

Les  
Cahiers  
de la **Recherche  
Développement**

*Economie de marché, crise internationale, mutations sociales, aléas climatiques, dégradations des ressources naturelles... Face à celà, les sociétés rurales et urbaines s'organisent, les paysans comme les chercheurs innovent, les systèmes de production s'adaptent, les responsabilités se modifient. C'est une formidable évolution que de nombreux techniciens et chercheurs observent et à laquelle ils participent.*

*Les Cahiers de la Recherche Développement n'ont d'autre ambition que de contribuer à la diffusion des connaissances et des expériences menées sur tous les continents..*

**Directeur : J. Lefort (CIRAD)**

*Président d'honneur : R. Tourte*

**Comité d'orientation**

*J.C. Devèze (Caisse française du développement)*

*M. Dufumier (INAPG)*

*B. Husson (CFCF)*

*J. Faye (CIRAD-SAR)*

*D. Gentil (Réseau recherche développement)*

*R. Guis (CIRAD)*

*D. Griffon (CIRAD-SAR)*

*P. Lacombe (INRA/ENSAM)*

*P. Jouve (CNEARC)*

*P. Milleville (ORSTOM)*

*J. Pichot (CIRAD-SAR)*

*J.P. Raison (Université Paris)*

*B. Vallat (Ministère de la coopération)*

**Comité de lecture**

*B. Bridier, G. Fabre, C. Fillonneau, J.P. Geiger, D. Griffon,*

*P. Hamel, J.P. Hebert, A. Leplaideur, J.L. Marchand,*

*J. Muchnick, C. Mestres, Pr. Nenon, J.P. Raffailac,*

*P. Vernier, N. Zakhbia*

**Responsable d'édition**

*Monique Pellecuer (CIRAD-SAR)*

*Cette revue a été réalisée  
avec la participation  
du Ministère de la coopération,  
du CNEARC, de l'ENSIA-SIARC  
et de Proamyl  
(CIRAD-INRA-ORSTOM)*

*L'animation scientifique  
du dossier a été confiée  
à P. Hamel, J.P. Hébert  
et J.P. Raffailac  
de la cellule d'animation  
de Proamyl*

*Editeur : CIRAD-SAR  
Service Edition BP 5035  
34032 Montpellier Cédex  
France  
Tél. 04 67 61 58 00 - Téléx 485 221 F  
Télécopie : 04 67 11 12 23  
Email: [pellecuer@cirad.fr](mailto:pellecuer@cirad.fr)*

*ISSN 0760-579 x*

**Publication Trimestrielle  
Abonnement : 300 F**

*Diffusion - Promotion :  
Arlette Claparède (CIRAD-SAR)*

*Traduction : M. Boulfroy  
Conception et Maquettisme :  
FLASH EDITOR*

*Reprographie : CIRAD  
Couverture : Publicep*

## DOSSIERS PARUS

- *La recherche - développement*
- *Diagnostic*
- *Suivi évaluation*
- *Relations agriculture élevage*
- *Dynamiques agricoles en zones forestières*
- *Aménagements hydro-agricoles*
- *Développement local*
- *Innovations et développement*
- *Amérique Latine*
- *Dynamique des systèmes agraires*
- *Mécanisation*
- *Agronomie oasienne*
- *Gestion des terroirs*
- *Modélisation des systèmes agraires et ruraux*
- *Organisations paysannes*
- *Des recherches pour le développement*
- *Systèmes d'élevage*
- *Systèmes financiers et ruraux*
- *Systèmes irrigués*
- *Recherches systèmes en agriculture et développement rural*
- *Systèmes agroalimentaires*

## DOSSIERS EN COURS

*Systèmes agroalimentaires à base de racines, tubercules et plantains*

*Crédit rural*

## INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

*Les Cahiers de la Recherche Développement publient des articles originaux soit dans les dossiers, selon les orientations scientifiques annuelles, soit dans la rubrique articles.*

*Chaque article est soumis au Comité de lecture qui donne son accord pour publication ou propose des corrections à l'auteur.*

*Le comité de rédaction peut aussi demander des corrections de forme ou de style.*

*Les articles ne devront pas dépasser 14 p. dactylographiées (30 lignes/page, 80 caractères/ligne, espaces compris), tableaux et figures compris.*

*Le texte comportera un titre court (1 ligne max.), une introduction présentant l'objectif de l'article, des paragraphes présentés par des titres et des intertitres courts, quelques encadrés possibles (milieu, méthode, historique...), l'annonce des tableaux, des notes courtes (10 max.), de la bibliographie (auteur en minuscule suivi de l'année, 20 max.), le moins possible d'énumérations, des phrases courtes et claires.*

*La bibliographie est normalisée.*

• *pour un article de revue : Auteur P. année. Titre. Nom de la revue, n°, pp.*

• *pour un livre : Auteur P. année, Titre. Ville, éditeur, collection, p.*

• *pour un extrait de livre : Auteur P., année, Titre. In : Auteur P., Titre. Ville, éditeur, pp.*

*Un résumé de 15 lignes maximum.*

*Le titre et le résumé peuvent aussi être proposés en anglais et en espagnol.*

*Les manuscrits, devront être fournis sous 2 formes :*

- *sur disquette PC ou Mac, au kilomètre, avec les données des tableaux et de graphiques,*

- *une sortie papier situant les figures et les tableaux (fournies à part et de bonne qualité, et pouvant être réduit).*

*L'ensemble doit être adressé à :*

*Rédaction des Cahiers  
de la Recherche Développement  
Service Edition du CIRAD-SAR*

*BP 5035 - 34032 Montpellier Cédex France*

*Email: pellecuer@cirad.fr.*

# Avant-Propos

---

*En consacrant deux numéros consécutifs à la promotion des recherches pour le développement des racines, tubercules et bananes à cuire (RTB), les Cahiers de la Recherche-Développement témoignent de la mobilisation des équipes de recherche françaises dans ce domaine.*

*Avec des acquis nombreux et souvent anciens dans les secteurs de la production, de la valorisation et de la mise en marché des produits frais ou transformés issus de ces filières, les chercheurs du CIRAD, de l'ORSTOM et de l'INRA en liaison avec des universitaires et des enseignants de l'ENSIA, constituent un potentiel international de recherche très significatif.*

*Pourtant, les pièces du puzzle que représente chacune des opérations de recherche-développement prise individuellement, apparaissent trop dispersées pour constituer une offre structurée de recherche en coopération. Aussi, pour mieux répondre aux enjeux des terrains tropicaux que représentent les RTB, une initiative CIO (CIRAD-INRA-ORSTOM), a récemment vu le jour au travers d'un projet fédérateur de compétences dans ce domaine.*

*Le projet Promotion des Amylacés Tropicaux (PROAMYL) s'est fixé les objectifs de :*

- diversifier les produits RTB et élargir leur espace commercial par une meilleure analyse des besoins, des marchés et de leurs évolutions prévisibles ;*
- développer des méthodes et des outils permettant des diagnostics rapides des filières et promouvoir en fonction des signaux du marché des actions en matière de commercialisation des produits ;*
- échanger et faire circuler l'information entre les équipes et les acteurs du terrain pour orienter la programmation scientifique en prenant mieux en compte les signaux des marchés ;*
- valoriser les acquis et les compétences des équipes françaises en développant le partenariat avec les réseaux locaux dans les pays du Sud et en collaboration avec les équipes européennes et celles des centres de recherche internationaux ;*

- *gérer les interfaces entre la production, la transformation et la commercialisation pour susciter un questionnement scientifique dans les différentes équipes sur les thèmes clés que représentent la gestion du milieu et de la biodiversité, la gestion de la production, le stockage, la conservation, la bioconversion, la transformation et le conditionnement des produits, la conception et l'amélioration des équipements, la gestion de la qualité, le marketing des produits traditionnels ou nouveaux.*

*Déjà, les informations circulent mieux et les contacts humains inter institutions qui se développent, permettent les débats d'idées. L'objectif à atteindre est clair ; il s'agit de faire émerger des projets de recherche agrégeant les forces des différentes institutions concernées afin d'appuyer les stratégies locales de développement des filières RTB dans les pays du Sud.*

*L'importance des enjeux du terrain pour les racines, tubercules et bananes à cuire se mesure au potentiel alimentaire que représentent les quelques 650 millions de tonnes de produits frais issus de ces filières dont plus de 70 % proviennent des pays en développement (PED). Les RTB rentrent dans l'alimentation de base d'environ 1,5 milliard d'individus dans les PED et pour certains pays ces amyloacées constituent jusqu'à 80 % de la ration alimentaire (Zaïre, Centrafrique...).*

*L'attachement « culturel » à ces produits est souvent très important. Les filières traditionnelles se sont maintenues en dépit de la concurrence des produits céréaliers importés. Elles souhaitent améliorer et diversifier leur offre de produits pour mieux répondre aux nouvelles exigences des populations urbaines croissantes.*

*Les marges de manœuvre sont importantes car les rendements à la production sont en général en-dessous du potentiel des variétés : cinq à dix tonnes à l'hectare en milieu traditionnel, jusqu'à trente tonnes à l'hectare en milieu maîtrisé, et les pertes après-récolte sont parfois importantes (de 20 à 50 %) au moment du stockage et du transport.*

*De plus, les produits transformés, traditionnels ou nouveaux présentent des potentialités intéressantes pour des utilisations accrues dans les industries alimentaires (dextrines, sirop de glucose...) pour l'alimentation animale (pelure, feuilles, farines, cossettes...) ou même pour l'industrie non alimentaire (amidonnerie, bois, emballages bio-dégradables...).*

*Enfin, les produits RTB sont encore très peu échangés à l'échelle internationale alors que des possibilités existent pour des*

*produits déshydratés riches en glucides (farines, cossettes, amidons, amidons modifiés).*

*Mais, si les amylicés tropicaux ont de réelles potentialités en termes de production agricole et de produits transformés, il reste à conforter les bailleurs de fonds dans le regain d'intérêt qu'ils portent à ces produits de base. Aussi, il est important que la recherche apporte ces acquis, appuie les initiatives locales ou régionales et contribue davantage à la promotion de ces filières. C'est dans cet esprit que les Cahiers de la Recherche-Développement ont décidé de donner la parole aux chercheurs du projet PROAMYL.*

*Après une présentation des enjeux de la recherche sur les RTB et sur leur intérêt nutritionnel, deux dossiers successifs traiteront des filières manioc, igname et plantain en abordant successivement des séquences production-transformation-commercialisation.*

*Couvrant ainsi les préoccupations des agronomes, des économistes, des sociologues et des technologues mais aussi celles des responsables de la planification des approvisionnements, des importations et des exportations de produits vivriers (RTB), ces dossiers apporteront des informations précieuses qui, nous l'espérons, inciteront davantage encore à la fédération des compétences et permettront d'accélérer les prises de décisions nécessaires à la promotion des recherches sur ces amylicés de base.*

*Les RTB constituent une ressource énergétique majeure de l'alimentation de différents groupes de population, ou un débouché qui leur assure un équilibre socio-économique de leur système agroalimentaire. Nous espérons qu'au delà des informations que pourront y trouver les chercheurs, les deux dossiers témoignent à ces populations de l'intérêt porté par la recherche et le développement aux cultures vivrières tropicales.*

*D. Griffon, CIRAD*

*J. Chataigner, INRA*

*G. Hainnaux, ORSTOM*

*J.P. Hébert, ENSIA/SIARC*

***Membres du Comité de pilotage***

***PROAMYL-CIO***

# *Le manioc : quelles priorités de recherche pour améliorer la production en relation avec la transformation et la commercialisation ?*

Jean-Pierre Raffailac\*

## **Introduction**

*Les recherches agronomiques sur le manioc se sont intensifiées à partir des années 70 devant la prise de conscience que cette plante aux potentialités élevées pouvait tout à la fois contribuer à assurer l'autosuffisance alimentaire de plusieurs pays, devenir une culture de rente pour l'alimentation humaine ou animale et parfois participer à l'indépendance énergétique en produisant de l'éthanol-carburant. Elles se sont attachées à définir et mettre au point un grand nombre de références techniques permettant d'augmenter fortement la production. Cependant plusieurs d'entre elles se sont bornées à ce seul aspect, sans prendre en compte les contraintes liées à sa transformation et à sa commercialisation. Différents résultats obtenus ne pouvaient alors convenir à la majorité des producteurs car pour cette plante, la qualité de la production est liée aux techniques mises en œuvre pour sa culture ; de plus, le manioc entre dans des systèmes de production vivriers restés la plupart du temps très traditionnels.*

*Après une présentation de la production du manioc au niveau mondial et des enjeux à venir, des exemples montrant l'interdépendance entre des facteurs de production et le domaine post-récolte sont donnés afin de souligner la nécessité d'intégrer à des travaux ciblant l'amélioration de la production d'autres préoccupations.*

\* Chercheur ORSTOM

**Le manioc dans le monde**

Avec 165 millions de tonnes en 1995, le manioc se situe au 5ème rang des productions végétales alimentaires derrière le maïs, le riz, le blé et la pomme de terre. Cinq pays dépassent 15 millions de tonnes et regroupent 67 % de la production mondiale (tableau 1 et figure 1). Elle représente 27 % de l'ensemble des productions en racines et tubercules au niveau mondial ; cette proportion atteint 56 % en Afrique.

Celles des pays de la zone franc bénéficient de la dévaluation du franc CFA. Au Nigéria (1er rang mondial), le manioc profite de l'augmentation des taxes sur le riz importé ; l'utilisation de nouvelles variétés polyploïdes performantes est aussi mise en avant pour ce pays.

**Les régions productrices**

Les régions productrices se situent dans la zone intertropicale à une ou deux saisons des pluies (pluviométrie annuelle supérieure à 600 millimètres, températures supérieures à 13°C). En Afrique, le manioc est surtout présent dans les régions à forte densité de population en zones tropicales de forêts et de savanes (Carter et al, 1992). Le manioc préfère un sol léger, bien drainé, riche en potassium, l'excès d'azote favorisant le développement des parties aériennes. La présence de mycorhizes facilite la nutrition phosphorée. Il supporte une forte acidité des sols et des saisons sèches prolongées. Cela permet d'étendre sa culture dans des zones où la production des céréales régresse comme en Afrique australe.

Pour consommer certaines variétés qui libèrent de l'acide cyanhydrique (HCN) à forte dose, plusieurs opérations préalables, associées ou non, telles que rouissage, épluchage, lavage, découpage, séchage naturel et diverses cuissons sont indispensables pour l'éliminer ; l'HCN ne constitue un réel problème que pour des populations qui méconnaissent cette nécessité. L'ingestion de manioc amer frais ou insuffisamment transformé entraîne des problèmes sporadiques de santé lorsqu'il est consommé en grande quantité sur de longues périodes, mais très rarement la mortalité (Angola, Mozambique, Zaïre, Tanzanie).

|                |      |
|----------------|------|
| Nigéria        | 31,4 |
| Brésil         | 25,4 |
| Zaïre          | 18,9 |
| Thaïlande      | 18,2 |
| Indonésie      | 15,4 |
| Ghana          | 6,9  |
| Inde           | 6,0  |
| Tanzanie       | 6,0  |
| Mozambique     | 04,2 |
| Chine          | 3,5  |
| reste du monde | 28,9 |

Tableau 1 - Pays producteurs de manioc en 1995 - données FAO (poids frais en millions de tonnes)

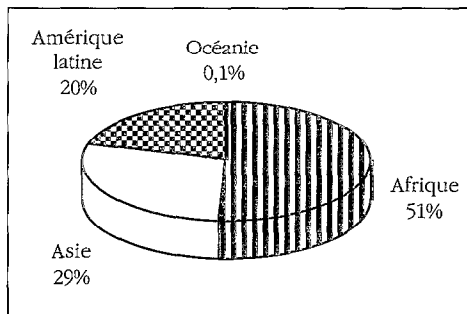


Figure 1 - Répartition de la production de manioc en 1995

On enregistre ces 3 dernières années un accroissement global de la production mondiale (FAO, 1996), résultante de 2 tendances :

- une baisse de production en Thaïlande, en raison de la baisse des exportations sur l'Europe suite à de nouveaux accords commerciaux, et ceci malgré la demande accrue d'autres pays asiatiques,
- une augmentation des productions en Afrique grâce à une meilleure compétitivité.

**L'intérêt du manioc**

Cultivé pour ses racines qui tubérisent sur des cycles variant de 6 mois à plus de 36 mois selon les variétés et les milieux, le manioc produit beaucoup avec d'excellentes conditions de culture. Le rendement potentiel utile est estimé à 30 tonnes de matière sèche par hectare et par an (Cock, 1985) et certaines variétés améliorées s'en approchent (Raffaillac, 1996a). Le plus souvent la totalité de la biomasse est exportée car les tiges (40 à 60 % de la biomasse) servent au

bouturage pour la culture suivante. Il en tire une réputation de « culture épuisante », surtout après défriches. Mais dans la majorité des cas, il est cultivé après d'autres vivriers sur sols apauvris car il peut assurer un rendement quand d'autres plantes ne produisent rien. Au sud du Togo, un rendement sec utile de 4 tonnes par hectare a été obtenu en 10 mois sur un sol cultivé en continu pendant 18 ans sans fertilisant, alors que le maïs, l'arachide ou le niébé avaient un rendement négligeable (Eglé, 1992).

Les racines sont pauvres en protéines quelle que soit la variété. Par contre les jeunes feuilles, fortement consommées en Afrique Centrale, constituent une bonne source en protéines. Pour conserver les tubercules frais il suffit de ne pas récolter car la prolongation du cycle quelques semaines au-delà de la date optimale de récolte n'altère normalement pas la qualité, surtout en période sèche. Par contre, il est nécessaire de les transformer dans les 3 jours qui suivent l'arrachage car ils se détériorent rapidement.

Les systèmes de culture et de production à base manioc sont très variés. Les complexes agro-industriels sont rares. Si en Asie certains sont économiquement viables, ils n'ont pu subsister avec succès que quelques temps en Afrique : féculeries de Moramanga à Madagascar, usine de Ganavé au Togo. Dans ce dernier cas, la baisse et l'irrégularité des approvisionnements à partir de petites unités familiales ont contribué à sa fermeture, malgré une tentative vaine de les réguler en créant de grandes parcelles mécanisées. Les coûts de production et d'organisation du marché ont fait en partie échouer les expériences tentées en Afrique dans les dernières décennies (CAIEM-Mant-soumba au Congo, SODEPALM-Toumodi en Côte d'Ivoire).

Les systèmes traditionnels, avec peu ou pas d'intrant et sous technologies manuelles, restent les plus courants ; la pratique de la culture associée est alors fréquente. La facilité d'obtention d'un produit alimentaire avec un nombre réduit d'interventions sur des sols peu fertiles a favorisé l'extension de la culture du manioc, en particulier à la périphérie d'aires de consommation urbaine, parfois au détriment de plantes plus exigeantes tel que l'igname. Au Nigéria, la recherche agronomique comme technologique sur manioc étant active, des variétés améliorées commencent à être bien accep-

tées en milieu paysan et l'emploi de fertilisants se développe (Nweke, 1995).

### Les objectifs de production

Le manioc est cultivé surtout pour l'alimentation humaine. Seuls les pays asiatiques (Thaïlande, Indonésie, Chine et Viêt-Nam) destinent une grande partie de leur production à l'alimentation animale et à l'industrie. En 1995, les échanges internationaux représentaient 9 % de la production mondiale, la Thaïlande, l'Indonésie et la Chine assurant respectivement 74 %, 17 % et 7 % des 14,5 millions de tonnes commercialisés sous forme de cossettes, granulés, amidon ou farine.

Les productions de chaque pays rapportées au nombre d'habitants constituent un bon indicateur global qui souligne l'importance du manioc pour l'Afrique (tableau 2). Parmi les 20 premiers se trouvent 17 pays africains, la Thaïlande étant à part puisque plus de 90 % de sa production est exportée.

|                    | kilogrammes<br>par habitant<br>et par an | rang mondial<br>de la production<br>nationale |
|--------------------|--|---|
| 1. Paraguay        | 524                                      | 12e   |
| 2. Zaïre           | 399                                      | 3e  |
| 3. Ghana           | 395                                      | 6e  |
| 4. Thaïlande       | 309                                      | 4e  |
| 5. Nigéria         | 281                                      | 1er   |
| 6. Mozambique      | 261                                      | 9e  |
| 7. Congo           | 243                                      | 22e   |
| 8. Bénin           | 212                                      | 20e   |
| 9. Tanzanie        | 201                                      | 8e  |
| 10. Madagascar     | 164                                      | 14e   |
| 11. Gabon          | 159                                      | 39e   |
| 12. Brésil         | 158                                      | 2e  |
| 13. Angola         | 154                                      | 17e   |
| 14. Libéria        | 148                                      | 28e   |
| 15. Ouganda        | 123                                      | 11e   |
| 16. Centre Afrique | 121                                      | 30e   |
| 17. Togo           | 113                                      | 27e   |
| 18. Côte d'Ivoire  | 110                                      | 18e   |
| 19. Cameroun       | 98                                       | 19e   |
| 20. Burundi        | 78                                       | 26e   |

Tableau 2 - Classement des pays selon leur production de manioc frais par habitant et par an (pour une population > 100 000 habitants). Source FAO, 1996.



## Les enjeux de la recherche sur le manioc

La production de manioc doit s'analyser à travers des enjeux qui sont globalement à l'échelle mondiale :

nourrir plus

- nourrir plus de population, directement ou indirectement : dans ce cas, il devient culture de rente pour la commercialisation locale ou l'exportation.

nourrir mieux

- nourrir mieux, en fournissant des productions brutes ou des produits finis de qualité à prix compétitifs, l'équilibre nutritionnel final comme l'acceptabilité du produit étant en jeu.

être compétitif

- assurer une compétitivité durable. Face à ces enjeux, la nature des principales contraintes diffèrent selon les pays et les conditions locales. Mais augmenter ou seulement maintenir des niveaux de production doit se faire en stabilisant, voire même en réduisant les surfaces cultivées. De plus, la caractéristique principale des producteurs concernés reste le plus souvent la pauvreté.

Sur la base de conditions à la fois politiques, économiques (nationales et internationales) et commerciales adaptées et favorables à la promotion et au développement de la culture du manioc, la recherche-développement s'intéressera alors à :

10

accroître la production

- l'augmentation des rendements face à la perte de fertilité des sols (liée à l'absence de jachère par saturation foncière, l'insuffisance de la fertilisation, l'érosion...) et aux problèmes phytosanitaires de la culture et du stockage des produits transformés.

agir sur les systèmes de culture

- la réduction de la durée des cycles cultureux pour limiter l'immobilisation des terres cultivées et permettre d'assurer d'autres productions végétales dont certaines pourront suppléer à la faiblesse des teneurs en protéines du manioc.

mieux connaître les systèmes de production

Une bonne connaissance des systèmes de production dans lesquels s'insèrent les systèmes de culture à base manioc demeure indispensable. En particulier l'importance de la pratique des associations culturales n'est pas à négliger. Il existe souvent un équilibre entre les différentes productions qu'il ne faut pas perturber (sur le plan nutritionnel) en privilégiant le manioc.

une qualité normalisée

- l'amélioration de la qualité : une production doit se référer à un ensemble de normes qualitatives exigées la plupart du temps sur les racines tubérisées (abstraction faite de la quantité) pour satisfaire au mieux des objectifs différents de la culture du manioc. Des propositions d'innovations ou de changements techniques qui prennent en compte ces normes, pas toujours

bien définies, répondront aux besoins de la transformation et de la commercialisation.

#### une culture vivrière

- la demande en manioc pour l'alimentation humaine : la (re)conquête des grands centres urbains pour un approvisionnement avec des produits transformés compétitifs et stockables à moindre coût constitue une voie essentielle pour fixer durablement la production de manioc. A côté des dérivés localement bien implantés (produits humides : attiéké, fufou-pâtes...), la promotion des produits secs stockables sur plusieurs mois (gari, fufou-farine, tapioca...) doit être privilégiée car ils permettent d'assurer une meilleure maîtrise des circuits de distribution. Le développement de formes semi-transformées intermédiaires (« bikéri » au Congo, « agbelima » au Togo...) autorise un circuit plus rapide entre le rural et l'urbain.

- des produits issus de la transformation artisanale ou industrielle : la qualité et la compétitivité doivent s'aborder en liaison avec les différentes technologies à promouvoir ou à mettre au point soit pour l'alimentation animale (cossettes, fécule, ...) ou pour l'industrie (amidon, colles, ...).

L'intégration des multiples domaines de compétences issus des diverses structures de recherche à l'ensemble de la filière manioc devrait permettre d'aller plus rapidement aux problèmes essentiels pour les résoudre durablement ensemble. C'est l'objectif que s'est fixé PROAMYL (Cf la présentation dans ce dossier) en réunissant tous les aspects de la production aux domaines de la transformation et de la commercialisation.

## La recherche-développement

Selon la nature des systèmes de culture et de production, les priorités de la recherche agronomique vont varier. Elles dépendront à la fois :

#### choix des priorités

- de l'équilibre actuel entre les continents. En fonction de la vocation principale (alimentation humaine, animale, industries), souhaite-t-on aller vers un renforcement ou bien une diversification ? Pour l'Afrique en particulier, faut-il promouvoir le manioc comme un produit d'exportation sans risque de perturbation dommageable des circuits alimentaires existants ?

- de la situation de chaque pays. En fonction des conditions à la fois politiques, économiques, commerciales et des différentes situations écologiques sous-régionales, faut-il mettre l'accent sur la production du manioc comme aliment (pour la sécurité ali-

mentaire) ou/et comme culture de rente (pour le marché international) ?

différents niveaux de  
recherches

Les recherches sur la production de manioc peuvent être classées globalement en trois catégories (avec des recouvrements possibles) :

- des recherches « internationales », placées « en amont de la filière », orientées vers des grands problèmes généraux : elles s'intéressent à la connaissance de la plante (domestication, génétique...) et à son comportement face aux contraintes phytosanitaires majeures (mosaïque virale, bactériose...) ; le plus souvent, elles concernent le long terme. Elles se localisent surtout dans les centres internationaux (CIAT, IITA...) et certaines universités des pays gros producteurs (Brésil, Nigéria...).

- des recherches plus « éco-régionales », avec une prise en compte de problèmes spécifiques à des zones homogènes à résoudre à moyen terme. Les antennes régionales des centres internationaux les intègrent (antennes IITA au Bénin, en Afrique du sud - SARRNET, en Afrique de l'Est - EARRNET, CIAT en Thaïlande...). A ce niveau, des « pôles d'excellence » complémentaires restent à créer pour fédérer les compétences dans certains domaines agronomiques et technologiques. Ce pourrait être le cas en Afrique de l'Ouest et en Afrique Centrale, en liaison étroite avec des institutions inter-états telles que la CORAF.

- des recherches « nationales », avec des études plus sectorielles centrées sur la connaissance et l'amélioration des systèmes de cultures et de production. Les Systèmes Nationaux de la Recherche Agronomique (SNRA) appuyés ou non par des institutions extérieures (CIRAD, ORSTOM, GTZ...) en assurent la maîtrise, relayées par des structures de développement rural. C'est là que repose en grande partie d'un côté l'émergence des recherches sur de nouvelles contraintes à la production, d'un autre côté l'intégration des acquis de la recherche pour leur appropriation par les producteurs.

## Des recherches pour de la qualité

besoins de qualité

### Quelles recherches faut-il privilégier sur la production pour satisfaire les préoccupations de la transformation et de la commercialisation ?

Le tableau 3 dresse la liste des caractéristiques de qualité prises en compte sur la racine tubérisée de manioc en relation directe avec le domaine post-récolte. Pour l'amélioration de chacune d'entre elles, un domaine particulier de la recherche agrono-

mique peut soit déjà apporter des éléments de réponse disponibles dans les études faites depuis des décennies, soit être développé.

| Caractères retenus sur les tubercules produits              | objectifs transformation et commercialisation   | domaines de recherches agronomiques concernés   |
|---|---|---|
| 1. hétérogénéité des poids entre tubercules                 | - épluchage : réduire les pertes et la durée.<br>- vente des tubercules frais               | amélioration variétale, techniques culturales   |
| 2. morphologie : forme, longueur, diamètre et constrictions | - épluchage : réduire les pertes et la durée.<br>- vente des tubercules frais               | amélioration variétale et fertilité des sols  |
| 3. couleurs du phelloderme et du cylindre central           | aspect des tubercules et des produits finis   | amélioration variétale  |
| 4. teneur en fibres   | - usinage<br>- acceptabilité des produits finis   | amélioration variétale, durée du cycle  |
| 5. teneur en eau (ou densité volumique)                     | - facilité de transformation<br>- acceptabilité des produits finis (qualité organoleptique) | amélioration variétale, fertilisation potassique, calage des cycles culturaux et climatiques, agrophysiologie |
| 6. teneur en HCN  | acceptabilité des produits finis (au plan nutritionnel)                                     | amélioration variétale, calage du cycle cultural sur le cycle climatique, agrophysiologie                     |
| 7. teneur en protéines                                      | - valeur nutritionnelle (par enrichissement protéique)<br>- consommation des feuilles       | agrophysiologie (emploi des feuilles), transformation   |
| 8. taille des grains d'amidon                               | - utilisation industrielle de l'amidon (diamètre > 8µ)<br>- procédés traditionnels          | amélioration variétale, durée du cycle, calage des cycles culturaux et climatiques, agrophysiologie           |

Tableau 3 - Les principaux critères de qualités recherchés sur le manioc entre production, transformation et commercialisation

### Liaisons entre la production et le post-récolte.

A partir des principaux critères inventoriés dans le tableau 3, la forte interdépendance entre les recherches agronomiques et les objectifs de production sont illustrés par quelques exemples.

- obtenir des tubercules de taille désirée (point 1) :

la grosseur des tubercules dépend de l'écartement entre les plants

En vue de commercialiser du manioc frais sur le marché, il est préférable de disposer de gros tubercules. La densité de plantation constitue une technique simple pour que le producteur ajuste au mieux sa production à cette demande. Par ce moyen, la qualité obtenue sur un hectare peut être modifiée sans chan-

ger le rendement global (Raffaillac, 1997 a). Un fort écartement entre les plants permet par exemple de tripler la production des tubercules dont le poids est supérieur à 1 kilogramme à l'unité de surface (tableau 4). Il présente cependant l'inconvénient de favoriser l'enherbement de début de cycle et implique des opérations supplémentaires de sarclage.

|                                   |               |               |               |
|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Ecartements (m) :                 | 1,3 x 1,3     | 1,0 x 1,0     | 0,8 x 0,8     |
| nombre total de tubercules par ha | 57 395        | 62 700        | 76 563        |
| nombre de tubercules > 1 Kg       | 6 313         | 3 150         | 2 297         |
| poids total des tubercules > 1 Kg | 8,0 tonnes/ha | 3,5 tonnes/ha | 2,4 tonnes/ha |

Tableau 4 - Effets de l'écartement entre plants de manioc (pour un rendement moyen brut de 26 tonnes)

- intervenir sur la morphologie des tubercules (point 2)

Au sud du Togo, la baisse de la fertilité des terres de barre réduit le rendement frais de l'ordre de 60 à 70 % (Eglé, 1992). De plus, la qualité des tubercules est modifiée : la répartition de l'amidon emmagasiné sur un secteur de la racine se modifie (Raffaillac et Eglé, 1997 b). Sur un sol appauvri par des cultures continues sans fertilisation pendant 17 ans, le diamètre des racines tubérisées est diminué et la longueur du secteur tubérisé est augmentée pour chaque catégorie de poids, par rapport à un sol régulièrement fertilisé (tableau 5).

un sol appauvri  
modifie la  
morphologie des  
tubercules

|                           | sol pauvre |          | sol fertilisé en NPK |          |
|---------------------------|------------|----------|----------------------|----------|
|                           | longueur   | diamètre | longueur             | diamètre |
| tubercules de 300 grammes | 33 cm      | 3,6 cm   | 29 cm                | 4,1 cm   |
| tubercules de 500 grammes | 46 cm      | 4,0 cm   | 37 cm                | 4,6 cm   |
| tubercules de 700 grammes | 62 cm      | 4,1 cm   | 45 cm                | 5,1 cm   |

Tableau 5 - Modifications de la morphologie des tubercules de manioc liées au niveau de fertilité des terres de barre au sud du Togo.

Ces différences morphologiques se répercutent sur les opérations de transformation (rendement à l'épluchage manuel ou mécanique) ou sur la commercialisation de tubercules frais

(aspect des tubercules). Mais d'un autre côté, la teneur en matière sèche des tubercules sur le sol fertilisé baisse de 3 à 4 points.

- modifier la teneur en eau des tubercules (point 5)

Le taux de matière sèche des tubercules de manioc est plus élevé sur un sol carencé en potassium (tableau 6).

| lieu      | variété | durée de cycle | K (mEq/100 g de sol) | % MS à 85°C |
|-----------|---------|----------------|----------------------|-------------|
| Davié     | 312-524 | 11 mois        | 0,07                 | 35,0        |
|           |         |                | 0,31                 | 30,9        |
|           |         |                | 0,45                 | 29,5        |
| Agbomedji | Lagos   | 7 mois         | 0,04                 | 35,8        |
|           |         |                | 0,08                 | 34,2        |
|           |         |                | 0,13                 | 32,7        |

Tableau 6 - Effet du niveau de potassium dans le sol sur la teneur en matière sèche des tubercules de manioc : cas des terres de barre au sud Togo.

l'excès de potassium  
dans le sol peut  
altérer la qualité du  
produit

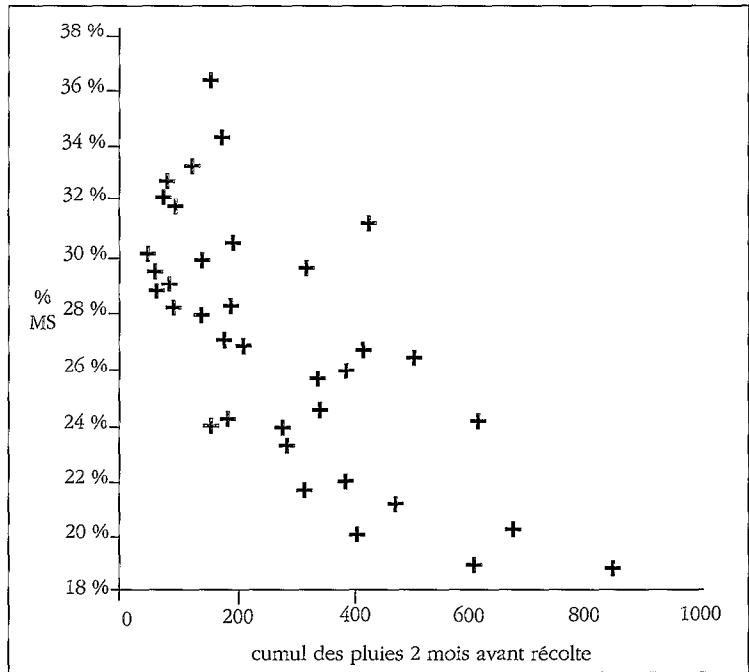
L'introduction de variétés plus productives en milieu traditionnel sans utilisation d'intrant risque d'accentuer la baisse de fertilité des sols ; une correction par des apports d'engrais essentiellement potassiques devient alors indispensable. Mais cette innovation peut compromettre l'acceptabilité du manioc en réduisant le taux de matière sèche. En effet, une forte teneur en eau dans les tubercules gêne des étapes de transformation ; de plus elle diminue la valeur d'un produit fini tel que le fou-fou-pâte au sud-Togo (Raffailac, 1996b). A travers les teneurs en argile de l'horizon supérieur, il est par ailleurs possible d'identifier des « crus » permettant une période de commercialisation plus longue des racines.

- maintenir une faible teneur en eau (point 5)

les dernières pluies  
avant la récolte  
modifient la qualité  
des  
tubercules

L'échelonnement des dates de plantation est possible sur une grande partie de l'année en basse Côte d'Ivoire en raison d'une bonne répartition des pluies, permettant ainsi la régularisation des approvisionnements d'une usine ou d'un marché. Le calage différent de cycles culturaux de 12 mois sur le cycle climatique a cependant des effets sur la qualité des tubercules récoltés (Raffailac, 1985) : le cumul des pluies reçues au cours des deux mois qui précèdent la récolte est corrélé négativement à la teneur en matière sèche du tubercule (figure 2). Il conviendrait donc de récolter en saison sèche, période pour laquelle toutefois la pénibilité du travail est la plus grande.

Figure 2 -  
Corrélation entre  
la quantité des  
pluies reçues  
2 mois avant  
récolte et la teneur  
en matière sèche  
des tubercules de  
manioc âgés de  
12 mois (étude  
pluri-annuelle en  
basse Côte  
d'Ivoire)



- fournir un complément alimentaire riche en protéines (point 7)

Le tubercule de manioc est pauvre en protéines quelle que soit la variété et il semble illusoire en l'état actuel des connaissances de compter sur l'amélioration variétale pour augmenter rapidement et significativement les teneurs. A côté des recherches technologiques sur les fermentations à soutenir, un complément protéinique peut s'envisager à partir des jeunes feuilles. Mais des prélèvements répétés gênent la qualité des tubercules (faible taille des grains d'amidon, teneur élevée en eau) en raison de la forte compétition entre partie aérienne et racines ; des recherches complémentaires sur le fonctionnement de la plante (comparaison variétale) sont nécessaires.

- autres critères de qualité liés à la production (points 4, 6 et 8)

Déjà des travaux anciens comme à Madagascar (Cours, 1951, Dulong, 1971) ont raisonné l'amélioration de la production en intégrant une préoccupation forte sur la qualité. Les dates de récolte, la fertilisation et le calage du cycle cultural sur le cycle climatique sont fréquemment signalés comme des facteurs qui interviennent sur la grosseur du grain d'amidon, sur les teneurs en fibres et en acide cyanhydrique. Ces renseignements sont valables pour des situations écologiques précises et d'autres recherches sont indispensables pour une meilleure compréhens-

les jeunes feuilles  
pourraient compléter  
la valeur nutritive du  
manioc

raisonner la  
production en vue  
de la qualité

sion de l'interaction entre les variétés de manioc, les techniques et le milieu en liaison forte avec les organisations de transformation et de mise en marché des produits marchands.

