**Racines, tubercules, plantains et bananes: dans la nutrition humaine**

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE  
Rome, 1991

Les appellations employées dans la publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Catalogage avant publication de 1a Bibliothèque David Lubin  
FAO, Rome (Italie)

(Collection FAO Nutrition n 24)  
1. Racine  
2. Tubercule  
3. Banane plantain  
4. Banane  
5. Nutrition humaine

I. Titre  
II. Série

Code FAO 86 AGRIS SO1  
ISBN 92-5-202862-5

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, mise en mémoire dans un système de recherche bibliographique ni transmise sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit électronique, mécanique, par photocopie ou autre, sans autorisation préalable. Adresser une demande motivée au Directeur de la Division des publications, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie, en indiquant les passages ou illustrations en cause.

Remerciements Cet ouvrage a été rédigé par M. O.L. Okedel de l'Université d'Abafemi Awolowo, à Ife-Ife (Nigéria) et révisé par MM. J. Redhead, consultant, et A. Hussain, fonctionnaire principal, Groupe de la nutrition des communautés, Service des programmes nutritionnels, Division des politiques alimentaires et de la nutrition. Des suggestions utiles ont été faites par d'autres membres du personnel du Service des programmes nutritionnels et des membres du Groupe de travail interdépartemental de la FAO sur les racines, les tubercules, les plantains et les bananes.

**© FAO 1991**

**Tables de matières (200 p.)**

[**Préface**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F01.htm)

[**Chapitre 1: Introduction**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F02.htm)

[**Chapitre 2: Origines et distribution**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F03.htm)

[**Chapitre 3: Production et consommation**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F04.htm)

[**Production**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F04.htm)  
[**Consommation**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F05.htm)

[**Chapitre 4: Valeur nutritive**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F06.htm)

[**Composition en éléments nutritifs des racines et tubercules**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F07.htm)  
[**Les feuilles des plantes-racines**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F08.htm)

[**Chapitre 5: Méthodes de cuisson et de transformation**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F09.htm)

[**Manioc**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F09.htm)  
[**Cuisson et transformation de l'igname**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F09.htm)  
[**Taro**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F09.htm)  
[**Bananes et plantains**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F09.htm)  
[**La patate**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F09.htm)  
[**La pomme de terre**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0a.htm)

[**Chapitre 6: Effet de la transformation sur la valeur nutritive**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0b.htm)

[**Chapitre 7: Substances toxiques et facteurs antinutritifs**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0c.htm)

[**Manioc**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0c.htm)  
[**La patate**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0c.htm)  
[**La pomme de terre**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0d.htm)  
[**Le taro**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0d.htm)  
[**Bananes et plantains**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0d.htm)  
[**L'igname**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0d.htm)  
[**Le phytate**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0d.htm)

[**Chapitre 8: Perspectives nouvelles de la production et de l'utilisation**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0e.htm)

[**Déshydratation commerciale des plantes-racines et leur emploi**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0e.htm)  
[**Utilisation des racines comme matières premières industrielles**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0e.htm)  
[**Utilisation des racines dans l'alimentation animale**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0f.htm)  
[**Production de protéines unicellulaires pour l'alimentation du bétail**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0g.htm)

[**Chapitre 9: La sécurité alimentaire des pays en développement**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0h.htm)

[**Obstacles à la production**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0h.htm)  
[**Conclusion**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0h.htm)

[**Annexes**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0i.htm)

[**Annexe 1: Quelques recettes à base de racines, tubercules, plantains et BANANES**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0i.htm)  
[**Annexe 2: Repas pour jeunes enfants**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0j.htm)  
[**Annexe 3: Pain sans froment**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0j.htm)

[**Bibliographie**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0k.htm)

**Préface**

Au cours des 15 dernières années, de nombreux pays en développement ont eu de plus en plus de mal à couvrir les besoins de leur population avec la production vivrière nationale. Même en déployant des efforts soutenus, ils n'ont pas toujours réussi à satisfaire la demande croissante d'aliments. En conséquence, des pénuries alimentaires généralisées ainsi que la faim et la malnutrition ont persisté, particulièrement parmi les groupes de population à faible revenu des pays en développement.

Pour redresser cette situation, les Etats Membres de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) ont recommandé, à la 8é session du Comité de l'agriculture (COAG) tenue en 1985, l'adoption de mesures pour élargir la gamme des aliments de base, moyennant la promotion d'autres cultures vivrières locales importantes du point de vue nutritionnel. Plus récemment, à sa 9e session, le COAG a demandé aux Etats Membres de donner la plus haute priorité à la production et à la consommation de racines, tubercules, plantains et bananes, compte tenu de leur rôle important dans l'amélioration de la sécurité alimentaire.

Bien que ces végétaux aient été pendant des siècles à la base de l'alimentation dans de nombreux pays en développement, ils ont été jusqu'à une période récente plutôt négligés par la majorité des instituts de recherche et des services de vulgarisation et par les responsables des approvisionnements alimentaires. Si l'on peut attribuer en partie cette négligence aux difficultés rencontrées au niveau de la commercialisation et de la transformation de ces denrées périssables, il faut aussi tenir compte du fait qu'elles ont souffert de leur image négative <<d'aliment des pauvres». Les racines et les tubercules féculents, tels que le manioc, ont toujours été associés à la pauvreté et accusés de favoriser l'apparition du kwashiorkor, forme de malnutrition protéino-énergétique avancée. La plupart de ces denrées étant consommées localement ou vendues sur les petits marchés à proximité, leur contribution réelle à la ration calorique des ruraux qui les produisent n'est pas complètement reconnue. Leur consommation dans les zones urbaines est loin d'être négligeable, notamment en Afrique et en Asie. Il est donc temps de faire ressortir les qualités de ces aliments et la contribution accrue qu'ils pourraient apporter au bien-être nutritionnel et à la sécurité alimentaire des pays en développement.

Cet ouvrage examine la valeur des racines, tubercules, plantains et bananes dans la nutrition humaine et leur importance dans le régime alimentaire. Son but est de promouvoir leur production et leur consommation en tant qu'éléments précieux d'une alimentation bien équilibrée et moyen d'atténuer la faim et les pénuries alimentaires saisonnières.

La présente étude s'adresse aux nutritionnistes, aux agronomes, aux diététiciens, aux agents de développement communautaire, aux enseignants et aux économistes. On espère que les fonctionnaires responsables de la planificalion des approvisionnements alimentaires et des importations et exportations de produits vivriers jugeront les faits présentés ici utiles pour leur travail. Les vulgarisateurs trouveront aussi des informations précieuses qui les aideront à accélérer l'évolution des habitudes alimentaires des groupes de population, en particulier de ceux qui souffrent d'une manière chronique de carence calorique et d'un manque de sécurité alimentaire.

**P. Lunven**, Directeur Division des politiques alimentaires et de la nutrition

**Chapitre 1: Introduction**

Les racines et les tubercules appartiennent à la catégorie des aliments qui apportent essentiellement de l'énergie sous forme de glucides dans l'alimentation humaine. Cette désignation s'applique à toutes les plantes dont la racine, le rhizome ou le tubercule souterrains renferment de la matière comestible.

