supposent une sélection attentive des cultures individuelles – dans leurs variétés les mieux adaptées – ainsi qu'un calendrier de plantation soigné, une fumure efficace, et une répartition et une densité optimales des plants. 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. 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 monoculture³¹.

L'efficacité anti-érosive des intercalaires dépend de la quantité de feuillage qu'elles ont été en mesure de produire avant que les précipitations ne s'attaquent à la surface du sol. Cela peut expliquer le caractère contradictoire des résultats obtenus par l'utilisation des intercalaires pour lutter contre l'érosion du sol. L'utilisation en intercalaire de l'arachide, de la citrouille, de la courge ou du maïs doux a été jugée peu efficace en Thaïlande, tandis que l'association manioc-maïs au Viet Nam et manioc-ambarique en Thaïlande était estimée «très efficace»³².

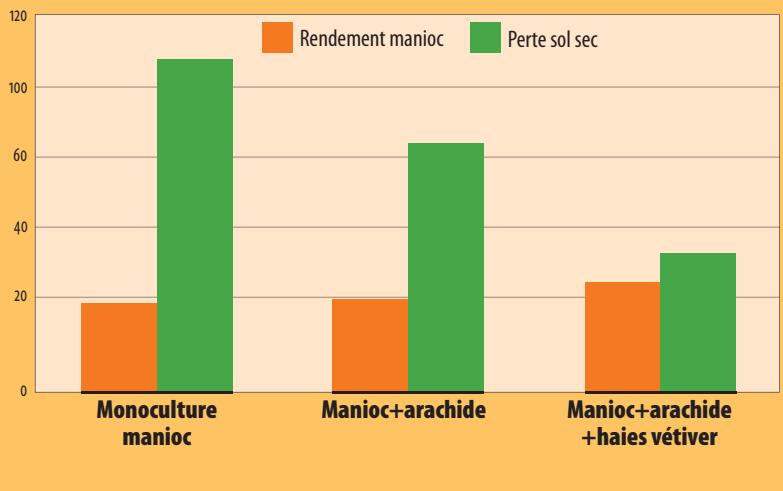


En Thaïlande, du manioc avec une culture intercalaire de pois chiche (ci-dessus) entraîne généralement des rendements en racines tubéreuses plus bas, mais le fourrage produit suffit à assurer un revenu net supérieur.

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 niveau³³. 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^{2, 34}. 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. Des expérimentations menées au Viet Nam ont produit des rendements en manioc de 19 tonnes en

Figure 10 Réaction du rendement et de la perte de sol sec aux modes de gestion de la culture, Viet Nam (t/ha)



Source: Tableau annexe 2.6

monoculture, mais ont entraîné de graves pertes de sol, dues à l'érosion, de plus de 100 tonnes/ha⁴³. 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), les pertes de sol les plus limitées (32 tonnes) et le meilleur revenu net ont été atteints par l'association manioc-haies de vétiver (figure 10).

Une autre forme de culture mixte est l'agroforesterie, qui associe aux cultures des arbres et des arbustes pérennes. En Inde, le manioc se cultive sous des cocotiers et des hévéas adultes³⁵. 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 agroforestiers, il a été montré que les coupes de feuilles de la légumineuse fourragère *Flemingia macrophylla* ont un effet particulièrement bénéfique sur le rendement³⁶. 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 rendement³⁷.

Si le manioc est rarement cultivé en rotation avec des céréales dans les zones de production de manioc à sols pauvres et précipitations aléatoires, c'est une pratique courante dans certaines zones de production céréalière en Afrique, les agriculteurs utilisant les abondantes chutes de feuilles et les résidus post-récolte pour entretenir la fertilité du sol. Le rendement du maïs est nettement amélioré par l'azote dégage par la décomposition de la biomasse verte et feuillue du manioc³⁸.