## Conclusion

*E*noncer des priorités pour la recherche sur la production du manioc en rapport direct avec la transformation et la commercialisation reste difficile tant les objectifs de production peuvent varier selon les milieux écologiques et les populations concernées. Les domaines agronomiques à privilégier peuvent donc être tout à la fois :

- les systèmes de production pour situer la place et le rôle du manioc, en tenant compte des débouchés,
- la diversité des systèmes de cultures : en considérant le manioc comme une plante vivrière parmi les autres plantes alimentaires (importance de l'association culturale) et en analysant l'impact des différents itinéraires techniques sur la production en qualité comme en quantité,
- l'agrophysiologie et le fonctionnement du peuplement végétal : ce thème concerne la plante et la conduite de sa culture, la mise au point de nouveaux itinéraires techniques avec en particulier la prise en compte des cultures associées, l'interaction génotype-environnement,
- les principales contraintes climatiques permettant d'introduire la culture du manioc dans de nouveaux écosystèmes,
- les contraintes phytosanitaires majeures pour lesquelles aucune solution durable n'est définie, surtout lorsqu'il faut assurer la compétitivité des produits finis. La mosaïque africaine, la bactériose, la cochenille farineuse et les acariens verts constituent toujours, surtout pour l'Afrique, les problèmes les plus importants à côté d'autres moins généralisés mais qui ont parfois localement de gros impacts : criquets, maladies fongiques...
- les contraintes édaphiques : dès le moment où est posé le postulat qu'une extension des surfaces cultivables n'est plus possible, l'augmentation de la production passe en particulier par l'emploi de fertilisants (organiques ou minéraux). Il est donc urgent d'obtenir des gains de rendements par la fertilisation potassique sans altérer la qualité des tubercules,
- l'amélioration variétale, qu'elle soit classique ou qu'elle fasse appel aux nouvelles techniques de la biotechnologie, doit s'aborder en étroite relation avec les différents objectifs de production.



*L'intégration à des recherches à caractère agronomique de pré-occupations pour satisfaire des impératifs du domaine post-récolte, tant du point de vue de la transformation que de la commercialisation, rendra alors possible des avancées significatives pour augmenter la production du manioc.*

## Bibliographie

- CARTER S. E., FRESCO L. O., JONES P. G., 1992. An atlas of cassava in Africa. Historical, agroecological and demographic aspects of crop distribution. CIAT publication n° 206, Cali, Colombia, 86 p.
- COCK J. H., 1985. Cassava. New potential for a neglected crop. IADS series, Westview Press, 191 p.
- COURS G., 1951. Le manioc à Madagascar. Mémoire de l'institut scientifique de Madagascar. Série B - Tome III. - Fascicule 2, 203-400.
- DULONG R., 1971. Le manioc à Madagascar. L'Agronomie Tropicale, 26, 8, 791-828.
- EGLE K., 1992. Etude de la variabilité des composantes du rendement du manioc (*Manihot esculenta* Crantz, var. 312-524) en fonction de la fertilité du sol. Mémoire 91-08 d'Ingénieur Agronome de l'Ecole Supérieure Agronomique de l'Université du Bénin, Lomé, Togo, 111 p.
- FAO, 1996. Manioc. in Perspectives de l'alimentation, rapport n° 10, Système Mondial d'Information et d'Alerte Rapide (SMIAR-FAO), <http://www.cirad.fr/giewes/french/smiar.htm>
- NWEKE F. I., DIXON A. G. O., ASIEDU R., FOLAYAN S. A., 1994. Cassava varietal needs of farmers and the potential for production growth in Africa. COSCA working paper n° 10, IITA, Ibadan, Nigéria, 239 p.
- RAFFAILLAC J. P., 1985. Pluviométrie et qualité de la production chez le manioc dans le sud de la Côte d'Ivoire. In: « Eau et Développement Agricole », ORSTOM, Adiopodoumé, Côte d'Ivoire, 78-81.
- RAFFAILLAC J. P., 1996a. La fertilité en zone tropicale humide et le manioc. In actes du séminaire sur la fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides, 13 au 17 nov. 1995, Montpellier, France. J. Pichot, N. Sibelet et J.J. Lacoeylle (éd. scientifique.), CIRAD éd., 286-298.
- RAFFAILLAC J.-P., AKAKPO K. E., 1996b. Matière sèche des racines de manioc et aptitude à la transformation en fofou au Togo. Cahiers Agricultures, 5 : 185-188.
- RAFFAILLAC J.-P., 1997a. Le rôle de la densité de plantation dans l'élaboration du rendement du manioc. in actes du séminaire de la sous-commission agronomie de l'ORSTOM, Montpellier, sept. 1994, ORSTOM éd., collection « colloques & séminaires », (sous presse)
- RAFFAILLAC J. P., Egle K., 1997b. Growth, development and yield components of cassava under different soil fertility levels in south-Togo. En préparation pour soumission à Field Crops Research

---

**Résumé**

Les productions nationales de manioc rapportées au nombre d'habitants soulignent l'importance particulière de cette plante vivrière dans les pays africains qui assurent 50 % de la production mondiale. Les recherches sur la production du manioc doivent prendre en compte l'ensemble de la filière pour intégrer certaines particularités des objectifs de production qui varient selon que le manioc est culture vivrière (cas le plus fréquent) ou culture de rente pour l'alimentation animale ou l'industrie. Devant le double enjeu des années à venir : « pro-

duire plus » et « disposer d'un aliment de qualité compétitif », la recherche agronomique devra s'intéresser en priorité à l'augmentation des productions face à la baisse de fertilité des sols, alors que la fertilisation (essentiellement potassique) est souvent peu compatible avec des processus de transformation et la qualité finale. Quelques exemples pris dans des résultats de recherche agronomique illustrent cette interdépendance entre des facteurs de la production et la transformation ou la commercialisation du manioc.

---

# *La caractérisation et l'évaluation des plantes à racines et tubercules et des bananes plantains*

Vincent Lebot\*

## 20 Introduction

*Les cultivars des plantes à racines et tubercules (Colocasia, Dioscorea, Ipomoea, Manihot, Xanthosoma spp. ...) et des bananes plantains (Musa spp.) ont d'importantes caractéristiques communes : leur stérilité et leur multiplication végétative exclusive. L'une impliquant habituellement l'autre, le paysan n'utilise jamais de graines lors de ses plantations.*

*La plupart des cultivars sont en effet stériles pour diverses raisons d'ordre génétique (hauts niveaux de ploïdie, mutations inhibitrices de la sexualité, parthénocarpie). Ils ne bénéficient donc pas des recombinaisons génétiques obtenues par voie sexuée pour s'adapter à un nouvel environnement. Ces plantes sont donc vulnérables lorsqu'un nouveau pathogène est introduit et leurs potentialités adaptatives sont donc quasi nulles par rapport à des espèces à multiplication sexuée. Les ressources génétiques sont par conséquent de très grande valeur et doivent être soigneusement conservées et protégées d'une part, parce que la sélection d'un matériel végétal sain et performant en dépend et d'autre part, parce que pour bon nombre de ces plantes l'amélioration génétique reste problématique. Pour le moment, seule la sélection clonale produit rapidement des résultats intéressants.*

\* CIRAD-CA : Centre de Recherche Nord, BP 6 Pouembout, 98825 Nouvelle-Calédonie

*Toutes ces espèces sont par ailleurs, fortement hétérozygotes du fait de leur allogamie et pour certaines de leur dioécie. En conséquence, leurs germoplasmes exhibent régulièrement un fort polymorphisme. Il s'exprime de manière spectaculaire au niveau morphologique, mais existe aussi aux niveaux moléculaire et physico-chimique. La sélection de cette remarquable variabilité détermine directement le potentiel des cultures, des récoltes et donc la qualité du produit final livré aux consommateurs. En fait, c'est toute la filière qui est dépendante des performances et caractéristiques du matériel végétal sélectionné. La culture d'un clone plutôt qu'un autre, peut suffire à faire périliciter ou au contraire à développer une filière et les exemples sont trop nombreux pour être cités ici.*

*La caractérisation et l'évaluation des cultivars sont donc des étapes fondamentales dans le processus d'amélioration et de développement de ces cultures. Leur variabilité génétique est généralement analysée à l'aide de mesures morpho-agronomiques et leur diversité génétique à l'aide de marqueurs moléculaires. Les concordances de résultats sont ensuite exploitées pour décider des modes de conservation et des stratégies d'amélioration les mieux adaptées. Une méthodologie commune à ces espèces peut être utilisée. Elle est décrite dans le présent article et divers exemples sont utilisés (ignames, taro, plantains, kava) pour illustrer l'approche retenue.*

## Matériels et Méthode

La caractérisation et l'évaluation des accessions disponibles visent d'abord à décrire le plus finement possible la variabilité existante de manière à faciliter la sélection clonale mais aussi à identifier des indicateurs de divergence pour assurer les bases des futurs schémas d'amélioration. Les descriptions doivent permettre *in fine* une taxonomie intraspécifique du matériel qui sera sélectionné et une évaluation précise des sélections variétales qui seront retenues. Cette caractérisation est effectuée à divers niveaux hiérarchisés, morphologique, cytologique, moléculaire et physico-chimique.

### La collecte du germoplasme

Du fait de la multiplication végétative, ce germoplasme est volumineux et il n'est pas toujours possible de récolter un grand nombre d'accessions. La stratégie de collecte est

|  |
|--|
| récolter des<br>échantillons sélectifs |
|--|

basée sur un échantillonnage sélectif plutôt qu'aléatoire puisque les agriculteurs ne cultivent pas des populations, des provenances ou des descendances, mais des clones stériles. Il s'agit donc d'identifier au champ des formes qui présentent des divergences, essentiellement d'ordre phénotypique, et de récolter un échantillonnage de la variabilité morphologique observée. Dans certains cas, et lorsqu'un pathogène exerce une forte pression, il faut aussi identifier les individus présentant des caractères de tolérance ou de résistance.

### Les morphotypes

Les accessions récoltées sont mises en collection *ex situ* en milieu contrôlé et en environnement homogène pour s'affranchir des interactions génotype-milieu. Les caractères morphologiques les plus discriminants sont préférentiellement retenus pour les descriptions. Pour la quasi totalité des espèces concernées, il existe désormais des listes internationales standardisées de descripteurs morphologiques (IPGRI). A chaque descripteur (par exemple, la couleur du limbe d'une feuille) correspond plusieurs modalités (par exemple, jaune, vert clair ou vert sombre). Chaque modalité se voit attribuée un code qui facilite la description systématique des accessions au champ (par exemple, jaune = 1, vert clair = 2, vert sombre = 3). Un morphotype peut donc se définir comme un phénotype décrit et codé dans un milieu donné à l'aide de descripteurs reconnus comme fiables et suffisamment discriminants. Un premier traitement des données à l'aide d'un simple logiciel de gestion de fichiers (par exemple, Dbase, Foxpro, Quattropro...) permet d'indexer et de classer les individus sur certains caractères, d'identifier le nombre de morphotypes distincts et les accessions qui présentent des morphotypes identiques. Des morphotypes identiques ne correspondent pas forcément à un seul génotype, mais peuvent être une même expression phénotypique codée de génotypes distincts.

Les techniques modernes de taxonomie numérique, du type Classification Ascendante Hiérarchique (CAH), Analyse en Composantes Principales (ACP) et d'autres analyses multivariées, permettent aujourd'hui de traiter des matrices de données composées d'un grand nombre d'accessions et de variables. Ces variables peuvent, pour chaque caractère morphologique codé, être traduites en variables qualitatives de présence (1) ou d'absence (0) du

|   |
|---|
| une description<br>internationale<br>standardisée |
|---|

caractère. Par exemple, la couleur vert sombre du limbe d'une feuille sera codée en 001: 0 (pour le jaune), 0 (pour le vert clair) et 1 (pour le vert sombre). Les matrices deviennent importantes mais les données qualitatives sont facilement traitées par la plupart des logiciels disponibles (Ntsys, MVSP, Statitcf, Systat, SAS... ). L'organisation et la structure de la variabilité morphologique sont alors visualisées à l'aide de diverses techniques graphiques, comme les dendrogrammes ou les projections en deux ou trois dimensions. Les résultats obtenus par l'utilisation d'une méthode d'analyse sont habituellement confirmés par une autre et les groupes du dendrogramme peuvent servir à délimiter les nuages de points d'une ACP projetée sur deux axes. Il s'agit en fait d'identifier des convars, c'est à dire des groupes de cultivars affines.

Généralement, ces descriptions doivent être confirmées pendant deux ou trois cycles successifs de culture. Les premières descriptions se font dans le désordre mais la procédure gagne en rigueur et précision au fil des cycles. En effet, les accessions sont replantées au champ dans l'ordre du premier classement obtenu par CAH, ce qui permet de rapidement identifier les doublons et les hors-types, de confirmer et/ou d'infirmier les descriptions pour obtenir au bout de deux ou trois saisons de descriptions morpho-agronomiques, un fichier précis des morphotypes rassemblés en convars. Par exemple, tous les morphotypes présentant une forte pigmentation anthocyanée, ou tous les morphotypes présentant des bulbilles ou des épines sur les tiges principales... etc.

### Les cytotypes

Il est rare que les cultivars des plantes à racines et tubercules et des bananes plantains soient tous des diploïdes et la plupart ont divers niveaux de ploïdie. Il est utile de caractériser les cytotypes ( $2n = 2x, 3x, 4x, \dots 10x$ ) car il s'agit souvent d'une première classification intraspécifique utile pour la compréhension de la structuration de la variabilité. Les comptages chromosomiques sont nécessaires, bien que longs et fastidieux, mais la cytométrie en flux permet désormais de caractériser un grand nombre d'accessions en un temps relativement court.

### Les zymotypes

Les isozymes, protéines solubles dans l'eau, facilement séparables par électrophorèse, restent encore les mar-

et une recherche  
analytique  
informatisée

pour obtenir un fichier  
de morphotypes

l'isozyme : marqueur  
moléculaire simple et  
neutre

queurs moléculaires les plus faciles à utiliser dans les pays du Sud du fait de la simplicité de la technique et de ses faibles coûts. Cette technique permet d'attribuer précisément des empreintes à plusieurs centaines d'accessions. Selon le nombre de systèmes enzymatiques utilisés, les électromorphes (bandes révélées par coloration et mobiles dans le champ magnétique), correspondent à autant de caractères qualitatifs qui sont codés en présence ou absence et permettent donc de compléter des matrices de caractérisation. Ces zymogrammes sont donc traités comme des phénotypes et un zymotype se traduit par la série codée, pour tous les systèmes enzymatiques révélés, des présences et absences d'électromorphes. Le zymotype est indépendant des facteurs du milieu et présente donc l'avantage d'être un marqueur neutre. Les données obtenues par les isozymes sont aussi analysées suivant les techniques classiques de taxonomie numérique et permettent de révéler des convars d'individus génétiquement apparentés qui ont probablement échangé des gènes avant d'être domestiqués par voie clonale.

### Les génotypes

Les diverses techniques d'extraction de l'ADN, de son découpage en différents sites par des enzymes de restriction, et d'amplification des extraits ainsi obtenus par PCR, permettent grâce à l'électrophorèse de séparer de nombreux électromorphes (RAPD, RFLP, AFLP) qui correspondent à autant de caractères qualitatifs, pouvant être traités par les analyses multivariées. Les résultats sont dans ce cas aussi, traités comme des phénotypes et l'on compare en fait des présences et absences de bandes. Les niveaux d'intensité ne sont généralement pas pris en compte. Ces techniques permettant d'avoir accès directement à l'ADN, il est donc possible d'identifier précisément des génotypes distincts. La lourdeur et la cherté des manipulations et des produits nécessaires limitent cependant le nombre d'accessions qui peuvent ainsi être analysées, surtout dans les laboratoires des pays du Sud. Il est souvent préférable de procéder à un premier criblage des nombreuses accessions à l'aide d'isozymes puis de préciser la variabilité intra-zymotype à l'aide de ces techniques.

### Les chimiotypes

Les caractéristiques physico-chimiques sont essentielles et les cultivars ont généralement été sélectionnés pour cer-

technique coûteuse  
utile en analyse  
complémentaire

|                    |
|--------------------|
| essentiels pour le |
| producteur mais    |
| instable           |

taines d'entre elles de manière empirique mais efficace par les agriculteurs. Il s'agit principalement des teneurs en matière sèche, en amidon, amylose, protéines, sucres totaux... etc. qui sont d'un intérêt primordial pour les industriels intéressés par la transformation de ces produits amylacés. Ces caractéristiques peuvent cependant être affectées par les facteurs du milieu. Une évaluation précise de la variabilité des caractéristiques physico-chimiques de amidons ne peut donc être convenablement réalisée que si les nombreuses accessions sont cultivées en collection, dans un environnement homogène et en milieu contrôlé pour s'affranchir des interactions.

### La sélection clonale

Les concordances et/ou discordances entre convars de morphotypes, cytotypes, zymotypes, chimiotypes et génotypes permettent de se faire une idée précise de la structuration de la variabilité. Des accessions représentatives des convars peuvent alors être inscrites sur la liste des cultivars qui seront retenus pour composer une collection essentielle. Cette liste peut être déterminée en fonction des objectifs de sélection et des caractères qui sont retenus pour définir les idéotypes. Une caractérisation et une évaluation précises des cultivars permettent donc des sélections variétales fiables. En l'absence de réels programmes d'amélioration dans la plupart des pays du Sud, pour qui ces cultures sont pourtant essentielles, la performance de la sélection clonale est déterminante. Ces obtentions végétales sont autant de variétés méritant protection et inscription sur un catalogue lorsque la législation existe en la matière. Une sélection clonale mérite en effet protection lorsque les travaux de caractérisation et d'évaluation ont été rigoureusement menés.

|                     |
|---------------------|
| sélection variétale |
| fiable              |

## Résultats

Quelques résultats encourageants ont été obtenus à l'aide de ces méthodes.

### Les ignames

#### *Dioscorea cayenensis-rotundata*

Les cultivars appartenant au complexe *cayenensis-rotundata* de Côte d'Ivoire, ont été étudiés pour leurs variabilités morphologique, isozymique et cytologique. Les



sélection de cultivars  
selon la longueur des  
cycles végétatifs

et la possibilité de  
deux récoltes par an

quelques 800 accessions étudiées révèlent une grande diversité des morphotypes se distribuant en 20 convars distincts formant eux-mêmes deux grands groupes (18 + 2 convars) sur la base de la durée du cycle végétatif et de l'aptitude à produire une ou deux récoltes par an (Hamon and Touré, 1990).

La variabilité de cinq isozymes a été examinée sur près de 450 accessions. Certains convars de morphotypes ne présentent qu'un seul zymotype tandis que d'autres sont plus ou moins hétérogènes. Des électromorphes lents caractérisent les zymotypes correspondant aux cultivars ayant un cycle végétatif long.

Les études de cytologie, effectuées par cytométrie en flux, ont montré que les accessions à cycle végétatif court sont tétraploïdes ( $2n=40$ ) tandis que les autres sont hexa- ou octoploïdes (Hamon *et al.*, 1992).

#### *Dioscorea alata*

Le CIRAD-CA entretient et caractérise en Nouvelle-Calédonie une collection d'environ 130 accessions de *Dioscorea alata* récoltées localement. Les accessions maintenues au champ ont été décrites pour leur variabilité morpho-agronomique à l'aide de 31 descripteurs standardisés. Les données obtenues par les descriptions morpho-agronomiques ont ensuite été traduites en 89 variables qualitatives. Ces données montrent que les morphotypes diffèrent pour quelques caractères tels que les pigmentations anthocyanées, les formes des feuilles ou la coloration de la chair des tubercules.

Une étude de la variabilité isozymique rassemblant les cultivars néo-calédoniens et 138 accessions, originaires de diverses zones géographiques d'Afrique de l'Ouest, d'Amérique du Sud, des Antilles, et d'Océanie, a ensuite été conduite à partir de plants *in vitro* à Montpellier. En tout, 269 accessions ont été caractérisées pour leur variabilité à quatre systèmes enzymatiques et on a ainsi identifié 66 zymotypes. Les 131 accessions néo calédoniennes se regroupent en 27 zymotypes et de nombreux morphotypes distincts exhibent des zymogrammes identiques pour les quatre systèmes étudiés.

La variabilité des zymogrammes observée dans les limites de l'étude, peut être considérée comme faible, compte tenu de la diversité des origines du matériel végétal utilisé. On observe que des cultivars d'origines géographiques très diverses exhibent des zymotypes identiques et vice versa, des cultivars d'une même origine géogra-

les zymotypes est un  
critère essentiel de  
caractérisation

phique exhibent des zymotypes distincts. Il est probable que de nombreux cultivars soient issus de mutations somatiques au sein d'un même clone, ils présentent des morphotypes distincts mais des zymotypes semblables. Il est aussi fort probable que ces cultivars ont été distribués sur de très grandes distances sous forme de clones puisque la plupart sont stériles.

Bien que peu de travaux existent sur la diversité génétique de l'espèce, on pense aujourd'hui que sa forte variabilité morpho-agronomique résulte à la fois de recombinaisons par voie sexuée, opérées avant domestication, et de mutations somatiques sélectionnées par clonage. Si l'on en juge par la variabilité des cultivars étudiés, le *D. alata* semble donc être une espèce cultivée à base génétique étroite.

Les caractéristiques physico-chimiques des amidons semblent extrêmement variables. Elles sont en cours d'évaluation et permettront d'identifier les chimiotypes.

### Le taro

Les cultivars correspondent à deux variétés botaniques : le *Colocasia esculenta* var. *esculenta* (dasheen) et le *Colocasia esculenta* var. *antiquorum* (eddoe). Les dasheens sont surtout cultivés en terrasses irriguées et les eddoes tolèrent les systèmes pluviaux. La variabilité est considérable et des descripteurs permettent de distinguer de nombreux morphotypes en fonction des pigmentations des tiges, feuilles et cormes, mais aussi du nombre de stolons ou de feuilles. Les caractéristiques organoleptiques sont aussi très variables et certains cultivars doivent bénéficier de modes de cuisson appropriés.

La variabilité morphologique de 1 417 cultivars et formes sauvages originaires d'Asie et d'Océanie a été étudiée. Ils correspondent à plus de 700 morphotypes distincts. Le polymorphisme enzymatique de plus de 2 000 accessions, représentant les cultivars et certains hybrides  $F_1$ , a aussi été étudié pour préciser cette première caractérisation (Lebot and Aradhya, 1991). Les sept systèmes enzymatiques les plus polymorphes ne permettent pas une interprétation génétique des zymogrammes, mais le codage de 56 électromorphes indique cependant les origines géographiques présentant une grande diversité allélique. Les analyses multivariées montrent que les 143 zymotypes identifiés sont nettement différenciés en quatre groupes d'origines géographiques distinctes. Les cultivars présen-

|                   |
|-------------------|
| espèce cultivée à |
| base génétique    |
| étroite           |

|               |
|---------------|
| sept systèmes |
| enzymatiques  |

mutations somatiques  
sélectionnées par les  
agriculteurs

tent une base génétique très étroite et la plupart résultent vraisemblablement de mutations somatiques sélectionnées et conservées par les agriculteurs. Quelques gènes seulement sont responsables de la variabilité de certains caractères qualitatifs et correspondent à différents morphotypes d'une même origine génétique. Cette étude a donc démontré l'importance des nouvelles introductions pour élargir la base du germoplasme utilisé par les programmes d'amélioration.

Les isozymes restent cependant de bons indicateurs de divergence entre les accessions des collections. Ils fournissent des empreintes fiables et permettent donc d'éviter les introductions et échanges de cultivars génétiquement très proches, sur de grandes distances, avec tous les risques pathologiques que cela peut présenter.

Les rendements moyens en culture irriguée sont actuellement de 40 à 50 tonnes/ha et d'environ 20 tonnes/ha en culture pluviale, système qui présente le plus fort potentiel de développement. La variabilité génétique rassemblée dans ces collections (tableau 1), devrait permettre d'identifier des cultivars adaptés à la culture pluviale plutôt qu'irriguée. La triploidie semble, par ailleurs, être agronomiquement plus performante et mieux adaptée au système pluvial. L'avenir des programmes d'amélioration

| Origine                | Morphotypes | Zymotypes | Dissimilarité | Cytotypes |
|------------------------|-------------|-----------|---------------|-----------|
| Hawaii                 | 82          | 1         | 0             | 2x        |
| Polynésie Française    | 35          | 3         | 5,7           | 2x        |
| Ile de Pâques          | 9           | 1         | 0             | 2x        |
| Cooks                  | 3           | 1         | 0             | 2x        |
| Niuc                   | 5           | 1         | 0             | 2x        |
| Samoa                  | 43          | 1         | 0             | 2x        |
| N. Zélande             | 6           | 1         | 0             | 2x        |
| Ponapé                 | 11          | 3         | 5,7           | 2x        |
| Papouasie Nlle. Guinée | 452         | 70        | 53            | 2x, 3x    |
| Salomon                | 262         | 43        | 51            | 2x, 3x    |
| Nlle. Calédonie        | 82          | 18        | 51            | 2x, 3x    |
| Vanuatu                | 154         | 8         | 15,1          | 2x, 3x    |
| Fidji                  | 47          | 3         | 5,7           | 2x, 3x    |
| Indonésie              | 52          | 38        | 80            | 2x, 3x    |
| Malaisie               | 3           | 3         | 64            | 2x        |
| Thaïlande              | 1           | 1         | 0             | 2x        |
| Inde                   | 5           | 4         | 66            | 2x        |
| Philippines            | 146         | 3         | 5,4           | 2x        |
| Japon                  | 18          | 7         | 73            | 2x, 3x    |
| Chine                  | 1           | 1         | 0             | 2x        |

Tableau 1 - Nombre d'accessions de taro récoltées et caractérisées

Zymotypes= identifiés par 7 systèmes enzymatiques ;

Dissimilarité = 100 - nombre d'électromorphes identiques.

passer probablement par la recherche d'indicateurs de divergence fiables pour cibler les croisements potentiellement intéressants et donc permettre l'obtention de cultivars de type eddoe, triploïdes, présentant une bonne conservation post-récolte et des cornes faciles à récolter.

### Les plantains

Les plantains du Pacifique sont difficiles à récolter, décrire et classer du fait des problèmes que pose la récolte de germoplasme. Le transport de matériel végétal est délicat car ces mouvements risquent d'introduire des pathogènes. Par conséquent, ces cultivars ont été peu étudiés et leur classification génomique restait à confirmer. Les plantains du Pacifique sont un sous-groupe AAB nettement différencié des autres plantains d'Asie du Sud-Est. Trois cultivars composent ce sous-groupe et sont connus sous leurs noms Hawaïens de *Maoli*, *Popoulu* et *Iholena*. Ils sont cultivés aussi bien en Mélanésie, en Polynésie qu'en Micronésie.

des études locales

La variabilité intra-cultivar est importante et les agriculteurs dénomment et reconnaissent en moyenne une dizaine de morphotypes distincts pour chaque cultivar. Une clé dichotomique de détermination nous a permis de classer les nombreux morphotypes, que nous avons récoltés, et d'établir des concordances (Lebot *et al.*, 1994). En collaboration avec des chercheurs nationaux, des collections de germoplasme local ont été installées dans les pays concernés par ce programme (Papouasie-Nouvelle Guinée, Vanuatu, Nouvelle-Calédonie, Samoa occidentales, Polynésie française et Hawaï).

29

des mutants  
somatiques

Au total, 563 accessions (tableau 2) appartenant aux différents groupes génomiques et à des descendance de diploïdes ont été étudiées pour leur polymorphisme enzymatique de manière à identifier des allèles spécifiques et sous spécifiques (Lebot *et al.*, 1993). Les zymotypes des cultivars de Nouvelle-Guinée indiquent qu'il existe dans cette région des triploïdes *M. acuminata* autochtones (AAA), ce qui semblait peu probable auparavant. Les plantains du Pacifique appartiennent bien au groupe des AAB mais sont nettement différenciés des triploïdes AAB Asiatiques par une contribution de *Musa acuminata* ssp. *banksii* à leur génome. Pour ces cultivars, les nombreux morphotypes connus sous des noms vernaculaires différents présentent des zymotypes identiques et sont donc probablement des mutants somatiques conservés par clo-

nage. La même observation reste vraie pour les groupes ABB et ABBB.

| Origine             | AA  | AAA | AAB | ABB | ABBB | BB  | Total |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-------|
| Descendances        | 240 | —   | —   | —   | —    | 120 | 360   |
| Clones asiatiques   | 6   | 32  | 13  | 4   | —    | 4   | 59    |
| Hawaïi              | 1   | 0   | 20  | —   | —    | —   | 21    |
| Polynésie française | 1   | 2   | 28  | 11  | 2    | —   | 44    |
| Samoa occidentales  | 0   | 0   | 4   | 1   | 1    | —   | 6     |
| Nouvelle Calédonie  | 0   | 0   | 21  | 5   | —    | —   | 26    |
| Vanuatu             | 11  | 5   | 23  | 14  | —    | —   | 53    |
| Papouasie-N. Guinée | 133 | 70  | 86  | 57  | 8    | —   | 354   |
| Total accessions    | 152 | 109 | 195 | 92  | 11   | 4   | 563   |
| Zymotypes           | 51  | 65  | 49  | 22  | 3    | 2   | 192   |

Tableau 2 - Nombre d'accessions de plantains récoltées et caractérisées.

On observe des allèles spécifiques à *Musa acuminata* et à *Musa balbisiana* et une bonne concordance entre la traditionnelle taxonomie des descripteurs morphologiques et la classification obtenue à partir des zymotypes. Les isozymes sont suffisamment discriminants pour permettre une identification précise des cultivars par empreinte électrophorétique. Les cultivars de plantains du Pacifique seraient certainement intéressants à vulgariser dans d'autres zones géographiques, notamment en Afrique.

### Le kava

Cette plante est cultivée pour les remarquables propriétés anxiolytiques de ses principes actifs, les kavalactones, qui permettent d'obtenir une boisson relaxante à partir d'un extrait de racines. Il était nécessaire de caractériser son germoplasme pour pouvoir sélectionner les cultivars. Les prospections ont concerné 54 îles du Pacifique et 318 cultivars locaux de *P. methysticum* ont été récoltés (tableau 3). La variabilité est considérable et concerne

concordance entre les  
classifications

aussi bien le rendement racinaire en matière sèche que les morphotypes. Des descriptions morpho-agronomiques effectuées à l'aide de huit descripteurs fortement discriminants nous ont permis d'identifier 118 morphotypes distincts (Lebot and Lévesque, 1996).

| Pays               | Morphotypes | Chimiotypes | Zymotypes | Cytotypes |
|--------------------|-------------|-------------|-----------|-----------|
| Papouasie-N-Guinée | 4           | F           | 9,10      | 10x       |
| Vanuatu            | 80          | E, F, G, H  | 9,10      | 10x       |
| Fidji              | 12          | I           | 10        | 10x       |
| Tonga              | 7           | E, G        | 10        | 10x       |
| Samoa Occ.         | 6           | G, H, I     | 10        | 10x       |
| Samoa Amér.        | 5           | G, H        | 10        | 10x       |
| Wallis & Futuna    | 3           | E           | 10        | 10x       |
| Cooks              | 1           | I           | 10        | 10x       |
| Tahiti             | 3           | I           | 10        | 10x       |
| Marquises          | 1           | E           | 10        | 10x       |
| Hawaii             | 11          | E, I        | 10        | 10x       |
| Ponapé             | 2           | E, I        | 10        | 10x       |
| Kosrae             | 1           | E           | 10        | 10x       |

Tableau 3 - Nombre d'accessions de kava récoltées et caractérisées

Le kava contient plusieurs principes actifs très similaires dans leur structure. La composition chimique d'un cultivar est exprimée à l'aide d'un simple code. Il représente le chimiotype de l'extrait analysé suivant un ordre d'importance décroissante des six kavalactones majeures de l'extrait. Ce codage est désormais utilisé par l'industrie pharmaceutique et aide à représenter la composition chimique du cultivar. De plus, des analyses multivariées des données obtenues permettent de visualiser la variabilité chimiotypique et d'identifier 9 grands groupes.

On observe des variations de teneurs et de compositions importantes lorsque les cultivars sont cultivés dans un milieu donné et homogène (Lebot and Lévesque, 1996). Des essais agronomiques ont permis de conclure que la teneur en kavalactones était affectée par les effets du milieu et l'âge de la plante. Les teneurs peuvent varier de 4 à 21% en fonction du cultivar, et pour un même cultivar selon l'organe de la plante et l'environnement pédo-climatique. Par contre, le chimiotype d'un cultivar est parfaitement stable et indépendant de l'année ou de la saison de récolte et de l'île où il est cultivé. Le chimiotype est un indicateur de divergence fiable entre accessions et un

chimiotype stable

permettant une  
sélection clonale

marqueur moléculaire robuste. C'est aussi le critère fondamental pour sélectionner les clones. La sélection clonale s'est faite d'abord sur les chimiotypes et accessoirement sur les morphotypes car les concordances entre morphotypes et chimiotypes ne sont pas évidentes; si des morphotypes identiques mais d'origines géographiques différentes peuvent présenter des chimiotypes semblables, l'inverse est aussi vrai.

L'étude du polymorphisme de huit systèmes enzymatiques démontre une base génétique très étroite pour les cultivars. En Polynésie et en Micronésie par exemple, 93 accessions représentant 28 morphotypes et quatre chimiotypes distincts n'ont pu être différenciées et présentent toutes le même zymotype. Les accessions du germoplasme, précédemment différenciées en 118 morphotypes et 9 chimiotypes, sont discriminées en seulement trois zymotypes sur la totalité de l'aire de distribution. Il existe une correspondance entre les chimiotypes et les zymotypes. Les chimiotypes les plus appréciés, c'est à dire ceux dont la teneur en dihydrométhysticine est faible et la teneur en kawaïne forte, présentent tous les mêmes profils électrophorétiques. Il est fort probable que ces chimiotypes soient le résultat d'une longue et intense sélection par les paysans.

|                    |
|--------------------|
| zymotypes peu      |
| nombreux et        |
| correspondants aux |
| chimiotypes        |

## Conclusion

*Nous avons présenté dans cet article des résultats obtenus essentiellement par des chercheurs du CIRAD sur les plantes à racines et tubercules et les plantains. De nombreux résultats de même nature existent aussi pour le manioc, la patate douce, le macabo et d'autres espèces d'ignames. Tous ces résultats concordent pour révéler que, compte tenu des difficultés que rencontre l'amélioration génétique de ces plantes, il est urgent de caractériser et d'évaluer les ressources génétiques existantes car des cultivars d'intérêt potentiel méritent certainement d'être sélectionnés et multipliés. La méthode décrite ici est, à notre avis, la seule permettant de rapides avancées en la matière.*

*La précision des descriptions morpho-agronomiques effectuées ex situ paraît essentielle pour une première caractérisation de ces ressources génétiques. Pour toutes les espèces étudiées, différents morphotypes peuvent éventuellement présenter un même chimiotype et/ou zymotype, mais le contraire est rarement observé, peut être en raison*

de la précision des descriptions morpho-agronomiques. Les concordances entre zymotypes et morphotypes ne sont pas évidentes puisque les isozymes sont généralement indépendants des diverses pressions de sélection exercées par l'agriculteur ou le milieu, à un zymotype peuvent donc correspondre plusieurs morphotypes et vice versa. Ces discordances ne sont pas gênantes, au contraire, les résultats obtenus par une technique plutôt qu'une autre, donnent des informations complémentaires sur la variabilité du matériel et précisent l'idée que l'on s'en fait.

Apparemment, de nombreux cultivars seraient issus d'une sélection de mutants somatiques opérée par les agriculteurs. En raison de l'étroitesse des bases génétiques, liées à la multiplication végétative, l'attitude raisonnée des agriculteurs aurait visé à diversifier leur matériel par multiplication clonale. Leurs résultats sont souvent aussi spectaculaires qu'utiles mais les potentialités adaptatives de ce matériel sont faibles. La modification des agrosystèmes est actuellement très rapide et la dispersion des pathogènes, souvent alarmante (Lebot, 1992). L'érosion génétique est réelle : sous l'effet combiné de la modification des agrosystèmes et de la vulnérabilité des cultivars dont la base génétique est très étroite, elle peut aller jusqu'à l'abandon des cultures traditionnelles au profit de nouvelles espèces.

Il est donc important de mettre aujourd'hui l'accent sur la caractérisation et sur la conservation des cultivars traditionnels dont le potentiel pour les programmes d'amélioration deviendra aisément évaluable lorsque les caractéristiques physico-chimiques des amidons seront déterminées.

## Bibliographie

- HAMON P. and TOURÉ B., 1990a. Characterization of traditional yam varieties belonging to the *Dioscorea cayenensis-rotundata* complex by their isozymic patterns. *Euphytica*, 46: 101-107.
- HAMON P. and TOURÉ B., 1990b. The classification of the cultivated yams (*Dioscorea cayenensis-rotundata* complex) of West Africa. *Euphytica*, 47: 179-187.
- HAMON P., BRIZARD J. P., ZOUNDJHEKPON J., DUPERAY C., BORGEL A., 1992. Etude des index d'ADN de huit espèces d'ignames (*Dioscorea* spp.) par cytométrie en flux. *Canadian Journal of Botany*, 70: 996-1000.
- LEBOT V., and K. M. ARHADYA, 1991. Isozyme Polymorphism in Taro (*Colocasia esculenta* Schott.). *Euphytica*, 56: 55-66.
- LEBOT V., 1992. Genetic vulnerability of Oceania's traditional crops. *Experimental Agriculture*, 28 (3): 309-323.