Le développement des plantes-racines sous les tropiques a été accéléré par l'introduction de la technique de la transformation du manioc en gari en Afrique de l'Ouest et par la promotion du manioc comme réserve en cas de famine par plusieurs gouvernements coloniaux, comme les Hollandais à Java ou les Britanniques en Afrique de l'Ouest et en Inde. En 1880, le commerce du tapioca était bien implanté en Malaisie et, à la fin du 19é et au début du 20e siècle, la production et le commerce des produits dérivés du manioc, notamment de la fécule, avaient été organisés par les Hollandais à Java et par les Français à Madagascar.

Cette diffusion s'explique aussi par le fait que les plantes-racines présentent un avantage: durant les guerres tribales et les invasions, l'envahisseur ne pouvait détruireni emporterla réserve alimentaire qui pouvait être conservée convenablement en terre, ce qui donnait plus de sécurité alimentaire à la population.

Entouttemps, les responsables des politiques et les chercheur sont accordé trés peu d'attention aux plantes-racines et ont concentré tous leurs efforts sur les cultures de rente ou les céréales les plus connues. Les racines étaient considérées comme des aliments réservés principalement aux pauvres, jouant un rôle accessoire dans les échanges internationaux. Cette idée fausse a persisté longtemps parce qu'on n'a pas évalué le nombre de personnes qui vivent de ces racines, ni le nombre de vies sauvées grâce à elles durant les famines et les catastrophes.

C'est le manioc qui a sauvé les royaumes du Ruanda-Burundi en 1943 quand le mildiou a détruit toute la récolte de pommes de terre, et c'est encore le manioc qui a nourri les Biafrais durant la guerre au Nigéria en 1966-1969.

Dés 1844, le révérend John Graham parlait de la pomme de terre en ces termes:

«Il n'y a pas sur notre vaste planète une race qui puisse nous battre,  
Depuis les froides collines du Canada jusqu'au Japon torride,  
Nous qui nous nous nourrissons et nous régalons tant de belles pommes de terre.  
Des vertes vallées d'Erin si accueillantes pour l'homme!»

Selon un vieux dicton des habitants des Palaos en Micronésie où le taro est l'aliment de base, «le marécage à taro est la mère de la vie» (Kahn, 1985).

Ces plantes-racines contenant surtout de la fécule, leur teneur en protéines est plus faible que celle des céréales. Toutefois, considérant les quantités consommées parjour, leur apport protéique est souvent important. En outre, elles renferment une bonne quantité de vitamines et de minéraux et sont fréquemment compétitives au niveau de la production pour ce qui est du rendement énergétique par hectare, comparé à celui des céréales dans des conditions écologiques défavorables.

Pendant les années 1980 à 1987, le taux moyen de croissance de la production vivrière (2,6 pour cent) dans de nombreux pays en développement à économie de marché, particulièrement en Afrique, a été inférieur ou tout juste égal à celui de la croissance démographique (environ 3 pour cent) à cause de la pénurie de terres et du manque de devises pour acheter des intrants agricoles tels qu'engrais, insecticides et machines. Les sécheresses, les inondations et autres catastrophes d'origine naturelle ou humaine ont contribué dans une grande mesure à la réduction des disponibilités alimentaires. Ces pays à déficit vivrier font maintenant des efforts importants pour redresser la situation, mais en cherchant essentiellement à relever la production de céréales de base et à accroître l'importation de céréales par des achats au comptant ou grâce à l'aide alimentaire. Ils creusent ainsi davantage le fossé entre la production vivriére locale et les besoins alimentaires.

Beaucoup de plantes-racines cultivées actuellement en régime de subsistance ont un rendement trés faible, mais elles ont un potentiel génétique qui n'a pas encore été complètement exploité. En outre, certaines sont très adaptables, donnant des rendements acceptables sur des terres marginales très irrégulièrement arrosées. Des cultures comme celle du manioc sont précieuses pour la sécurité alimentaire des ménages dans les groupes de population vivant de cultures de subsistance, en période de sécheresse ou dans d'autres conditions écologiques défavorables.

Cet ouvrage se propose d'analyser la valeur des racines et des tubercules dans l'alimentation humaine et d'évaluer leur contribution au bien-être nutritionnel et à la sécurité alimentaire dans les pays les moins développés. Notre souhait est qu'il contribue à diffuser les connaissances surces cultures et stimule la recherche pour leur amélioration génétique afin que soient accrues leur production et leur consommation.

Dans la collection FAO: Alimentation et nutrition, des études ont déjà été publiées sur cinq aliments importants, à savoir: Rice and rice diets (en anglais seulement), Maize and maize diets (en anglais seulement), Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine, Le blé dans l'alimentation humaine et Les graines de légumineuses dans I' alimentation humaine. La présente étude a été conçue suivant les mêmes critères. Elle récapitule les connaissances actuelles sur la production, la consommation, la valeur nutritive, la transformation et la cuisson des racines et tubercules et leur rôle dans l'alimentation humaine. Elle traite toutes les racines et tous les tubercules importants: manioc, igname, patate, pomme de terre et aracées, ainsi que deux autres aliments féculents de base, les bananes et les plantains. Bien que la plupart des aclivités de recherche et de développement les concernant soient entreprises dans les zones tempérées, les pommes de terre sont incluses ici car les possibilités qu'elles se répandent dans les pays tropicaux sont grandes. Les plantains et les bananes sont aussi des aliments féculents de base importants dans de nombreux pays tropicaux.

En 1988, la FAO a public une étude intitulée Root and tuber crops, plantains and bananas in developing countries: challenges and opportunities; la production et la consommation mondiales de ces végétaux y sont examinées sous tous leurs aspects. D'autres études de la FAO concernant ce domaine sont axées sur l'utilisation et la transformation des racines, tubercules, plantains et bananes. La présente étude fournit une analyse plus détaillée du rôle de ces végétaux dans la nutrition humaine et apporte un complément essentiel aux informations contenues dans les publications précédentes.

**Chapitre 2: Origines et distribution**

Le tableau 2.1 indique l'origine probable des racines et des tubercules. Ces végétaux ont été diffusés durant les voyages des négriers portugais et des missionnaires espagnols et portugais, et par les marchands arabes. Le genre *Dioscorea* (une variété d'igname) a une plus grande diversité d'origine avec des espèces différentes adaptées à des écosystèmes divers. D. *trifida* est originaire d'Amérique tropicale; D. *rotundata*, D. *cayenensis*, D*. bulbifera* et D. *dumetorurn* proviennent d'Afrique de l'Ouest; D. *alata*, D. *esculenta* et D. *opposita* sont originaires d'Asie; D. *opposita* et D. *japonica* ont leur centre d'origine en Chine.

Les ignames sont les seules plantes-racines dont les espèces asiatiques et africaines se sont développées indépendamment les unes des autres. L'échange d'espèces eut lieu sous l'influence des explorateurs portugais. Ceux-ci apprirent la valeur de D. *alata* des marins indiens et malais qui l'utilisaient sur leurs bateaux durant les longs voyages parce qu'elle est facile à entreposer et a des propriétés antiscorbutiques. Les Portugais l'adoptèrent rapidement et l'introduisirent à Elmina et à Sao Tomé en Afrique de l'Ouest. Par la suite, avec le commerce transatlantique des esclaves, les Portugais apportèrent les espèces africaines, D. *rotundata* et D. *cayenensis*, ainsi que l'espèce asiatique D. *alata* dans les Caraibes où elles sont devenues des aliments de base importants (Coursey, 1976). Selon Coursey (1967), D. alata proviendrait des plantes sauvages apparentées, D. *hamiltoni* et D. *persimilis*, dans les régions du nord et du centre de la péninsule de l'Asie du Sud-Est, probablement la Birmanie ou l'Assam. Il en serait de même pour D. *esculenta*, tandis que D. *hispida,* D. *pentaphylla* et D. *bulbifera* proviendraient d'un centre indo-malais. D. *rotundata* est originaire d'Afrique où elle est connue sous le nom d'igname ailée ou igname d'eau, qui indique qu'elle a été introduite par la voie des mers.