Dans les zones marginales où le manioc est la culture dominante, il peut être cultivé en rotation avec des légumineuses à graines, telles que haricots, arachide, ambarique, pois chiches et soja, qui fixent l'azote atmosphérique et le rendent disponible pour la culture de manioc qui suit. En Inde, la culture séquentielle de manioc et de pois chiches a amélioré la fertilité du sol à tel point que l'application de fumier et d'engrais chimique a pu être réduite de 50% sans affecter le rendement. Les économies réalisées sur les intrants externes ont permis au système de production séquentielle de manioc et de pois chiche de surpasser celui d'une production utilisant des traitements de fumure complets (figure 11)³⁹.

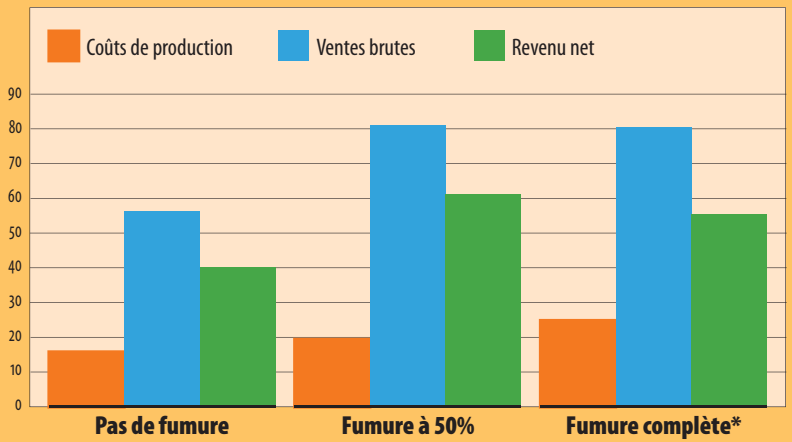
Une étude réalisée en Colombie a constaté, sur un manioc en monoculture sans fumure, une chute de rendement de 37 à 12 tonnes par an sur une période de neuf ans. Si, à la suite de cette évolution, l'utilisation modérée d'engrais n'a amélioré en rien la productivité, le passage à un système de rotation – enchaînant le chanvre du Bengale (*Crotalaria juncea*), le maïs, le manioc, le haricot commun, le sorgho et une seconde récolte de manioc – a ramené le rendement à 30 tonnes. Les chercheurs en ont conclu que ce n'était pas les nutriments qui faisaient défaut dans le sol, mais que le manioc était dans l'impossibilité de les utiliser en raison de la dégradation biologique du sol provoquée par une production en continu sur plusieurs années⁴⁰. En Thaïlande, une expérimentation conduite sur le long terme a montré qu'une rotation annuelle du manioc avec de l'arachide, suivie la même année par des pois d'Angole, contribue à une montée régulière du rendement du manioc, alors qu'en monoculture le

rendement du manioc tend à diminuer³¹.

Les systèmes de production de manioc à petite échelle sont déjà nombreux à incorporer, à des degrés variables, les trois pratiques essentielles de «Produire plus avec moins» consistant à réduire au minimum le bouleversement du sol, à utiliser une couverture organique du sol et à améliorer la résistance du système aux conditions défavorables et diversifiant les cultures et en pratiquant des cultures séquentielles. Ces

pratiques forment la base d'une intensification durable de la production de manioc. Cependant, elles ont besoin du soutien apporté par quatre autres pratiques du modèle «Produire plus avec moins»: le recours à des variétés bien adaptées et à haut rendement, et à du matériel végétal de qualité; une gestion efficace des ressources en eau; une nutrition améliorée des cultures, basée sur une utilisation judicieuse de la fumure minérale combinée à la fumure organique; et la lutte intégrée contre les insectes ravageurs, les maladies et les plantes adventices. Ces pratiques font l'objet des chapitres qui suivent.

Figure 11 **Coûts et bénéfices d'une culture séquentielle manioc-niébé, Inde** ('000 Rs/ha)



* Fumure complète= 26 kg/ha P + 25 tonnes/ha fumier de ferme

Source: Tableau annexe 2.7