- LEBOT V., ARHADYA M., R. M. MANSHARDT and B. MEILLEUR, 1993. Genetic relationships among cultivated bananas and plantains from Asia and the Pacific. *Euphytica*, 67: 163-175.
- LEBOT V., B. MEILLEUR, and R. M. MANSHARDT, 1994. Genetic diversity in Eastern Polynesian cultivated bananas. *Pacific Science*, 48 (1): 16-31.
- LEBOT V. and J. LÉVESQUE, 1996. Genetic control of kavalactones chemotypes in *Piper methysticum* cultivars. *Phytochemistry*, 43 (2): 397-403.

---

## Résumé

L'agriculture des plantes à racines et tubercules (*Colocasia*, *Dioscorea*, *Ipomoea*, *Manihot*, *Xanthosoma spp.* ...) et des bananes plantains (*Musa spp.*) s'appuie essentiellement sur la multiplication végétative. La plupart des cultivars ne bénéficient donc pas des recombinaisons génétiques fournies par la sexualité. Leurs potentialités adaptatives sont quasi nulles par rapport à des espèces à multiplication sexuée. Les ressources génétiques sont par conséquent de très grande valeur et doivent être soigneusement conservées et protégées. La caractérisation et l'évaluation des cultivars sont des étapes fondamentales dans le processus d'amélioration et de développement de ces cultures. Une méthodologie commune à ces espèces peut être utilisée, elle

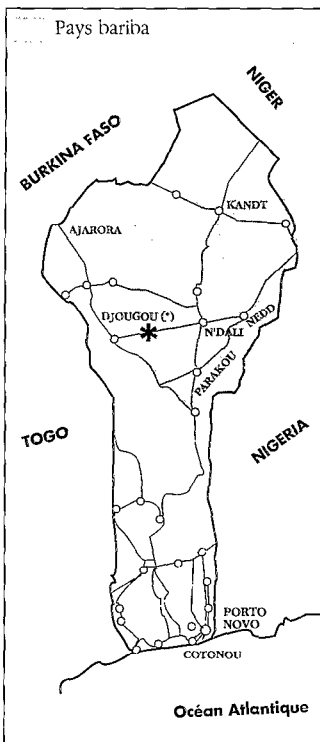
procède par étapes successives dans l'identification des morphotypes, zymotypes, chimiotypes, cytotypes et génotypes. Elle vise essentiellement à établir des concordances ou à révéler des discordances qui sont utilisées pour expliquer la structure de la variabilité. Les résultats obtenus pour les ignames, le taro, les plantains et le kava sont succinctement exposés et concordent pour révéler que, compte tenu des difficultés que rencontre l'amélioration génétique de ces plantes, il est urgent de caractériser et d'évaluer les ressources génétiques existantes car des cultivars d'intérêt potentiel méritent certainement d'être sélectionnés et multipliés. La méthode décrite ici est, à notre avis, la seule permettant de rapides avancées en la matière.

---

# La production d'ignames dans un village bariba du Bénin septentrional

Roland Dumont\*

## Introduction



L'igname est une culture vivrière essentielle pour l'ethnie bariba.

En 1994, cette culture a fait l'objet d'une collecte d'informations concernant le matériel végétal utilisé, les contraintes culturelles existantes et les motivations des producteurs.

Le travail a été réalisé dans le village de Sonoumon qui se trouve à 65 km de l'Ouest de N'Dali sur l'axe routier reliant cette localité à la ville de D'Jougou. Le village étudié marque la limite occidentale du territoire occupé par l'ethnie bariba. Pendant longtemps, une endémie d'onchocercose l'a maintenu séparé de l'ethnie Kpila-Kpila vivant à l'Ouest du fleuve Ouémé et l'impraticabilité chronique de la route l'a isolé des circuits commerciaux.

Au cours des 30 dernières années, plusieurs événements sont venus modifier la vie du village. Le coton et la culture attelée ont été introduits à la fin des années soixante. Dans un passé beaucoup plus récent, la liaison routière a été rétablie entre N'Dali et D'Jougou et l'onchocercose a été éliminée de la zone comprise entre les rivières Alpouro et Ouémé. Ces événements ont déterminé deux séries de conséquences.

\* CIRAD - CA

*D'une part, une économie de marché est apparue. Elle a entraîné un développement spectaculaire de la culture attelée. Ce phénomène a soustrait le bétail à l'ethnie Peulb. Celle-ci a été contrainte de se tourner vers l'agriculture en donnant une grande importance à l'igname. D'autre part, l'ethnie kpila-kpila a colonisé la zone débarrassée de l'onchocercose en apportant son matériel végétal dont des variétés d'ignames.*

**METHODE**

Une enquête a été réalisée, d'octobre à décembre 1994, sur 16 exploitations agricoles du village.

Elle compte trois volets principaux :

- Un inventaire du matériel végétal cultivé a été réalisé. Dans chaque exploitation on a dénombré la quantité de buttes correspondant à chacune des espèces et variétés cultivées. Les observations portent sur 91 741 buttes pour l'ensemble des 16 exploitations étudiées.

- Des informations ont été recueillies concernant les variétés communément cultivées : ancienneté dans l'agriculture locale, particularités biologiques, avantages et inconvénients culturaux, aptitude à la conservation, utilisation culinaire, intérêt commercial.

- Les facteurs agissant sur la production ont été étudiés. Les exploitations productrices ont été caractérisées sur la base de leur

structure familiale (nombre d'hommes et de femmes actifs, nombre de consommateurs), de la forme d'agriculture pratiquée (manuelle ou traction animale) et de la surface cultivée en coton. La consommation de l'igname a été évaluée ; dans chacune des exploitations étudiées, une pesée a été faite hebdomadairement afin de connaître la quantité d'igname utilisée à l'occasion d'un repas familial. On a aussi situé la place de l'igname parmi les différents produits agricoles contribuant à la formation du revenu monétaire.

**ANALYSE**

Le matériel végétal est étudié à partir de son inventaire, de ses caractéristiques biologiques, de ses contraintes culturelles et de ses utilisations (cuisine et commerce) et à partir des différents aspects de la production ; les interactions existant entre l'igname, le coton et la culture attelée sont précisées.

36

**Le matériel végétal**

Quarante deux variétés, rattachées à quatre espèces d'ignames ont été recensées: soit 36 variétés de *D. cayenensis-rotundata*, quatre de *D. alata*, et une de *D. dumetorum* et de *D. bulbifera*. L'espèce *D. cayenensis-rotundata* est, de très loin, la plus riche sur le plan de la biodiversité. Elle est séparée en deux groupes variétaux par le cultivateur bariba. Ce sont Tam dwé et Yassounou. Ces deux groupes correspondent à des formes d'exploitation différentes mais complémentaires en matière d'approvisionnement vivrier. Les Tam dwé réunissent les variétés exploitées en double récolte

|                 |
|-----------------|
| quatre espèces, |
| quarante deux   |
| variétés        |

limites imprécises  
entre certaines  
variétés

(fin juin à mi-octobre). Ce groupe compte 16 variétés. Les Yassounou recouvrent les ignames exploitées en récolte unique (décembre à janvier). On a ici 20 variétés. Il n'y a pas toujours une limite rigoureuse entre ces deux groupes variétaux. Les variétés Boni Wouré, Singou et Sayiya peuvent passer d'un groupe à l'autre selon les conditions de culture qui prévalent ou encore selon les techniques culturales mises en oeuvre. D'un autre côté, dans une population de Tam dwé, il y a toujours des individus traités en récolte unique parce que le développement du tubercule a été insuffisamment rapide pour permettre une récolte précoce.

Les différentes composantes du matériel végétal se distribuent de la façon suivante à l'intérieur de la surface cultivée en ignames par l'ensemble des 16 exploitations étudiées.

| Espèce  | Partie correspondante (%)<br>de la surface cultivée |
|---|---|
| <i>D. alata</i>   | 7,40  |
| <i>D. dumetorum</i>                                     | 0,06  |
| <i>D. bulbifera</i>                                     | 0,04  |
| <i>D. cayenensis-rotundata</i><br>variétés à 2 récoltes | 35,40   |
| variétés à 1 récolte                                    | 57,10   |

□  
37

Tableau 1 - Importance relative des différentes espèces d'ignames dans l'agriculture du village étudié.

prépondérance des  
ignames  
*D. cayenensis rotundata*  
dans l'agriculture

Les *D. cayenensis-rotundata* couvrent donc 92,5 % de la surface cultivée en ignames. En descendant au niveau du groupe variétal, on observe que la plus grande partie de la production est assurée par un faible nombre de variétés. Les variétés Morokoru, Kokouma, Kpouna, Douroubayésirou et Guirissi couvrent 78 % de la surface cultivée avec les ignames à deux récoltes et l'une ou l'autre des deux premières variétés se rencontre dans toutes les exploitations. Quatre variétés correspondent à 56,8 % de la surface occupée par les ignames à une récolte. Ce sont Boni Wouré, Kpila-Kpila, Kouri-Kouri et Singo, mais seule la première de ces variétés est utilisée par toutes les exploitations.

Il faut remarquer que des variétés rarement cultivées peuvent parfois prendre une grande importance dans l'exploitation. Ceci

prévaut pour Ahimon dans les variétés à deux récoltes mais concerne aussi Singou, Taba Ndé, Gambari Yinnon, Kagourou, Ayé et Yo Tassou parmi les variétés à une récolte. Elle s'applique aussi à *D. alata* dans une des exploitations étudiées. Pour le moment, on ne possède aucune information permettant d'expliquer pourquoi l'intérêt du cultivateur se trouve parfois fortement dirigé vers du matériel végétal peu communément exploité par l'agriculture.

En prenant comme critère l'ancienneté de la culture dans le village exception faite pour la variété Wamé à propos de laquelle aucune information n'a été obtenue ainsi que les variétés Guirissi et Danni faisant l'objet d'une controverse, les 33 variétés restantes se répartissent bien en fonction de leur ancienneté. Dix neuf variétés sont cultivées depuis une époque indiquée comme très ancienne tandis que 14 variétés correspondent à des introductions dans un passé récent (moins de 25 ans).

Si on traduit en terme de superficie les différentes combinaisons entre le critère d'ancienneté et la catégorie d'ignames, on observe que les variétés introduites occupent la surface cultivée à concurrence de 12,9 % pour les ignames à deux récoltes et de 29,6 % pour les ignames à une récolte. Dans le second cas, le phénomène a certainement une dimension significative. Il montre que du matériel végétal étranger a été préféré et donc qu'il a apporté un avantage particulier à l'agriculture locale.

des degrés  
d'ancienneté  
différents dans  
l'agriculture

mais bonne diffusion  
de matériel végétal  
étranger

## Principales caractéristiques des ignames *D. cayenensis-rotundata* cultivée dans le village

### Le nombre de tubercules par plante

Les variétés à deux récoltes fournissent peu de tubercules. C'est l'inverse pour les variétés à une récolte. A l'intérieur de cette seconde catégorie d'ignames, il existe toutefois quatre variétés qui s'écartent du comportement général (Boni Wouré, Yassou Koukounou, Singo et Taba Ndé).

### L'aptitude semencière

Pour reproduire les *D. cayenensis-rotundata*, le cultivateur dispose de une à trois solutions selon le type de matériel variétal.

- Le tubercule de seconde récolte fourni par le matériel végétal exploité selon la technique de la double récolte. Le volume de la production semencière est subordonné à la précocité de la

facteur variétal

à partir de tubercules  
de seconde récolte

| Variétés d'ignames | Tubercules par plante | Matériel de reproduction | Sensibilité Heteroligus | Conservat°     | Utilisation culinaire | Commerce | Motivation     | Origine                       |                |
|--------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|----------------|-----------------------|----------|----------------|-------------------------------|----------------|
| Orou yinsingué     | ①                     | ②                        | S <sub>0</sub>          | C <sub>0</sub> | a  b ①                |          |                | R <sup>15</sup>               |                |
| Fagona             | ①                     | ②                        | S <sub>0</sub>          | C <sub>0</sub> | c  b ①                |          |                | A <sup>15</sup>               |                |
| Kpouna             | ①                     | ②                        | S <sub>3</sub>          | C <sub>0</sub> | c  b a ④              |          | M <sup>3</sup> | A <sup>13</sup>               |                |
| Douroubayésirou    | ①                     | ② ∅                      | S <sub>1</sub>          | C <sub>1</sub> | c                     | ▲        | M <sup>1</sup> | A <sup>10</sup>               |                |
| Kpakpara           | ①                     | ② ∅                      | S <sub>0</sub>          | C <sub>0</sub> | c                     | ▲        |                | A <sup>8</sup>                |                |
| Guirissi           | ①                     | ② ∅                      | S <sub>1</sub>          | C <sub>1</sub> | c                     | ① ▲      | M <sup>2</sup> | A <sup>6</sup> R <sup>2</sup> |                |
| Dikpiri            | ①                     | ②                        | S <sub>0</sub>          | C <sub>1</sub> | c                     |          |                | R <sup>2</sup>                |                |
| Kokouma            | ①                     | ②                        | S <sub>1</sub>          | C <sub>1</sub> | c                     | ③        | M <sup>4</sup> | A <sup>6</sup>                |                |
| Abimon             | ①                     | ② ∅                      | S <sub>1</sub>          | C <sub>1</sub> | a  b                  | ▲        | M <sup>1</sup> | R <sup>7</sup>                |                |
| Darni              | ①                     | ② ∅                      | S <sub>1</sub>          | C <sub>0</sub> | c  b                  |          | M <sup>1</sup> | A <sup>3</sup> R <sup>6</sup> |                |
| Satouma            | ①                     | ②                        | S <sub>1</sub>          | C <sub>0</sub> | c                     | ▲        |                | R <sup>3</sup>                |                |
| Orodo              | ①                     | ② ∅                      | S <sub>0</sub>          | C <sub>0</sub> | b  b  c               | ▲        |                | R <sup>8</sup>                |                |
| Ghéra              | ①                     | ②                        | S <sub>0</sub>          | C <sub>0</sub> | b  c  a               |          | M <sup>1</sup> | A <sup>9</sup>                |                |
| Agogo              | ①                     | ②                        | S <sub>0</sub>          | C <sub>1</sub> | c  c  a               |          |                | A <sup>8</sup>                |                |
| Soussou            | ①                     | ②                        | S <sub>0</sub>          | C <sub>1</sub> | c  b  a               | ① ▲      | M <sup>1</sup> | A <sup>12</sup>               |                |
| Morokourou         | ①                     | ②                        | S <sub>1</sub>          | C <sub>1</sub> | c  b                  | ③        | M <sup>4</sup> | A <sup>14</sup>               |                |
| Singo              | ①                     | ∅                        | ○                       | S <sub>0</sub> | C <sub>2</sub>        | c        |                | A <sup>3</sup>                |                |
| Adosika            |                       | ∅                        | ○                       | S <sub>1</sub> | C <sub>3</sub>        | c        |                | R <sup>6</sup>                |                |
| Tam Saan           |                       | ∅                        | ○                       | S <sub>1</sub> | C <sub>1</sub>        | c  b     |                | R <sup>5</sup>                |                |
| Boni Wouré         | ①                     | ∅                        | ○                       | S <sub>0</sub> | C <sub>4</sub>        | c  c  b  |                | A <sup>15</sup>               |                |
| Sayiya             |                       | ∅                        | ○                       | S <sub>0</sub> | C <sub>1</sub>        | c  a  b  | ▲              | M <sup>1</sup>                | R <sup>4</sup> |
| Taba Ndé           | ①                     | ∅                        | ○                       | S <sub>1</sub> | C <sub>3</sub>        | c        | ▲              | R <sup>2</sup>                |                |
| Singou             |                       | ∅                        | ○                       | S <sub>0</sub> | C <sub>1</sub>        | c        |                | M <sup>1</sup>                | A <sup>7</sup> |
| Kpila-Kpila        |                       | ∅                        | ○                       | S <sub>0</sub> | C <sub>1</sub>        | c  a  b  | ③              | R <sup>13</sup>               |                |
| Yon Bouanri        |                       | ∅                        | ○                       | S <sub>0</sub> | C <sub>0</sub>        | c        | ②              | A <sup>4</sup>                |                |
| Kouiri-Kouri       |                       | ∅                        | ○                       | S <sub>0</sub> | C <sub>1</sub>        | c  a  b  | ③              | R <sup>6</sup>                |                |
| Gambari Yirnou     |                       | ∅                        | ○                       | S <sub>0</sub> | C <sub>0</sub>        | c        | ▲              | A <sup>7</sup>                |                |
| Yakara Ngo         |                       | ∅                        | ○                       | S <sub>0</sub> | C <sub>0</sub>        | c        |                | A <sup>3</sup>                |                |
| Kagourou           |                       | ∅                        | ○                       | S <sub>1</sub> | C <sub>3</sub>        | c        | ▲              | A <sup>5</sup>                |                |
| Boni Yakpa         |                       | ∅                        | ○                       | S <sub>0</sub> | C <sub>0</sub>        | c  b  a  | ▲              | A <sup>3</sup>                |                |
| Yassouf Konkounou  | ①                     | ∅                        | ○                       | S <sub>2</sub> | C <sub>0</sub>        | c        |                | R <sup>2</sup>                |                |
| Wamé               |                       | ∅                        | ○                       | S <sub>0</sub> | C <sub>0</sub>        | c        |                |                               |                |
| Ayé                |                       | ∅                        | ○                       | S <sub>0</sub> | C <sub>3</sub>        | c        |                | A <sup>7</sup>                |                |
| Kobourou           |                       | ∅                        | ○                       | S <sub>0</sub> | C <sub>0</sub>        | c  b     |                | R <sup>2</sup>                |                |
| Mare Tassou        |                       | ∅                        | ○                       | S <sub>0</sub> | C <sub>2</sub>        | b  c     |                | R <sup>3</sup>                |                |
| Yoa Tassou         |                       | ∅                        | ○                       | S <sub>0</sub> | C <sub>1</sub>        | c  a     |                | R <sup>11</sup>               |                |

① 1 ou 2 + de 2 tubercules par plantes  
 ② Tubercule de 2<sup>e</sup> récolte ∅ fragment o petit tubercule  
 S Sensibilité à Heteroligus (O = nulle, 3 = forte)  
 C Inaptitude à la conservation (0 = mauvaise, 4 = excellente)  
 Utilisation culinaire pilée bouillie braisée a = la moins appréciée, c = la plus appréciée)  
 Commerce o tubercule frais ▲ cossettes (1 demande occasionnelle, 4 = demande durable)  
 M motivation culturelle (1 = faible, 4 = forte)  
 A origine ancienne R origine récente (nombre d'années)

première récolte. Cette contrainte a une dimension variétale. Celle-ci peut être très étroite ou relativement large. Dans tous les cas, elle présente cependant l'inconvénient de concentrer la majeure partie de la première récolte sur une période de 3 mois (juillet à septembre) tout en fournissant des tubercules n'ayant pas atteint l'étape physiologique nécessaire pour permettre leur conservation.

- Les tubercules de récolte unique peuvent être fractionnés pour obtenir les boutures nécessaires à la plantation. Cette solution est coûteuse car elle prive l'alimentation (ou le commerce) d'une partie de la production. L'enquête montre que les tubercules de récolte unique représentent le matériel de multiplication le plus communément disponible pour les ignames tardives tout en étant rarement la seule possibilité de reproduction qui leur est applicable. En revanche, pour plus de la moitié des variétés à deux récoltes dont notamment Morokourou, Kokouma et Kpouna qui sont les plus largement cultivées, le paysan n'utilise pas cette voie de reproduction car elle conduit toujours à une chute importante de productivité principalement liée à un retard ou (et) à un déficit dans la levée. En marge de la situation d'ensemble venant d'être présentée, il reste que le paysan utilise le tubercule de récolte unique pour multiplier six variétés à deux récoltes. On peut supposer que l'inconvénient évoqué précédemment n'existe pas pour ces variétés.

- Le petit tubercule entier obtenu en récolte unique est utilisé comme matériel de reproduction chez la moitié des variétés à récolte tardive rencontrées par l'inventaire. Cette technique est, à la fois, la plus simple et la moins coûteuse.

La diversité des possibilités de reproduction de l'igname ne semble pas avoir une influence déterminante dans les choix variétaux opérés par les paysans. Parmi les ignames à deux récoltes, les variétés Morokouma, Kokouma et Kpouna représentent 55 % des surfaces cultivées alors que leur reproduction est strictement inféodée à la double récolte. Parmi les ignames à une récolte, beaucoup de variétés sont peu cultivées bien qu'elles présentent un avantage semencier mais il est vrai aussi que les variétés les mieux distribuées dans l'agriculture font partie de celles qui offrent une solution facile au problème semencier.

### Les contraintes culturelles

Les informations fournies par le paysan sont représentées de façon schématique. Elles associent les contraintes culturelles identifiées avec l'inventaire variétal correspondant à chacune d'elles.

en fractionnant de  
gros tubercules

en utilisant les petits  
tubercules

| Contraintes identifiées                       | Variétés concernées  |
|---|--|
| Fertilité du sol                              | Kpouna, Morokorou, Kokouma, Douroubayésirou, Danni, Ahimon, Soussou, Ayé, Wamé                 |
| Labour avant buttage                          | Kpouna, Morokorou, Kokouma, Ourou Yinsingué, Fagona, Soussou                                   |
| Précocité plantation                          | Kpouna, Ourou Yinsingué, Fagona, Danni, Ayé, Boni Yakpa, Yan Bouanri, Gambari Yinnon, Kagourou |
| Bouture volumineuse                           | Kpouna, Morokorou, Kokouma, Danni  |
| Absence de stress                             | Kpouna,  |
| Enherbement                                   | Kpouna, Tam Saan   |
| Précocité récolte                             | Kpouna, Ourou Yinsingué, Fagona, Guirissi, Soussou, Ahimon                                     |
| • Problème semencier                          |  |
| • Dégâts d' <i>Heteroligus sp.</i>            | Kpouna, Kpakara, Guirissi, Danni, Adosika, Tam Saan, Taba Ndé, Konkounou                       |
| • Sensibilité à la chaleur                    | Kpila-Kpila, Morokorou, Kokouma, Guirissi  |
| Défaut dans les caractéristiques du tubercule | Guirissi, Douroubayésirou, Soussou, Ayé, Wamé, Agogo, Yassou, Konkounou, Yakara Ngo, Tam Saan  |

Tableau 3 - Les contraintes culturelles des différentes variétés d'ignames

---

 fertilité
 

---

Le critère fertilité marque la subordination des variétés concernées à l'agriculture itinérante qui concentre préférentiellement les défrichements effectués sur les peuplements arborés associant *Isobertinia doka* (Césalpinée) avec *Uapaca togoensis* (Euphorbiacée). Cette contrainte détermine une forte dispersion spatiale dans l'agriculture de l'igname et des productions, dont le coton, qui se succèdent dans le même système de culture. Elle éloigne l'agriculture du village au point de nécessiter la création de campements et de stocks de nourriture pour permettre le maintien de la main-d'oeuvre sur les champs à l'époque où les besoins en travail sont élevés.

---

 labour
 

---

Le labour avant buttage est une exigence particulière aux variétés qui développent de longs tubercules afin d'éviter la déformation du tubercule en lui aménageant un espace meuble en profondeur.



---

plantation précoce

---

La précocité de la plantation influence différents aspects de la production. Chez les ignames à deux récoltes, elle conditionne l'époque de la première récolte qui est un critère essentiel dans trois cas (Fagona, Ourou Yinsingué, Kpouna). Elle se répercute également sur la production semencière. Chez certaines variétés à récolte unique, c'est la productivité du matériel végétal qui apparaît parfois fortement tributaire de la précocité de la plantation.

---

calibre de la bouture

---

L'utilisation de boutures volumineuses ( $\pm 400$  g) est une pratique indispensable pour Morokorou, Kokouma et Kpouna qui sont les plus cultivées dans la catégorie des ignames à deux récoltes. Le calibre important de la bouture induit un démarrage rapide et vigoureux de la plante. Ce sont des avantages qui favorisent soit la précocité de la première récolte, soit le développement volumique du tubercule (ce second point est très important sur le plan socio-culturel).

---

protection des  
boutures

---

L'effet de stress est une notion étroitement associée aux variétés Kpouna et Danni. Le problème possède plusieurs dimensions. D'abord, il implique de grandes précautions dans la conservation des boutures pendant la période séparant la récolte de la plantation. Ces précautions font intervenir les techniques de stockage et la protection contre les insectes (cochenilles notamment). Faute de les respecter, on aboutit à une mauvaise levée et à une diminution de la productivité. Dans un autre ordre d'idée, l'absence de stress signifie, à la fois, une excellente fertilité chimique et physique, une température modérée à l'époque de la levée, une pluviosité suffisante, un bon drainage du sol et une maîtrise parfaite de l'enherbement.

---

enherbement

---

La sensibilité de l'enherbement concerne les variétés Kpouna et Tam Saan. La seconde de ces ignames est fortement handicapée par le faible développement de son appareil végétatif s'opposant mal à la prolifération des mauvaises herbes. Dans le sens contraire, on indiquera que les variétés Singo, Taba Ndé et surtout Yakara Ngo se singularisent par un développement végétatif exubérant. Dans une agriculture ne pratiquant pas le tuteurage, ce caractère permet une forte couverture du sol avec un allègement correspondant des besoins en sarclage.

---

précocité de la  
récolte

---

La précocité de récolte apparaît comme une contrainte importante : elle peut conditionner fortement le succès de la production semencière chez les ignames à deux récoltes. Elle est aussi une nécessité quand la vulnérabilité variétale vis-à-vis de l'échauffement du sol interdit la conservation en buttes. Elle est enfin un moyen pour soustraire les tubercules au danger que représentent *Heteroligus* sp. En effet la larve de ce Coléoptère (appelée « kouba » en dialecte bariba) creuse des galeries dans

le tubercule mettant en péril la valeur qualitative du tubercule et son potentiel reproductif. La variété Kpouna est la plus concernée par ce problème. Le paysan lie l'importance des dégâts affectant cette variété avec l'abondance de *Prosopis africana* (Mimosée) et *Pterocarpus erinaceus* (Papilionacée) dans certains des peuplements arborés qu'il met en culture. Il évite, en tout cas, de planter Kpouna dans l'environnement immédiat de chacun de ces deux arbres.

caractéristiques  
qualitatives des  
tubercules

Les défauts qui affectent le tubercule sont souvent l'expression de facteurs défavorables à la culture. Ainsi l'insuffisance de fertilité provoque-t-elle l'apparition de crevasses profondes dans la peau du tubercule chez Wamé et Ayé, une grande abondance de fibres dans la chair de Soussou et une coloration brunâtre de la chair chez Douroubayésirou. Le laxisme au niveau des techniques culturales peut aussi devenir une cause de défaut pour le tubercule. Retarder exagérément la récolte de Guirissi fait jaunir la chair de cette igname, dissocier la culture de Tam Saan des sols gravillonnaires diminue considérablement la qualité culinaire de cette variété tandis que placer Agogo dans des conditions de fertilité élevée provoque la formation d'une cavité à l'intérieur du tubercule.

contraintes  
pathologiques

Les maladies de l'igname ne figurent pas parmi les contraintes identifiées par les paysans ce qui signifie probablement l'inexistence d'événements pathologiques graves capables de compromettre fortement la production. Les pertes liées aux maladies ne sont pas dissociées de l'effet des autres facteurs qui interviennent souvent de façon antérieure, dans la diminution de rendement (stress hydrique notamment).

contraintes culturales

Par contre les difficultés culturales semblent bien orienter le choix variétal parmi les ignames à une récolte. Les variétés Boni Wouré, Kpila-Kpila et Singo qui bénéficient d'une grande indépendance vis-à-vis des contraintes agronomiques sont, en même temps, celles qui sont les mieux représentées dans l'agriculture. Cette relation de cause à effet ne se retrouve pas chez les ignames à deux récoltes. Les variétés les plus cultivées sont accompagnées de contraintes diverses. Kpouna qui est l'une de ces variétés, apparaît même comme l'igname dont la production est la plus délicate. En revanche, s'agissant de Morokorou et Kokouma, on remarquera qu'elles sont concernées de façon plus partielle par les contraintes culturales. Cette situation de relative liberté contribue probablement à la large utilisation de ces variétés dans l'agriculture locale.

### L'aptitude à la conservation

maîtriser les pertes

L'aptitude à la conservation relève de deux aspects principaux : la résistance aux pourritures et aux insectes qui détériorent les tubercules et la capacité de maintenir durablement la qualité culinaire. Cette seconde condition implique une activité catabolique fonctionnant au ralenti pour économiser les réserves amylacées stockées par les tubercules.

Dans l'ensemble la meilleure aptitude à la conservation se rencontre parmi le matériel végétal habituellement exploité en récolte unique. Cette idée générale recouvre cependant une large diversité de comportements. Il existe pourtant six variétés d'ignames à deux récoltes qui peuvent être conservées jusqu'à la fin décembre (c'est à dire pendant 2 mois). Trois d'entre elles (Morokorou, Kokouma et Guirissi) sont largement cultivées.

de 2 à 6 mois

Parmi les variétés à une récolte, l'aptitude à la conservation possède une amplitude très vaste. Si sept variétés ne se conservent pas, cinq variétés peuvent facilement être conservées pendant six mois. Ce sont Adosika, Taba Ndé, Kagourou, Ayé et Boni Wouré. La dernière d'entre elles est réputée pour avoir un excellent comportement en conservation de longue durée, c'est une des raisons expliquant sa grande importance dans l'agriculture.

### Utilisation culinaire

Les ignames sont pilées ou bouillies ou encore cuites dans la braise. La première technique implique que les ignames soient transportées au village et elle est exigeante en travail. Ces inconvénients sont réduits ou disparaissent dans les deux autres cas. On a, en tout cas, une diversité de solutions que le paysan gère de façon circonstancielle. L'igname pilée est indiscutablement la plus appréciée et la préparation culinaire la plus courante. Cette forme de cuisine s'efface toutefois devant les techniques moins contraignantes à l'époque où la main-d'oeuvre familiale (et parfois salariée) est fortement sollicitée par le travail. Cette conversion de la technique culinaire permet le stockage des ignames et la préparation des repas sur le lieu de travail éloigné de l'habitat. C'est un avantage qui se répercute positivement sur les activités agricoles.

igname pilé :  
technique  
contraignante

Des divergences apparaissent en ce qui concerne le degré d'adéquation des diverses variétés d'ignames aux différentes techniques culinaires utilisées par la population étudiée. Le patrimoine variétal est fortement orienté vers la cuisine de l'igname pilée. En marge de cette situation générale, il existe cependant quatre exceptions dont l'une est absolument remarquable. Seule la variété Boni Wouré apparaît fortement appréciée sous forme bouillie qui est la préparation culinaire

mais la plus  
communément utilisée

la mieux appropriée à la cuisine rapide nécessaire pendant la période de mai à juillet, fortement chargée en travaux cultureux. On a ici un second argument expliquant pourquoi la variété Boni Wouré se rencontre dans toutes les exploitations.

### La demande commerciale

Le village étudié reste à l'écart des circuits commerciaux importants. Il existe néanmoins une demande commerciale pour les ignames sous forme de tubercules frais ou de cossettes.

La demande commerciale en tubercules frais est principalement dirigée vers les ignames à deux récoltes. Parmi celles-ci, la variété Kpouna est la plus recherchée. Ceci explique son importance dans l'agriculture en dépit des nombreuses contraintes liées à sa production. Les variétés Morokorou, Kokouma, et à degré moindre Soussou, sont aussi fortement sollicitées par le commerce. En dehors de leurs qualités intrinsèques, elles ont l'avantage d'échapper à la concurrence de Kpouna parce que leur production est plus tardive et aussi parce qu'elles sont dotées d'une relative aptitude à la conservation. Parmi les ignames à une récolte, on remarquera que seule les variétés Kpila-Kpila et Kouri-Kouri passent dans le commerce. C'est probablement une des raisons expliquant la large adoption de ces ignames étrangères par la population Bariba. Si on regarde de façon plus générale l'aspect commercial des ignames, on observe qu'à l'intérieur des 16 exploitations étudiées le matériel végétal à vocation commerciale occupe 21 à 64 % des surfaces consacrées aux *D. cayenensis-rotundata*. Dans dix cas, on approche ou on dépasse le seuil de 50 %. Il semble donc bien que de nombreuses exploitations intègrent la préoccupation commerciale dans leurs objectifs de production. Ce phénomène est récent. Il est probablement fortement attaché au rétablissement de la liaison routière entre N'Dali et Djougou.

La préparation des cossettes est une opération de récupération qui gère trois produits différents. D'abord, les bouts de tubercules (extrémités distales) rejetés de la cuisine faite avec les variétés à deux récoltes parce qu'ils sont amers. Ensuite, les tubercules trop petits pour l'utilisation culinaire. Enfin, les épluchures fournies par la cuisine de l'igname. Ces trois produits sont conservés. Les épluchures participaient naguère à l'aménagement d'un stock de sécurité parfois nécessaire au cours de la période de soudure alimentaire (mai-juillet). Elles sont utilisées aujourd'hui, pour nourrir le bétail de trait en saison sèche. Les deux autres produits conservent de l'importance dans la stratégie de sécurité alimentaire mais depuis quelques années, ils sont aussi recherchés par le

surtout de l'igname  
fraîche

ignames de  
récupération :  
cossettes

commerce qui semble se concentrer sur des variétés particulières. Les variétés Douroubayésirou et Orodó sont particulièrement appréciées, l'une parce qu'elle fournit des cossettes de calibre relativement gros et par la blancheur du produit.

## La production

### Informations techniques

L'enquête fait apparaître que quatre exploitations correspondent à une agriculture entièrement manuelle tandis que douze exploitations recourent à la culture attelée (traction bovine) pour la préparation du sol. Ces deux catégories d'exploitations sont comparées en utilisant une série de critères quantitatifs.

|   |                    |                    |
|---|--------------------|--------------------|
| Nombre de consommateurs/expl.           | Cult. manuelle 8,8 | Cult. attelée 14,7 |
| Nombre d'hommes actifs/expl.            | 3,4                | 5,9                |
| Nombre de femmes actives/expl.          | 3,8                | 6                  |
| Surface totale cultivée en ignames (ha) | 0,67               | 1,26               |
| Quantité d'ignames consommée/expl. (t)  | 3,4                | 11,3               |

Les exploitations utilisant la traction animale se détachent clairement en ce qui concerne la dimension familiale, la capacité d'investissement en travail et l'importance de la surface cultivée. Ceci étant, aussi bien en culture manuelle qu'en culture attelée, la surface cultivée en ignames est positivement corrélée avec le nombre d'hommes actifs mais statistiquement indépendante des disponibilités en main d'œuvre féminine. La relation avec le consommateur est moins claire. En culture attelée, la surface des ignames est significativement corrélée avec le nombre de consommateurs existant dans l'exploitation mais une telle liaison ne peut être faite au niveau de la culture manuelle. Dans ce cas, c'est probablement la quantité insuffisante d'informations qui est en cause car le calcul arithmétique montre que les deux formes d'agriculture sont très semblables quand on exprime la surface cultivée par rapport au nombre de consommateurs (847 et 761 m<sup>2</sup> correspondant respectivement à 457 et 406 buttes). On retiendra donc que les variations observées dans la surface en ignames, ne semblent pas affectées par la forme d'agriculture. Pour le moment, il n'y a apparemment pas d'antagonisme entre la culture attelée et la production de l'igname.

le passage à la culture attelée ne modifie pas le rapport entre la surface en ignames et le nombre de consommateurs

|                                      |                       |                    |
|--------------------------------------|-----------------------|--------------------|
| Variétés d'ignames en culture        | Culture manuelle 11,2 | Culture attelée 11 |
| Surface en ignames à 2 récoltes (ha) | 0,25                  | 0,44               |
| Surface en ignames à 1 récolte (ha)  | 0,41                  | 0,82               |

ni l'éventail variétal  
utilisé

La quantité de variété utilisée ne varie pas en fonction des formes d'agriculture observées. On notera que la culture attelée ne semble pas modifier l'éventail variétal exploité et qu'en termes de surfaces cultivées, le rapport ne change guère entre les variétés à une et deux récoltes. (1,50 en culture manuelle contre 1,63 en culture attelée). Autrement dit, le passage à la culture attelée maintient l'étalement de la production. Ce résultat est souvent obtenu au prix du dédoublement de la production dans l'espace. Les variétés à deux récoltes sont cultivées sur défriche tandis que les ignames à une récolte sont plus ou moins largement intégrées dans le système à demi-sédentarisé.

|   |                   |                     |
|---|-------------------|---------------------|
| Surface cultivée en coton                           | 1,75              | 4,15                |
| Surface cultivée en ignames<br>par exploitation (t) | Cult. attelée 0,1 | Cult. manuelle 0,26 |

relation avec la  
culture du coton

La surface cultivée en ignames, regardée globalement ou séparée sur la base des groupes variétaux (2 et 1 récolte), est statistiquement corrélée avec la surface en coton dans le cas de la culture manuelle. Cette relation n'existe pas au niveau de la culture attelée. Dans ce cadre d'agriculture, la surface en coton est soumise à de fortes variations qui semblent indépendantes de l'igname. Néanmoins, on a indiqué précédemment que la culture attelée ne diminue pas la surface en ignames. Par voie indirecte, on conclura donc que pour le moment, la culture du coton n'intervient pas de façon négative sur la production de l'igname.

Si on considère les variétés Adosika, Boni Wouré, Taba Ndé et Kagourou qui sont celles ayant la meilleure aptitude à la conservation, il apparaît que la surface consacrée à ces ignames est positivement corrélée à la surface en coton dans les exploitations travaillant en culture attelée. Autrement dit, la stratégie de production cotonnière de ces exploitations passe par l'aménagement d'un stock vivrier faisant largement appel aux ignames.

|  |                     |                    |
|--|---------------------|--------------------|
| Quantité (kg) d'igname utilisée/pers./jour | Cult. manuelle 1,82 | Cult. attelée 3,25 |
|--|---------------------|--------------------|

variations importantes  
de la consommation  
individuelle

La quantité d'igname consommée individuellement, de façon quotidienne, passe de 1,82 kg à 3,25 kg selon que les exploitations travaillent en culture manuelle ou avec la traction animale. Ces quantités correspondent respectivement à 2,0 et 3,6 kg d'igname pilée. En zone urbaine, un repas à base d'igname pilée représente approximativement 0,5 kg de produit (mesure effectuée dans les restaurants de Cotonou). En milieu rural, la consommation individuelle est, sans doute, plus élevée mais la valeur de 3,6 kg, observée dans les exploitations pratiquant la culture attelée, paraît exagérée. Elle pourrait s'expliquer par l'utilisation d'une quantité importante de main-d'œuvre extérieure à l'exploitation pendant la période contrôlée par l'enquête (récolte du coton).