**Tableau 2.1 Origine des plantes-racines tropicales**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Espéces** | **Noms français** | **Origine probable** |
| **Espèces américaines** | | |
| Ipomoea batatas | Patate | Nord de l'Amérique tropicale (Mexique, Amérique centrale et Caraïbes) |
| Manihot esculenta | Manioc, taro | Centre de l'Amérique tropicale (des Caraïbes au nord-est du Brésil) |
| Xanthosoma sagittilolium | Chou caraïbes, taro | Centre de l'Amérique tropicale (des Caraïbes au nord du Brésil) |
| Solanum tuberosum | Pomme de terre | Région andine de l'Amérique du Sud (Colombie, Bolivie et Pérou) |
| Dioscorea trifida | Igname douce | Centre de l'Amérique tropicale (Guyana, Suriname) |
| **Espéces africaines** | | |
| Dioscorea rotundata | Igname | Afrique de l'Ouest tropicale |
| Dioscorea cayenensis | Igname sauvage | Afrique de l'Ouest tropicale |
| Dioscorea dumetorum | Igname sauvage | Afrique de l'Ouest tropicale |
| Dioscorea bulbifera | Igname sauvage | Afrique de l'Ouest tropicale |
| **Espèces asiatiques** | | |
| Dioscorea alata | Igname | Asie du Sud |
| Dioscorea esculenta | Igname | Asie du Sud |
| Dioscorea opposita | Igname | Asie du Sud |
| Colocasia esculenta | Colocase ou taro | Asie du Sud-Est |
| Musa acaminate | Banane/plantain | Asie du Sud-Est |

Source: D'aprés Purseglove (1968,1972).

D. **rotundata** est l'igname africaine la plus importante, notamment dans la zone forestière; il s'agit probablement d'un hybride d'une autre igname africaine, D. **cayenensis**, qui pousse dans les savanes. En Afrique del l'Ouest, elle est cultivée dans la bande de production des racines et tubercules qui s'étend entre 15°N et 15°S de part et d'autre de l'équateur. (Coursey, 1976; Okigbo, 1978; Nweke, 1981).

On sait peu de chose sur l'origine des ignames du nouveau monde. Durant l'ècre précolombienne, elles n'avaient qu'une importance secondaire. D. **trifida**, une variété amérindienne adaptée, serait née aux frontières du Brésil et de la Guyane, puis se serait répandue dans les Caraibes (Ayensu et Coursey, 1972). Les ignames font leur entrée en Amérique au moment de l'expansion portugaise et espagnole précoloniale qui a commencé il y a environ 500 ans. Des traces de D. *alata* en Afrique de l'Ouest et d'ignames africaines en Amérique remontent au 16ô siècle (Coursey, 1967).

La patate, originaire de la péninsule du Yucatan en Amérique latine, semble être la plante-racine la plus répandue. Elle est adaptable et peut pousser dans des conditions écologiques très variées. Son cycle végétatif (de trois à cinq mois) est plus court que celui de la plupart des autres plantes-racines et n'a pas de caractère saisonnier marqué. Dans des conditions climatiques favorables, on peut la cultiver toute l'année, et le mauvais temps entraîne rarement la perte de toute la récolte. C'est pourquoi la patate est plantée comme «culture de sécurité» en association avec des céréales comme le riz en Asie du Sud-Est, et avec d'autres plants-racines comme le taro et l'igname en Océanie. C'est une plante populaire aux Philippines et au Japon à cause de son port procombant qui lui permet de résister aux grands vents tels les ouragans et les typhons (Wilson, 1977). La patate est cultivée depuis l'an 3000 avant J.-C. à peu près. C'était un aliment important pour les Mayas en Amérique centrale cl pour les Péruviens dans les Andes. Selon des preuves recueillies en Colombie, les rapports des explorateurs et des missionnaires espagnols au Mexique et au Pérou, et des Portugais au Brésil, il est clair que la patate était répandue dans tous les pays de l'Amérique tropicale avant 1492. Elle gagna au 16c siècle la zone du Pacifique grâce aux explorateurs espagnols et portugais. Par la suite, les explorateurs portugais transportèrent en Afrique, en Inde et dans les Indes orientales les clones antillais cultivés dans les pays de la Méditerranée occidentale. Les négociants espagnols emportèrent aussi des patates du Mexique à Manille. Plus tard, la patate arriva en NouvelleGuinée et dans les îles orientales du Pacifique, puis pénétra en Chine et au Japon. On la cultive maintenant dans des environnements très variés, entre 40° de latitude Nord et 40° de latitude Sud, et du niveau de la mer jusqu'à 2 300 m d'altitude.

La distribution de la pomme de terre est elle aussi étendue. Cette plante est originaire des hauts plateaux andins en Amérique du Sud où elle s'est adaptée au climat froid et aux jours courts communs sous ces latitudes. On trouve encore des cultivars dans des zones de montagne s'étendant du sudouest des Etats-Unis au sud de l'Amérique latine, et plus spécialement à de hautes altitudes en Bolivie et au Pérou et dans les régions côtières et les îles voisines du Chili méridional (Simmonds, 1976). Quand la pomme de terre originale fut introduite en Europe, elle y resta une curiosité botanique pendant plus d'un siècle et ne s'est répandue que lorsque l'on eut mis au point une variété adaptée à des jours plus longs.

Les marins espagnols introduisirent la pomme de terre en Espagne dès 1573. Elle fut probablement apportée en Angleterre par des navigateurs anglais qui avaient capturé des vaisseaux espagnols vers 1590. D'Espagne, la pomme de terre envahit toute l'Europe continentale; d'Angleterre, elle passa dans toutes les îles britanniques puis dans les régions du nord de l'Europe. En 1600, des pommes de terre furent expédiées d'Espagne en Italie et de là en Allemagne; la même année, elles parvinrent en France.

C'est grâce aux activités des colons européens que les pommes de terre atteignirent la majorité des autres régions du monde. L'Amérique du Nord reçut des pommes de terre d'Angleterre en 1621; les missioinnaires britanniques en emportèrent en Asie au 17e siècle, et les missionnaires belges les introduisirent au Congo au 19c siècle. La pomme de terre fut apportée en Inde au 16c siècle par des négociants portugais, et 200 ans plus tard elle avait gagné toute l'Inde. De là, elle passa au Bouthan, au Népal et au Sikkim. En Afrique, son introduction eut lieu après la colonisation. Il se pourrait que ses propriétés antiscorbutiques aient persuadé les marins de l'entreposer dans leurs navires, et que les marins aient encouragé les populations à la cultiver partout où ils débarquaient.

Comme la patate, la pomme de terre a un cycle végétatif (environ quatre mois) plus court que celui de la plupart des autres plantes-racines. La tubérisalion des cultivars indigènes sud-américains nécessite des jours plus longs que pour les autres plantes-racines, et de nombreux cultivars supportent même la longueur du jour extrême de 24 heures de l'été polaire (Kay, 1973). Aussi se sont-ils répandus très facilement.