Les rendements en ignames n'ont pas été mesurés. Ils peuvent, néanmoins, être approchés. Les exploitations ne vendant pas d'ignames ont une consommation, c'est à dire un rendement hors semences, variant entre 8,5 et 12 t/ha. En même temps, parmi les exploitations qui commercialisent partiellement leur production, on relève deux cas dont la consommation correspond à un rendement atteignant au moins 18 t/ha. En se basant sur ces informations et en utilisant le coefficient 1,25 pour intégrer les semences, on peut avancer que le rendement global varie entre les limites de 10,6 à 22,5 t/ha. A titre informatif, on notera que de 1985 à 1991, les statistiques du CARDER de Parakou indiquent que le rendement moyen de l'igname varie entre 8,3 et 11,4 t/ha dans le département du Borgou.

**Informations économiques**

- *L'igname parmi les produits vivriers*

source vivrière  
majeure

L'igname reste indiscutablement la source vivrière majeure. Toutefois, les observations qui vont suivre montrent que sa stratégie d'utilisation a été adaptée aux changements intervenus dans l'agriculture.

adoption récente  
du maïs

Le maïs est la deuxième source de nourriture dans 12 des 16 exploitations étudiées. Cette évolution, intervenue dans les habitudes alimentaires, est remarquable car elle a été confrontée à une barrière psychologique. Dans un passé inférieur à 40 ans, manger du maïs avait une dimension déshonorante pour le cultivateur bariba censé assurer la totalité de ses besoins alimentaires à partir de l'igname et accessoirement du sorgho.

Cet obstacle a pratiquement disparu aujourd'hui. Le maïs est largement entré dans l'alimentation. Il occupe, toutefois, un créneau particulier. Il est surtout utilisé de janvier à avril, ce qui permet de reporter l'utilisation du stock d'ignames jusqu'à l'époque correspondant à la reprise des travaux agricoles.

marginalisation du  
sorgho

Le sorgho est clairement victime de la concurrence exercée par le maïs. Il a disparu de l'alimentation dans 7 des 16 exploitations étudiées et dans 4 cas seulement, il reste la deuxième source de nourriture. Les observations réalisées ne lient la marginalisation du sorgho à aucun des facteurs étudiés par l'enquête.

manioc : sécurité  
alimentaire et soudure

Le manioc est moins utilisé parce qu'il est peu produit. La surface cultivée est très limitée dans la plupart des exploitations, le rendement est modeste ( $\pm 6$  t/ha) notamment parce que le cycle cultural traverse six mois de saison sèche et le délai nécessaire à la production s'étale sur une durée allant de 15 à 30 mois. En dépit de cet ensemble d'aspects négatifs, le manioc apporte de nombreux avantages appréciés par la population. Transformé en cossettes au début de la saison sèche, il devient aujourd'hui (avec le maïs), un élément essentiel de la sécurité alimentaire pour la période de soudure. Cette situation a plusieurs conséquences. Elle permet de vendre des cossettes d'ignames. Elle rend la population moins tributaire de la précocité des premières productions d'ignames qui a toujours un caractère aléatoire. Elle autorise l'abandon des variétés d'ignames les plus précoces (notamment Ourou Yinsingué et Fagona) qui sont souvent les moins productives tout en étant les plus exigeantes en besoins culturaux. Enfin, elle évite (ou elle limite) la nécessité d'opérer un prélèvement sur les stocks d'ignames aménagés pour accompagner la mise en place du maïs et du coton.

49

le coton source  
principale de revenus

• *L'igname parmi les produit commerciaux*

Le coton est, de très loin, la principale source de revenus monétaires. Les informations obtenues sur 13 exploitations aboutissent à un revenu moyen de 249 500 F/ha correspondant à un rendement de 1919 kg/ha. En matière de rentabilité, une forte différence sépare les exploitations opérant en culture manuelle des exploitations utilisant la traction animale. D'un côté, le revenu moyen atteint 160 000 F/ha contre 266 500 F/ha. On se trouve nettement au dessus des 1320 kg/ha qui représentent la moyenne des rendements indiquée pour le Borgou (Source : CARDER Parakou, campagne 1991/1992). Il est probable que des productions satellites (champ des enfants, labour rétribué en nature) sont venus s'ajouter à la production du chef de famille.



L'enquête n'a pas recueilli de précisions suffisantes pour chiffrer la commercialisation de l'igname et des autres produits vivriers. On se bornera donc à fournir les éléments d'information disponibles sur le sujet.

l'igname :  
complémentaire

En ce qui concerne l'igname, 13 exploitations vendent une partie de leur production et 5 d'entre elles indiquent tirer un revenu monétaire important de cette opération. Dans tous les cas, le commerce porte, quasi exclusivement, sur les variétés Kpouna, Morokorou, Koukouma et Kpila-Kpila.

Parmi les ignames commercialisées, les variétés à deux récoltes occupent une place largement prépondérante. Leur production s'inscrit à l'intérieur d'une période de l'année n'offrant pas d'autres alternatives en matière de rentrées monétaires. Dans un sens contraire, le tableau n° 2 montre que les variétés Singo, Adisika, Boni Wouré, Taba Ndé et Kagourou ne passent pas dans le commerce bien qu'ensemble, elles représentent une grande partie de la production. La commercialisation de ces variétés n'est pas une nécessité car leur récolte intervient à une époque où le coton apporte de l'argent. Ces ignames sont réservées pour couvrir les besoins vivriers de l'exploitation, notamment comme stock alimentaire, facilement utilisable sur les lieux de travail souvent fortement éloignés du village.

On remarque que les cossettes d'ignames sont absentes du commerce sans qu'elles soient pour autant, apparues parmi les produits vivriers consommés par l'exploitation. En fait, les cossettes d'ignames sont vendues par les femmes. Ce commerce est fortement fractionné dans le temps. Son bénéfice ne paraît pas s'intégrer dans les ressources monétaires du chef de famille.

Le maïs est commercialisé par 12 des 16 exploitations étudiées et dans 3 cas le revenu monétaire tiré de l'opération est jugé important. Avec un retard lié au relatif isolement géographique du village étudié, cette situation s'inscrit dans la progression générale que connaît la production du maïs dans l'agriculture du Nord Bénin

Le sorgho est commercialisé par moins de la moitié des exploitations observées et dans tous les cas, il intervient faiblement dans le revenu monétaire. La demande commerciale concernant cette céréale s'exerce plutôt vers les régions du Bénin situées en position géographique plus septentrionale où existe une offre très abondante.

ou appoint de  
trésorerie pour les  
femmes

## Conclusion

*L'* enquête s'est surtout attachée à la connaissance du matériel végétal tout en examinant ses relations avec l'agriculture. Les informations recueillies permettent de dégager trois idées à propos du matériel végétal. D'abord, il possède une diversité suffisamment large pour garantir la sécurité alimentaire du paysan. Ensuite, il fait preuve de la flexibilité biologique nécessaire pour s'adapter à l'évolution de l'agriculture déterminée par les changements socio-économiques et techniques survenus au cours de ce dernier quart de siècle. Concernant ce dernier point, il apparaît que l'igname conserve une place primordiale dans l'agriculture actuelle mais en même temps, le paysan lui est moins étroitement assujéti parce que le maïs et le manioc élargissent aujourd'hui la gamme des ressources vivrières utilisées. Cette relative indépendance conduit à une réorientation dans la gestion des avantages liés à l'igname. A côté d'une orientation commerciale reposant sur les ignames précoces, il semble exister une production tardive organisée pour soutenir la culture cotonnière. Il appartiendra aux études futures de vérifier une telle idée sur un espace géographique plus vaste. Si celle-ci correspond bien à une réalité, l'image de l'igname se trouvera modifiée. Elle apparaîtra comme un facteur favorable au développement alors que l'opinion communément répandue la voit aujourd'hui comme un frein pour la modernisation de l'agriculture.

## Résumé

Une enquête a été réalisée sur seize exploitations dont douze pratiquent la culture attelée. Dans tous les cas l'agriculture de l'igname repose à 95 % sur l'espèce *D. Cayenensis rotundata* et à l'intérieur de celle-ci, quatre variétés précoces à deux récoltes et trois variétés tardives à une récolte assurent la plus grande partie de la pro-

duction. Les contraintes culturelles et la solution apportée au problème semencier varient en fonction de l'importance du facteur variétal. La culture attelée ne détermine pas une perte d'importance de l'igname dans l'agriculture et la production cotonnière semble tirer avantage de l'igname.

*Identification des facteurs favorisant  
l'apparition d'une pourriture  
inhabituelle des tiges et des racines  
de manioc au Togo.  
Les pratiques culturelles en accusation.*

Bernard Boher\*, Aklisso Ptcholo et Béré Tchabana \*\*

52

**Introduction**

*L*e manioc (*Manihot esculenta* Crantz), cultivé au Togo sur une surface de 80 000 hectares environ, est la deuxième culture vivrière après le maïs. La culture de cette plante à racines tubérisées se pratique principalement dans les régions du sud et du centre du pays, avec un rendement moyen de 7,7 tonnes à l'hectare. Depuis les années 70, une mortalité importante de plants de manioc due à une pourriture des racines et de la base des tiges a été régulièrement signalée, localisée sur le plateau de Danyi (figure 1), dans le sud-ouest du pays. L'étiologie de l'affection était inconnue quand fut confiée, en 1989, au laboratoire de Phytopathologie du Centre ORSTOM de Lomé, l'étude de cette pathologie inhabituelle du manioc.

---

\* Laboratoire de phytopathologie, Centre ORSTOM, BP 5045, 34032, Montpellier. Auteur auquel toute correspondance sera adressée.

---

\*\* Ecole Supérieure d'Agronomie, Université du Bénin, Lomé - Togo.

## La maladie

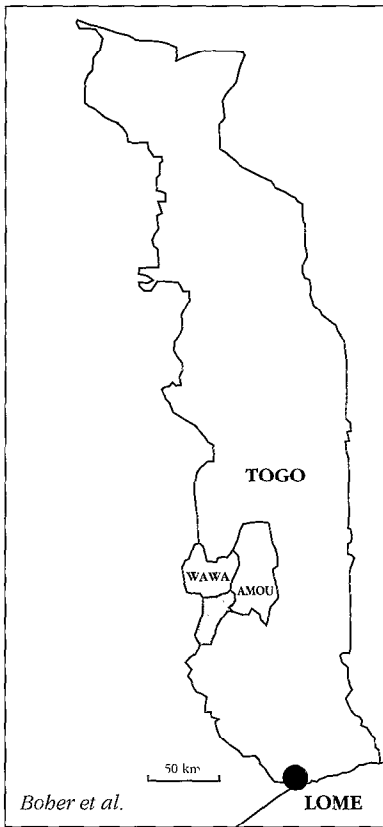


Figure 1 - Le plateau de Danyi

Le plateau de Danyi (pointillés), au sud-ouest du Togo, est la principale zone du pays, avec certains terroirs des préfectures de Amou et de Wawa, où la pourriture des tiges et des racines de manioc due à *Lasiodiplodia theobromae* a pris un caractère préoccupant.

Une enquête réalisée en 1989 et reconduite en 1990 sur le plateau de Danyi (figure 1) a confirmé l'importance de cette maladie. Sur 60 champs paysans suivis pendant deux années, 38 ont présenté des symptômes, avec des taux de mortalité atteignant souvent 20 à 30%.

L'extension des prospections aux préfectures voisines de Wawa et de Amou a montré que la maladie y était également présente. Ailleurs, dans les zones de culture du manioc du pays, aucune incidence préoccupante de ce type de pourriture n'a été notée.

La maladie se manifeste principalement pendant les deux à trois premiers mois de la culture sous la forme d'un flétrissement des tiges suivi, le plus souvent, de la mort du jeune plant. Après extraction du sol, la bouture malade révèle une pourriture spongieuse brun-chocolat affectant le cortex et le phloème, les parties les plus externes du xylème sont parcourues de stries longitudinales bleu-noir.

Lorsque la maladie n'a pas conduit à la mort du jeune plant, on peut noter en fin de cycle cultural l'apparition d'une chlorose et d'une défoliation associées à des lésions nécrotiques brunes de la base des tiges, des racines et des tubercules, conduisant à des chutes significatives de rendement.

Plus de 200 microorganismes fongiques et bactériens ont été isolés et purifiés à partir de lésions évolutives sur boutures enterrées.

Parmi ceux-ci, seuls les isolats du champignon *Lasiodiplodia* (synonyme *Botryodiplodia*) *theobromae* (Pat.) Grif. et Maubl. ont produit, après contamination artificielle, les symptômes typiques de la maladie et ont pu être isolés à nouveau des lésions obtenues. *Lasiodiplodia theobromae* est un parasite à large spectre d'hôtes qui était déjà connu pour attaquer les tiges du manioc en Afrique (Boher *et al.*, 1981, Otim Nape, 1983). Cependant des dégâts d'une ampleur telle que celle observée sur le plateau de Danyi, se manifestant au début du cycle végétatif, n'avaient jamais été décrits auparavant. La définition

Identifier l'agent  
causal pour mieux  
le combattre.

exacte de l'étiologie de la maladie a ouvert la voie à la recherche de solutions visant à limiter son incidence sur la culture du manioc dans cette région du Togo.

### Les causes

Les paysans du plateau de Danyi utilisent en général un mélange de cinq à six variétés où dominent deux clones connus localement sous les noms de Danyémé et Atihé. Les premiers résultats de notre enquête sur le plateau de Danyi ont révélé que le cultivar Danyémé était le plus régulièrement apte à développer une pourriture importante.

sensibilité des  
variétés locales

Des boutures de variétés locales et de variétés améliorées de manioc fournies par l'Institut National des Cultures Vivrières (INCV) du Togo, ont été plantées en 1990 dans trois zones du plateau à forte pression parasitaire.

Les relevés de mortalité (Figure 2) ont confirmé l'extrême sensibilité à la maladie de la variété Danyémé et la résistance de certaines variétés améliorées introduites.

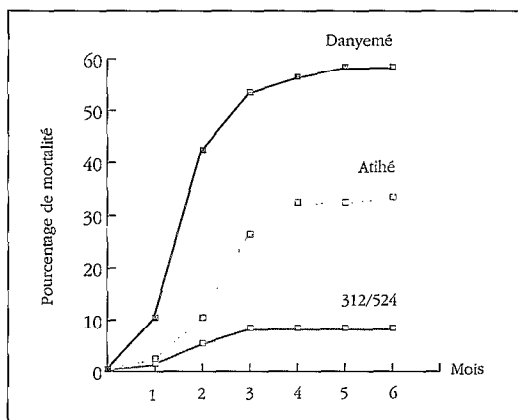


Figure 2 - Temps après plantation en mois

Le dénombrement mensuel des plants morts (450 plants observés par variété), sur trois parcelles d'essais, dans des zones à forte pression parasitaire du plateau de Danyi, a mis en évidence la grande sensibilité à la pourriture des variétés locales Danyémé et Atihé. Comparativement à ces variétés, la variété introduite (312/524) présente un taux de mortalité faible.

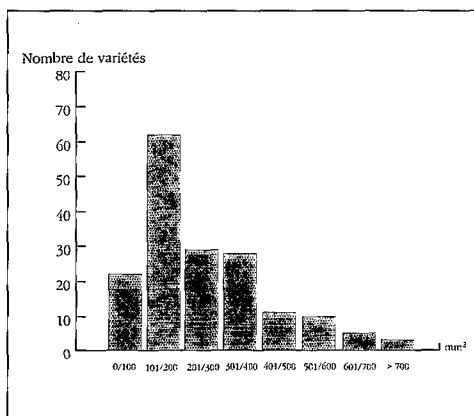


Figure 3 - Taille des lésions

Le classement de 172 variétés testées suivant l'importance de la surface des lésions obtenues après contamination artificielle par un isolat agressif de *L. theobromae* révèle une grande variabilité dans la résistance qu'opposent les tiges aoûtées de l'hôte au développement parasitaire. De nombreuses variétés présentent un bon niveau de résistance, d'autres, en moins grand nombre, et parmi elles la variété Danyémé, sont favorables au développement du champignon et sensibles à la maladie.

recherche de variété  
résistante dans les  
collections

Devant l'inadéquation à la demande locale de ces variétés améliorées (faible aptitude à la préparation de farine, qualités gustatives peu appréciées), la recherche d'une résistance au parasite a été étendue à la collection de variétés de manioc entretenue par l'INCV à Davié dans le sud du pays. Dans ce but, une méthode simple et fiable d'inoculation après blessure de la tige fut mise au point. Le dépôt d'un inoculum fongique dans un orifice fait à l'emporte pièce dans le parenchyme cortical et le phloème de la tige aoutée est suivi de l'apparition d'une lésion brun chocolat particulièrement visible après élimination de l'écorce. La mesure de la surface de cette lésion 4 jours après inoculation permet d'apprécier rapidement la résistance qu'offrent les tissus d'une variété donnée à la progression parasitaire mais aussi d'évaluer le pouvoir pathogène des isolats du parasite.

Une grande variabilité dans l'expression du pouvoir pathogène, indépendante de l'origine géographique, et qui ne présentait pas d'interaction différentielle avec les variétés de l'hôte a ainsi été mise en évidence. Un isolat agressif de *L. theobromae* a été sélectionné et inoculé aux tiges de 170 variétés de manioc locales ou introduites, pour évaluer leur résistance au développement parasitaire (Figure 3). Les résultats furent encourageants car les variétés présentant un bon niveau de résistance au développement parasitaire étaient nombreuses. Les variétés sensibles ou très sensibles parmi lesquelles on retrouvait Danyiémé cultivée sur le plateau de Danyi étaient peu représentées. Pour les variétés déjà observées sur le terrain, nous avons pu confirmer la corrélation entre la résistance détectée grâce à notre méthode d'inoculation et la résistance au champ.

et adaptées à la  
demande locale

L'INCV est chargé de choisir parmi les variétés considérées comme résistantes après contamination artificielle, celles dont les caractéristiques agronomiques et gustatives correspondent le mieux à l'attente des paysans de Danyi, et de confirmer leur résistance *in situ*.

la conservation  
prolongée du  
matériel végétal

Contrairement aux autres paysans du Togo, ceux de Danyi enterrent complètement la bouture lors de la plantation. Ce type de plantation pouvait être un facteur favorisant la pourriture. Plusieurs essais visant à comparer le niveau de pourriture apparaissant après enfouissement de la bouture ou suite à une plantation verticale ou inclinée demi-enterrée plus traditionnelle au Togo furent installés en 1991. Aucune corrélation n'a été mise en évidence entre le type de plantation et le niveau de pourriture.

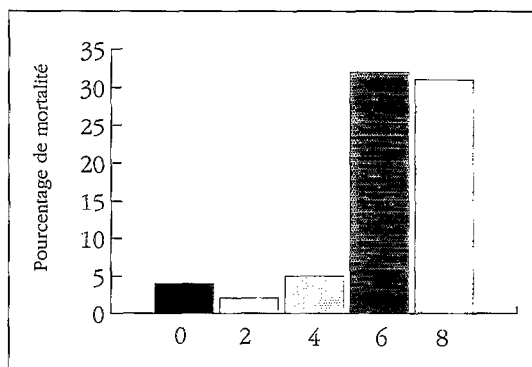


Figure 4 - Durée de conservation des tiges en semaines

La conservation prolongée des tiges (plus de quatre semaines) est un facteur favorable à l'apparition de la pourriture. Dans cet expérience des boutures ayant subi une conservation plus ou moins longue ont été placées en chambre humide et la mortalité a été évaluée après un mois d'incubation (150 boutures observées pour chaque traitement).

Une autre particularité locale qui attirera notre attention, était la conservation pendant deux à trois mois, des tiges destinées à la replantation, celles-ci étant disposées verticalement, en fagots posés sur le sol, à l'ombre d'arbustes. L'observation de l'apparition de stromas sporifères charbonneux au cours de la conservation indiquait clairement que cette pratique était favorable à une intensification de l'activité parasitaire de *L. theobromae*. Une expérience simple (Figure 4) mettant en jeu des boutures provenant de tiges fraîches ou de tiges ayant été conservées pendant une période plus ou moins longue a montré l'importance de la durée de conservation comme facteur favorisant l'apparition de la pourriture.

56

favorise l'endémie

Pour des temps de conservation dépassant quatre semaines on observe en effet l'apparition d'une mortalité importante à la levée, alors que la reprise de boutures maintenues en jauge pendant deux ou quatre semaines n'est pas affectée comparativement à celle de boutures fraîches.

## La lutte chimique

un espoir vain

Plusieurs fongicides, parmi lesquels le plus efficace fut le bénomyl, sont susceptibles d'inhiber le développement *in vitro* de *L. theobromae*. Il était tentant d'essayer de recourir à un simple trempage des boutures, dans une solution fongicide, avant plantation, pour réduire l'incidence de cette pourriture. C'est ce qui fut fait au cours d'essais multiloaux sur le plateau de Danyi sans résultats concluants. La contamination artificielle de boutures traitées et conservées dans le sol montra que la courte durée (10 à 20 jours) de protection de la bouture offerte par le fongicide était vraisemblablement responsable de cet échec. La mise en oeuvre de plusieurs traitements n'étant pas entreprise du fait de la difficulté d'atteindre une bouture enterrée, mais aussi en raison de son coût financier, lutte chimique. Dans le but d'obtenir un contrôle plus durable, nous nous sommes alors tournés vers des antagonistes bactériens

présents dans la rhizosphère des plantes, les *Pseudomonas* fluorescents. Plusieurs isolats furent sélectionnés pour leur aptitude à inhiber le développement de *L. theobromae*, mais aussi pour leur activité stimulante sur la croissance du manioc. Les essais en conditions contrôlées ont conduit à des résultats significatifs mais qui ne purent être reproduits au champ. A l'avenir, le succès d'un contrôle biologique passe par la recherche de microorganismes mieux adaptés aux conditions agro-pédologiques du Plateau ou par la transformation génétique de microorganismes bien représentés dans la rhizosphère du manioc cultivé dans cette zone.

## Conclusion

*Trois années de recherche nous ont permis de mettre en lumière les principaux facteurs responsables de l'incidence élevée de cette pourriture à Lasiodiplodia theobromae sur le plateau de Danyi. C'est l'emploi de variétés sensibles conjugué à la pratique d'une trop longue conservation du matériel végétal destiné à la plantation qui sont vraisemblablement à l'origine du développement de cette pathologie particulière et dévastatrice du manioc dans ce terroir togolais. Une simple modification des pratiques culturales, comme la conservation de matériel végétal sur pied destiné à produire des boutures fraîches, est suffisante pour diminuer significativement l'impact de la maladie. Il conviendrait, grâce aux relais constitués par les structures adéquates du ministère de l'Agriculture, de vulgariser cette pratique en milieu paysan. L'introduction et la vulgarisation de variétés résistantes adaptées à l'agro-écosystème du plateau de Danyi devraient encore améliorer le contrôle et redonner à cette pourriture le caractère marginal qui lui est connu dans les autres régions de culture du manioc. Devant une éventuelle inadéquation des variétés proposées par rapport aux attentes des paysans, la mise en oeuvre d'une production de matériel végétal frais, de bonne qualité, associé à un contrôle biologique efficace, devrait conduire à une réduction de l'inoculum fongique présent dans les tissus et dans le sol. On pourrait alors envisager de continuer à cultiver la variété Danyémé, sensible, mais appréciée par les consommateurs. Outre le fait qu'il a permis de promouvoir des solutions simples à un problème sanitaire du manioc, ce travail de recherche réalisé conjointement entre l'ORSTOM et l'INCV a servi de base à la formation de jeunes agronomes togolais (Ptcholo A., 1991 ; Tchabana, B., 1992). Ceux-ci ont pu, durant leur stage de fin d'études, mesurer l'importance que revêt le maintien de liens étroits et permanents entre phytopathologiste, améliorateur, vulgarisateur et paysan dans la solution d'un problème comme celui posé par cette pourriture du manioc.*



## Bibliographie

- BOHER, B., DANIEL, J.F., et F., KOHLER, 1981. Les maladies cryptogamiques du manioc en République Populaire du Congo. *Cryptogamie - Mycologie* 2: 257-268.
- OTIM NAPE, G.W., 1983. Pourriture de la tige de manioc due à *Botryodiplodia theobromae* et méthodes de sélection de variétés résistantes. In: *Plantes à Racines Tropicales : Culture et Emplois en Afrique. Actes du Second Symposium Triennal de la Société Internationale pour les Plantes à Racines Tropicales*. Douala 14-19.08.1982. CRDI (ed.), 88-90.
- PITCHOLO, A., 1991. Contribution à l'étude de la pourriture des tiges et des racines de manioc (*Manihot esculenta* Crantz.) sur le plateau de Danyi. Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade d'Ingénieur Agronome. Université du Bénin, Ecole Supérieure d'Agronomie, 80 pages.
- TCHABANA, B., 1992. Contribution à l'étude de *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griff. et Maubl. responsable de la pourriture des tiges et des racines du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) sur le plateau de Danyi. Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade d'Ingénieur Agronome, Université du Bénin, Ecole Supérieure d'Agronomie, 86 pages.

## Résumé

Une enquête phytopathologique a confirmé l'importance économique d'une pourriture des tiges et des racines du manioc dans la zone du plateau de Danyi au sud-ouest du Togo. L'agent causal a été caractérisé, il s'agit du champignon *Lasiodiplodia theobromae*. Si ce parasite à large spectre d'hôtes avait déjà été observé sur le manioc, des dégâts d'une ampleur comparable à ceux affectant la plante dans ce terroir togolais ne lui avaient jamais été attribués. Les études en conditions contrôlées et sur le terrain ont révélé que l'incidence de la maladie était

liée à la sensibilité des variétés cultivées sur le plateau ainsi qu'à la pratique d'une longue conservation des boutures qui favorise la production d'un inoculum important. En majorité, les variétés testées dans la collection nationale togolaise de manioc, se sont avérées être résistantes à cette pourriture. Ces résultats permettent d'envisager de réduire rapidement l'incidence de la maladie en combinant une amélioration des pratiques culturales à l'utilisation de variétés résistantes adaptées à l'agro-écosystèmes du plateau de Danyi.

Remerciements : Nous remercions Messieurs K. Tetevi et K. Tougnon, respectivement Directeur de l'INCV et chercheur dans cet institut pour leur précieuse collaboration, en particulier, pour la fourniture du matériel végétal nécessaire à la mise en place des essais.

# La lutte contre la cochenille du manioc en Afrique

Paul-André Calatayud\*, Bruno Le Rü\*\*

59

## Introduction

*L*e manioc *Manihot esculenta* Crantz (*Euphorbiaceae*) est une plante pérenne dicotylédone cultivée principalement en régions tropicales pour la consommation de ses racines tubérisées mais aussi de ses feuilles (figure 1). Originnaire d'Amérique Latine, il a été importé en Afrique au 16ème siècle par les Portugais (Silvestre et Arraudeau, 1983) et plus récemment en Asie (Belloti et Kawano, 1980). Il constitue, à présent, la culture vivrière de base de près de 500 millions d'habitants. Sur le continent africain, il est cultivé dans 35 pays du Sénégal au Malawi. Depuis le début des années 1970, une baisse de la production en tubercules est constatée en Afrique. Cette diminution a pu s'expliquer en partie par la présence et la diffusion rapide de maladies (bactérioses, viroses) et de ravageurs (acariens, cochenilles), d'introduction récente sur le continent africain (Herren, 1987), telle que la cochenille farineuse du manioc *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Homoptera, Pseudococcidae) qui était jusqu'alors inconnue (Matile-Ferrero, 1976)(figure 2).

\* ORSTOM, Centre de Montpellier, 911, Av. Agropolis, B.P. 5045, 34032 Montpellier Cedex 1, France

\*\* Laboratoire d'entomologie agricole, ORSTOM, BP 1286, Pointe Noire, Congo.



Figure 1 - Manioc sain  
(variété M'pembe)

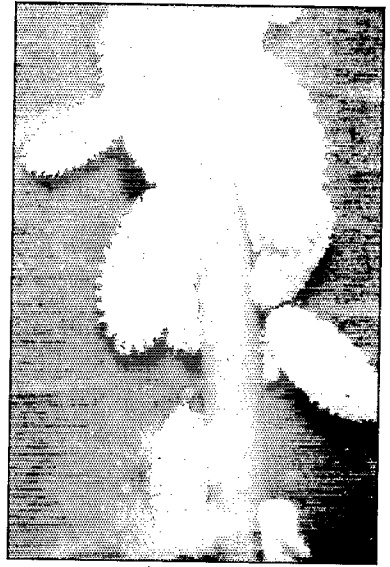


Figure 2 - Cochenille farineuse du  
manioc *Phenacoccus manihoti*



Figure 3 - Manioc infesté  
par *P. manihoti*



Figure 5 - *Epidinocarsis lopezi* parasitant une  
cochenille

### Quel est cet insecte ?

Originnaire  
d'Amérique du  
Sud

---

envahit l'Afrique

Cet insecte a été signalé pour la première fois sur le continent africain en 1973 au Congo (Silvestre, 1973) et au Zaïre (Hahn et Williams, 1973). Il est considéré comme l'un des plus importants ravageurs du manioc en Afrique. Originaire des zones tropicales d'Amérique du Sud (Bolivie, Brésil, Paraguay) (Cox et Williams, 1981), il s'est rapidement propagé dans 25 pays appartenant à la zone de culture du manioc en Afrique (Neuenschwander et Herren, 1988). Les premières études sur ce ravageur ont d'abord porté sur sa biologie et la dynamique de ses populations (Nwanze, 1977, Fabres et Boussienguet, 1981). Cette cochenille, oligophage inféodée au genre *Manibot*, se reproduit par parthénogenèse thélytoque (ne donnant que des femelles) et est dotée d'un important pouvoir de multiplication (chaque femelle pouvant pondre jusqu'à 500 œufs). De type piqueur-suceur et appartenant au même sous-ordre que les pucerons, elle se nourrit principalement de sève élaborée du manioc (Calatayud *et al.*, 1994a). L'attaque des feuilles par l'insecte peut causer des dégâts par déformation et réduction de la surface foliaire, ainsi que par diminution de l'activité photosynthétique (figure 3). L'attaque des tiges peut provoquer un arrêt de croissance de la plante (Bellotti et Kawano, 1980). Dans les conditions naturelles, sa pullulation intervient chaque année pendant la grande saison sèche en Afrique Centrale (figure 4). Elle est observée lorsque des modifications des facteurs climatiques (pluviométrie, ensoleillement) induisent d'importants changements de la physiologie du manioc (arrêt de croissance de la plante, poussée de sève) (Calatayud *et al.*, 1994b).

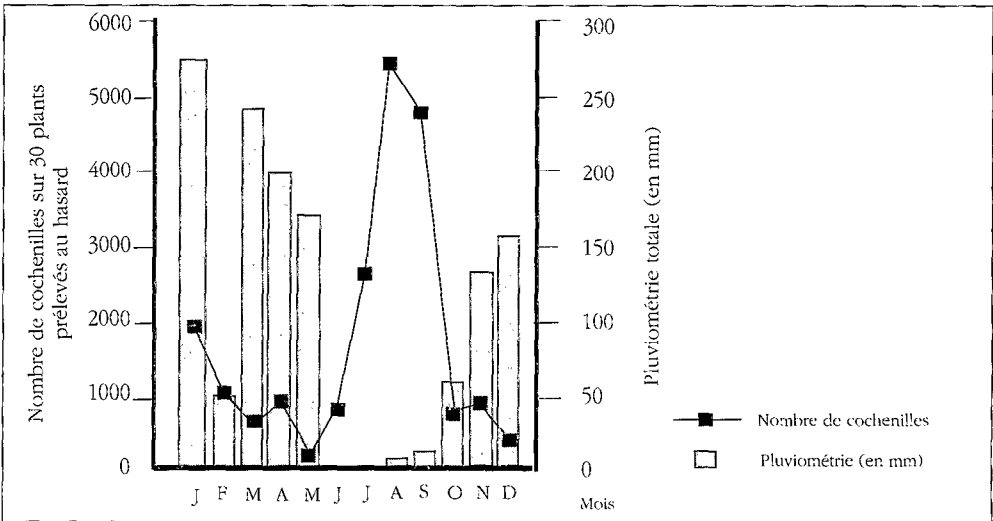


Figure 4 - Variation mensuelle de l'effectif naturel de cochenilles et de la pluviométrie totale durant l'année 1991 à Brazzaville (Congo).

## Comment lutter contre cette cochenille ?

Devant les difficultés rencontrées pour la mise en oeuvre de la lutte chimique dans le contexte socio-économique africain (faibles revenus des agriculteurs, morcellement des parcelles paysannes, problèmes d'écotoxicité...), les recherches se sont orientées vers la lutte biologique.

L'intervention de certains facteurs biotiques sur cet insecte a été abordée. Ainsi en 1982, l'entomophthorale *Neozygites fumosa* (Speare) Remaudière et Keller (Zygomycète) a été signalée au Congo sur *P. manihoti*. Cependant, c'est seulement dans certaines conditions d'humidité relative atmosphérique et de densité de la cochenille que ce pathogène peut être à l'origine de la décroissance rapide des effectifs du ravageur (Le Rü, 1986).

L'entomofaune associée à la cochenille du manioc a été également décrite au Congo (Fabres et Matile-Ferrero, 1980), au Gabon (Boussienguet, 1986) et au Nigeria (Neuenschwander *et al.*, 1987). Les prédateurs appartiennent à 5 ordres d'insectes : Coleoptera, Lepidoptera, Diptera, Hemiptera et Neuroptera. La famille des Coccinellidae, avec 32 espèces recensées, représente plus de 50 % de l'ensemble des espèces prédatrices associées à *P. manihoti*, avec la prédominance des genres *Exochomus* et *Hyperaspis*. Les parasitoïdes primaires de *P. manihoti* sont tous des Hyménoptères Encyrtidae appartenant au genre *Anagyrus*. Tous les auteurs s'accordent pour reconnaître qu'en Afrique, les entomophages indigènes exercent une faible action régulatrice sur la cochenille du manioc malgré leur importante diversité spécifique (Fabres et Matile-Ferrero, 1981, Neuenschwander *et al.*, 1987).

L'utilisation d'entomophages exotiques est alors apparue comme un moyen de lutte contre les populations de cochenilles du manioc. Dès 1977, plusieurs espèces d'insectes entomophages de la cochenille, récoltées au sein de la biocénose sud américaine, ont été identifiées par le Commonwealth Institute of Biological Control. (Yaseen et Bennett, 1979). Ces auxiliaires, un Encyrtidae (parasitoïde) et des Coccinellidae (prédateurs), ont été étudiés à des fins de lutte biologique, en liaison avec l'IITA (International Institute of Tropical Agriculture).

Les recherches les plus approfondies ont porté sur *Epidinocarsis lopezi* De Santis (Hyménoptera, Encyrtidae) (figure 5), une guêpe endoparasite de la cochenille du manioc qui a fait l'objet d'un premier lâcher au Nigeria dès la fin de l'année 1981. Dans le cadre du « Projet Panafricain de Lutte Biologique » (ABC), des lâchers de ce parasitoïde ont été effectués en Afrique Occidentale et Centrale, et plus récemment en Afrique de l'Est.

---

lutte biologique par  
un champignon

---



---

ou par des insectes  
indigènes

---

En 1990, cet Encyrtidae est signalé dans 22 pays (Herren et Neuenschwander, 1991). L'efficacité de ce parasitoïde en tant qu'agent de lutte biologique est cependant controversée. Alors que dans certaines conditions écologiques, comme celles de l'ouest Nigeria ou du sud Ghana, il paraissait capable de réguler les populations de *P. manihoti* (Herren et Neuenschwander, 1991), sa présence ne semblait pas affecter significativement la dynamique des populations de la cochenille du manioc dans le sud Congo (Le Rü *et al.*, 1991) ou au Sénégal (Nenon, 1990). Par ailleurs, malgré la présence de ce parasitoïde, d'importants dégâts causés par la cochenille ont été signalés<sup>1</sup> au sud-est du Nigeria par Umeh (1988) en Sierra Leone par Sesay (1987), au Togo par Fischer (1987) et au Malawi par Nyirenda (1988).

Aucun des facteurs abiotiques (température, humidité relative, pluviométrie) et biotiques (pathogènes, parasitoïdes, prédateurs, capacité limite<sup>2</sup> étudiés jusqu'en 1990 n'avait permis d'expliquer les disparités observées dans la répartition et l'abondance du ravageur d'un biotope à un autre. La variabilité des agrosystèmes du manioc (très grande diversité des variétés de manioc et des conditions écologiques dans lesquelles ils sont cultivés) a pu expliquer ces résultats. Les recherches se sont alors orientées vers l'étude écophysiologique des interactions entre la cochenille et sa plante hôte. Dans ce contexte, sur la base de l'important matériel végétal disponible au Congo, Tertuliano *et al.* (1993) ont pratiqué un criblage en condition de plein champ et en laboratoire, afin de déceler d'éventuels degrés de résistance susceptibles de conduire à un programme de lutte variétale. Ce criblage n'a pas permis d'identifier des variétés de manioc totalement résistantes mais a cependant mis en évidence des résistances partielles. De plus, d'autres études, réalisés sur les relations manioc/cochenille, suggèrent fortement que la résistance de la plante à l'insecte est partielle et probablement polygénique, impliquant des mécanismes biochimiques de défense multiples (Calatayud *et al.*, 1994a ; Calatayud *et al.*, 1994c ; Calatayud *et al.*, 1996).