Le manioc est un exemple typique de plante-racine pouvant supporter la sécheresse et des méthodes culturales médiocres. Il estoriginaire d'Amérique tropicale, mais la zone exacte n'est pas connue. Il pourrait s'agir du Mexique, de l'Amérique centrale ou du nord de l'Amérique du Sud. Introduit dans le bassin du Congo des 1558 par les Portugais, le manioc se répandit ensuite rapidement en Angola, au Zaïre, au Congo et au Gabon, et plus tard en Afrique de l'Ouest. Il fut introduit séparément sur la côte orientale de l'Afrique et à Madagascar au 18à siècle par les marchands portugais et arabes, puis devint rapidement un aliment de base dans de nombreuses régions de plaine sous les tropiques (Jones, 1959). En Afrique, la culture du manioc s'est développée au 19c et au 20c siècle, encouragée par les autorités administratives qui ont reconnu sa valeur comme aliment de secours en cas de famine. Selon Kahn (1985), après la Première Guerre mondiale, les agriculteurs du Ruanda-Urundi, aujourd'hui nations indépendantes du Rwanda et du Burundi, ont d'abord refusé de suivre le conseil des Belges de planter du manioc, car ils avaient suffisamment de pommes de terre. Mais en 1924, les Belges donnèrent l'ordre formel de cultiver du manioc et recrutèrent 60 ()0() porteurs pour transporter 5 000 t de plants de manioc dans la région, de sorte que les agriculteurs finirent par accepter.

Le manioc fut apporté en Inde par les Portugais au 17c siècle. Vers 1850, il fut transporté directement du Brésil à Java, à Singapour et en Malaisie. Il a été introduit dans les territoires du Pacifique Sud durant la première moitié du 19c siècle par les missionnaires et Ies voyageurs, mais son importance varie d'une île à l'autre. Aujourd'hui, on cultive le manioc dans toutes les zones tropicales et subtropicales, à peu près entre 30°N et 30°S de part et d'autre de l'équateur et jusqu'à 1 500 m d'altitude.

La diffusion des plantes-racines a été facilitée par leur aptitude à pousser sous des climats tropicaux divers. Certaines, comme le taro, requièrent des sols saturés d'eau tandis que d'autres, tel le manioc, ont besoin d'un apport d'eau minimal après l'acclimatation (Wilson, 1977). Ce fut le fait que des eaux de crue étaient nécessaires pour le taro, *Colocasia esculenta*, qui convainquit Ies anthropologues que ces colocases étaient Ies premières cultures irriguées et que les anciennes terrasses «à riz» d'Asie avaient été construites à l'origine pour elles (Plucknett et al., 1970). Quant au chou caraïbe (*Xanthosoma sagittifolium*), il ne supporte pas l'engorgement du sol (Onwueme, 1978).

*Xanthosoma* provient d'Amérique du Sud et des Caraïbes. Les Espagnols et les Portugais l'introduisirent en Europe et le répandirent aussi en Asie. Il passa des Caraïbes à la fin du 19e siécle en Sierra Leone puis au Ghana. En Afrique de l'Ouest, *Xanthosoma* est plus important que *Colocasia,* étant apprécié pour son tubercule, ses ramifications, ses feuilles et ses jeunes tiges. Bien que *Xanthosoma* soit relativement nouveau dans la région du Pacifique, il s'est répandu rapidement partout, devenant véritablement la culture la plus importante dans bon nombre de ces îles. On le cultive aussi communément à Porto Rico, en République dominicaine et à Cuba, et il est important dans les montagnes du littoral en Amérique du Sud, dans le bassin de l'Amazone et en Amérique centrale.

*Colocasia* provient de l'Inde et de l'Asie du Sud-Est. Il y a environ 2 000 ans, il se répandit en Egypte et de là gagna l'Europe (Plucknett et al., 1970). Par la suite, il passa de l'Espagne en Amérique tropicale puis en Afrique de l'Ouest. Il servait à l'alimentation des esclaves et c'est avec la traite des esclaves qu'il atteignit les Antilles (Coursey, 1968). En Afrique de l'Ouest, pour distinguer *Colocasia* de l'espèce plus nouvelle *Xanthosoma*, on a appelé *Colocasia* «colocase» et *Xanthosoma* «chou caraïbe». Colocasia est un aliment de base dans de nombreuses îles du Pacifique Sud comme les Tonga, le Samoa-Occidenlal et la Papouasie-Nouvelle-Guinée. *Colocasia* et *Xanthosoma* supportent l'ombre, et c'est pourquoi on les fait souvent pousser sous des plantations permanentes comme bananiers, cocotiers, agrumes, palmiers à huile et notamment cacaoyers. On les désigne parfois collectivement sous le nom de taros.

On pense que la banane est originaire de l'Asie du Sud-Est, ayant été cultivée dans le sud de l'Inde vers 500 avant J.-C. De là, elle gagna la Malaisie par Madagascar, puis se déplaça vers l'est par le Pacifique pour atteindre le Japon et les Samoa au cœur du Pacifique vers l'an 1000 après J.C. Elle fut probablement introduite en Afrique orientale vers 500 après J.C. et était solidement implantée en Afrique de l'Ouest vers 1400 après J.-C. Elle arriva finalement dans les Caraïbes et en Amerique latine peu après 1500 après J.-C. (Simmonds, 1962, 1966, 1976). A la fin du 11° siècle, la banane était présente dans toutes les zones tropicales. En Amérique du Sud, on la trouvait même en Bolivie, et elle était cultivée presque partout au Brésil. En Afrique, la culture de la banane s'étendait à l'est, du Sahara à la Tanzanie, et à l'ouest et au centre, de la Côte d'Ivoire au Zaïre en passant par le Congo.

**TABLEAU 2.2 Plantes-racines mineures d'importance locale**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Noms locaux appellations** | **Espèces** | **Origine probable** | **Autres** |
| Chayote | Sechium edule | Mexique | Chinchayote, Guisquil (espagnol) |
| Jicama | Pachyrhyzus | Mexique |  |
| Yam bean | Pachyrhyzus et Sphenostylis stenocarpa |  |  |
| Arrow root | Maranta arandinacea | Polynésie | Pana, Panapen |
| Arracachia | Arracacia xanthorrhiza |  |  |
| Oca | Oxalis tuberosa |  |  |
| Queensland arrowroot | Cana edulis |  |  |
| Topee Tambo | Calathea allouia |  |  |
| Ulluco | Ullucus tuberosus |  | Mellocco, oca-quira |
| Yacon | Polymnia sonchihlia |  |  |

Outre les principales plantes-racines examinées dans ce livre, il en existe d'autres dans différentes régions du monde, surtout dans la région andine, qui ont une importance locale. Le tableau 2.2 en énumère quelques-unes.

**Chapitre 3: Production et consommation**

**Production**

Selon une estimation récente de la FAO, pratiquement tous les pays du monde cultivent des plantes-racines. La plupart de celles qui sont examinées dans cette étude ont besoin d'un climat tropical et sont limitées à l'Afrique, l'Asie et l'Amérique latine. Seules pommes de terre et quelques variétés de patates sont cultivées en grandes quantités dans la zone tempérée. Ces racines constituent souvent l'aliment de base principal des consommateurs à faible revenu. Les paysans les cultivent pour leur propre subsistance sur de petites superficies allant de 2 à 20 ha, selon la région.