---

lutte variétale

---



---

1. Dans Neuenschwander.

2 La capacité limite correspond à une régulation du ravageur sous l'influence de la rarefaction de la nourriture.

## Conclusion

*L'utilisation de l'Hyménoptère endoparasite E. lopezi en tant qu'agent de lutte biologique s'est avérée efficace dans certaines situations écologiques pour lutter contre la cochenille du manioc en Afrique. Toutefois, des dégâts importants continuent à être observés dans les plantations de manioc cultivés sur sols pauvres (Neuenschwander et al., 1990 ; Le Rü et al., 1991). Afin*

de renforcer cette lutte biologique et surtout de gérer durablement celle-ci, d'autres études apparaissent souhaitables. Dans ce contexte, des recherches sont actuellement menées pour une meilleure compréhension des modifications physiologiques du manioc en situation de déficit hydrique afin d'identifier le ou les facteurs biochimiques de la plante facilitant le développement de la cochenille. Ces recherches s'intègrent dans d'autres études menées sur les parasites (utilisation combinée de plusieurs espèces de parasites et suivi de leurs comportements selon diverses modalités biologiques) et devraient permettre de proposer un programme de lutte dit intégré tenant compte notamment des génotypes de manioc cultivés et des pratiques culturales employées.

## Bibliographie

- BELLOTTI A., Kawano K., 1980. Breeding approaches in cassava. *Breeding plants resistant to insect*. Edited by F.G. Maxwell and P.R. Jennings. p. 313-335.
- BOUSSIENGUET J., 1986. Le complexe entomophage de la cochenille du manioc *Phenacoccus manihoti* (Hom. Coccoidea, Pseudococcidae) au Gabon. I.- Inventaire faunistique et relations trophiques. *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, 22: 35-44.
- CALATAYUD P.A., RAHBE Y., TJALLINGH W.F., TERTULIANO T., LE RÛ B., 1994a. Electrically recorded feeding behaviour of cassava mealybug on host and non-host plant. *Entomol. exp. appl.*, 72: 219-232.
- CALATAYUD P.A., TERTULIANO M., LE RÛ B., 1994b. Seasonal changes in secondary compounds in the phloem sap of cassava in relation to plant genotype and infestation by *Phenacoccus manihoti* (Homoptera: Pseudococcidae). *Bull. entomol. Res.*, 84: 453-459.
- CALATAYUD P.A., RAHBE Y., DELOBEL B., KHUONG-HUU F., TERTULIANO M., LE RÛ B., 1994c. Influence of secondary compounds in the phloem sap of cassava mealybug on expression of antibiosis towards the mealybug *Phenacoccus manihoti*. *Entomol. exp. appl.*, 72: 47-57.
- CALATAYUD P.A., BOHER B., NICOLE M., GEIGER J.P., 1996. Interactions between cassava mealybug and cassava: cytochemical aspects of plant cell wall modifications. *Entomol. exp. appl.*, 80: 242-245.
- COX J.M., WILLIAMS D.J., 1981. An account of Cassava Mealybug (Hemiptera : Pseudococcidae) with a description of new species. *Bull. Entomol. Res.*, 71: 247-258.
- FABRES G., MATILE-FERRERO D., 1980. Les entomophages inféodés à la Cochenille du manioc *Phenacoccus manihoti* (Hom. Coccoidea Pseudococcidae) en république populaire du Congo : les composantes de l'entomocénose et leurs inter-relations. *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, 16: 509-522.
- FABRES G., BOUSSIENGUET J., 1981. Bioécologie de la cochenille du manioc *Phenacoccus manihoti* (Hom.: Pseudococcidae) en République Populaire du Congo. I.- Cycle évolutif et paramètres biologiques. *Agron. Trop.*, 36(1): 82-89.

- HAHN S.K., WILLIAMS R.J. (Eds.), 1973. Investigations on cassava in the republic of Zaïre. Ibadan : IITA press , 12 p.
- HERREN, H.R., 1987. A review of objectives and achievements. *Insect Sci. Appl.* , 8: 837-840.
- HERREN, H.R., 1987. A review of objectives and achievements. *Insect Sci. Appl.* , 8: 837-840.
- HERREN H.R., NEUENSCHWANDER P., 1991. Biological control of the cassava pests in Africa. *Ann. Rev. Entomol.*, 36: 257-283.
- LE RÜ B., 1984. Contribution à l'étude de l'écologie de la cochenille du manioc, *Phenacoccus maniboti* (Hom. Pseudococcidae) en République populaire du Congo. Thèse de 3ème cycle (Fr) : Paris XI (Orsay), 118 p.
- LE RÜ B., 1986. Etude de l'évolution d'une mycose à *Neozygites fumosa* (Zygomycètes. Entomophthorales) dans une population de la cochenille du manioc, *Phenacoccus maniboti* (Hom. Pseudococcidae). *Entomophaga* , 31: 79-89.
- LE RÜ B., IZIQUEL Y., BIASSANGAMA A., KUYINDOU A., 1991. Variations d'abondance et facteurs de régulation de la cochenille du manioc *Phenacoccus maniboti* (Hom. Pseudococcidae) cinq ans après l'introduction d'*Epidinocarsis lopezi* (Hym. Encyrtidae) au Congo en 1982. *Entomophaga*, 36(4): 499-511.
- MATILE-FERRERO D., 1976. Les cochenilles nuisibles au manioc en république populaire du Congo. Rapport de mission : Muséum d'histoire naturelle (Paris, Fr), 30 p.
- NENON J.P., 1990. Lutte biologique en Afrique contre la cochenille du manioc : conséquences écologiques et agronomiques de l'introduction de l'Hyménoptère sud-américain *Epidinocarsis lopezi* (Hyménoptère, Encyrtidae). *Mem. Soc. Entomol. Roy. de Belgique*, 35: 447-456.
- NEUENSCHWANDER P., HERREN H.R., 1988. Biological control of the cassava mealybug *Phenacoccus maniboti* by the exotic parasitoid *Epidinocarsis lopezi* in Africa. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, B: 319-333.
- NEUENSCHWANDER P., HENNESEY R.D., HERREN H.R., 1987 Food web of insects associated with the cassava mealybug, *Phenacoccus maniboti* Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae), and its introduced parasitoid, *Epidinocarsis lopezi* (De Santis) (Hymenoptera: Encyrtidae). *Africa. Bull. Entomol. Res.*, 77: 177-189.
- NEUENSCHWANDER P., HAMMOND N.O., AJUONU O., GADO A., ECHENDU N., BOKONON GANTA A.H., ALLOMASSO R., OKON I., 1990. Biological control of the cassava mealybug *Phenacoccus maniboti* (Hom. Pseudococcidae) by *Epidinocarsis lopezi* (Hym. Encyrtidae) in West Africa, as influenced by climate and soil. *Agric. Ecosystems Environ.*, 32: 39-55.
- NWANZE K.F., 1977. Biology of the cassava mealybug *Phenacoccus maniboti* Mat-Ferr. in the Republic of Zaïre. Proceedings of the international workshop on cassava mealybug *Phenacoccus maniboti* Mat-Ferr. (Pseudococcidae) INERA, M'Vuazi-Zaïre, June 26-29 , 1977. Ibadan : IITA press, p. 20-28.
- SILVESTRE P. (Ed.), 1973. Aspects agronomiques de la production du manioc à la ferme d'état de Mantsoumba (Rép. Congo). Paris : Editions Masson, 350 p.
- SILVESTRE P., ARRAUDEAU M. (Ed.), 1983. Le manioc. Techniques agricoles et productions tropicales. Paris : Editions Masson, 262 p.



- TERTULIANO M., DOSSOU-GBETE S.,  
LE RÛ B., 1993. Antixenotic and  
antibiotic components of resis-  
tance to the cassava mealybug  
*Phenacoccus maniboti* (Hom.,  
Pseudococcidae) in various  
host plants. Insect Sci. Applic.,  
14(5/6): 657-665.
- YASEEN M., BENNETT F.D. (1979).  
Investigations on the natural  
enemies of cassava mealybugs  
(*Phenacoccus* spp.) in the neo-  
tropics Trinidad. *Report for  
April 1978 - March 1979, Trini-  
dad, Report Common. Inst. Biol.  
Control*, 11 p.

---

**Résumé**

Le manioc, culture vivrière de base de près de 500 millions d'habitants subit depuis peu l'attaque de la cochenille farineuse *Phenacoccus maniboti*. Cet insecte, oligophage, se reproduit par Parthenogénèse thelytoque et

se nourrit de la sève élaborée du manioc.

La lutte biologique et variétale, en particulier l'introduction en Afrique d'un hyménoptère endoparasite *Epidinocarsés lopzi*, permettent ponctuellement de diminuer les dégâts.

---

# *Caractérisation de l'agroindustrie de production d'amidon aigre de manioc dans le département du Cauca, Colombie.*

Veronica Gottret\*, Guy Henry\*\*, Dominique Dufour\*\*

## **Introduction**

*E*n 1989, un projet intégré de recherche/développement sur la production et transformation du manioc pour l'obtention et commercialisation de l'amidon aigre de manioc, a été mis en place pour apporter un appui au développement du secteur de production d'amidon de manioc en Colombie, en orientant les recherches et en ciblant l'appui aux petits/moyens producteurs et transformateurs de manioc.

Les unités de transformation du manioc en amidon, appelées localement « Rallanderias », sont localisées principalement dans le nord du département du Cauca, le long de la route nationale Panaméricaine qui relie la ville de Pasto au sud à Cali plus au Nord en passant par Popayan. L'amidon fermenté de manioc, appelé localement « almidón agrio », constitue la principale production de ces unités ; sur commande, elles peuvent produire aussi de l'amidon natif ou « almidón dulce ». Zakhia et al. (1996) mentionnent qu'approximativement 80 % de l'amidon aigre de manioc produit en Colombie provient de cette région.

Les priorités du projet de développement ont été données à l'augmentation de l'efficacité du procédé et l'amélioration technologique des différents équipements (Chuzel G., 1992), à l'amélioration de la qualité du produit fini (Brabet C., 1994), et plus ponctuellement au traitement des déchets et des eaux résiduelles générées par le procédé (Rojas et al., 1996) et à l'évalua-

\* CIAT, A.A. 6713, Palmira, Colombie

\*\* CIRAD-SAR, B.P. 5035, Montpellier, France

tion socio-économique du secteur (Chacon M.P. et Mosquera L., 1992), (Mosquera et al., 1996).

*En 1995, après 6 ans de travaux menés dans la zone, l'équipe de travail a décidé d'évaluer le niveau d'adoption par les rallanderias des améliorations technologiques proposées et de mesurer l'évolution du niveau de technicité. Cette évaluation a été mise en place afin de mesurer l'impact du travail institutionnel ainsi que la demande actuelle en technologie.*

*L'inventaire et la caractérisation de l'industrie de production d'amidon de manioc dans le département est la première phase d'une étude qui permettra de mieux comprendre les raisons de l'adoption ou du rejet par les transformateurs des technologies proposées ainsi que les principaux problèmes qui se présentent actuellement dans la zone.*

## Méthode d'étude

Pour évaluer les intérêts respectifs des différentes institutions travaillant dans le secteur et identifier d'éventuelles collaborations, de nombreuses réunions de discussion et de concertation ont été réalisées avec les différentes institutions ayant travaillé d'une manière ou d'une autre avec l'agroindustrie de production d'amidon aigre de manioc en Colombie.

Cette enquête structurée a été appliquée à toutes les rallanderias du Cauca pendant les mois de mai et juin 1995. Les propriétaires ou administrateurs des rallanderias ont répondu à des questions brèves et ponctuelles portant sur les caractéristiques de l'unité de transformation et du transformateur, sur la production et la commercialisation de l'amidon et des sous-produits, sur la matière première, la structure administrative, l'adoption de technologies et de changement d'infrastructure, sur les recettes, l'assistance technique, l'accès au crédit, et les problèmes rencontrés.

Pendant qu'étaient réalisées les enquêtes formelles, un expert ayant une bonne connaissance des procédés de transformation du manioc a réalisé une enquête visuelle intégrant la technologie utilisée, la capacité de production installée ainsi que le lieu géographique de l'unité de production. Chaque phase du procédé a été évaluée indépendamment et un inventaire des installations et machines de chaque unité a ainsi été réalisé.

Les données de cette première étude ont été analysées sous forme descriptive, en utilisant principalement des analyses de fréquence et de moyenne. Les données de l'enquête formelle

|                         |
|-------------------------|
| Une enquête<br>formelle |
|-------------------------|

|                            |
|----------------------------|
| Une évaluation<br>visuelle |
|----------------------------|

Stratification  
des exploitations

structurée, obtenues auprès des transformateurs, ont permis de caractériser le système de production de l'amidon aigre de manioc. Sur la base de l'enquête visuelle, l'information recueillie a permis de caractériser la technologie utilisée dans la région et de stratifier la population en 5 niveaux technologiques. Le niveau 1 rassemble les unités pour lesquelles le procédé est totalement manuel (le râpage est mécanisé à tous les niveaux). Le niveau 2 regroupe les unités qui ont mécanisé le lavage des racines ou l'extraction d'amidon et pour lesquelles une étape du procédé est manuelle. Le niveau 3 inclut les unités dont la totalité du procédé est mécanisé, généralement avec des machines traditionnelles. Le niveau 4 est constitué des unités possédant des canaux ou labyrinthes de sédimentation qui permettent un travail en continu en remplacement des bacs de sédimentation. Le niveau 5 correspond aux unités pour lesquelles toutes les opérations sont mécanisées : la sédimentation est réalisée dans des canaux, les machines sont distribuées le long de la pente pour mettre à profit la gravité (besoins moindres en énergie et en main-d'œuvre, travail moins pénible, sécurité renforcée).

Une enquête  
quantitative

Une enquête quantitative sur les coûts de production a été réalisée sur un échantillonnage représentatif des unités de production couvrant le coût de transformation et distribution en coûts variables (matière première, main-d'œuvre, intrants, etc.) et coûts fixes (administration, dépréciation du matériel, intérêts, etc.) ainsi que les recettes totales et marges brutes et nettes d'activités.

Taille de  
l'échantillon

Les données de la première enquête formelle réalisée auprès de tous les transformateurs ainsi que la stratification par niveau ont été utilisées pour définir la taille de l'échantillon représentatif. Le calcul de la grandeur de l'échantillon à évaluer par niveau a été calculé itérativement, en supposant une distribution normale de la quantité de manioc transformé par ralleria, à partir de la formule suivante :

$$n_i = \left[ \frac{t_{(n_i - 1, ddf)}^2}{p \cdot \bar{x}_i} \right]$$

avec  $n_i$ , taille de l'échantillon pour le niveau  $i$  ;  $t_{(n_i - 1, ddf)}^2$ , valeur du test de Student au niveau de signification  $\alpha$  et avec  $n_i$  degré de liberté ;  $s$ , écart-type estimé de la quantité de racines transformées par le niveau  $i$  ;  $p$ , intervalle de confiance relatif désiré ;  $\bar{x}_i$ , quantité moyenne de manioc transformé.

Le caractère fini de la population (< 208 rallerias) et donc la nécessité de prendre un échantillon de taille plus petite ont été pris en compte par la formule suivante :

$$n_{ic} = \frac{n_i}{1 + \frac{n_i}{N_i}}$$

où  $n_{ic}$  est la taille de l'échantillon corrigée pour le niveau  $i$  et  $N_i$  est le nombre total de rallerias pour le niveau  $i$ .

Sur la base des résultats de cet exercice, un risque de 20 % et une précision désirée à 80 % de la valeur moyenne ont été choisis. Toutefois pour les niveaux 1, 2 et 3, un risque  $\alpha$ , de 25 % a été choisi pour limiter le nombre d'enquêtes car les difficultés d'accès, en relation avec les objectifs de cette étude, ne permettaient pas de réaliser un nombre trop grand d'entrevues. Les calculs ont conduit à un échantillon de 54 unités de production (tableau 1).

|            |   |    |    |   |   |       |
|------------|---|----|----|---|---|-------|
| niveau $i$ | 1 | 2  | 3  | 4 | 5 | TOTAL |
| $n_{ic}$   | 8 | 12 | 20 | 8 | 6 | 54    |

Tableau 1 - Echantillonnage par niveau technologique pour la réalisation de l'enquête sur les coûts de production.

Cette enquête a été réalisée entre les mois de juin et octobre 1996 par des agents du CIRAD-SAR/CIAT, CETEC, Fundación Carvajal et CORPOTUNIA. Pour les niveaux 1 et 2, seuls 5 enquêtes par niveau ont pu être réalisées car les unités sélectionnées se trouvaient arrêtées de manière temporaire ou définitive. Pour le niveau 3, 23 enquêtes ont été réalisées ; pour les niveaux 4 et 5, les nombres prévus ont été respectés. Au total, 47 unités ont pu être visitées de nouveau pour la réalisation de la seconde phase de cette étude.

70

## La production

une agroindustrie importante

Dans le département du Cauca, 208 des 210 unités de production d'amidon aigre de manioc ont été visitées. Les rallerias sont réparties sur 12 communes du Cauca et dans 85 hameaux, surtout au nord et au centre du département. Au moment de l'enquête, 146 unités étaient opérationnelles, 3 en construction, 30 étaient arrêtées temporairement dont 26 de niveau 2 et 3 arrêtées par manque de capital d'exploitation (46 %), de matière première (29 %). 28 unités, elles aussi de niveau 2 et 3 étaient abandonnées ou fermées par manque de capital de travail (33 %), de mauvais résultats économiques (17 %) et manque de matière première (13 %).

Un équipement  
utilisé à 52 %  
de sa capacité

Sur la base de la première enquête formelle structurée, la capacité annuelle de transformation est de 163 000 tonnes de racines de manioc. L'évaluation visuelle réalisée par les experts du secteur, montre un mauvais dimensionnement des unités de production ; le sous-dimensionnement des aires de séchage et/ou des bacs de fermentation ou de sédimentation limitent la capacité installée à 87 000 tonnes/an. Actuellement, la quantité transformée a été estimée à 54 000 tonnes de racines/an. Ceci montre qu'actuellement 62 % de la capacité est utilisée. La production d'amidon aigre de manioc est estimée à 11 000 tonnes/an, ce qui veut dire que 5 kg de manioc sont nécessaires à la production de 1 kg d'amidon aigre. La production d'amidon natif de manioc était en 1994 de 135 tonnes. Cet amidon est produit exclusivement sur commande d'un particulier ou d'un intermédiaire. L'agroindustrie produit environ 4 450 tonnes de fibres appelées localement « afrecho »<sup>1</sup>, utilisées pour les rations alimentaires animales.

De plus, l'agroindustrie produit 750 tonnes/an d'un résidu très riche en protéine, utilisé en alimentation animale, appelé localement « mancha »<sup>2</sup>.

D'après les chiffres du Ministère de l'Agriculture, 6 400 ha/an de manioc ont été cultivés en moyenne pour la période 1990-1996 dans le département du Cauca. En considérant que le rendement moyen du département pendant ces 7 ans était de 9,4 tonnes/hectare, la production moyenne du département a atteint 60 160 s de manioc correspondant à 3,5 % de la production colombienne annuelle. Une enquête antérieure de la section économie du programme manioc du CIAT a montré que 74 % de la production de manioc du département étaient destinés à la production d'amidon aigre. Ces données montrent qu'uniquement 44 500 des 54 000 s de manioc transformées sont produites dans la même région. Pendant ces dernières années, l'agroindustrie de transformation a importé 9500 s de racines d'autres régions du pays (Antioquia, Valle et Uraba, Colombie) ou d'une manière plus récente d'Equateur (Santo Domingo). Il est important de noter qu'en Colombie, le manioc est utilisé sous diverses formes dans l'alimentation animale ou humaine et qu'une faible partie de la production nationale est destinée à la production d'amidon. A pleine capacité les rallanderias ne seraient en mesure d'absorber que 5 % de la production nationale actuelle.

Cette agroindustrie génère directement 827 emplois permanents dont 57 % sont embauchées localement, le reste étant de la main-d'œuvre familiale. Dans ces unités, 104 femmes et 16

1 L'afrecho correspond au résidu lignocellulosique après extraction de l'amidon de la pulpe de manioc, séché au soleil : le tourteau.

2 La mancha est obtenue par séparation de la fraction la moins dense au cours de la sédimentation de l'amidon. Cette fraction sédimente plus tardivement que l'amidon du fait de la différence de densité et se retrouve après 8 heures de sédimentation au-dessus de la couche d'amidon.

La mancha est facilement séparée de l'amidon par raclage et lavage de la surface de celui-ci. La mancha est concentrée par décantations successives et mise à égoutter dans des sacs de polypropylène tissés, avant d'être séchée au soleil.

---

 impact social
 

---

enfants participent principalement à l'épluchage manuel du manioc, à l'extraction manuelle de l'amidon et au séchage de l'amidon aigre (étalage au soleil et ramassage après séchage). Certaines de ces femmes tiennent les registres et les comptes de l'unité de transformation.

Les données de l'enquête montrent qu'en moyenne 5 personnes dépendent économiquement de chaque transformateur. Sur la base de cette information, il serait possible de conclure que 1 050 personnes vivent directement de cette agroindustrie familiale (famille des propriétaires des 210 unités de production d'amidon aigre). De plus les 475 employés de ces unités fournissent des ressources à environ 2 375 autres personnes. Dans le nord du Cauca, 3 425 personnes dépendent de cette agroindustrie, sans compter toute la structure commerciale qui dépend elle aussi de cette activité (transporteurs, intermédiaires et producteurs de manioc). Des données de la section économie du programme manioc du CIAT, montrent qu'il existe environ 4900 producteurs de manioc qui commercialisent 70 % de leurs productions aux unités de transformation.

Au total, ce sont 1 050 personnes (familles des propriétaires des unités), plus 2 375 personnes (famille des employés des unités), plus 24 500 personnes (famille des producteurs de manioc) soit environ 28 000 personnes en incluant les intermédiaires et leur famille, qui vivent de manière plus ou moins directe de cette agroindustrie.

---

 utilisation
 

---

L'amidon aigre est utilisé principalement comme ingrédient de fabrication de certains produits de panification comme le pandebono, le pan de yuca (pain de manioc) ou les buñuelos (beignets) et entre dans la composition de toute une gamme d'amuse-gueules très légers et aérés (chicharrones, roscillas et besitos) pour lesquels le pouvoir de panification naturel de l'amidon est mis à profit. L'amidon natif de manioc est utilisé dans les recettes de quelques biscuits secs, mais son utilisation reste anecdotique.

Les sous-produits de la transformation, la mancha et l'afrecho, sont commercialisés et incorporés dans les rations animales ou utilisées directement en frais pour l'alimentation des porcs, des volailles ou du bétail des unités de production.

L'amidon aigre de manioc est principalement commercialisé par des intermédiaires qui transportent l'amidon à Santander de Quilichao (ville la plus proche) où il est revendu à d'autres intermédiaires qui eux assurent le transport vers les grandes villes du pays (Cali, Pereira, Tulua, Manizales, Bogota). Seuls 35 transformateurs approvisionnent eux-mêmes les boulangers, et 8

---

 commercialisation
 

---

seulement l'industrie des amuse-gueules. Actuellement 20 unités de production (10 % du total), écoulent une partie de leur production au travers d'une coopérative : COOPRACAUCA. Cette coopérative n'a commercialisé en 1994 que 419 tonnes d'amidon aigre soit 4 % de la production totale du Cauca. Ce faible niveau de commercialisation est essentiellement lié aux faibles ressources financières de la coopérative.

Plus de la moitié des unités de transformation sont elles-mêmes productrices de manioc. Ces 107 transformateurs, présentent une superficie cultivée de 500 hectares de manioc couvrant uniquement 7,7 % des besoins en matière première des unités de transformation du département. Ce chiffre montre que la majorité de la matière première destinée à l'agroindustrie en question est achetée aux producteurs de la région ou à des intermédiaires qui l'importent d'autres régions du pays ou d'Equateur. L'enquête a montré que 48 variétés de manioc sont utilisées pour la production d'amidon aigre, mais que les deux variétés préférées et les plus utilisées par les transformateurs sont appelées localement « algodona » (44 % des réponses) et la « blanquita » (8 % des réponses).

Malgré tous les efforts institutionnels réalisés durant ces six années de projet, 20 unités de transformation seulement mentionnent avoir reçu une assistance technique directe des différents projets de coopération, mais un grand nombre des transformateurs de la zone ont rendu visite à leurs voisins ou amis chez qui des recherches sont conduites et qui ont testé des améliorations technologiques des procédés de transformation. Ces échanges ont donc permis une diffusion informelle des innovations.

Les 20 unités mentionnant avoir reçu une aide technique précisent qu'elle leur est parvenue au travers de CETEC, du projet CIRAD-SAR/CIAT, de la coopérative COOPRACAUCA. De plus 69 transformateurs (35 %) ont reçu un crédit pour la production et/ou la transformation du manioc. Ce crédit a été attribué par les institutions financières suivantes : la Caja agraria, BANCOOP (Banco cooperativo de Colombia), Banco Cafetero, mais aussi par des ONG : FUNDEJUR (Fundación para el desarrollo de la juventud rural) et Mundo Mujer entre autres.

production

diffusion informelle  
des innovations

## Technologie utilisée

Le tableau 2 regroupe les caractéristiques des rallanderias par niveaux technologiques. Il montre que 67,3 % des unités de



|  |
|--|
| prédominance du<br>procédé<br>traditionnel |
|--|

production sont regroupées sous le niveau 3 qui correspond à un niveau intermédiaire représentatif du procédé traditionnel de cette région. D'autre part, il est important de noter qu'un faible pourcentage (15,4 %) des unités conservent un procédé très rudimentaire où la majorité des opérations est réalisée sous forme manuelle. Seule la râpe mécanisée a été adoptée par l'ensemble des unités.

32 unités de transformation (17,3 %) ont adopté le système de sédimentation en canaux (Niveaux 4 + 5) et 11 des unités visitées (5,3 %) ont adoptées une distribution des machines mettant à profit la déclivité du terrain pour l'utilisation de la gravité dans le transport des flux de matière.

Il est important de noter qu'au début du projet, aucune unité de niveau 4 et 5, n'était présente dans le département ; elles ont toutes été construites pendant les 6 dernières années.

Le tableau 2 reporte deux données différentes pour la capacité installée.

La première est la capacité installée selon les utilisateurs (première enquête formelle structurée), en supposant qu'ils puissent disposer du capital d'exploitation et de l'approvisionnement nécessaire. Ces appréciations des transformateurs tendent à surestimer les capacités réelles installées. La quantité mentionnée ne pourrait être transformée que pendant quelques semaines consécutives et rapidement ce niveau de production ne pourrait plus être maintenu du fait de l'existence de goulots d'étranglement dans les lignes de production. L'enquête a montrée que 47 % des unités étaient limitées par le volume des bacs de fermentation et 48,5 % sont limités par la superficie de l'aire de séchage au soleil. Seuls 2 % des unités sont limitées par le volume des bacs de sédimentation

La seconde donnée correspond à la capacité estimée par les experts en prenant en compte les valeurs relevées lors de l'enquête visuelle. Cette estimation prend en compte les facteurs les plus importants qui limitent le plus la capacité des unités (volume de bacs de fermentation et de sédimentation, et superficie de l'aire de séchage). Pour cette raison, il a été décidé d'utiliser pour les calculs la capacité installée donnée par les experts. Les taux d'utilisation des unités de niveau 1, 2, 3 sont voisins de 83 % de la capacité installée alors qu'il n'est que de 68 % en moyenne pour les unités de niveau 4 et 5.

Les petits transformateurs traditionnels qui réalisent la quasi totalité des opérations de transformation manuellement (niveaux 1 et 2), sont aussi producteurs de manioc. Ils achètent préférentiellement le manioc à leurs proches voisins et amis.

|   | Niveaux technologiques |               |                |               |              | TOTAL          |
|---|------------------------|---------------|----------------|---------------|--------------|----------------|
|   | 1                      | 2             | 3              | 4             | 5            |                |
| Nombre de rallanderías  | 15<br>(7,2%)           | 21<br>(10,1%) | 140<br>(67,3%) | 21<br>(10,1%) | 11<br>(5,3%) | 208<br>(100 %) |
| Capacité installée moyenne<br>selon les transformateurs<br>(tonnes de racines/semaine)                  | 4,3                    | 6,6           | 13,4           | 19,4          | 60,9         | 15,2           |
| Capacité installée selon<br>les experts (tonnes<br>de racines/semaine)                                  | 2,4                    | 3,2           | 7,4            | 18,1          | 18,9         | 8,2            |
| Quantité moyenne<br>de racines transformées<br>(tonnes/semaine)   | 2,0                    | 2,5           | 6,6            | 12,1          | 13,3         | 6,7            |
| % d'utilisation de la capacité<br>installée   | 83                     | 78            | 89             | 67            | 70           | 82             |
| Production moyenne<br>d'amidon aigre (kg/semaine)   | 420                    | 470           | 1300           | 2430          | 2680         | 1340           |
| % de la matière première<br>produite par le transformateur  | 18,7                   | 7,4           | 7,6            | 5,2           | 11,2         | 8,4            |
| Temps moyen pour rejoindre<br>la route panaméricaine (heure)<br>(tous types de transports<br>confondus) | 2,26                   | 1,15          | 0,27           | 0,12          | 0,05         | 0,47           |

Tableau 2 - Caractéristiques des unités de production d'amidon en fonction de leur niveau technologique.

par le niveau de  
production des  
transformateurs

Leurs unités sont souvent les plus éloignées de la route panaméricaine (2,25 heures en moyenne), et les accès sont très difficiles tant pour l'approvisionnement en manioc que pour la mise en marché des produits finis. Il est fréquent que 4 à 5 heures de mules soient nécessaires pour atteindre le premier chemin de terre où les véhicules motorisés peuvent circuler.

Les unités qui ont le plus haut niveau de développement technologique (niveau 5) présentent un important taux d'auto-alimentation (11,2 %) en comparaison avec celles de niveau 2, 3, 4. Du fait de leur plus forte capacité de production et des investissements supérieurs réalisés, elles doivent s'assurer d'une offre minimum de matière première, et donc d'un niveau minimum

de production permettant de recouvrir les coûts fixes et le remboursement des investissements consentis.

Le tableau 3 présente la technologie utilisée par chaque niveau technologique. Le passage d'un chargement frontal à un chargement latéral de la laveuse-éplucheuse de manioc a été réalisé pour les niveaux 4 et 5 avec une forte adoption de la laveuse-éplucheuse semi-continue pour ces niveaux.

| Technologie<br>ou service                 | Niveaux technologiques |    |      |      |     | % du<br>nbre<br>total | Total |
|---|------------------------|----|------|------|-----|-----------------------|-------|
|   | 1                      | 2  | 3    | 4    | 5   |                       |       |
| laveuse à chargement frontal              | 0                      | 0  | 52,9 | 38,9 | 40  | 58,2                  | 121   |
| laveuse à chargement latéral              | 0                      | 0  | 11,1 | 27,8 | 20  | 14,4                  | 30    |
| laveuse semi-continue améliorée           | 0                      | 0  | 4,8  | 27,8 | 50  | 8,2                   | 17    |
| râpe améliorée (Applicateur)              | 0                      | 5  | 34,9 | 61,1 | 60  | 33,2                  | 69    |
| extracteur d'amidon à 4 appuis            | 0                      | 85 | 48,1 | 33,3 | 30  | 60,1                  | 125   |
| extracteur d'amidon amélioré (semi-axial) | 0                      | 5  | 68,5 | 66,7 | 50  | 30,3                  | 63    |
| extracteur d'amidon amélioré semi-continu | 0                      | 0  | 0    | 5,5  | 10  | 0,5                   | 10    |
| tamissage du lait d'amidon                | 0                      | 60 | 90,4 | 100  | 90  | 82,2                  | 171   |
| tamis vibratoire amélioré.                | 0                      | 0  | 10,3 | 22,2 | 60  | 12                    | 25    |
| sédimentation en canaux                   | 0                      | 0  | 0    | 100  | 100 | 13,5                  | 32    |
| utilisation de la gravité                 | 0                      | 0  | 0    | 0    | 100 | 6,2                   | 11    |
| traitant les eaux résiduelles             | 0                      | 0  | 0,7  | 22,2 | 20  | 3,4                   | 7     |
| assistance technique                      | 0                      | 5  | 4,8  | 44,4 | 40  | 9,6                   | 20    |
| crédits                                   | 7,1                    | 10 | 11,6 | 50,0 | 20  | 14,9                  | 31    |

Tableau 3 - Technologie installée et assistance technique fournie en fonction du niveau technologique des unités de production d'amidon aigre de manioc

Ceux-ci ont adopté majoritairement les machines extractrices d'amidon à axe central pour les niveaux 4 et 5 en remplacement de l'extracteur à 4 appuis traditionnellement utilisé. De plus, on observe un début d'utilisation des extracteurs semi-continus par ces unités. Le nombre de transformateurs effectuant un traitement des eaux résiduaires est très faible (7 unités uniquement), il est réalisé pour les niveaux 4 et 5 uniquement.

Le pourcentage d'unité ayant reçu une assistance technique ou des crédits augmente avec le niveau technologique des unités bien que ce pourcentage soit plus fort pour le niveau 4 que le niveau 5.

## Rentabilité de la transformation

L'analyse des coûts des unités de transformation et de leur rentabilité (tableau 4) ont été estimées sur la base de l'échantillonnage de la population totale (47 unités). Les coûts variables représentent en moyenne 97 % des coûts totaux et la part est plus grande dans les unités de plus fort niveau technologique.

|  | Niveaux technologiques |        |        |         |         | TOTAL   |
|--|------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|
|  | 1                      | 2      | 3      | 4       | 5       |         |
| Nombre total de rallanderías                         | 15                     | 21     | 140    | 21      | 11      | 208     |
| Nombre de rallanderías enquêtées                     | 5                      | 5      | 23     | 8       | 6       | 47      |
| Coûts totaux (milliers de Pesos colombiens/an)       | 24 628                 | 32 403 | 86 804 | 183 905 | 271 304 | 114 483 |
| % des coûts totaux                                   |                        |        |        |         |         |         |
| - Coûts variables                                    | 90,2                   | 94,1   | 96,1   | 97,5    | 97,3    | 96,7    |
| Coûts de la matière première                         | 78,2                   | 80,7   | 91,1   | 93,6    | 94,1    | 92,1    |
| Coûts de transformation                              | 21,8                   | 19,3   | 8,9    | 6,5     | 5,9     | 7,9     |
| Coûts de main d'œuvre                                | 11,0                   | 10,2   | 6,3    | 4,4     | 3,9     | 5,2     |
| - Coûts fixes  | 9,8                    | 5,9    | 3,9    | 2,5     | 2,7     | 3,3     |
| Nombre de personnes travaillant dans l'unité         | 1,3                    | 1,5    | 2,3    | 2,6     | 3,3     | 2,3     |
| Rémunération par semaine (pesos colombiens/personne) | 27200                  | 30000  | 32600  | 32900   | 43400   | 33200   |

Tableau 4 - Structure de coûts des unités de production d'amidon aigre en fonction de leur niveau technologique.

1000 pesos colombiens = 1 US\$

Le coût de la matière première représente en moyenne 92 % des coûts variables. Le pourcentage des coûts variables donné par la matière première est supérieur pour les unités de plus fort développement technologique (94 % en moyenne contre 79 % pour les niveaux 1 et 2). Pour les unités de faible développement technologique, le ratio coûts de transformation (coûts variables moins main-d'œuvre et matières premières) sur coûts variables totaux est supérieur à celui des unités de fort développement

technologique (20 % en moyenne contre 6 % pour les niveaux 4 et 5). Enfin on remarquera que la part des coûts de main-d'œuvre est plus basse dans les unités de plus haut niveau technique. Ces dernières affichent un nombre de journées de travail et un coût journalier supérieur, mais ces coûts sont compensés du fait de leur plus grand volume de production (économie d'échelle).

Le tableau 5 montre que les unités de plus faible niveau technologique nécessitent une quantité plus grande de manioc pour produire 1 kg d'amidon aigre, le facteur de conversion de kg de manioc en kg d'amidon est supérieur à 5 pour les niveaux 1 et 2, égal à 5 pour le niveau 3 et inférieur pour les niveaux 4 et 5. Ceci confirme que pour les unités de plus haut niveau technique (niveau 4 et 5), en plus de produire des quantités plus importantes d'amidon, l'extraction de l'amidon est réalisée d'une manière plus efficace. Ce résultat obtenu à partir de l'étude éco-

|   | Niveaux technologiques |         |        |         |         | TOTAL  |
|---|------------------------|---------|--------|---------|---------|--------|
|   | 1                      | 2       | 3      | 4       | 5       |        |
| Facteur de conversion<br>(kg de racines/kg d'amidon)                        | 5,3                    | 5,1     | 5,0    | 4,6     | 4,6     | 4,9    |
| Production d'amidon (tonnes/an)   | 20,8                   | 28,2    | 82,6   | 184,8   | 233,3   | 106,9  |
| Recettes pour vente d'amidon<br>(milliers de Pesos Colombiens/an)           | 15 492                 | 20 298  | 67 418 | 159 039 | 212 956 | 87 466 |
| Recettes pour vente de sous-produits<br>(milliers de Pesos Colombiens/an)   | 1 005                  | 1 067   | 4 167  | 8 364   | 10 475  | 4970   |
| Coûts Variables<br>(milliers de Pesos Colombiens/an)                        | 14 944                 | 20 646  | 55 931 | 113 051 | 158 945 | 70 582 |
| Marges brutes d'activité<br>(milliers de Pesos Colombiens/an)               | 1 553                  | 719     | 15 654 | 54 352  | 64 486  | 21 854 |
| Rentabilité brute (%)   | 10,5                   | 3,5     | 28,0   | 48,0    | 40,5    | 31,0   |
| Coûts fixes<br>(milliers de Pesos Colombiens/an)                            | 2 403                  | 1 906   | 3 419  | 4 529   | 7 224   | 3 825  |
| Marges nettes d'activité<br>(milliers de Pesos Colombiens/an)               | - 850                  | - 1 187 | 12 235 | 49 823  | 57 262  | 18 029 |
| Coûts totaux<br>(milliers de Pesos Colombiens/an)                           | 17 347                 | 22 552  | 59 350 | 117 580 | 166 169 | 74 515 |
| Rentabilité nette (%)   | - 5,0                  | - 5,5   | 20,5   | 42,5    | 34,5    | 24     |
| Coûts de production<br>(Pesos Colombiens/kg d'amidon)                       | 834                    | 800     | 720    | 636     | 712     | 698    |
| Prix moyen reçu pour l'amidon (Pesos<br>Colombiens/kg payé à la ralleria)   | 745                    | 720     | 816    | 861     | 913     | 818    |
| Prix moyen payé pour le manioc (Pesos<br>Colombiens/kg livré à la ralleria) | 94                     | 108     | 122    | 118     | 131     | 118    |
| Ratio du prix de l'amidon/prix des racines                                  | 7,9                    | 6,7     | 6,7    | 7,3     | 7,0     | 6,9    |

Tableau 5 - Caractéristiques techniques, coûts et rentabilité des unités de production d'amidon aigre en fonction de leur niveau technologique

nomique (enquête formelle) devrait être reconfirmé par une mesure réelle du taux de conversion sur un échantillon d'unités de même niveau technologique, pour un lot de manioc mis à disposition dans les unités.