On a estimé qu'environ 82 pour cent des agriculteurs paraguayens cultivent du manioc pour leur subsistance sur de petites parcelles, et que chaque fois qu'ils passent sur des terres vierges, ils plantent d'abord du manioc. En Amérique latine, 75 pour cent des plantations de manioc couvrent 20 ha ou moins, alors qu'à Java ou au Kérala les exploitations sont d'environ 2 ha. En Thaïlande, la plupart des producteurs consacrent moins de 1 ha à la culture du manioc. En 1982-1983, la culture et la récolte de quelque 19 millions de tonnes de manioc en Thaïlande ont été entièrement effectuées par environ 1,2 million de petits exploitants, qui ont obtenu des rendements allant de 13 à 15 t/ha (FAO, 1984b). La plus grande partie de cette production a été transformée, dont 85 pour cent en cossettes et granulés pour l'alimentation des animaux et 15 pour cent pour la fabrication de fécule. Une très petite partie a été utilisée directement pour la consommation humaine.

En Afrique, ces plantes-racines sont généralement des cultures de subsistance devant servir principalement à l'alimentation humaine; aussi l'agriculteur en garde-t-il suffisamment pour nourrir sa famille et ne vendil que l'excèdent. Mais les débouchés sont maintenant de plus en plus nombreux. Le manioc est transformé commercialement en *gari,* aliment de base dans certaines régions du Nigéria, et en kokonte au Ghana. Au Brésil, environ 70 pour cent de la récolte de manioc sont commercialisés (Lynam et Pachico, 1982).

Lorsque le manioc est cultivé à des fins de subsistance, les rendements sont souvent faibles à cause de la médiocrité des pratiques culturales. On le cultive souvent sur des terres marginales, et comme il pousse assez bien sur des sols pauvres, avec peu d'intrants, on le plante fréquemment en dernier dans les systèmes de cultures itinérantes. Les mauvaises herbes réduisent en moyenne les rendements de 59 pour cent. Sur des terres fraîchement défrichées, il n'y a pas d'amélioration des rendements avec l'apport d'engrais azotés ou potassiques. Sur des sols pauvres, l'azote a parfois des effets positifs, mais l'application d'engrais n'est pas très courante. Même à Java (Indonésie) où la terre est exploitée de manière très intensive, et où les engrais sont très largement subventionnés, seulement 8,1 kg d'engrais par hectare ont été utilisés pour le manioc contre une moyenne de 178,9 kg par hectare pour toutes les autres cultures. Au Brésil, environ 9 pour cent seulement des superficies plantées en manioc reçoivent des engrais.

La recherche visant à améliorer la production de plantes-racines a été en grande partie consacrée à la pomme de terre dans les pays tempérés et sous les tropiques, notamment au Centre international de la pomme de terre (CIP) au Pérou; aussi n'est-il pas surprenant que les rendements de la pomme de terre soient beaucoup plus élevés que ceux des autres plantesracines. Dans certaines contrées d'Amérique latine, elle est cependant encore cultivée par de petits agriculteurs sur une petite échelle, dans le cadre d'un système complexe de polyculture, surdes parcelles de l ou 2 ha à faibles rendements. En zones tempérées et dans les régions montagneuses froides, où elle est généralement cultivée sous irrigation et en monoculture, les rendements sont souvent trés élevés. On la produit en quantités limitées dans les pays tropicaux où les principales cultures sont le manioc et la patate.

En 1982, le CIP a estimé que, dans l'ensemble, la production totale de plantes-racines dans les pays en développement avait augmenté durant les années allant de 1961 à 1979. Néanmoins, si l'on considère la production cas par cas et par région, la production de certains végétaux comme le manioc a progressé, mais celle de la patate est restée stagnante; tandis que la production de pommes de terre a diminué dans les pays industrialisés, elle a augmenté dans les pays en développement. La production par habitant de plantes-racines a baissé durant cette période dans la majorité des pays en développement. En Afrique subsaharienne, la production de plantes-racines, à l'exception de la patate, n'apas réussi à suivre la croissance démographique. En Amérique latine et aux Caraïbes, depuis 1970, les tendances de la production des produits féculents de base en tant que groupe ont été négatives (FAO, 1988a). Diverses explications en ont été fournies, notamment l'infestation par les insectes, les parasites et les maladies, le mauvais temps et les problèmes de commercialisation.

La part de racines et tubercules produite par les petits agriculteurs pour l'autoconsommation n'entre pas dans les circuits commerciaux. Il est donc difficile d'obtenir des données exactes sur la production totale de ces cultures. Aujourd'hui, les statistiques de la FAO sont le meilleur guide dont on dispose sur la production mondiale de ces végétaux.

Les tableaux 3.1 et 3.2 donnent des chiffres concernant la production, la superficie cultivée et le rendement pour les racines et les tubercules dans diverses régions du monde. Parmi les cinq plantes-racines énumérées, les pommes de terre occupent une superficie d'environ 20 millions d'ha, soit 44,3 pour cent de la superficie totale de 46 millions d'ha consacrés à la production des plantes-racines dans le monde. La pomme de terre tient une place de plus en plus importante dans les pays en développement et est une bonne source d'éléments nutritifs. Son rapport protéines/calories est aussi élevé que celui du blé (tableau 4.10), et sa productivité pour ce qui est de l'apport énergétique et protéique par hectare et par jour dépasse celle de la plupart des autres cultures vivrières de base (tableau 4.1).

La pomme de terre a le pourcentage le plus élevé de la production mondiale avec 52,9 pour cent du total en 1984, suivie du manioc avec 14 millions d'ha (21,9 pour cent) et 30,9 pour cent de la production totale; vient ensuite la patate avec environ 8 millions d'ha (16,9 pour cent) et 19,9 pour cent de la production totale. Les ignames couvrent à peu près 3 millions d'ha (5,5 pour cent) avec 4,3 pour cent de la production totale et le moins important, le taro, occupe 1 million d'ha (2,5 pour cent) avec I pour cent de la production totale.

[**Tableau 3.1 Superficie plantée, production et rendement des plantes-racines dans le monde en 1984**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F00.gif)

[**Tableau 3.2 Superficie plantée et production des plantes-racines dans le monde en 1984 (en pourcentage)**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F01.gif)

[**Tableau 3.3 Principaux producteurs de Plantes-racines en 1934 (pourcentage du total)**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F02.gif)

Le tableau 3.1 montre que la pomme de terre occupe une vaste aire géographique dans de nombreux pays producteurs, mais les principaux producteurs sont tous dans les zones tempérées (tableau 3.3). Sur un total de 130 pays producteurs de pommes de terre, 95 sont des pays en développement et, de 1978 à 1981, ils ont assuré moins de 10 pour cent de la production mondiale. Toutefois, la situation a changé et, en 1985, les pays en développement ont assuré environ un tiers de la production mondiale, la Chine contribuant dans la mesure de 60 pour cent. L'augmentation a été particulièrement sensible au Proche-Orient où la production a progressé de 130 pour cent, en Extrême-Orient de 180 pour cent et en Afrique de 120 pour cent. La pomme de terre a aussi un potentiel productif élevé. Le rendement moyen actuel n'est que de 10 t/ha dans les pays en développement, mais des rendements atteignant 72 t/ha ont été enregistrés sur des parcelles expérimentales aux Pays-Bas et ils pourraient progresser davantage grâce à l'utilisation de variétés améliorées associée à de bonnes méthodes culturales (Doku, 1984). Actuellement, le rendement normal enregistré pour les Etats-Unis est d'environ 27,3 t/hectare.

Malgré la faible production, la pomme de terre est devenue une denrée alimentaire acceptable dans plusieurs pays en développement dont la Chine, la Bolivie, la Colombie, l'Equateur, l'Inde, le Guatemala, le Kenya et le Rwanda (tableau 3.4). Aprés la Chine, de est le principal producteur avec 3,6 pour cent de la production mondiale, suivie de la Turquie (1,1 pour cent du Brésil et de la Colombie (0,8 pour cent). Ces quatre pays assurent ensemble plus de 50 pour cent de la production dans le monde en développement, mais seulement 7 pour cent de la production mondiale.

Les projets de recherche menés actuellement au CIP comprennent la création de nouvelles variétés supportant des températures tropicales à 300 m d'altitude et même moins. De grands progrès ont été faits dernièrement dans le domaine de la culture des tissus et de la génétique, et la pomme de terre pourrait devenir sous peu une racine tropicale commune. Cela contribuerait à accroître les disponibiltés alimentaires des populations en augmentation constante dans cette région du globe. Aujourd'hui, les pommes de terre ne fournissent qu'une petite partie des calories alimentaires dans la plupart des pays en développement, comme l'indique le tableau 3.4. Le manioc et la patate sont des plantes-racines plus importantes fournissant 57,9 pour cent des calories au Zaïre et 35,2 pour cent en Angola.

[**Tableau 3.4 Dix pays en développement à économie de marché où l'apport calorique fourni par les plantes-racines est la plus élevé (en pourcentage)**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F03.gif)

De 1965 à 1984, la production mondiale de manioc a augmenté de plus de 330 pour cent. Cela correspond à un taux de croissance annuel de 4,3 pour cent, chiffre important pour n'importe quelle culture vivrière (Chandra, 1988). Les changements récents dans la production mondiale calculés en 1986, en prenant 1984 comme année de référence, ont montré que la production du manioc a augmenté de 5,2 pour cent celle de l'igname de 4,8 pour cent et celle du taro de 3,7 pour cent. Si la production mondiale (comprenant celle de la patate et de la pomme de terre en zones tempérées) a baissé respectivement de 3,8 pour cent et de 1,8 pour cent, la position de ces deux végétaux dans certains pays en développement continue de se renforcer. La production de patates entre 1969-1971 et 1981-1983 s'est accrue de 3,4 pour cent par an en Afrique subsaharienne (FAO, 1986a), et selon des pourcentages allant de 6,3 pour cent par an (Viet Nam) à 1,1 pour cent par an (Thaïlande) dans certains pays d'Asie (FAO, 1987b). L'accroissement de la production de pommes de terre dans quelques pays asiatiques a été de 7,8 pour cent par an pour l'Inde, 6,2 pour cent pour la Chine, 10,2 pour cent pour Sri Lanka et 13,8 pour cent pour le Viet Nam, entre 1970-1972 et 1982-1984. Depuis 1970, il y a eu aussi des hausses importantes dans la production de pommes de terre à Cuba, en Colombie, au Venezuela et dans une bonne partie de l'Amérique centrale, grâce à l'adoption de nouvelles technologies.

Le Nigéria est le premier producteur d'ignames, avec environ 73 pour cent de la production totale mondiale, dont la plus grande partie est destinée à la consommation locale. D'autres grands producteurs sont les pays d'Afrique de l'Ouest comme la Côte d'Ivoire avec 9,2 pour cent, le Ghana avec 3,4 pour cent, le Bénin avec 2,7 pour cent, le Togo avec 1,8 pour cent et le Cameroun avec 1,6 pour cent. Pratiquement toute la production mondiale d'ignames est concentrée en Afrique de l'Ouest, D. *rotundata* étant la variété la plus importante et D. *cayenensis* la moins importante. Les autres pays en développement qui cultivent des ignames sont situés en Amérique centrale et en Amérique du Sud comme Haïti, le Chili et l'Equateur.

Les habitants du Samoa, dans le Pacifique Sud, tirent près de 16 pour cent de leur ration calorique de la consommation des taros (aracées), mais ces plantes-racines sont moins importantes en Afrique. Au Ghana, elles fournissent environ 11 pour cent des calories, alors qu'au Nigéria et en Côte d'Ivoire leur contribution ne représente que 2 pour cent environ de la ration calorique (tableau 3.4). En Amérique latine et dans les Caraïbes la production d'aracées a augmenté de moins de 1 pour cent par an entre 19691971 et 1982-1984 et n'a pas suivi la croissance démographique. De même, en Océanie, la croissance annuelle de la production d'aracées a été lente (1,3 pour cent) et, en Asie du Sud et du Sud-Est, elle a été négligeable ces dernières années.

Il y a lieu de mentionner les bananes et les plantains qui ont contribué sensiblement aux économies de subsistance des pays situés dans les zones forestières, notamment parce que la main-d'œuvre coûte relativement moins cher, même par rapport à celle employée pour la culture du manioc. Les besoins en main-d'œuvre pour la production des diverses plantes-racines au Nigéria sont indiqués au tableau 3.5.

Les plantains et les bananes à cuire sont cultives et constituent un aliment féculent de base principalement en Afrique, où la production en 1985 a presque atteint 17 millions de tonnes sur une production totale tous pays en développement confondus de 24 millions de tonnes. Sur ce total, la part de l'Amérique du Sud a été d'environ 4 millions de tonnes, le reste étant produit par l'Asie, l'Amérique centrale et l'Océanie. Dans la plupart de ces régions, les taux annuels de croissance de la production entre 1969-1971 et 19821984 se sont établis autour de 1,7 à 1,8 pour cent, chiffre bien inférieur au taux de croissance démographique. Si la production globale en Asie du Sud et du Sud-Est est restée faible, le taux de croissance annuel de la production a été plus encourageant avec un total de 4,9 pour cent à la fois pour les plantains et les bananes.

La culture de l'ensete (*Ensete ventricosum*) est limitée à l'Ethiopie où elle est une culture vivrière de base dans les régions montagneuses du sud. Son aspect général rappelle le bananier et on la désigne souvent sous le nom de «faux bananier». Elle ne donne pas de fruit comestible, mais on la récolte comme source d'aliment avant la floraison. Les parties féculentes de la fausse tige renflée et du tubercule souterrain sont comestibles. On estime que de 7 à 8 millions de personnes au sud et au sud-ouest de l'Ethiopie vivent d'aliments féculents de base fermentés, préparés avec de l'ensete (FAO, 1985b).

**Tableau 3.5 Besoins de main-d'œuvre pour diverses cultures de base au Nigéria**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Culture** | **Joumées de travail/ha** | **Joumées de travail/t** | **Joumées de travail/mcal** |
| Igname | 325 | 45 | 69,31 |
| Manioc | 183 | 21 | 20,57 |
| Mais | 90 | 121 | 35,51 |
| Riz | 215 | 145 | 59,92 |

Source: Nweke. 1981.

**Consommation**

Les plantes-racines tiennent une grande place dans l'alimentation de populations importantes dans les pays tropicaux, car elles sont consommées, dans le cas du manioc, comme principale source de calories peu coûteuses, ou en complément des céréales. Le coût des calories fournies par le manioc n'est que de 25 à 50 pour cent environ celui des céréales et des légumes secs traditionnels produits localement (Goering, 1979), mais d'autres plantesracines comme les ignames sont beaucoup plus chères. Dans la majorité des pays en développement, on se nourrit principalement de féculents, qui comprennent généralement quelques racines. Comme l'indique le tableau 3.6, les racines tropicales peuvent fournir jusqu'à 1 060 calories par habitant et par jour, soit 56 pour cent de la ration calorique journalière totale au Zaïre mais elles n'en fournissent que 200, soit 8 pour cent du total, au Belize.