Les unités de transformation de niveau 1 et 2 ont une marge brute voisine de 1 million de pesos colombiens par an. Les unités de niveau 3 ont une marge brute proche de 15 millions, et les niveaux 4 et 5 voisine de 60 millions de pesos colombiens. La même tendance est observée, si l'on soustrait les coûts fixes (usure du matériel, coûts d'administration et financiers) aux marges brutes, la moyenne de rentabilité brute (marge brute divisée par coûts variables) pour les unités 1 et 2 est de 7 %, de 28 % pour le niveau 3 et d'une moyenne de 45 % pour les niveaux 4 et 5.

Pour les marges nettes (obtenues en retranchant les coûts fixes aux marges brutes) les unités 1 et 2 sont déficitaires et perdent de l'argent. Les unités de niveau 3 produirait une marge nette de 12 millions de pesos par an en moyenne, mais leur rentabilité nette (marge nette divisée par coûts totaux) se retrouve voisine à 21 %, qui est inférieure aux taux offerts par les institutions financières locales (coût d'opportunité). Seules les unités de niveau 4 et 5 avec une marge nette moyenne de 53 millions de pesos et une rentabilité nette voisine de 39 % présentent une rentabilité nette plus intéressante que les 28 % que peuvent offrir sans aucun risque les institutions financières colombiennes. Finalement, on remarque que le coût moyen de production d'un kg d'amidon aigre est de 700 pesos colombiens pour un prix de vente de 820 pesos, produisant une marge de 120 pesos par kg produit.

|                |
|----------------|
| une production |
| globalement    |
| rentable       |

## Conclusion

*L'agroindustrie de production d'amidon de manioc de la région nord du département du Cauca, (Colombie) a été analysée tant sur le plan technologique qu'économique et une stratification par niveau technologique de ces agro-entreprises a été établie. Les transformateurs de manioc, principaux intéressés par l'étude, ont eu un document de synthèse rédigé et illustré d'une manière extrêmement simple (CIAT, 1995). L'industrie est composée de petits transformateurs dont les variations de taille, de niveaux technologiques, de rendements, d'efficacité, sont très importants. La grande majorité des unités utilisent une technologie intermédiaire, tandis que certains conservent une technologie rudimentaire et d'autres unités plus récentes ont déjà une technologie sophistiquée. Le niveau technologique est directe-*

ment lié aux quantités produites et à la distance à la route pan-américaine qui relie les différentes grandes villes où l'on trouve une forte demande en amidon aigre.

La caractérisation de l'industrie n'a pas été l'objectif principal de cette étude, mais un moyen pour évaluer l'adoption de technologie par ces unités au cours des dernières années, et mesurer son impact sur le développement de la zone. Cette étude permet d'identifier et d'établir des ordres de priorités de manière objective pour les principales contraintes et opportunités de cette agroindustrie rurale. La dernière phase de l'étude devrait permettre de définir les priorités en recherche et développement et la mise en place d'un projet intégré ayant comme acteurs principaux les unités de transformation du manioc du département du Cauca. Le bon déroulement de cette dernière étape requiert l'adoption d'une approche intégrée interdisciplinaire mettant en jeu tous les producteurs de manioc, les transformateurs, les intermédiaires et les consommateurs. Ces enquêtes nous donnent accès à l'opinion des transformateurs et à celle des spécialistes du domaine

Une analyse fine de ces différentes activités de recherche permettra de constituer les différents éléments nécessaires à la construction d'un programme intégré de recherche et développement concerté pour l'amélioration des conditions de vie de l'ensemble des acteurs intervenant dans l'agroindustrie de production d'amidon aigre du nord du Cauca.

## Bibliographie

- BRABET C., 1994. Etude des mécanismes physico-chimiques et biologiques responsable du pouvoir de panification de l'amidon fermenté de manioc. Thèse de Doctorat en sciences des aliments, spécialité : Biochimie, biologie cellulaire et moléculaire, Université de Montpellier II, Sciences et Technique du Languedoc, Montpellier, France, 322 p.
- CHACON M.P. and MOSQUERA L., 1992. Estudio del sistema socio-económico de la producción del almidón de yuca en el Norte del Cauca. Tesis de grado, Programa de Economía, Corporación Universitaria Autónoma de Occidente, Cali, Colombia. 65 p.
- CHUZEL G., 1992. Amélioration technique et économique du procédé de fabrication de l'amidon aigre de manioc. In: Dufour D. and Griffon D. Amélioration de la qualité des aliments fermentés à base de manioc. Rapport final du contrat CEE/STD2 TS2A-0225 de l'Union Européenne, CIRAD-SAR, Montpellier, France. p. 9-58.
- CIAT, 1995. La industria del almidón en el departamento del Cauca, Colombia. COPOTUNIA, CIRAD, CETEC, UNIVALLE, Fundación Carvajal, CIAT, Cali, Colombie 16p.
- MOSQUERA L.P., CHACON M.P.P., CHUZEL G., HENRY G., 1996. Cassava starch in northern Cauca,

- Colombia: Socioeconomic evaluation of its production and commerce. In: D. Dufour, G. O'Brien, R. Best. Cassava Flour and Starch: Progress in research and development. CIAT, Cali, Colombie. Chap. 6, p. 30-41.
- ROJAS Ch. O., TORRES L. P., ALAZARD D., FARINET J. L., DE CARDOZO Z. M. C.. Cassava Starch Extraction : A typical rural agroindustry with a high contamination potential. In: D. Dufour, G. O'Brien, R. Best. Cassava Flour and Starch : Progress in research and development. CIAT, Cali, Colombie. Chap. 26, p. 233-238.
- ZAKHIA N., DUFOUR D., CHUZEL G., GRIFFON D., 1996. Review of sour cassava starch production in rural Colombian areas. Tropical Science, Development report. Accepted for publication in 1996. 16p.

## Résumé

L'agroindustrie de production à petite échelle d'amidon aigre de la vallée du Cauca comprend la plus importante concentration de producteurs d'amidon aigre, dont le rendement pour ce produit est le plus élevé en Colombie. L'étude de cet article a pour objectifs immédiats de décrire l'industrie et de caractériser ses principaux aspects techniques et socio-économiques. Elle vise également à évaluer l'adoption et l'impact d'une technologie et, à la lumière de cette évaluation, à établir un programme de recherche et de développement futurs impliquant tous les niveaux de ce secteur du marché.

Les niveaux de technologie sont étroitement liés à la taille de l'exploitation, à la production du produit et à la distance séparant l'exploitation

de la route principale. Les plus petits producteurs, davantage éloignées de la route et à la plus haute altitude dans les montagnes ont présenté les plus bas niveaux d'utilisation de la technologie, de rendement, d'efficacité, d'utilisation des crédits et d'assistance technique. Parmi les cinq niveaux de technologie désignés observés chez ces producteurs, les deux plus bas niveaux ont révélé des retours sur investissements négatifs. Pour ce qui est de l'adoption de la technologie, l'industrie en général est dynamique, puisque les plus petites exploitations à faible niveau technologique sont remplacées par des unités de haute technologie plus grandes.

## Remerciements

Ce travail a pu être réalisé grâce à l'effort conjoint de CETEC, CIAT, CIRAD-SAR, CORPOTUNIA, Fundación Carvajal et UNIVALLE. Chaque institution a mis du personnel et des moyens de transport à disposition pour la réalisation de l'étude. Celle-ci a été financée par le CIRAD-SAR et par l'IRDC du Canada au travers d'un programme PRODAR obtenu par la Fundación Carvajal. Le travail a été coordonné par Veronica Gottret et Guy Henry au CIAT, Libardo Ochoa et Juan Pablo Bedoya à la Fundación Carvajal, Dominique Dufour au CIRAD-SAR, Ricardo Ruiz à CETEC et Martin Moreno pour UNIVALLE. Un grand remerciement à William Cifuentes, Carlos Chilito, Freddy Alarcón, Elisabeth Mosquera, Raul Hernando Calvache et Eduardo Montes pour les efforts réalisés durant le déroulement des enquêtes de terrain. De plus tous les remerciements des auteurs vont à Norbey Marin et Luz Marina Cardenas pour le traitement des données. Un remerciement très spécial à tous les transformateurs de manioc du nord du Cauca qui ont participé activement à cette étude en mettant leur précieux temps à disposition pour la réalisation des différentes enquêtes.



# Etude préalable à la conception d'un équipement d'extraction d'amidon de *Canna edulis* en Colombie.

Stéphane Degrés\*, Martin Moreno Santander\*\*,  
Dominique Dufour\*\*\*, Hugo Garcia Bernal\*\*\*\*

## Introduction

*Canna edulis* ou *Canna indica* est connu dans les pays anglophones sous le nom de Queensland arrowroot, dans les pays francophones balisier ou canna et en Colombie achira. Cette plante est cultivée principalement pour son rhizome riche en amidon, mais aussi dans de nombreux pays d'Amérique latine pour ses feuilles qui sont utilisées en zone rurale pour l'emballage des aliments et pâtes de fruits (Chaparro et Cortes, 1978).

L'amidon de *Canna edulis* est très recherchée en Colombie pour ses propriétés fonctionnelles spécifiques qui sont mises à profit pour le développement de biscuits appelés « achiras ». La teneur élevée de son amidon en amylase (37%) lui confère une tendance à la rétrogradation après cuisson. De ce fait, les « achiras » sont de texture extrêmement croquante après cuisson, faisant ainsi la spécificité du produit vis à vis des autres biscuits à partir de blé, maïs ou de manioc. Les « achiras » sont extrêmement stables, ne réabsorbent pas d'eau et conservent leurs propriétés fonctionnelles pendant leur stockage (de 1 à 2 mois) même dans des atmosphères humides et chaudes rencontrées en Colombie (Ruales et al, 1995).

Au Vietnam et dans le Sud de la Chine, les propriétés fonctionnelles de cet amidon sont mises à profit pour la fabrication de pâtes alimentaires de grande consommation. Ces

\* CIRAD-SAR, UR  
Technologie et procédé,  
34090 Montpellier.

\*\* Université del Valle, Cali,  
Colombie.

\*\*\* CIRAD-SAR / CIAT, Cali,  
Colombie.

\*\*\*\* Corpoica, Colombie.

*pâtes présentent une grande flexibilité et sont très résistantes à la rupture. De plus, du fait de la très forte rétrogradation de l'amidon, elles sont extrêmement stables à la cuisson et peuvent être cuites pendant de nombreuses heures sans que leur texture soit affectée (Dufour, 1996).*

*En Colombie, l'amidon de *Canna edulis* présente un grand potentiel pour le développement de nouveaux produits mais sa production est limitée du fait de la grande pénibilité de son procédé d'extraction.*

*Cet article présente l'étude<sup>1</sup> préalable à la conception d'un équipement d'extraction d'amidon à partir de *Canna edulis*. Concevoir, c'est répondre à un besoin résultant d'une ou plusieurs insatisfactions qui peuvent être dues à des dysfonctionnements d'ordre économiques, technologiques ou ergonomiques. Une étude structurelle des techniques doit aider à mettre en relief ces insatisfactions par une analyse des relations entre les acteurs, la matière et les techniques utilisées (Degrés, 1996).*

## Méthodologie de l'étude

L'objectif de l'étude est de définir les moyens techniques permettant d'augmenter la capacité de production des petites unités traditionnelles d'extraction d'amidon de *Canna edulis* en Colombie. La collecte et l'utilisation d'informations pour concevoir un équipement doivent réduire les risques d'échecs, minimiser les délais de conception et éviter le décalage entre le besoin perçu par le concepteur et le besoin réel.

Une représentation virtuelle du futur équipement (problème, besoin, fonction) a d'abord été réalisée ce qui a permis de définir le concept du produit ainsi que les moyens à mettre en oeuvre pour matérialiser ce concept (plan, prototype, équipement, industrialisation).

Pour poser les bases de la trajectoire technologique du futur équipement (Degrés, 1996), nous avons conduit une étude structurelle de techniques en situation réelle sous forme d'observations, d'entretiens et d'expériences afin de définir et de caractériser les acteurs liés au processus, les équipements et savoir-faire utilisés, la matière première et la matière procédé, ainsi que les aspects ergonomique, économique et socio-culturel.

---

un concept  
s'appuyant sur une  
étude structurelle

---

<sup>1</sup> Ces recherches sont menées en partenariat entre le CIRAD-SAR, le centre de recherche colombien dans le domaine de l'agriculture (CORPOICA), le département génie mécanique de l'université del Valle de Cali et le CIAT (Cali).

L'étude<sup>2</sup> a eu lieu à Caqueza (Département de Cundinamarca) et à Bogota, auprès d'agriculteurs-transformateurs, d'artisans mécaniciens du centre de recherche CORPOICA, de transporteurs et d'utilisateurs d'amidon (industriels et particuliers).

## La production d'amidon

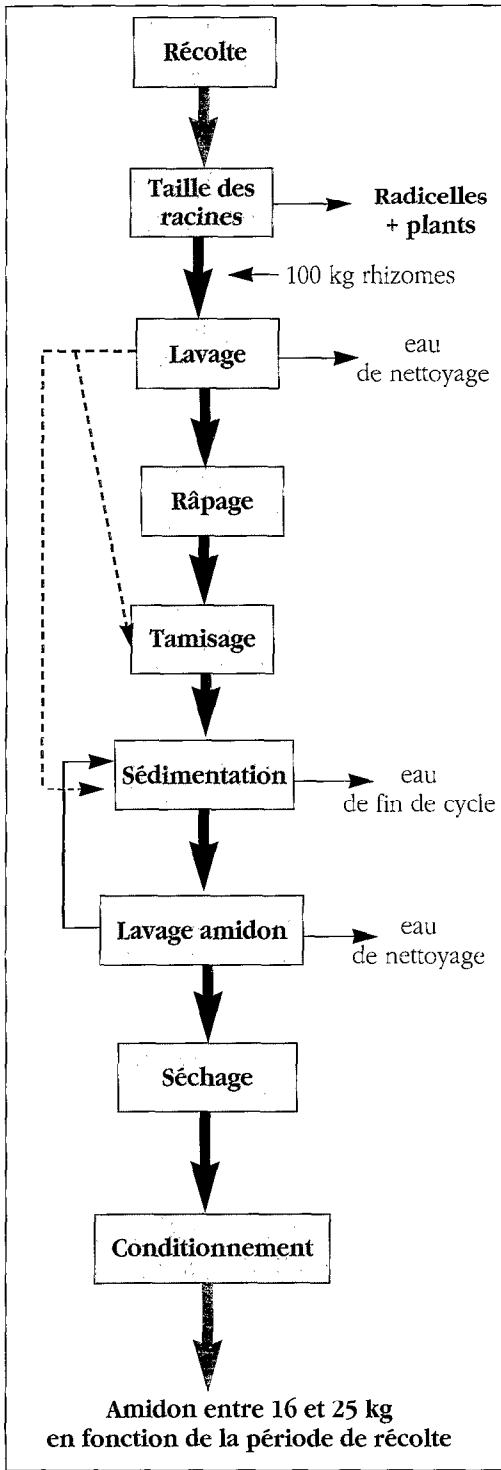
Le rhizome de canna est composé d'une partie principale en forme de T ou de Y d'où est extrait l'amidon et d'une partie secondaire munie d'une tige utilisée comme semence. En Colombie les superficies cultivées sont comprises entre 0,5 ha et 8 ha avec une moyenne d'environ 1 ha par ferme. La culture est possible jusqu'à 2 650 m d'altitude les meilleures zones se situant entre 1 700 et 2 185 m. Le rendement maximum est de 30 tonnes/ha de rhizomes alors que la moyenne réelle est de 9 t/ha. La durée de culture s'étale sur 8 à 12 mois, principalement en saison pluvieuse, avec un rendement en amidon à 8 mois de 20 à 25 % tandis qu'après 10 mois de culture, le rendement du rhizome n'est plus que de 12 à 15 % (Serrano, 1993 ; Alarcon, 1996 ; Morales, 1965).

|                                       |
|---------------------------------------|
| une production<br>relativement faible |
|---------------------------------------|

Trois régions sont productrices d'amidon de canna : Cundinamarca (800 ha), Narino (200 ha) et Huila (200 ha). Le procédé reste le même dans l'ensemble des régions colombiennes. Seule la région de Cundinamarca exporte hors du département alors que Narino et Huila consomment la totalité de leur amidon. Du fait de l'éloignement entre les zones de production et les industriels demandeurs, des intermédiaires transportent l'amidon vers les zones d'utilisation en contrepartie d'une commission correspondant à la valeur commerciale du transporteur, puisqu'il s'agit de la différence entre le prix d'achat à l'agriculteur et le prix de vente à l'industriel.

La matière transformée doit être la plus blanche possible (contrôle visuel), sans impureté (contrôle visuel : une sédimentation rapide de l'amidon en solution permet de détecter d'éventuels mélanges avec d'autres amidons de moins bonne qualité), et avoir une teneur en eau inférieure à 20 % pour le consommateur industriel et à 11 % pour le transformateur (Alarcon, 1996).

<sup>2</sup> Cette étude a été réalisée par une équipe constituée d'un ingénieur agricole, professeur à l'université del Valle, d'un technicien spécialiste de la transformation du manioc au CIAT, d'un spécialiste de la diffusion d'équipements agro-alimentaire et d'un économiste du CORPOICA, d'un agriculteur indépendant, ingénieur agronome, et d'un spécialiste de méthodes de conception de CIRAD-SAR



**Récolte :** l'opération de récolte est composée de deux phases. La première consiste à couper les tiges de canna à environ 20 cm du sol ; une fois cette opération réalisée, chaque groupe de rhizomes (10 en moyenne par plante) est déterré à l'aide d'une pioche.

**Taille des racines :** il s'agit de séparer les racines du rhizome principal puis d'un éventuel rhizome secondaire, ce dernier est utilisé pour une replantation.

**Lavage :** les rhizomes sont plongés dans un bac rempli d'eau de rivière. L'ensemble est ensuite brassé manuellement jusqu'à ce qu'ils soient bien propres.

**Râpage :** Cette opération permet de râper la matière première en une pulpe fine pour en faciliter l'extraction de l'amidon. La râpe est un cylindre en bois de 20 cm de diamètre et de 40 cm de longueur soit recouvert d'une plaque en fer galvanisée percée de trous de 0,5 cm de diamètre espacés de 1 cm (le frottement du tubercule contre les arêtes de ces orifices permettra l'action de râpage), soit muni de lames de scies disposées longitudinalement dont les dents triangulaires mesurent 1 cm. L'écartement entre chaque rang est de l'ordre de 3 cm. Ce cylindre, installé horizontalement, est mis en rotation manuellement ou mécaniquement par un moteur d'une puissance comprise entre 10 et 25 CV. La râpe, seul équipement mécanisé, est louée aux agriculteurs par un prestataire de services et transportée à dos de mule de ferme en ferme.

**Séparation de l'amidon :** une fois les racines râpées, on obtient une pulpe composée d'amidon, d'eau et d'afrecho (fibres + autres matières) qui sont séparés par lavage et tamisage : 1 à 2 kg de cette pulpe est introduit sur un tamis constitué de deux « toiles de filtration » superposées (ce tamis est posé sur un bac), puis, par ajout d'eau sur la pulpe on obtient après tamisage, les fibres appelées l'afrecho et le lait d'amidon en mélange avec les impuretés (appelées localement « mogoya »). Les impuretés, moins denses que l'amidon sédimentent plus lentement et l'élimination de la couche surnageante permet alors de purifier l'amidon. L'opération de lavage est répétée de 3 à 5 fois et le temps de sédimentation varie entre 20 minutes et 1 heure.

**Séchage :** une fois le lavage réalisé, l'amidon humide est récupéré et séché en couche fine étalée sur une bâche en plastique à l'air libre, le temps nécessaire étant variable selon les saisons.

**Conditionnement et stockage :** l'amidon est ensuite conditionné dans des sacs d'environ 70 kg avant d'être entreposé dans une remise.

Figure 1 - Diagramme d'extraction de l'amidon.

deux résidus  
utilisables

Le procédé a pour but de séparer deux produits de l'amidon : l'afrecho (résidu fibreux) qui peut être utilisé comme fertilisant (mais il ne l'est presque jamais en Colombie) et la mogoya qui, lorsqu'elle n'est pas directement rejetée, peut être directement utilisée comme nourriture pour animaux ou comme ingrédient dans la fabrication de biscottes.

Le faible niveau de complexité technique des différents équipements permet une fabrication et une maintenance locale. Seules l'eau (lavage des racines, tamisage et lavage de l'amidon) et l'essence (pour le moteur de la râpe mécanique) sont nécessaires.

un procédé  
d'extraction pénible

Les agriculteurs-transformateurs pourraient cultiver une plus grande surface de canna mais ils ne le font pas car la pénibilité du procédé d'extraction ne leur permet pas de traiter une plus grande quantité. Leurs exploitations se caractérisent par une polyculture (arbres fruitiers, oignons, haricots et maïs). La surface des fermes est comprise entre 2 ha et 12 ha avec une moyenne de 4 ha dont 30 % à 50 % sont consacrés à la canna. Le travail est réalisé dans la plupart des cas par l'agriculteur et sa famille (la main-d'oeuvre salariée étant de plus en plus rare).

### Étude économique et organisationnelle de la transformation

A l'ouest du département du Cundinamarca et de Huila, les pains de canna sont consommés tous les jours. Alors que la culture y est restée traditionnelle, la demande croissante des consommateurs de biscuits fait que depuis quelques années cette culture est devenue économiquement intéressante (Serrano,1993).

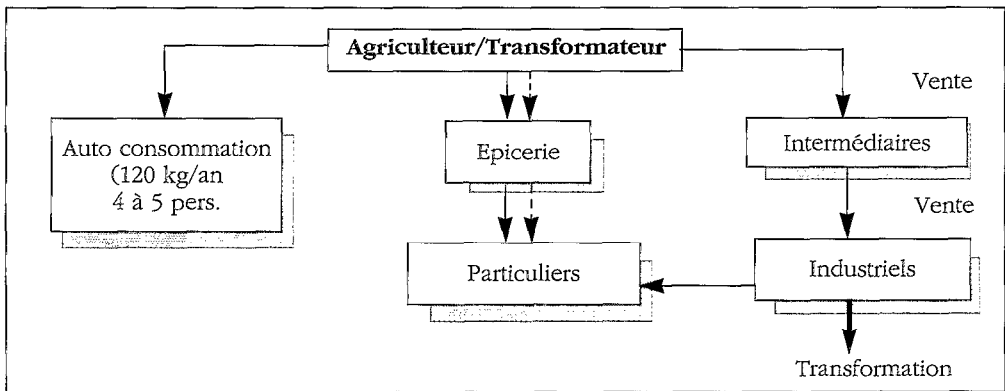


Figure 2 - Circuit de commercialisation de l'amidon

l'agriculteur est  
lui-même le  
producteur d'amidon

et le vend aux  
épiciers ou à des  
intermédiaires

Le transformateur étant l'agriculteur lui-même, celui-ci s'auto-provisionne en fonction de ses besoins. L'amidon est utilisé (fig. 2) par de particuliers qui s'approvisionnent dans les épicerie ou dans un supermarché, soit par des d'industriels qui s'approvisionnent auprès d'intermédiaires qui se chargent d'aller se fournir en amidon directement chez les transformateurs (45 à 100 tonnes/an selon leur stratégie commerciale).

Le prix de vente fluctue en fonction de la demande. L'agriculteur vend à un intermédiaire ou à une épicerie l'amidon entre 1 200 et 1 800 pesos le kg (1 000 pesos = 5 FF au 1/09/96) qui sera revendu 2 000 pesos le kg. L'intermédiaire fournit les industriels entre 2 500 et 2 600 pesos le kg, (à titre de comparaison l'amidon de blé est vendu à 340 pesos/kg).

La saison de production et de récolte s'étend sur toute la période chaude (d'octobre à mars). La transformation s'étale sur une semaine : pour environ 1200 kg de rhizomes traités par semaine, trois à quatre personnes sont mobilisées et travaillent indifféremment aux différentes tâches 8 h/jour.

|                              | Productivité<br>du travail<br>jour / homme | Coût de<br>la transformation<br>valeur totale |
|------------------------------|--|---|
| Arrachage (1200 kg)          | 5  | 40 000  |
| Préparation de rhizomes      | 4  | 32 000  |
| Lavage et râpage de rhizomes | 1,5  | 12 000  |
| Tamissage                    | 4  | 32 000  |
| Lavage d'amidon              | 2  | 16 000  |
| Séchage (200 kg)             | 0,5  | 4 000   |

Tableau 1 - Coût de la transformation de canna par semaine

77 % de la rentabilité

Ainsi pour un rendement en amidon de 16,66 % et un coût de 8 000 pesos par jour/homme, (données recueillies et vérifiées sur le terrain) le coût de production de 200 kg d'amidon est de 136 000 pesos colombiens soit 680 pesos par kg d'amidon, ce qui selon CORPOICA permet un taux de rentabilité de 77 %.

### Les aspects ergonomiques des unités de production

L'étude des techniques a mis en évidence un problème de pénibilité limitant le rendement des installations. L'opération de tamisage de la pulpe a souvent été citée comme étant la plus

le poste tamisage  
est le plus pénible

pénible et la plus limitative en terme de production. Il faut travailler debout, bras tendus, les mains sous un courant d'eau froide pendant 10 à 12 heures en se relayant toutes les deux heures.

Afin d'identifier et de quantifier les causes d'insatisfaction, une étude ergonomique de ce poste a été réalisée en utilisant les fiches d'évaluation des conditions et de l'organisation du travail de l'association pour la prévention et l'amélioration des conditions de travail (APACT). La figure 3 permet de visualiser la nature et la valeur des défauts du poste. Toute innovation qui viendrait améliorer l'opération de tamisage devrait tirer la courbe vers la droite, avec des notes minimales de 5.

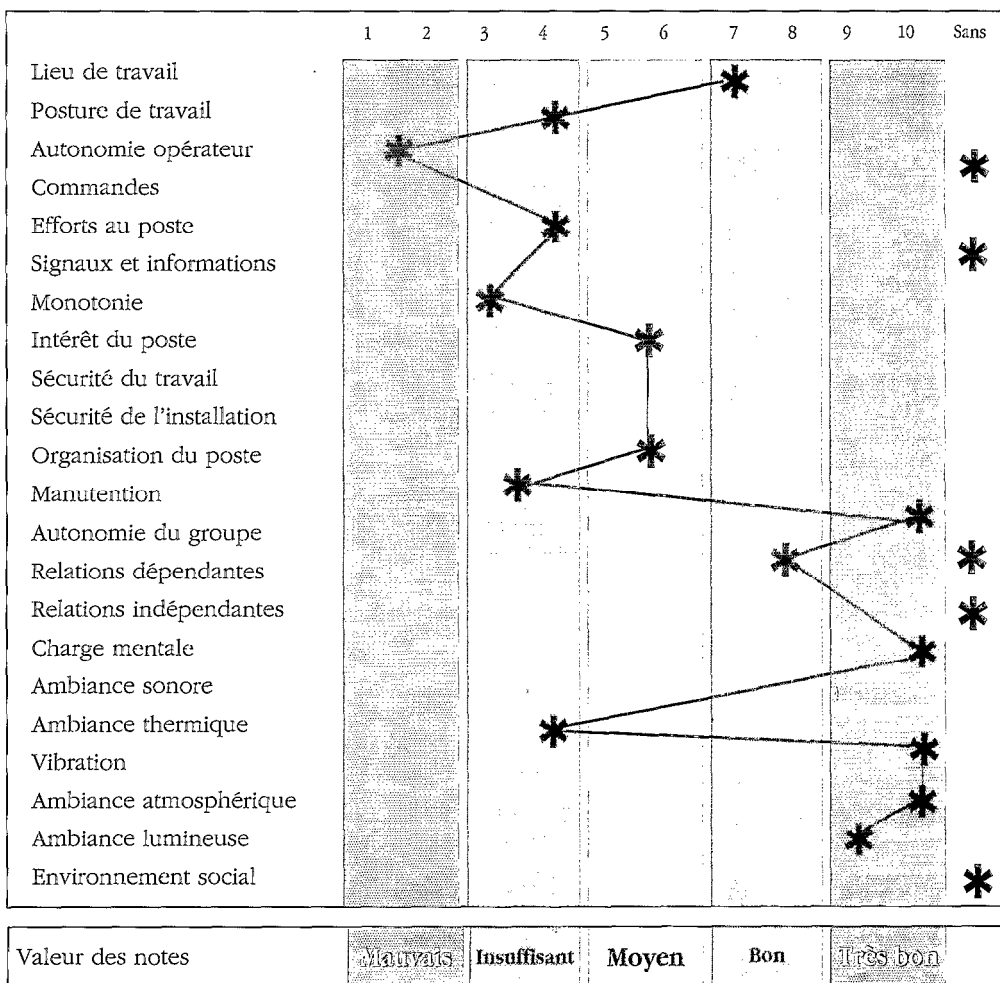


Figure 3 - Evaluation du tamisage selon certains critères de l'APACT

Par ailleurs, tous les équipements bénéficient d'une maintenance locale par leur propriétaire, sauf pour le moteur de la râpe pour lequel on fait appel au mécanicien le plus proche. De plus, bien qu'il n'existe aucune protection particulière des opérateurs, l'insécurité est à relativiser puisque les dangers potentiels sont uniquement liés à l'utilisation de la râpe.

Les installations des différentes unités d'extraction sont maîtrisées par les utilisateurs. Les équipements ne nécessitent pas de savoir-faire particuliers ; le temps d'apprentissage du travail à effectuer est relativement court puisqu'une personne est considérée optimale à son poste dès le premier jour.

## Analyse fonctionnelle de besoin des unités de transformation

Les agriculteurs, les opérateurs, les membres de l'équipe de projet ont mis en évidence quinze contraintes à différents niveaux de la chaîne. Il est apparu important au groupe de travail de s'orienter en priorité sur un besoin exprimé par les transformateurs et en particulier sur l'opération de tamisage qui est la plus pénible et de ce fait limite la production d'amidon ; cette opération a un coût qui correspond à 24 % du coût total de transformation. De plus cela permet d'associer plus facilement le futur utilisateur au travail de conception dès le début du processus.

□  
89

### Équipement

Un équipement est nécessaire pour séparer l'amidon de l'afrecho, à partir de canna râpé.

un équipement simple

Le prototype devrait être en début de phase de diffusion dans deux ans et devrait être compatible d'une part avec le râpage des rhizomes et d'autre part avec le lavage de l'amidon ; il pourrait être utilisé un à deux jours par semaine sur quatre mois par les agriculteurs-transformateurs, et même jusqu'à cinq jours par semaine selon l'approvisionnement en rhizomes.

L'objectif fixé aux concepteurs-réalisateurs est de diminuer le temps et la pénibilité de l'opération afin de réduire le coût d'extraction de l'amidon.

fabriqué localement

Le circuit de distribution prévu est une fabrication à la demande ou en série par un équipementier local puis une vente directe à l'agriculteur ou au transformateur à un prix maximum d'environ 500 USD.



Ce besoin exprimé par les transformateurs a une importance économique ; en effet malgré la demande des consommateurs en amidon, la pénibilité du procédé et donc la difficulté à trouver la main-d'oeuvre utile ne pousse pas les agriculteurs à cultiver la surface nécessaire.

### Présentation de l'analyse fonctionnelle.

La fonction est l'expression d'une relation entre le futur produit et un ou deux environnants. Avant de présenter les différentes fonctions attendues, il est utile de décrire les éléments du milieu environnant.

- Une râpe fixe ou mobile, motorisée ou manuelle (capacité moyenne : 1350 kg/h, capacité maximum : 2700 kg/h. ).
- Rhizomes de canna râpés.
- L'afrecho.
- L'amidon (diamètre du grain compris entre 83 µm et 153 µm. Taux d'amylase d'environ 37 %) (Ruales et al, 1995)
- Energies disponibles (eau de rivière, essence et électricité de manière intermittente et seulement à la ferme).
- Bac de sédimentation (bac en bois déplaçable d'une capacité d'environ 0.7 m<sup>3</sup> ou bac en ciment fixé à proximité de la ferme d'une capacité d'environ 1.5 m<sup>3</sup>).
- L'utilisateur (un agriculteur ou un opérateur)
- L'acqureur de l'unité (agriculteur ou transformateur ou loueur)
- Le lieu d'utilisation (champ de culture de l'achira, ferme personnelle, ferme d'une autre personne).
- Le mécanicien (atelier de fabrication proche de la zone de transformation, fonctions de service).

Le groupe de travail a identifié des fonctions qui ont été hiérarchisées par tri croisé (Chevallier, 1992).

Outre la fonction principale de séparer l'amidon (objet de l'équipement), on peut noter que les autres points importants, aux yeux des demandeurs, sont les aspects économiques (fonction 2) et ergonomiques (fonction 3) :

Les différentes fonctions ont été caractérisées à partir de l'étude structurelle des techniques. Le choix et l'évaluation des différents critères proviennent d'observations, d'entretiens et d'expériences réalisées *in situ*. Pour la fonction 3 : faciliter le travail de l'utilisateur, un des critères porte la mention « critères ergonomiques », il s'agit là de l'intégration des résultats de l'étude ergonomique prenant en compte les besoins utilisateurs (Degrés, 1996).

Pour séparer l'amidon, la bibliographie montre que quatre techniques sont utilisées pour réaliser l'extraction par voie humide (Hermann, 1992, 1994, 1995). Celles-ci se distinguent par leurs niveaux de complexité : on place la pulpe dans un

une prise en compte  
des aspects  
économiques et  
ergonomiques

| Fonction  | Critère   | Niveau   | Flexibilité             |
|---|---|--|-------------------------|
| <b>Séparer l'amidon de canna râpée</b><br>34,5 %                              | Débit   | Traitement 200 kg de produit râpé à l'heure                          | - 50 kg/h               |
|   | Taux de récupération                                  | 80 % de l'amidon présent initialement (à vérifier avec taux actuel). | - 10 %                  |
|   | Taux d'impuretés                                      | inférieur ou égal aux taux actuel                                    |                         |
| <b>Etre à la disposition de l'acquéreur</b><br>20 %                           | Prix  | 500 USD  |                         |
|   | Maintenance   | Petites réparations par l'acquéreur                                  |                         |
| <b>Faciliter le travail de l'utilisateur. (Critères ergonomiques)</b><br>14 % | Temps   | 1h pour l'opération sur la durée du procès                           | + 1 maximum             |
|   | Nombre  | 1 personne   | + 1 maximum             |
| <b>Etre fabricable et réparable par le mécanicien</b><br>11,5 %               | Utilisation des moyens de fabrication locaux          |  |                         |
|   | Disponibilité locale des éléments pour la maintenance | tous les éléments.   |                         |
| <b>Etre adapté à la râpe</b><br>7 %   | Débit   | 3000 kg de rhizome/h maximum   | - 1000 kg               |
| <b>Etre adapté aux énergies disponibles</b><br>6 %                            | Energie musculaire humaine                            | 0.1 CV   | ponctuellement 0.5 CV   |
|   | Energie musculaire animal                             | 0.5 CV (cheval) et 0.8 (boeuf)                                       | ponctuellement + 0.3 CV |
|   | Moteur thermique                                      | 12 CV  | + - 3 CV                |
|   | Utilisation d'eau                                     | 300 l/h  | + - 300 l/h             |
| <b>Evacuer l'afreco</b><br>3,5 %  | Afrecho dans le système après évacuation              | 0 afrecho  |                         |
|   | Effort nécessaire                                     | opération réalisable par une femme                                   |                         |
| <b>Véhiculer l'amidon vers le bac de sédimentation</b><br>3 %                 | Temps   | 2 minutes  |                         |
|   | Perte en amidon                                       | 0%   | + 1%                    |
| <b>Etre transportable sur le lieu d'utilisation</b><br>1,5 %                  | Masse de l'équipement                                 | 100 kg maximum (transportable + 20 kg par un cheval)                 |                         |
|   | Volume de l'équipement                                | en fonction du porteur   |                         |

Tableau 2 - Caractérisation des fonctions

des techniques  
traditionnelles plus ou  
moins complexes

tissu ou sur un tamis composé d'un cadre en bois puis on presse manuellement, on utilise un tamis plat vibrant ou un tamis cylindrique rotatif, ou à l'échelle industrielle on extrait par centrifugation.

L'utilisation d'eau n'étant pas un facteur limitant (techniquement ou économiquement) dans les lieux de production d'amidon de canna, le futur équipement devra combiner les différentes techniques d'extraction par voie humide. Les tamisages vibrants et rotatif ont fait leurs preuves pour l'extraction d'amidon à partir de racines et tubercules tropicaux notamment pour l'extraction d'amidon de manioc en Colombie.

Une étude réalisée par la FAO (1993) a montré qu'il est intéressant d'opter pour la mécanisation poussée de l'opération d'extraction d'amidon de rhizome tropical, dans le cas les critères seraient remplis (tableau 3).

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>1 - possibilité d'extraire, au minimum 500 kg d'amidon à l'heure,</li> <li>2 - disponibilité d'une main-d'oeuvre qualifiée,</li> <li>3 - coût élevé de la main-d'oeuvre,</li> <li>4 - valeur ajoutée élevée de l'amidon de bonne qualité par rapport au prix de la matière première (un rendement élevé est essentiel)</li> <li>5 - faible coût de l'énergie,</li> <li>6 - taux de changes favorables,</li> <li>7 - faibles taux d'intérêt.</li> </ul> |
|---|

Tableau 3 - Critères pour une mécanisation poussée de l'extraction de l'amidon.

En Colombie en dehors des critères 2 et 3, avec une moyenne d'un ha de culture par ferme, d'un rendement moyen théorique de 30 tonnes de rhizomes à l'hectare, avec un rendement théorique en amidon d'environ 20 %, un équipement de haute technologie devrait être rentabilisé sur 12 h pour la totalité des rhizomes disponibles dans une ferme.

Par ailleurs, les équipements de haute technologie devront être importés du fait des moyens rudimentaires disponibles chez les équipementiers locaux.

## Conclusion

*Cette étude a permis d'identifier les insatisfactions liées à l'extraction de l'amidon de Canna edulis en Colombie et de définir un équipement de première priorité pour les agriculteurs-producteurs d'amidon.*

*Les recherches menées auront permis de démontrer à la fois l'importance d'une étude structurelle des techniques pour obtenir les informations nécessaires à la réalisation d'un cahier des charges basé sur un besoin représentatif du besoin réel. De plus l'étude ergonomique a permis la prise en compte des besoins des futurs utilisateurs dès le début du processus de conception.*

*Outre l'aspect recherche, cette étude ouvre plusieurs perspectives : le futur équipement permettra une augmentation de la production d'amidon de canna en diminuant la pénibilité du travail. Enfin, cela pourrait renforcer indirectement le secteur alimentaire colombien par le développement de nouveaux produits à base de canna.*

## Bibliographie

- ALARCON F., 1996. Diagnostico y evaluacion del sistema de obtencion del almidon de Achira en Caqueza, Cundinamarca. Documento de trabajo. CIAT, Cali, Colombia. 12 p.
- AFNOR, 1985. Analyse fonctionnelle. Norme x50-150.
- ATP, 1996. Méthode de conception d'équipements agricoles et agroalimentaires dans les pays du sud.
- BORDA A., 1969 Achira: posibilidades de su cultivo y aprovechamiento industrial en Colombia. IIT, Bogota, Colombia. 76p.
- CHAPARRO R., CORTES V., 1978. La achira: cultivo, industrialización y utilidad forrajera. 1ed. Temas de orientacion agropecuaria. n131. 52p.
- CHEVALLIER, 1992. Produits et analyse de la valeur - Cepadues-édition.
- DEGRÉS S., 1996. Recherche sur les méthodes de conception d'équipement pour les pays du sud. CIRAD SAR n°90.96.
- DEGRÉS S., 1996. Proposition d'un démarche de conception posant les bases de la trajectoire technologique d'un futur équipement dans les pays du sud. Thèse de doctorat. ENSAM Paris.
- DUFOUR D., 1996. Rapport de mission Vietnam et Chine. CIRAD SAR.
- FAO, 1993. Transformation de l'amidon à petite et moyenne échelle - Bultin des services agricoles de la FAO - Rome.
- HERMANN M., 1994. La achira y la arracacha: procesamiento y desarrollo de productos. Circular CIP 20 (3): 10-12
- HERMANN M., 1995. Arracacha and achira procesing and product development. CIP Progress report 6310-1994, Quito, Ecuador. 8p
- HERMANN M., CECIL J. 1992. Starch extraction from achira (*Canna edulis*) in Patate, Province of Tungurahua, Ecuador. p. 1-12.
- MORENO M., 1996. Diagnóstico de la extracción de almidón de achira en Caqueza, Cundinamarca. Reporte de trabajo. Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- MORALES R., 1965. Características físicas, químicas y organolépticas del almidon de achira, (*Canna edulis* Ker var.). Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Química, Bogotá, Colombia. 35p.
- RUALES J., PENNAMEN M., SANTA-CRUZ, S., HERMANN M., 1996. Desarrollo de fideos tipo oriental utilizando almidon de canna (*Canna edulis*). Parte II. In: Ruales, J. (ed.). Proceedings of a seminar on Almidón Propiedades fisico-químicas, funcionales y nutricionales.

- Usos, 8-10 de mayo de 1996. Escuela Politecnica Nacional (EPN), Quito, Ecuador. p. 179-184.
- RUALES J., SANTACRUZ S., HERMANN M., 1995. Caracterizacion de las propiedades reologicas y nutricionales del almidon nativo y gelatinizado de achira (*Canna edulis*). In: Conferencia internacional en biodisponibilidad de nutrientes. Instituto de Investigacion Tecnologica. Escuela Politecnica Nacional (EPN), Quito, Ecuador. p 179-188.
- SERRANO, M. 1993. Estudio de la factibilidad para la utilizacion industrial de la fecula de sagú (*Canna edulis*). Tesis de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ingenieria de Alimentos, Bogotá, Colombia. 290p.

---

### Résumé

Les propriétés fonctionnelles de l'amidon de *Canna edulis* permettent des utilisations particulières appréciées des consommateurs (biscuits, pâtes fraîches...), mais la pénibilité de son extraction limite la production.

L'étude structurelle des techniques permet d'identifier les insatisfactions liées à l'extraction de l'amidon en Colombie et de définir un équipement de première priorité pour les agriculteurs - producteurs.

---

# *Importance de l'utilisation des racines, tubercules et bananes à cuire en alimentation humaine dans le monde*

Serge Trèche\*

## **Introduction**

*Depuis 1988, plusieurs programmes de recherche menés par des chercheurs du CIRAD et de l'ORSTOM ont été consacrés à l'étude et à l'amélioration des modalités d'utilisation du manioc dans les pays en développement (Aghor Egbe et al, 1995 ; Dufour et al., 1996). Au moment où de nouvelles priorités de recherches sont en cours de définition pour être mises en œuvre dans le cadre d'un projet de promotion des amylacés tropicaux (PROAMYL) consacré aux racines, tubercules et bananes à cuire (RTB), il peut être utile de faire le point sur l'importance de leur utilisation en alimentation humaine dans le monde.*

□  
95

## **Origine et traitement des données**

Toutes les statistiques d'utilisation des RTB prises en compte dans cet article sont extraites de la banque de données de la FAO<sup>1</sup>. Sauf indications contraires, il s'agit de moyennes des trois dernières années disponibles (1992-1994). Ce mode d'expression permet d'atténuer les différences résultant de situations exceptionnelles (aléas climatiques, désordres socio-politiques...) ou de variations dans les modes de recueil des données. Ces données sont, en principe, l'objet d'une analyse critique avant d'être introduites dans la banque de données de la FAO, mais leur exactitude et leur fiabilité dépendent néanmoins de la rigueur avec laquelle elles sont élaborées au niveau de chaque pays.

---

\* Laboratoire de Nutrition  
Tropicale  
Centre ORSTOM  
de Montpellier

---

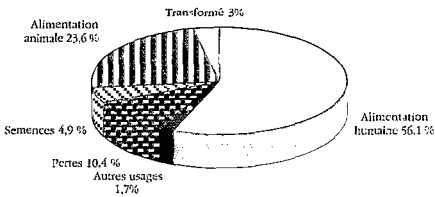
<sup>1</sup> (FAOSTAT Statistics  
database ;  
<http://apps.fao.org>).

Les comparaisons entre quantités directement disponibles pour l'alimentation humaine par régions ou par pays ont été réalisées en utilisant les données exprimées en tonnes d'équivalent sec (éq sec) ou en millions de kilocalories afin de tenir compte des différences existant entre espèces aux niveaux de leurs teneurs en matière sèche et de leurs proportions de parties comestibles.

L'importance des différents RTB dans les régimes alimentaires a été estimée à partir de l'énergie alimentaire qu'ils sont susceptibles de fournir (en kilocalories disponibles par habitant et par jour) et à partir de leur contribution (en %) aux disponibilités énergétiques alimentaires (DEA) totales.

Sept régions du monde ont été distinguées à partir de considérations géographiques et écologiques : l'Afrique sub-saharienne (y compris les îles de l'ouest de l'Océan indien) ; l'Amérique latine (y compris les Caraïbes) ; l'Amérique du nord ; l'Europe (y compris les 6 républiques européennes de l'ex-URSS et la Fédération de Russie) ; le Proche-Orient (y compris les 5 pays d'Afrique du Nord et les 8 républiques de l'ex-URSS à l'est du 40<sup>ème</sup> méridien) ; l'Extrême-Orient ; l'Océanie.

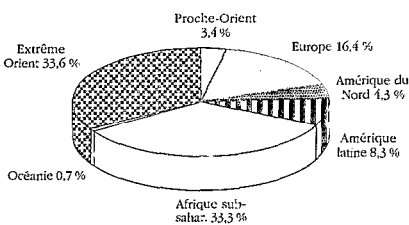
96 Quantités de RTB disponibles pour l'alimentation humaine



Dans le monde et des régions

Pendant la période 1992-1994, la quantité moyenne de RTB disponible annuellement dans le monde a été de 675,6 millions de tonnes de produit frais, soit 152,8 millions de tonnes d'équivalent sec, dont environ 60 % ont été utilisés pour l'alimentation humaine ou transformés par les industries agro-alimentaires.

La proportion de RTB directement utilisée en alimentation humaine varie de façon importante en fonction des espèces (de 49 % pour les ignames à 85 % pour les espèces secondaires ; figure 1) et en fonction des régions (de 33 % en Europe à 82 % en Océanie).

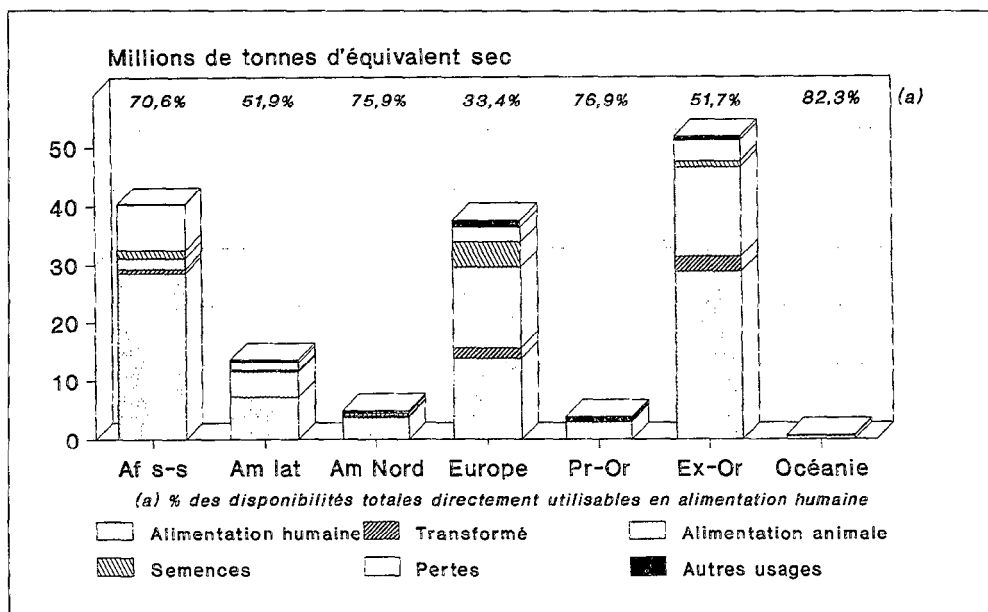


Les régions bénéficiant des plus fortes disponibilités totales en RTB sont l'Extrême-Orient (51,7 Mt éq sec), l'Afrique sub-saharienne (40,3 Mt éq sec) et l'Europe (37,6 Mt éq sec), mais les RTB directement disponibles pour l'alimentation humaine se retrouvent environ pour un tiers en Afrique sub-saharienne, un tiers en Extrême-Orient et un tiers dans l'ensemble des autres régions du monde.

|                        | Pomme de terre | Manioc | Patate douce | Plantain | Ignames | Autres R&T | Total |
|------------------------|----------------|--------|--------------|----------|---------|------------|-------|
| <b>Disponible (1)</b>  | 317,3          | 163,6  | 124,0        | 28,3     | 31,5    | 10,9       | 675,6 |
| <b>Al. Humaine %</b>   | 57,4           | 58,3   | 52,8         | 69,4     | 49,0    | 85,5       | 57,3  |
| <b>Transformé %</b>    | 4,2            | 1,6    | 4,8          | 11,1     | -       | -          | 3,7   |
| <b>Al. Animale %</b>   | 18,3           | 25,2   | 36,7         | 8,0      | 1,1     | 3,9        | 21,8  |
| <b>Semences %</b>      | 10,2           | -      | 0,1          | -        | 16,1    | 1,6        | 5,6   |
| <b>Pertes %</b>        | 7,5            | 12,4   | 5,5          | 11,5     | 33,8    | 9,0        | 9,8   |
| <b>Autres usages %</b> | 2,4            | 2,5    | 0,1          | -        | -       | -          | 1,8   |

(1) en millions de tonnes de produit frais

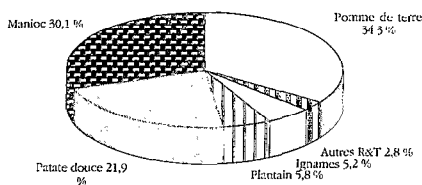
Taux d'utilisation.



Utilisation en fonction des régions.

Figure 1 - Disponibilité et utilisation des différentes espèces de racines, tubercules et bananes à cuire dans le monde Période 1992-1994





Pour l'ensemble du monde, la pomme de terre et le manioc représentent chacun plus de 30 % de l'énergie alimentaire disponible à partir des RTB distançant la patate douce (22 %), le plantain (6 %), les ignames (5 %) et les autres racines et tubercules (3 %).

|                                   |   | Pomme de terre | Manioc | Patate douce | Plantain | Ignames | Autres R&T | Total |
|-----------------------------------|---|----------------|--------|--------------|----------|---------|------------|-------|
| Disponible pour Affm. humaine (1) |   | 100,8          | 88,4   | 64,2         | 17,0     | 15,2    | 8,1        | 293,7 |
| Afrique sub-sahar.                | % | 2,2            | 66,8   | 8,8          | 70,5     | 94,9    | 60,1       | 33,4  |
| Amérique latine                   | % | 7,0            | 10,7   | 1,8          | 25,8     | 3,6     | 6,3        | 7,9   |
| Amérique du nord                  | % | 10,3           | 0,1    | 0,6          | 0,7      | 0,1     | 0,3        | 3,7   |
| Europe                            | % | 46,4           | -      | 0,1          | -        | -       | -          | 15,9  |
| Proche-Orient                     | % | 9,9            | 0,3    | 0,2          | -        | -       | 1,1        | 3,6   |
| Extrême-Orient                    | % | 23,5           | 22,0   | 87,8         | 3,0      | 0,1     | 27,2       | 34,8  |
| Océanie                           | % | 0,7            | 0,1    | 0,7          | -        | 1,3     | 5,0        | 0,7   |

(1) en kilocalories x10<sup>12</sup>

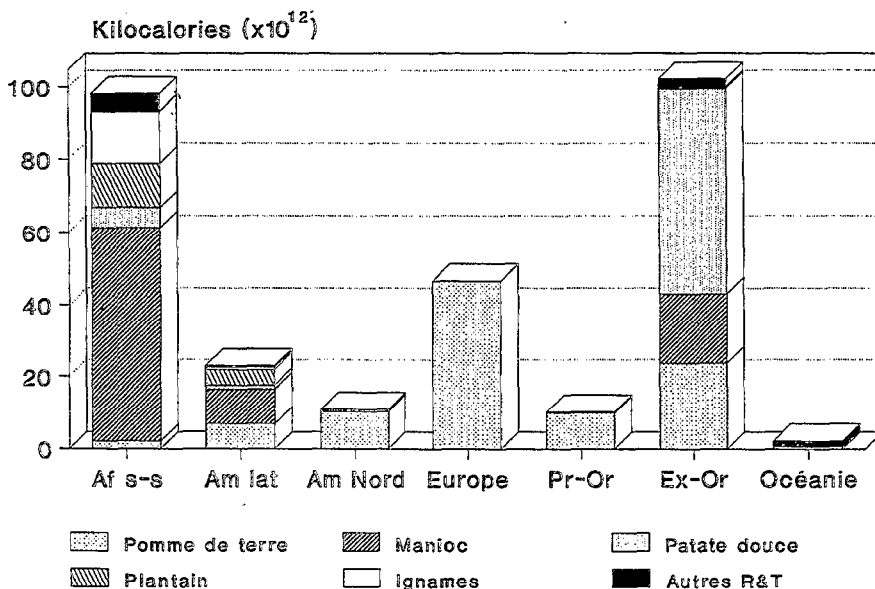


Figure 2 - Répartition géographique et disponibilité de l'énergie alimentaire

|                   |
|-------------------|
| la pomme de terre |
| universellement   |
| consommée         |

Toutefois, selon la région du monde considérée, l'ordre d'importance des différentes espèces varie considérablement : le manioc est prépondérant en Afrique sub-saharienne, où il devance les ignames et le plantain, et en Amérique latine devant la pomme de terre et le plantain ; la patate douce, suivie par la pomme de terre et le manioc, sont de loin les 3 espèces les plus consommées en Extrême-Orient ; la pomme de terre est quasiment la seule espèce utilisée en alimentation humaine en Amérique du nord, en Europe et au Proche-Orient ; en Océanie, la pomme de terre domine mais tous les RTB, à l'exception du plantain, sont représentés d'une manière significative, notamment les espèces secondaires de racines et tubercules (*Alocasia macrorrhiza*, *Canna edulis*, *Colocasia esculenta*, *Xanthosoma spp.*).

|                       |
|-----------------------|
| l'origine de l'espèce |
| est indépendante      |
| de son lieu de        |
| consommation          |

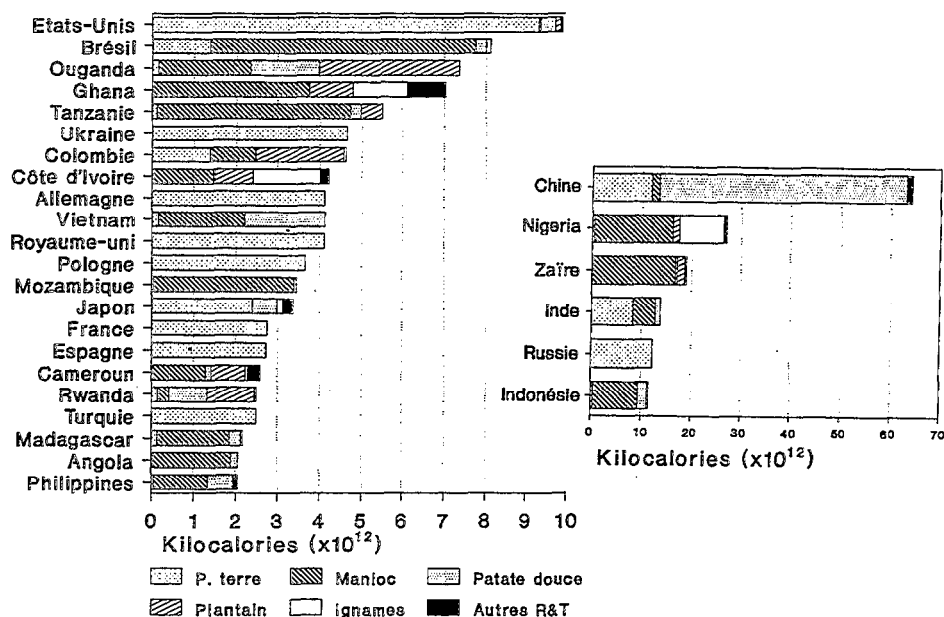
Compte tenu de l'inégale répartition des espèces à la surface du globe et du poids démographique différent des régions, on constate qu'en définitive les deux tiers du manioc, 95 % des ignames, 70 % du plantain et 60 % des autres racines et tubercules sont consommés en Afrique sub-saharienne et que près de 90 % de la patate douce est consommée en Asie. La consommation de la pomme de terre est plus répartie, mais s'effectue pour près de la moitié en Europe. Il est intéressant de souligner qu'il n'y a jamais concordance entre la zone d'origine des espèces et leur région actuelle d'utilisation maximale (FAO, 1990) : la pomme de terre, le manioc et la patate douce, originaires d'Amérique latine, sont actuellement principalement consommés en Europe, en Afrique et en Asie ; la banane plantain originaire d'Asie est surtout utilisée en Afrique et en Amérique latine ; les espèces secondaires, le plus souvent originaires d'Amérique latine (*Xanthosoma spp.*) ou d'Asie (*Colocasia esculenta*), se retrouvent principalement en Afrique et en Océanie.

### Dans les principaux pays utilisateurs

|                    |
|--------------------|
| 28 pays            |
| gros consommateurs |
| de RTB             |

L'énergie alimentaire disponible à partir des RTB dépasse  $2 \times 10^{12}$  kilocalories dans 28 pays (figure 3). Parmi eux, on compte 11 pays d'Afrique sub-saharienne, 7 pays européens, 6 pays asiatiques, 2 pays d'Amérique latine, 1 pays d'Amérique du nord et 1 pays du Proche-Orient. 6 pays à eux seuls regroupent près de la moitié de l'ensemble de l'énergie disponible pour l'alimentation humaine à partir des RTB : la Chine, le Nigeria, le Zaïre, l'Inde, la Russie et l'Indonésie.

Parmi les 10 pays bénéficiant des plus importantes disponibilités énergétiques alimentaires à partir de chacune des espèces, on



| Pomme de terre |      | Manioc  |               | Patate douce |      |               |      |      |
|----------------|------|---------|---------------|--------------|------|---------------|------|------|
| (1)            | (2)  | (1)     | (2)           | (1)          | (2)  |               |      |      |
| Russie         | 12,1 | 11,8    | Zaïre         | 16,6         | 18,7 | Chine         | 49,8 | 77,0 |
| Chine          | 11,7 | 11,0    | Nigeria       | 15,7         | 17,6 | Vietnam       | 1,9  | 3,0  |
| Etats-Unis     | 9,3  | 9,1     | Indonésie     | 8,9          | 10,0 | Indonésie     | 1,8  | 2,8  |
| Inde           | 8,2  | 8,0     | Brésil        | 6,4          | 7,2  | Ouganda       | 1,6  | 2,5  |
| Ukraine        | 4,7  | 4,6     | Tanzanie      | 4,6          | 5,2  | Inde          | 1,1  | 1,7  |
| Allemagne      | 4,1  | 4,0     | Inde          | 4,4          | 5,0  | Rwanda        | 0,9  | 1,4  |
| Roy.-Uni       | 4,1  | 4,0     | Ghana         | 3,8          | 4,2  | Philippines   | 0,6  | 0,9  |
| Pologne        | 3,7  | 3,6     | Mozambique    | 3,6          | 3,8  | Burundi       | 0,6  | 0,9  |
| France         | 2,7  | 2,7     | Ouganda       | 2,2          | 2,5  | Japon         | 0,6  | 0,9  |
| Espagne        | 2,7  | 2,7     | Vietnam       | 2,0          | 2,3  | Kenya         | 0,5  | 0,8  |
| Plantain       |      | Ignames |               | Autres R&T   |      |               |      |      |
| (1)            | (2)  | (1)     | (2)           | (1)          | (2)  |               |      |      |
| Ouganda        | 3,4  | 19,9    | Nigeria       | 9,0          | 59,7 | Chine         | 1,25 | 17,2 |
| Colombie       | 2,1  | 12,4    | Côte d'Ivoire | 1,6          | 10,6 | Ghana         | 0,91 | 12,6 |
| Zaïre          | 1,6  | 9,4     | Ghana         | 1,3          | 8,7  | Nigeria       | 0,66 | 9,1  |
| Nigeria        | 1,4  | 8,4     | Bénin         | 0,6          | 4,0  | Pakistan      | 0,33 | 4,6  |
| Rwanda         | 1,1  | 6,6     | Togo          | 0,3          | 2,0  | PapouasieNG   | 0,32 | 4,4  |
| Ghana          | 1,0  | 6,1     | Zaïre         | 0,3          | 1,7  | Cameroun      | 0,30 | 4,1  |
| Côte d'Ivoire  | 0,9  | 5,4     | Centrafrique  | 0,2          | 1,4  | Japon         | 0,25 | 3,4  |
| Cameroun       | 0,8  | 4,7     | Tchad         | 0,2          | 1,2  | Indonésie     | 0,20 | 2,8  |
| Tanzanie       | 0,5  | 3,1     | Jamaïque      | 0,2          | 1,2  | Côte d'Ivoire | 0,20 | 2,7  |
| Equateur       | 0,5  | 2,8     | PapouasieNG   | 0,2          | 1,1  | Namibie       | 0,14 | 1,9  |

(1) en kilocalories x 1012

(2) en % des disponibilités énergétiques alimentaires mondiales pour chacune des espèces

Palmarès.

Figure 3 - Energie alimentaire disponible dans 28 pays en fonction de leur disponibilité

relève une majorité de pays européens pour la pomme de terre, de pays africains pour le manioc, le plantain et les ignames et de pays asiatiques pour la patate douce. On peut souligner que 1/3 du manioc directement disponible pour la consommation humaine se situe au Zaïre et au Nigeria, que plus des 3/4 de la patate douce est localisé en Chine, que 1/5 du plantain se trouve en Ouganda et que près de 60 % des ignames est consommé au Nigeria.

## Contribution des RTB aux régimes alimentaires

### Au niveau du monde et des régions

L'ensemble de l'énergie directement disponible pour l'alimentation humaine à partir des RTB correspond en moyenne à 144 kilocalories par habitant et par jour soit 5,4 % des DEA totales dans le monde. Mais il existe d'importantes disparités entre les régions au niveau de la contribution des RTB aux DEA totales ; elle varie de 2,4 % au Proche-Orient à 21,4 % en Afrique sub-saharienne. La part des RTB dans l'énergie disponible à partir de l'ensemble des principaux aliments amyliacés (céréales + RTB) n'excède 20 % qu'en Afrique sub-saharienne (32 %) et en Océanie (23 %) ; au Proche et en Extrême-Orient, elle ne dépasse pas 6 % (figure 4).

101

5,4 % des  
disponibilités  
énergétiques  
alimentaires

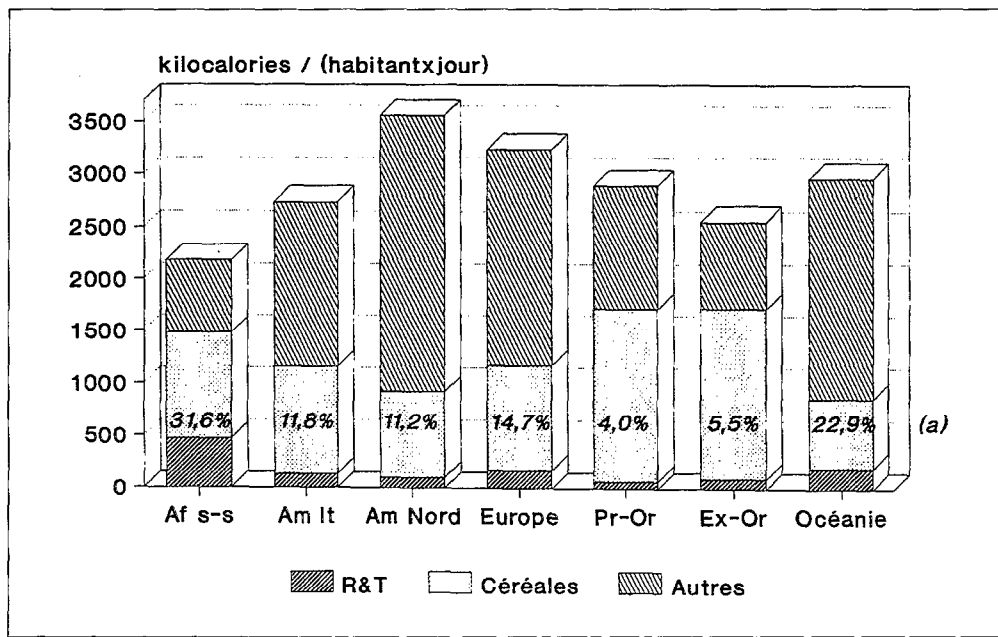


Figure 4 - Disponibilité énergétique alimentaire pour les autres amyliacés.  
(a) Rapport de l'énergie disponible à partir des RTB sur l'énergie totale provenant des céréales et des RTB.

## Dans les pays où les contributions des RTB sont les plus élevées

La contribution des RTB aux DEA totales dépasse 30 % dans 13 pays (12 pays africains et les Iles Salomon) ; elle se situe entre 10 et 30 % dans 18 pays (11 pays d'Afrique, 5 pays d'Amérique latine et 2 îles du Pacifique) et entre 5 et 10 % dans 43 pays (figure 5).

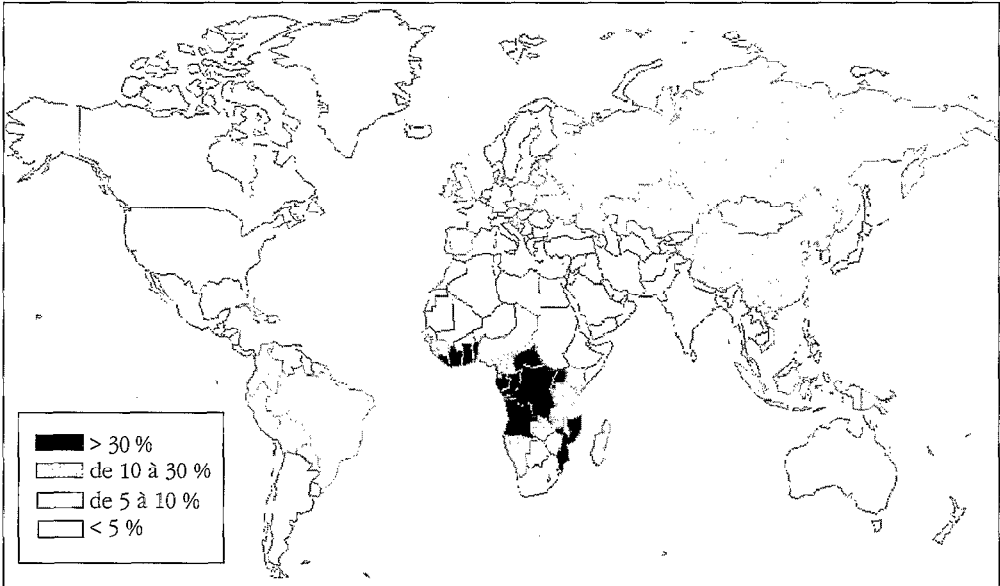
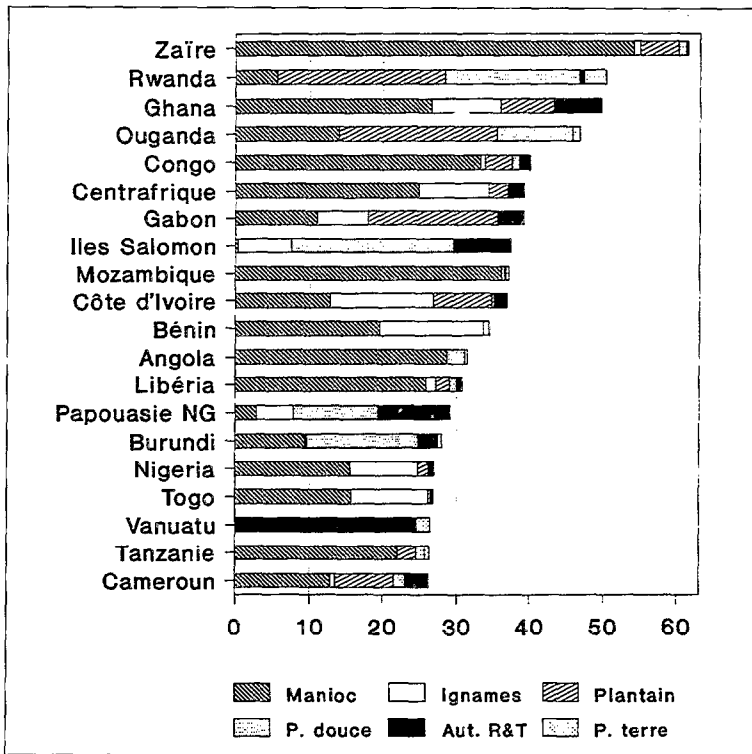


Figure 5 - Energie alimentaire disponible à partir des RTB.

Parmi les 20 pays dans lesquels la contribution des RTB aux DEA totales dépasse 25 %, l'espèce la plus consommée est le manioc dans 12 pays; au Zaïre, il constitue à lui seul 54,1 % des DEA totales. Le plantain est l'espèce la plus utilisée au Rwanda, en Ouganda et au Gabon. La patate douce est prépondérante aux îles Salomon, en Papouasie Nouvelle-Guinée et au Burundi. Les ignames devanent le manioc et le plantain en Côte d'Ivoire. Les espèces secondaires de R&T constituent de loin la plus importante source énergétique au Vanuatu.

Par ailleurs, on constate qu'en raison de différences importantes de poids démographiques entre pays, ceux dans lesquels les RTB contribuent le plus aux DEA totales sont rarement les mêmes que ceux dans lesquels les quantités disponibles sont les plus élevées. Ainsi, parmi les 10 pays pour lesquels la contribution des RTB dépasse 35 % des DEA totales, seulement 3 (Zaïre, Ouganda et Ghana) font partie des 10 pays disposant des plus fortes quantités utilisables en alimentation humaine (figures 3 et 5).



| Pomme de terre (1) |     | Manioc (1)    |      | Patate douce (1) |     |
|--------------------|-----|---------------|------|------------------|-----|
| Bélarus            | 297 | Zaïre         | 1099 | Iles Salomon     | 448 |
| Pologne            | 261 | Congo         | 726  | Rwanda           | 343 |
| Ukraine            | 247 | Ghana         | 625  | Burundi          | 273 |
| Portugal           | 231 | Mozambique    | 608  | Papouasie NG     | 259 |
| Russie             | 225 | Angola        | 502  | Ouganda          | 224 |
| Irlande            | 221 | Centrafrique  | 485  | Chine            | 114 |
| Lettonie           | 215 | Bénin         | 456  | Vietnam          | 73  |
| Slovénie           | 204 | Tanzanie      | 452  | Kenya            | 57  |
| Estonie            | 197 | Liberia       | 447  | Haïti            | 56  |
| Lituanie           | 194 | Nigeria       | 405  | Madagascar       | 55  |
| Plantain (1)       |     | Ignames (1)   |      | Autres R&T (1)   |     |
| Ouganda            | 436 | Côte d'Ivoire | 329  | Vanuatu          | 663 |
| Gabon              | 432 | Bénin         | 324  | Namibie          | 259 |
| Rwanda             | 422 | Nigeria       | 235  | Kiribati         | 238 |
| Côte d'Ivoire      | 189 | Ghana         | 223  | Papouasie NG     | 214 |
| Cameroun           | 173 | Togo          | 213  | Iles Salomon     | 161 |
| Ghana              | 172 | Jamaïque      | 199  | Ghana            | 152 |
| Colombie           | 169 | Centrafrique  | 187  | St Vincent       | 137 |
| Rép Dominicaine    | 142 | Gabon         | 174  | Guinée Bissau    | 126 |
| Guinée             | 140 | Iles Salomon  | 146  | Dominique        | 124 |
| Equateur           | 119 | Papouasie NG  | 109  | Sao Tome Prn     | 101 |

(1) en kilocalories par habitant et par jour

Figure 6 - Palmarès des pays en fonction de leur énergie alimentaire disponible à partir des RTB.

L'examen des listes de pays ayant les quantités d'énergie alimentaire par habitant les plus élevées pour chacune des espèces permet de constater que :

- les 10 pays dans lesquels la pomme de terre fournit le plus d'énergie alimentaire sont européens ;
- les 10 pays où le manioc contribue le plus aux régimes alimentaires sont africains ;
- le plantain est principalement consommé dans des pays d'Afrique ;
- les ignames jouent un rôle important dans les régimes de certains pays d'Afrique et d'Océanie ;
- les listes des principaux pays consommateurs de patate douce et d'espèces secondaires de racines et tubercules sont plus diversifiées et comprennent des pays d'Afrique, d'Asie, d'Amérique latine et d'Océanie.

**Facteurs explicatifs**

Lorsqu'on recherche les facteurs susceptibles d'expliquer le niveau des contributions des RTB aux DEA totales dans les différents pays, on met en évidence des corrélations négatives :

- entre la valeur de cette contribution et celle du Produit National Brut par habitant (coefficient de corrélation des rangs de Spearman égal à - 0,212 ; P < 0,01) ; aucun des pays où la contribution des RTB aux DEA totales dépasse 10 % ne figure parmi les 42 pays ayant un PNB supérieur à 4 000 US\$ par habitant ;
- entre la valeur de cette contribution et la valeur des DEA totales (coefficient de corrélation des rangs de Spearman égal à - 0,226 ; P < 0,01) ; aucun des pays où la contribution des RTB aux DEA totales dépasse 10 % ne figure parmi les 46 pays bénéficiant de DEA totales supérieures à 3 000 kilocalories par habitant et par jour.