Les racines ne sont pas consommées uniquement par les adultes; ce sont aussi des denrées importantes pour les enfants. Ainsi, au Ghana et au Nigéria, les nourrissons passent souvent, au moment du sevrage, à un régime d'adulte composé de manioc ou de plantain. Au Zaïre, le foufou de manioc est le second aliment solide pour les enfants de moins d'un an, et au Cameroun, on donne couramment du manioc aux nourrissons de 6 à 11 mois. Le manioc ne peut constituer la base d'une alimentation équilibrée que s'il est associé à d'autres aliments riches en protéines comme les graines oléagineuses, les légumes secs et le poisson. Les jeunes enfants ont un petit estomac qui ne leur permet pas d'absorber des aliments volumineux, comme les racines et les tubercules, en quantités suffisantes pour couvrir leurs besoins énergétiques. Les résultats d'une récente enquête fournissent données utiles sur la fréquence de la consommation de manioc au Zaïre. Dans la zone où l'enquête a été réalisée, le manioc doux est consommé cru dans certaines localités comme goûter, ou bouilli sous forme d'ebe. Avec les variétés amères, on prépare du fuku, bouillie de manioc à laquelle on ajoute du mais, en quantités variables selon la saison. Le mpondu est un plat de légumes constitué de feuilles de manioc qui est souvent mangé avec du fuku. Dans de nombreuses contrées, plus de 90 pour cent de la population avaient consommé du fuku avec du mpondu ou d'autres produits à base de manioc environ deux fois par jour, durant les 24 heures précédant l'interview.

**Tableau 3.6 Plantes-racines tropicales comme source de calories dans quelques pays, 1974**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Pays** | **Population (milieu 1975, en millions)** | **PNB (unité par habitant) (prix du marché, 1975)** | **Consommation totale de calories (moyenne) (par  habitant et par jour)** | **Calories fournies par les plantes racines** | **Pourcentage de calories totales fournies par les plantes racines** |
| Zaïre | 24,7 | 140 | 1 880 | 1 060 | 56 |
| Ghana | 9,9 | 590 | 2 320 | 870 | 38 |
| Togo | 2,2 | 250 | 2 220 | 850 | 38 |
| Côte d'Ivoire | 6,7 | 540 | 2 650 | 820 | 31 |
| Nigéria | 75,0 | 340 | 2 080 | 540 | 27 |
| Cameroun | 7,4 | 280 | 2 370 | 530 | 22 |
| Paraguay | 2,6 | 580 | 2 720 | 450 | 17 |
| Madagascar | 8,8 | 200 | 2 390 | 370 | 15 |
| Bolivie | 5,6 | 360 | 1 850 | 290 | 16 |
| Guinée | 5,5 | 130 | 2 000 | 290 | 14 |
| Ouganda | 11,6 | 230 | 2 100 | 300 | 14 |
| Pérou | 15,4 | 760 | 2330 | 310 | 13 |
| Chine | 822,8 | 380 | 2 360 | 270 | 12 |
| Indonésie | 132,1 | 220 | 2 130 | 250 | 12 |
| Kenya | 13,4 | 220 | 2 120 | 200 | 9 |
| Brésil | 107,0 | 1 030 | 2 520 | 230 | 9 |
| Jamaïque | 2,0 | 1 110 | 2660 | 230 | 9 |
| Belize | 0,1 | 670 | 2 440 | 200 | 8 |

Les chiffres ont été arrondis à la dizaine la plus proche.  
Note: Les données concernant la consommation de calories ont été fournies par la FAO.  
Les chiffres concernant la population et le revenu sont tirés de l'Atlas de la Banque mondiale, l 977.

Source: Goering, 1979.

L'élasticité revenu de la demande de racines est faible mais positive, et l'élasticité croisée de la demande de céréales et de celle de racines est élevée de sorte que la substitutionn'est pas difficile.. Une enquête socioéconomique nationale conduite en Indonésie en 1980 a montré que la consommation par habitant de manioc frais tend à augmenter quand le revenu minimal augmente, mais se stabilise ou baisse aux niveaux de revenu plus élevés.

Des constatations analogues ont été faites au Brésil où l'élasticité de la demande de manioc est positive pour les revenus faibles, et au Ghana où la consommation n'a plus tendance à augmenter quand le revenu par habitant atteint des niveaux bien supérieurs au seuil de subsistance. En Indonésie, l'élasticité croisée de la demande entre le manioc et le riz est élevée. Si l'amélioration des techniques de production ou d'entreposage pouvait entraîner une baisse du prix à la consommation des produits à base de manioc, les possibilités de voir augmenter la consommation de manioc seraient plus grandes (Cock, 1985). Avec d'autres plantes-racines, notamment l'igname, la consommation tend à augmenter si le revenu s' accroît, l'igname étant un aliment relativement cher. Dans certains endroits, il existe aussi parfois une préférence culturelle marquée pour des aliments particuliers, la patate par exemple. Néanmoins, on tend en général à préférer les céréales aux racines, et le blé et le riz aux céréales secondaires.

**Tableau 3.7 Consommation d'aliments de base en Afrique subsaharienne, 1981-1983**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Groupe 11** | **Groupe 21** | **Groupe 31** | **Total** |
| *(kilogrammes par habitant et par an)* | | | | |
| Aliments de base |  |  |  |  |
| amylacés | 453,4 | 274,0 | 45,1 | 205,1 |
| Manioc | 407,4 | 123,0 | 21,3 | 117,8 |
| Igname | 6,6 | 72,4 | 3,5 | 36,8 |
| Patate | 6,6 | 20,3 | 5,0 | 12,5 |
| Bananes plantains | 26,2 | 39,1 | 2,0 | 22,7 |
| Autres | 6,6 | 19,2 | 13,3 | 15,3 |
| Céréales | 39,7 | 83,8 | 134,1 | 98,3 |
| *(pourcentage en équivalent calories)* | | | | |
| Aliments de base |  |  |  |  |
| amylacés | 78 | 49 | 9 | 39 |
| Manioc | 70 | 22 | 4 | 24 |
| Igname | 1 | 14 | 1 | 7 |
| Patate | 2 | 3 | 1 | 2 |
| Bananes plantains | 4 | 6 | - | 4 |
| Autres | 1 | 4 | 3 | 2 |
| Céréales | 22 | 51 | 91 | 61 |

1Voir texte pour explication dos groupes.

Source: FAO, 1987.