La contribution des RTB aux DEA totales a donc tendance à être plus importante dans les pays où le PNB par habitant et les DEA totales sont les plus faibles, c'est-à-dire les pays les plus déshérités. Toutefois, lorsque l'on met en relation la prévalence de retard de croissance (Taille/âge ; % < - 2 écart-type) chez les enfants d'âge préscolaire dans les pays en développement (de ONIS *et al.*, 1993 ; FAO, 1996) avec la part de l'énergie disponible à partir des amylacés provenant des RTB (figure 7), on constate que les pays à forte consommation de RTB ne sont pas ceux où la malnutrition est la plus importante : la prévalence de retard de croissance, qui peut être considérée comme un bon indicateur synthétique de la situation nutritionnelle d'une population, est généralement moins élevée

|                          |
|--------------------------|
| PNB                      |
| DEA totales              |
| donc des pays déshérités |

parmi les populations d'Afrique centrale, fortement consommatrices de manioc, que parmi celles de nombreux pays asiatiques consommant principalement du riz.

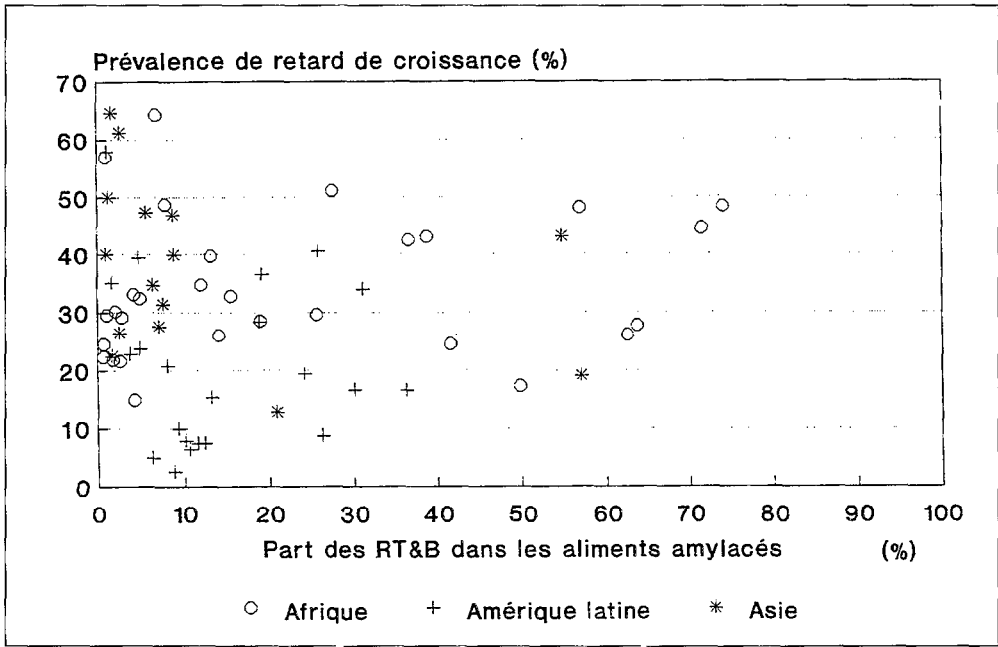


Figure 7 - Croissance des enfants et taux de RTB dans l'énergie alimentaire dans les PVD.

## Evolution de la contribution des RTB aux disponibilités énergétiques alimentaires totales

diminution sensible  
au niveau des  
régions

L'évolution au cours des trente dernières années de l'énergie disponible par habitant et par jour dans le monde à partir des RTB est caractérisée par une diminution sensible à partir du milieu des années 70 (figure 8). Cette diminution est essentiellement due aux variations des quantités d'énergie disponibles à partir de la patate douce et, à un moindre degré, de la pomme de terre. L'examen de la variation des contributions des différentes espèces aux disponibilités énergétiques alimentaires totales dans chaque région confirme que les principales diminutions concernent la patate douce en Extrême-Orient et la pomme de terre en Europe. Entre 1962-1964 et 1992-1994, la contribution du manioc aux DEA totales est restée quasiment constante en Afrique sub-saharienne alors qu'elle a diminué en Amérique latine ; celles du plantain et des espèces secondaires de RT n'ont pas varié en Afrique sub-saharienne pendant les 30 dernières années ; celle des ignames



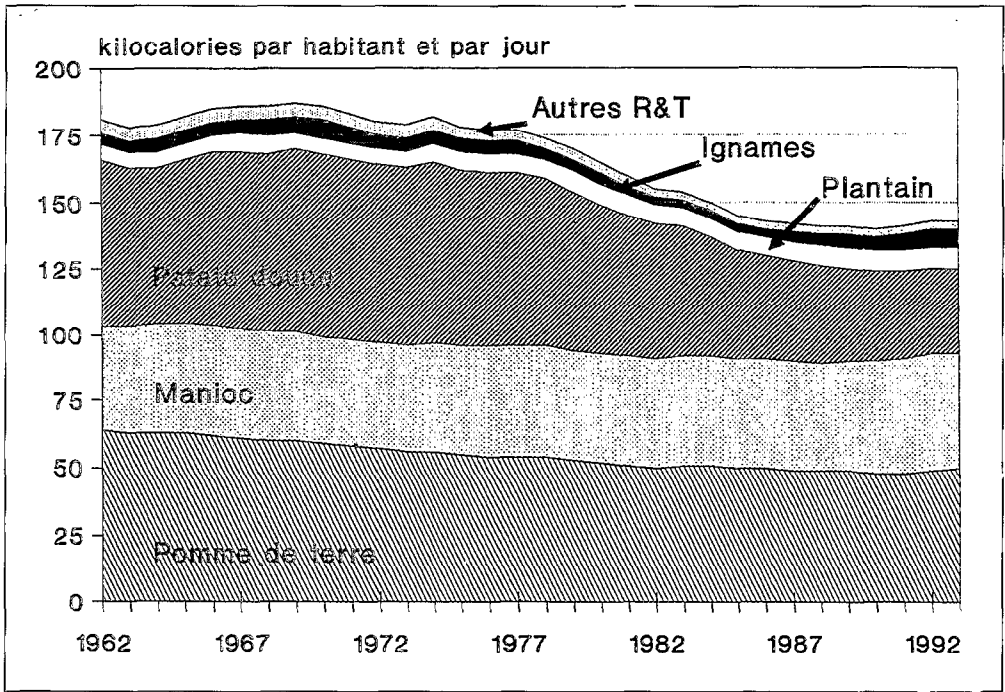


Figure 8 - Evolution de l'énergie disponible

106

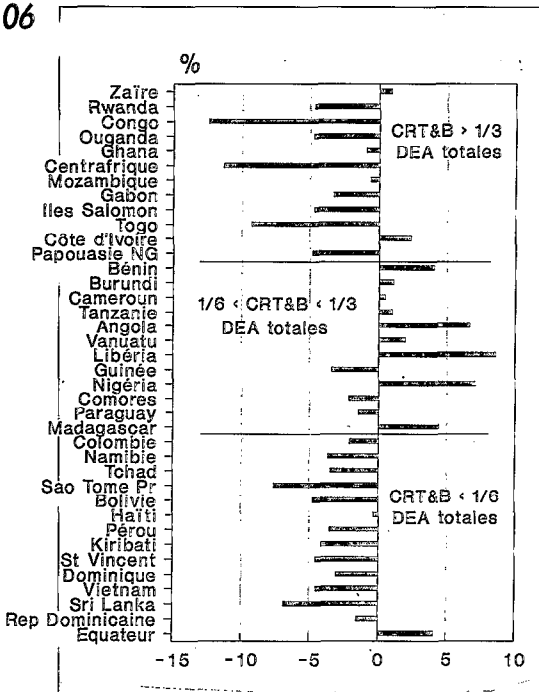


Figure 9 - Contribution des RTB à la disponibilité énergétique alimentaire.

Lorsqu'on examine les variations au cours des 12 dernières années de la contribution des RTB aux DEA totales dans les 38 pays pour lesquels cette contribution était supérieure à 10 % dans la période 1980-1982 (figure 9), on constate que cette contribution a augmenté dans 12 pays (10 pays africains, le Vanuatu et l'Equateur) alors qu'elle a diminué dans les 26 autres (13 pays africains, 8 pays d'Amérique latine, 3 îles du Pacifique et 2 pays asiatiques). Ces variations, qu'elles soient négatives ou positives, peuvent être considérables : au Congo, la contribution des RTB aux DEA totales est passée de 52 % à 40 % ; au Liberia, elle a augmenté de 22 à 31 %.

A l'exception du Zaire et de la Côte d'Ivoire, tous les pays dans lesquels les RTB contribuaient pour plus d'un tiers aux DEA totales pendant la période 1980-1982 ont vu le niveau de cette contribution baisser pour la période 1992-1994.

a subi de fortes variations en Afrique sub-saharienne, mais se situe en définitive à un niveau plus élevé pendant la période 1992-1994 qu'au début des années 60 et 70.

### Dans les principaux pays consommateurs

Par ailleurs, si elle a augmenté entre ces deux mêmes périodes dans la plupart des pays pour lesquels elle était comprise entre 1/6 et 1/3 pendant la période 1980-1982, elle a diminué dans le même temps dans tous les pays, sauf en Equateur, pour lesquels elle se situait entre 1/10 et 1/6 des DEA totales.

la croissance change  
le mode de  
consommation

Afin de mettre en évidence des facteurs susceptibles d'expliquer les variations observées au niveau de la contribution des RTB au DEA totales dans ces 38 pays, nous avons recherché les corrélations existant entre cette variable et différentes variables indicatrices du niveau économique et de la situation démographique des pays : valeur des DEA totales pendant la période 1980-1982 ; PNB/habitant, densité de population, et taux d'urbanisation pendant la période 1992-1994 ; variation du produit intérieur brut (PIB), du taux d'urbanisation et des DEA totales entre la période 80-82 et la période 92-94. Seule la croissance annuelle du PIB entre les deux périodes explique en partie les évolutions observées : parmi les 12 pays sur 38 qui ont bénéficié d'une croissance annuelle du PIB supérieure à 4 %, tous, sauf le Burundi, ont vu diminuer leur contribution des RTB aux DEA totales.

107

Mais, si la plupart de ces indicateurs ne permettent pas d'expliquer d'une manière globale les variations observées, il n'est cependant pas exclu que, pour certains pays ou groupes de pays, quelques uns de ces indicateurs reflètent des situations qui contribuent localement très fortement aux variations observées. Lorsque l'on compare l'évolution des situations au Zaïre et au Congo, pays voisins d'Afrique centrale dans lesquels la contribution du manioc aux DEA totales dépassait 50 % pendant la période 1980-1982, on peut supposer que les différences d'évolution observées aux niveaux du taux d'urbanisation (de 42 à 57 % au Congo ; de 28,4 à 28,5 % au Zaïre) et de la croissance annuelle du PIB (4 % au Congo contre -1 % au Zaïre) sont en relation avec le net recul de la contribution des RTB aux DEA totales au Congo et sa stagnation au Zaïre (Trèche et Massamba, 1991). D'autre part, si l'on considère les 5 pays africains pour lesquels la contribution des RTB aux DEA totales a le plus augmenté au cours des 12 années considérées, on constate, soit, qu'il s'agit des pays dans lesquels la consommation d'ignames a le plus fortement augmenté

une sécurité  
alimentaire privilégiée

(Nigeria, +192 % ; Bénin, +42 %), soit, qu'ils figurent parmi les pays où les DEA totales ont le plus diminué (Liberia, -31 % ; Angola, -17 % ; Côte d'Ivoire -17 %). Il semble donc que les DEA à partir des RTB diminuent moins rapidement que les DEA d'autres origines, concourant ainsi à la sécurité alimentaire, dans les pays en prise à des difficultés économiques ou en situation de guerre civile.

## Conclusion

*Les RTB utilisés en alimentation humaine ne représentent, à l'échelle mondiale, que 5,4 % des DEA totales correspondant à 10,6 % des DEA à partir des céréales. Toutefois, compte tenu de leur répartition très inégale, leur importance est, dans certains pays, considérable. Cette importance se manifeste, d'une part, au niveau des quantités totales d'aliments disponibles et, d'autre part, au niveau de leur contribution aux DEA totales.*

*Les zones dans lesquelles les RTB constituent une composante majeure de la sécurité alimentaire des populations ne correspondent ni à leurs zones d'origine ni aux zones dans lesquelles l'importance des quantités disponibles et le niveau de développement technologique justifient le développement de recherches orientées vers leur valorisation agro-industrielle. En outre, les recherches relatives aux RTB ont, jusqu'à maintenant, été essentiellement consacrées à la pomme de terre, au manioc et à la patate douce, qui constituent à eux trois 86 % des DEA à partir des RTB, alors que dans certains pays d'autres espèces (plantain, ignames, espèces secondaires de R et T) sont la principale source énergétique des régimes alimentaires.*

*L'évolution de la contribution des RTB aux DEA totales dans le monde au cours des trois dernières décennies montre que si une baisse sensible a pu être observée depuis le milieu des années 70, celle-ci affecte principalement la patate douce en Asie et la pomme de terre en Europe, c'est-à-dire des zones où ces productions ne constituent actuellement pas les principaux aliments de base. En revanche, en Afrique sub-saharienne, les différentes espèces de RTB continuent à contribuer au même niveau que par le passé aux DEA totales des populations et constituent souvent la principale source énergétique alimentaire sans aucune autre alternative à court et moyen termes. Dans ces pays, une diversification des sources énergétiques alimentaires est souhaitable et doit être encouragée, en particulier lorsqu'une seule espèce de RTB constitue plus du tiers des DEA totales, mais la maîtrise de la sécurité alimentaire passe prioritairement par une adaptation des circuits de production, de transformation et de commercialisation des RTB aux évolutions des modes de vie et des préférences alimentaires.*

*Le choix des recherches à consacrer aux RTB ne doit donc pas être uniquement dicté par des considérations économiques immédiates qui ont tendance à les concentrer sur une valorisation industrielle des principales espèces dans des pays à fort potentiel d'innovation, mais doit aussi concerner d'autres espèces (ignames, plantain, espèces secondaires) et prendre en compte les problèmes posés par l'utilisation des RTB en alimentation humaine dans les pays où ils constituent des ressources indispensables à la sécurité alimentaire.*

## Bibliographie

- AGBOR Egbe T., BRAUMAN A., GRIFFON D., TRÈCHE S. (eds), 1995. Transformation alimentaire du manioc / Cassava Food Processing. Paris, Orstom Editions, 747 pages.
- DE ONIS M., MONTEIRO C., AKRÉ J., CLUGSTON G., 1993. The worldwide magnitude of protein-energy malnutrition : an overview from the WHO global database on child growth. Bulletin of the World Health Organization, 71, (6), 703-712.
- DUFOUR D., O'BRIEN G., BEST R. (eds), 1996. Cassava flour and starch : progress in Research and Development. CIRAD-SAR/CIAT, CIAT Publication n° 271, 409 pages.
- FAO, 1990. Roots, tubers, plantains and bananas in human nutrition. FAO Food and Nutrition series, n°24, 182 pages.
- FAO, 1996. La sixième enquête mondiale sur l'alimentation. FAO, Rome, 153 pages.
- TRÈCHE S., MASSAMBA J., 1991. Will cassava remain a staple food in the Congo ? Food, Nutrition and Agriculture, 1, 19-26.

## Résumé

Les racines, tubercules et bananes à cuire (RTB) ne constituent que 5,4 % des disponibilités énergétiques alimentaires totales à l'échelle mondiale, mais, compte tenu de leur répartition très inégale, leur importance dans certaines régions du monde peut être considérable. Trois espèces (pomme de terre, manioc et patate douce) représentent 86% de l'énergie alimentaire disponible à partir de l'ensemble des RTB, mais d'autres espèces (plantain, ignames, espèces secondaires) peuvent aussi être la source énergétique alimentaire principale de certaines populations.

Les pays dans lesquels les quantités de RTB disponibles pour l'alimentation humaine sont suffisamment importantes pour correspondre à un enjeu économique notable ne coïncident que rarement avec les pays dans lesquels ils constituent la principale source énergétique des régimes alimentaires. L'orientation à donner aux recherches relatives à l'utilisation des RTB ne doit pas négliger pour autant les études nécessaires à l'adaptation de leurs circuits de transformation et de commercialisation aux évolutions des modes de vie et des préférences alimentaires dans les pays où ils constituent des ressources indispensables à la sécurité alimentaire.

## En savoir plus

### Promotion des produits amyliacés tropicaux - Proamyl

Les racines, les tubercules et les bananes à cuire sont des cultures vivrières déterminantes pour la sécurité alimentaire des pays du Sud. Dans ce domaine, le Cirad, l'Inra et l'Orstom possèdent des compétences, que le programme Proamyl fédère dans un réseau interinstitutionnel. L'idée directrice est de mieux intégrer les données du marché, c'est-à-dire la demande en produits pour l'alimentation humaine, animale, ainsi que pour l'industrie, afin d'orienter le travail de recherche et de développement.

Une cellule d'animation, créée en 1996, identifie les demandes, trouve les compétences pour y répondre et monte les projets. Elle assure la promotion du programme auprès des partenaires des pays du Sud, des bailleurs de fonds et des institutions de recherche-développement.

Parallèlement à l'animation et aux relations internationales, Proamyl a mené d'autres actions. Il a réalisé une étude de filière et de marché pour la relance de l'arrow-root (*Maranta arundinacea*) à Saint-Vincent et les Grenadines. Il a contribué à l'organisation d'un projet sur le transfert de technologie de l'amidon aigre de la Colombie vers le Bénin, en collaboration avec la faculté des sciences agronomiques de l'université nationale du Bénin, et vers la Côte d'Ivoire, en collaboration avec l'Ecole Nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires (Ensia) et une entreprise privée ivoirienne. Il a participé à l'organisation d'un congrès sur les racines et tubercules, avec

le centre de recherche sur les racines tropicales (Cerat) et l'université nationale de l'Etat de São Paulo (Unesp) au Brésil.

De nombreux projets de recherche-développement sont également en cours de définition, en particulier sur la valorisation du maïoc en liaison avec le Fida et le Fond commun des produits de base (Cfc).

### Transformation alimentaire du manioc Cassava food processing

Editeurs scientifiques / Scientific editors

Tom Agbor Egbe, Alain Brauman,

Dany Griffon, Serge Treche

CIRAD, FAO, CTA, IFS, 745 p.

Diffusion ORSTOM - 1995

ISBN 2-70099-1279-1

Cet ouvrage est en fait les actes d'un séminaire que les graves troubles socio-politique de Brazzaville en novembre 1993 ont compromis.

Les articles très diversifiés, tant par leur provenance que par leur objet de recherche illustrent des travaux effectués dans plus de seize pays : 11 pays d'Afrique (cinq anglophones et six francophones), 2 pays d'Amérique latine, 1 pays d'Asie et 2 pays Européens. Certains décrivent des préparations culinaires traditionnelles, d'autres livrent les résultats d'enquêtes nationales sur l'utilisation du manioc, d'autres enfin présentent des travaux de recherche dans les domaines de la technologie et de la biotechnologie. Tous contribuent à une meilleure connaissance des modes de transformation et d'utilisation alimentaires du manioc.

L'ouvrage rassemble 56 contributions regroupées en 5 chapitres après une préface du Dr Nigel Poulter et une réflexion de José Muchnik sur l'origine et les voyages, réels ou imaginaires, des produits et des techniques.

Le premier est consacré aux articles décrivant les utilisations du manioc dans les

différents contextes des pays tropicaux et identifie les multiples contraintes (écologiques, socio-culturelles, nutritionnelles, économiques et institutionnelles) influant sur leur développement.

Le second est relatif aux bioconversions réalisées au cours des traitements des produits dérivés des racines de manioc et fait le point des connaissances sur les mécanismes biochimiques et microbiologiques mis en jeu.

Le troisième concerne les contributions relatives à l'influence des opérations unitaires de transformation sur les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques des produits élaborés.

Le quatrième traite de l'amélioration des procédés traditionnels et présente les travaux relatifs aux procédés nouveaux de transformation.

Le cinquième chapitre, consacré à la prospective, présente quelques éléments de réflexion pour les recherches à poursuivre ou à entreprendre dans le futur.

### International meeting au Cassava flour and starch

11 - 15 janvier 1994 - Cali (Colombie)

Diffusion : CIAT, 1996, 409 p.

Anglais

Ce document rassemble les résultats les plus récents des programmes de recherche en cours relatif à l'amidon et à la farine de manioc. Ce congrès montre entre autre l'intérêt scientifique croissant pour la transformation du manioc et son importance socio-économique dans les pays en développement. Les principaux thèmes présentés sont : utilisations actuelles et futures, études physicochimiques et propriétés fonctionnelles des farines et amidons, amélioration des technologies de transformation, développement de nouveaux produits, bioconver-

sion et utilisation des sous produits, projet de développement intégrant la demande du marché.

### Temps des villes, temps des vivres : l'essor du vivrier marchand en Côte d'Ivoire.

Chaléard J.L.

Hommes et sociétés (FRA)

Diffusion : Karthala, 1996 - 661 p.

La transformation des cultures vivrières en cultures commerciales est l'un des effets les plus importants de la croissance urbaine accélérée qu'a connue l'Afrique depuis plusieurs décennies. Cet ouvrage essaie de montrer comment les paysans ivoiriens ont su répondre à la demande urbaine.

Il s'appuie sur des exemples villageois ou régionaux et des données établies à l'échelle nationale. Les stratégies paysannes sont replacées dans un contexte plus large : spécificité de la demande citadine, poids de l'Etat et des réseaux marchands, rôle des voies de communications, etc. Si l'étude des producteurs de vivres du sud forestier, où domine l'économie de plantation, est dissociée de celle des paysans du nord soudanien, entrés plus tard dans l'agriculture marchande, l'ouvrage met en évidence les logiques qui relient les uns et les autres et les dynamismes communs.

Il montre que, face aux évolutions erratiques des cours internationaux des productions d'exportation et à la concurrence qu'exercent les excédents alimentaires des pays riches ou d'Asie, livrés à vil prix sur le marché mondial, les initiatives paysannes ou du secteur marchand jettent les bases d'un véritable marché national.

## La pomme de terre : production, amélioration, ennemis et maladies, utilisations

Edition : Rousselle P., Robert Y., Crosnier J.C.  
Diffusion : INRA, 1996 - 607 p.

Cette monographie présente une synthèse des connaissances actuelles sur la culture et l'utilisation de la pomme de terre : origine, botanique et biosystématique, physiologie, amélioration génétique, ennemis et maladies, méthodes de lutte, phyto-technique, production de plant, utilisations alimentaire et non alimentaire, économie. L'ouvrage est surtout consacré à la production en milieu tempéré et méditerranéen, mais il offre également les données de base utiles sous d'autres latitudes. Quatre exemples contrastés de production (France, Canada, Tunisie et Pérou) illustrent l'analyse.

112

## Les ignames au Cameroun.

Dumont R., Hamon P., Seignobos C.  
Coll. Repères.  
Diffusion : CIRAD, 1994 - 80 p.

La situation de l'igname (*Dioscorea*) au Cameroun et en particulier la domestica-

tion du matériel végétal sont examinées. Ving-trois espèces dont seize sauvages et sept cultivées ont été dénombrées. La diversité des formes sauvages exploitables en culture et les différentes pressions de sélection sont à l'origine de la variabilité du complexe *D. cayenensis-rotundata*. Le matériel végétal contemporain est le résultat de domestications successives, de modifications induites par la mise en culture et de mutations somatiques dont l'expression est favorisée par la multiplication végétative des ignames. Aujourd'hui, le processus est prolongé par une sélection sévère s'exerçant sur *D. cayenensis-rotundata*, *D. dumetorum* et *D. alata* afin d'ajuster le matériel végétal aux exigences du commerce. Cela accélère fortement l'érosion du patrimoine génétique.

La culture de l'igname est en général orientée vers la vente. La plus grande partie des surfaces cultivées repose sur deux systèmes de production : la culture pure, de caractère intensif, surtout au nord de l'Adamaoua, et l'association culturale, fréquente dans l'ouest du pays et en zone forestière. La culture en fosses est aussi largement répandue au Cameroun.

## Summaries

p. 7 *Cassava: what are the research priorities for improving production in relation with processing and marketing?*  
J. P. Raffailac

National cassava crops related to populations show the special importance of this staple foodstuff in the African countries that account for 50 percent of world production. Research on cassava production should take the entire industry into account in order to incorporate certain features of production objectives that may vary accor-

ding to whether cassava is a food crop (the most common case) or a cash crop for use as animal feed or in industry. The two-fold issue in the years to come consists of 'producing more' and 'obtaining a foodstuff of competitive quality' and researchers in agronomy should examine first of all the increase in production in the face of a decrease in soil fertility, whereas fertilisation (mainly potassic) is often not particularly compatible with processing techniques and end-product quality. A few examples drawn from agronomic research

results illustrate this interdependence between factors of production and the processing or marketing of cassava.

**p. 20** *The characterisation and evaluation of root and tuber plants and plantains*  
V. Lebot

The cultivation of root and tuber crops (*Colocasia*, *Dioscorea*, *Ipomoea*, *Manihot*, *Xanthosoma* spp., etc.) and plantains (*Musa* spp.) is based mainly on vegetative multiplication. As a result, most cultivars do not benefit from the genetic recombinations resulting from sexuality. Their adaptive potentials are thus practically nil in comparison with species with sexual multiplication. Genetic resources are therefore extremely valuable and must be carefully conserved and protected. The characterisation and evaluation of cultivars are fundamental stages in the process of improving and developing these crops. A common methodology can be used for these species; it proceeds by successive stages in the identification of morphotypes, zymotypes, chemotypes, cytotypes and genotypes. It is aimed essentially at identifying agreements or revealing discordances are used to account for the structure of variability. The results obtained for yam, taro, plantain and kava are described succinctly and agree to show that, given the difficulties in the genetic improvement of these plants, it is urgent to characterise and evaluate existing genetic resources. Potentially interesting cultivars certainly deserve to be selected and multiplied. The author considers that the method described is the only one that enables rapid progress in this field.

**p. 35** *Yam production in a Bariba village in northern Benin*  
R. Dumont

A survey was performed in sixteen farms, twelve of which practised tillage using animal traction. In all cases 95 percent of yam cultivation was based on the *D. cayenensis-rotundata* complex and, within this, four early varieties with two harvests and three late varieties with a single harvest account for the greater proportion of production. Cultural constraints and the solution to the seed yam problem vary accor-

ding to the varietal factor. Animal traction did not cause a decrease in the importance of yam in farming and cotton growing seems to draw benefit from yam.

**p. 52** *Identification of the factors enhancing the occurrence of an unusual stem and root rot in cassava in Togo. Cultural practices are accused.*

B. Boher, A. Picholo y B. Tchabana

A plant pathology survey confirmed the economic importance of a root and stem rot of cassava in the Danyi plateau zone in south-west Togo. The causal agent was characterised as the fungus *Lasiodiplodia theobromae*. This species has a large host spectrum and, although it had previously been observed on cassava, it has never been considered to be responsible for damage on a scale observed in plants in this part of Togo. Studies under controlled conditions and in the field showed that incidence of the disease was related to the susceptibility of the varieties grown on the plateau and to the practice of keeping cuttings for a long time, thus stimulating the production of large quantities of inoculum. Most of the varieties tested in the Togolese national cassava collection were found to be resistant to this rot. These results make it possible to envisage the very rapid reduction of incidence of the disease by combining the improvement of cultural practices and the use of resistant varieties suited to the agro-ecosystem of Danyi plateau.

**p. 59** *Control of the cassava mealybug in Africa*

P. A. Calatayud, B. Le Rü

Cassava, a staple foodstuff for nearly 500 million people, has suffered recently from attack by the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti*. This oligophagous pest reproduces by thelytokous parthenogenesis and feeds on the elaborate sap of cassava. Biological and varietal control, and especially the introduction into Africa of an endoparasite, *Epidinocarses lopzi* (Hymenoptera), make it possible to reduce damage in some cases.



- p. 67 *Characterization of the cassava sour starch agroindustry in the department of Cauca, Colombia*  
V. Gottret, G. Henry, D. Dufour

The small-scale sour starch agroindustry of the Cauca valley comprises the largest concentration of sour starch producers, producing the highest output of the product in Colombia. The immediate objectives of the study described in this paper are to assess the industry and to characterize its main technical and socio-economic aspects. A further aim is to assess technology adoption and impact and, based on this, to develop a future research and development agenda involving all levels of the market channel.

Levels of technology are closely correlated to plant size and product output, and to distance from the major highway. The smaller plants, further from the highway and higher in the mountains, manifested the lowest levels of technology utilization, output, efficiency, credit use and technical assistance. Of five designated technology levels observed in the plants, the two lowest levels showed negative returns to investment. The industry in general is dynamic from a technology-adoption point of view, as smaller low-technology plants are replaced by larger high-technology units.

- p. 82 *Preliminary study for the design of equipment for the extraction of starch from Canna edulis in Colombia*  
S. Degrés, H. Garcia Bernal.

The functional properties of *Canna edulis* starch enable uses that are particularly appreciated by consumers (biscuits, fresh pasta, etc.), but the arduousness of extraction limits production. A structural study of techniques led to identification of the unsatisfactory features of starch extraction in Colombia and the defining of equipment urgently required by farmer-producers.

- p. 95 *The importance of the use of roots, tubers and cooking bananas in the human diet in the world* S. Trèche  
Roots, tubers and cooking bananas (RTB) form only 5.4% of total food energy

sources world-wide but, as they are very unevenly distributed, they can be of considerable importance in some parts of the world. Three species (potato, cassava and sweet potato) account for 86% of the food energy available from RTB, but other species (plantain, yam and minor species) may also be the main food energy source for certain populations. The countries in which the quantities of RTB available as food for humans are large enough to form a substantial economic issue are rarely the countries in which they are the main energy source in diets. However, the guidelines to be given to research on the use of RTB should not play down the studies required for adapting their processing and marketing channels to the changes in the way of life and food preferences in countries where they form essential resources for food security.

## Resumenes

- p. 7 *La mandioca: ¿qué prioridades de investigación para mejorar la producción en relación con la transformación y la comercialización?*  
J. P. Raffailac

Las producciones nacionales de mandioca con relación al número de habitantes subrayan la importancia particular de esta planta de alimentación básica en los países africanos que aseguran el 50% de la producción mundial. Las investigaciones sobre la producción de mandioca deben tomar en cuenta el conjunto de las ramificaciones para integrar ciertas particularidades de los objetivos de producción que varían según la mandioca sea un cultivo básico (el caso más frecuente) ó un cultivo de renta para la alimentación animal ó la industria. Ante el doble juego de los años venideros: "producir más" y "disponer de un alimento más competitivo", la investigación agronómica se interesará más en el aumento de la producción frente a la pérdida de fertilidad de los suelos, al tiempo que la fertilización (esencialmente potásica) es con frecuencia poco compatible con procesos de transformación y con la calidad final. Algunos ejemplos toma-

dos en resultados de investigación agronómica ilustran esta interdependencia entre los factores de producción y la transformación o comercialización de la mandioca.

**p. 20** *La caracterización y la evaluación de plantas a raíces y tubérculos y de las bananas plátano.*

V. Lebot

La agricultura de plantas de raíces y tubérculos (*Colocasia*, *Dioscorea*, *Ipomoea*, *Manihot*, *Xanthosoma spp.* ...) y de bananas plátanos (*Musa spp.*) se apoya esencialmente en la multiplicación vegetativa. La mayoría de los cultivos, por tanto, no se benefician de recombinaciones genéticas proporcionadas por la sexualidad. Su potencial de adaptación es casi nulo con respecto a especies de multiplicación sexual. Por consiguiente, los recursos genéticos son de gran valor y se deben conservar y proteger cuidadosamente. La caracterización y evaluación de cultivos son etapas fundamentales en el proceso de mejora y desarrollo de estos cultivos. Una metodología común a estas especies puede ser utilizada; procede por etapas sucesivas en la identificación de morfotipos, zimotipos, quimiotipos, citotipos y genotipos. Tiende esencialmente a establecer concordancias ó a revelar discordancias que son utilizadas para explicar la estructura de la variabilidad. Los resultados obtenidos por los ignamos, el taro, las bananas plátanos y el kava son sucintamente expuestos y concuerdan para revelar que, teniendo en cuenta las dificultades con que se encuentra la mejora genética de estas plantas, es urgente caracterizar y evaluar los recursos genéticos existentes ya que los cultivos de interés potencial merecen ser seleccionados y multiplicados. El método aquí descrito es, en nuestra opinión, el único que permite avances rápidos en la materia.

**p. 35** *La producción de ignamos en una aldea bariba del Benin septentrional*

R. Dumont

Se ha realizado un estudio en dieciséis explotaciones, de las cuales doce practican cultivos a tracción animal. En todos los casos la agricultura del ignamo se basa en

un 95% en la especie *D. Cayenensis* rotundata y en el interior de ésta, cuatro variedades precoces de dos cosechas aseguran la mayor parte de la producción. Las obligaciones culturales y la solución aportada al problema de la siembra varían en función de la importancia del factor de la variedad. Los cultivos a tracción animal no determinan una pérdida de importancia del ignamo en la agricultura y la producción de algodón parece sacar provecho del ignamo.

**p. 52** *Identificación de los factores que favorecen la aparición de una putrefacción inhabitual en los tallos y raíces de la mandioca en Togo. Las prácticas culturales en acusación.*

B. Boher, A. Picholo y B. Tchabana

Un estudio fitopatológico ha confirmado la importancia económica de una putrefacción de los tallos y de las raíces de la mandioca en la zona de la llanura de Danyi en el sudoeste de Togo. El agente causal ha sido caracterizado, se trata del champiñón *Lasiodiplodia theobromae*. Aunque este parásito, de gran número de huéspedes, ya había sido observado en la mandioca, nunca se le había atribuido unos daños de una magnitud comparable a los que afectan a la planta en esta tierra de Togo. Los estudios en condiciones controladas y sobre el terreno han revelado que la incidencia de la enfermedad estaba unida a la sensibilidad de las variedades cultivadas en la llanura, así como a la práctica de una larga conservación de esquejes que favorece la producción de un inoculum importante. La mayoría de las veces, las variedades comprobadas en la colección de Togo han demostrado ser resistentes a esta putrefacción. Estos resultados permiten considerar el reducir rápidamente la incidencia de la enfermedad combinando una mejoría de las prácticas culturales con el uso de variedades resistentes y adaptadas al agro-ecosistema de la llanura de Danyi.

**p. 59** *La lucha contra la cochinilla de la mandioca en África.*

P. A. Calatayud, B. Le Rü

La mandioca, cultivo alimenticio de base de cerca de 500 millones de habitantes sufre desde hace poco el ataque de la cochinilla farinosa *Pheracoccus manihoti*. Este insecto, oligófago, se reproduce por Partenogénesis thelytoque y se alimenta de la savia elaborada por la mandioca. La lucha biológica y, variada, en particular la introducción en África de un himenóptero endoparásito *Epidinocarsés lopzi*, permiten disminuir puntualmente los daños.

**p. 67** *Caracterización de la agroindustria de producción de almidón agrario de mandioca en el departamento del Cauca, Colombia.*

V. Gottret, G. Henry, D. Dufour

La agroindustria de producción a pequeña escala de almidón agrario del valle del Cauca abarca la concentración más importante de productores de almidón agrario, cuyo rendimiento de dicho producto es el más elevado de Colombia. El estudio de este artículo tiene como objetivos inmediatos el de describir la industria y el de caracterizar sus principales aspectos técnicos y socioeconómicos. De igual modo tiende a evaluar la adopción y el impacto de una tecnología y, a la vista de esta evaluación, establecer un programa de investigación y de desarrollo futuros implicando a todos los niveles de este sector de mercado.

Los niveles de tecnología están estrechamente unidos al tamaño de la explotación, a la producción del producto y a la distancia que separa la explotación de la carretera principal. Los pequeños productores, más alejados de la carretera y a mayor altitud en las montañas, han presentado los niveles más bajos de utilización de la tecnología, de rendimiento, de eficacia, de utilización de créditos y de asistencia técnica. Entre los cinco niveles de tecnología designados y observados entre estos productores, los dos niveles más bajos han demostrado la vuelta a inversiones negativas. En lo relativo a la adopción de tecnología, la industria en general es dinámica, ya que las más pequeñas explotaciones

con un débil nivel tecnológico son sustituidas por unidades de alta tecnología más grandes.

**p. 82** *Estudio previo a la concepción de un equipamiento de extracción de almidón de *Canna edulis* en Colombia.*

S. Degrés, H. Garcia Bernal.

Las propiedades funcionales del almidón de *Canna edulis* permiten utilizaciones particulares apreciadas por los consumidores (galletas, pastas frescas...) pero el problema de su extracción limita la producción. El estudio estructural de las técnicas permite identificar los inconvenientes unidos a la extracción del almidón en Colombia y definir un equipamiento de primera prioridad para los agricultores-productores.

**p. 95** *Importancia de la utilización de raíces, tubérculos y bananas de cocinar en la alimentación humana en el mundo.* S. Trèche

Las raíces, tubérculos y bananas de cocinar (RTB) solo constituyen el 5,4% de la disponibilidad energética alimentaria total a escala mundial, pero, teniendo en cuenta su desigual reparto, su importancia en ciertas regiones del mundo puede ser considerable. Tres especies (patata, mandioca y patata dulce) representan el 86% de la energía alimentaria disponible a partir del conjunto de los RTB, pero otras especies (plátano, ignamos, especies secundarias) también pueden ser la fuente energética principal de ciertos países. Los países en los que las cantidades de RTB disponibles para la alimentación humana son lo suficientemente importantes como para corresponder a un juego económico notable raramente coinciden con los países en los que constituyen la principal fuente energética de los regímenes alimenticios. La orientación que hay que dar a las investigaciones relativas a la utilización de los RTB no debe ignorar los estudios necesarios a la adaptación de sus circuitos de transformación y comercialización, a las evoluciones de los modos de vida y las preferencias alimenticias en los países donde constituyen fuentes indispensables para la seguridad alimenticia.