Comme le montre le tableau 3.7, les racines assurent environ 78 pour cent de la ration calorique totale dans les pays du groupe l de l'Afrique subsaharienne, situés principalement dans la zone forestière humide des tropiques, et environ 43 pour cent des calories totales dans les pays du groupe 2, alors que dans les zones plus arides du groupe 3, les céréales dominent. La FAO a classé les pays de l'Afrique subsaharienne comme suit:

* Groupe 1: République centrafricaine, Congo, Mozambique, Zaïre. Dans ces pays, le manioc domine, tant au niveau de la production que de la consommation; sa part dans la consommation d'aliments de base est supérieure à 50 pour cent, contre 30 pour cent pour les céréales, dont près d'un tiers est importé.
* Groupe2: Angola, Bénin, Burundi, Cameroun, Comores, Côte d'Ivoire Guinée équatoriale, Gabon, Ghana, Nigéria, Rwanda, Tanzanie, Togo, Ouganda. Dans ce groupe, le modèle de production et de consommation est beaucoup plus varié. Les racines et les bananes plantains sont les principaux aliments de base, et le manioc est beaucoup moins consommé que dans le groupe précédent. Les pays de ce groupe sont typiques de la «ceinture de l'igname» d'Afrique de l'Ouest. Alors que dans certains pays, la banane plantain, la patate et le taro occupent une place importante dans l'alimentation, les céréales, dont environ 30 pour cent sont importés, fournissent la moitié des calories consommées.
* Groupe 3: Botswana, Burkina Faso, Cap-Vert, Ethiopie, Gambie, Guinée, Guinée-Bissau, Kenya, Lesotho, Libéria, Madagascar, Malawi, Mali, Mauritanie, Maurice, Namibie, Niger, Réunion, Sao Tomé-et-Principe, Sénégal, Seychelles, Sierra Leone, Somalie, Soudan, Swaziland, Tchad, Zambie, Zimbabwe. Ces pays produisent et consomment beaucoup plus de céréales, mais dans certaines régions les racines sont souvent les aliments de base. La part de la consommation de céréales couverte par l'importation est généralement moins importante: moins d'un cinquième du total en moyenne.

Dans le Pacifique, les racines fournissent encore de 15 à 43 pour cent de l'énergie alimentaire, le type dépendantdent de l'île: le taro et l'igname fournissent 43 pour cent de l'énergie aux Tonga, tandis que la patate, le taro et l'igname sont les principales sources d'énergie alimentaire en PapouasieNouvelle-Guinée et dans les îles Salomon. La différence de consommation de céréales et de racines entre zones urbaines et zones rurales est frappante: les ruraux consomment deux fois plus de racines mais dix fois moins de céréales que les citadins, en raison du coût élevé du transport et de la courte durée de conservation des racines fraîches. Il en est de même en Amérique latine et dans les Caraïbes (tableau 3.8). Dans ces zones, le coût de production des racines est si élevé par rapport à celui des céréales que certaines racines traditionnelles sont devenues des produits de luxe, sauf la pomme de terre en Bolivie et au Pérou et le manioc au Brésil et au Paraguay. Dans les Caraïbes les céréales sont sans aucun doute plus importantes que les racines dans l'alimentation, bien que des produits comme les plantains fournissent encore une part importante de l'énergie alimentaire. En outre, une partie de la production de racines est utilisée pour l'alimentation animale (environ 33 pour cent du manioc et à peu prés 3 à 4 pour cent des autres racines).

**Tableau 3.8 Consommation rurale/urbaine de quelques plantesracines dans certains pays d'Amérique latine et des Caraïbes**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Consommation rurale (kg/habitant/an)** | **Consommation urbaine (kg/habitant/an)** |
| *Manioc frais* | | |
| Brésil(1975) | 11,2 | 2,7 |
| Paraguay (1976) | 180 | 35 |
| Colombie (1981) | 25,5 | 8,3 |
| Cuba (1976) | 30,0 | 12,4 |
| *Farinha de mandioca* | | |
| Brésil (1975) | 29,4 | 9,7 |
| *Pomme de terre* | | |
| Pérou (1981 ) | 110 | 45 |
| Igname | | |
| Colombie (1981) | 5,9 | 2,8 |

Sources: Lynam, J.K. a Pachico. D.. Fresh cassava in Brazil, Cuba and Paraguay, farinha de mandioca, 1982. Sanint, L.R. a al., Fresh cassava and yam an in Columbia, 1985. Scott. G., Potato in Peru, 1985.

Oñate et al. (1976) ont montré dans le tableau 3.9 que la consommation de racines en Asie du Sud-Est va de 6 kglpersonne/an (16 g/personne/jour) au Cambodge à 113 kg/personne/an (310 g/personne/jour) en Indonésie. La consommation par habitant de pommes de terre est très à Singapour (9 kg/an, soit 25 g/jour) par rapport aux autres pays de la région (0-7 g/jour). Les bananes représentent une partie substantielle de la ration alimentaire aux Philippines, allant de 15 g/personne/jour dans les Visayas orientales à 40 g dans les Visayas occidentales.

Les tableaux 3.10 et 3.11 donnent les résultats des enquêtes alimentaires menées dans huit régions différentes des Philippines, de la population urbaine de Manille, la capitale, jusqu'aux populations rurales des régions de plaines et de montagnes.

Les allocations journalières d'éléments nutritifs et d'aliments pour chaque individu ont été tirées des tableaux préparés par l'Institut de recherche sur l'alimentation et la nutrition. Les éléments nutritifs présents dans les aliments ont été calculés à partir des tables de composition des aliments. Les allocations pour tous les membres de la famille ont été ajoutées et divisées parle nombre de personnes composant la famille pour donner les allocations par habitant et par famille. On a obtenu les allocations journalières d'éléments nutritifs par habitant pour chaque région en divisant la somme des allocations pour tous les ménages examinés dans la zone, parle nombre total d'individus. Ainsi, les pourcentages indiqués au tableau 3.10 permettent de faire une comparaison régionale de l'alimentation. La population ayant le régime le plus pauvre en calories, protéines et fer est celle des Visayas orientales où les racines et les tubercules féculents fournissent l'essentiel des calories. Le tableau 3.11 montre que l'apport d'aliments supplémentaires comme les légumineuses, les fruits et légumes, le lait, les œufs et les matières grasses est exceptionnellement faible dans cette région.

Cela corrobore la thèse selon laquelle un apport accru de calories alimentaires provenant des racines et tubercules doit être complété par d'autres denrées afin d'établir un régime alimentaire équilibré. Les études de Oñate et al. (1976) montrent qu'aux Philippines la consommation joumalière de racines varie selon la région, allant d'environ 8 g à Manille à 222 g dans les zones rurales des Visayas orientales. Cela est vrai pour de nombreux pays où la consommation alimentaire dans les zones urbaines est caractérisée par une diminution de la consommation de racines et une augmentation de la consommation d'aliments tout préparés à base de céréales et de protéines animales (tableau 3.11). La situation est différente pour les produits transformés à base de racines, relativement volumineux et dont la durée de conservation est plus longue. Au Ghana, par exemple, le gari, produit à base de manioc frais, peut être transporté à relativement peu de frais vers les villes où il est aussi populaire qu'en zones rurales. Dans le cas de l'igname, il est étonnant que la consommation soit plus élevée dans les villes que dans les campagnes; cela indique l'importance et le succès de cette racine comme aliment et montre que son prix est gonflé à cause de sa production limitée (tableau 3. 12).

[**Tableau 3.9 Consommation de féculents par habitant dans hult pays de l'Asie du Sud-Est (moyenne 1964-1966 - en milliers de tonnes, sauf indication contraire)**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F04.gif)

[**Tableau 3.9 (fin) Consommation de féculents par habitant dans huit pays de l'Asie du Sud-Est (moyenne 1964 - 1966 - en milliers de tonnes, sauf indication contraire)**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F05.gif)

[**Tableau 3.10 Apport moyen d'éléments nutritifs par jour et par habitant en pourcentage des allocations recommandées dans huit région aux Philippines**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F06.gif)

[**Tableau 3.11 Apport alimentaire moyen par jour et par habitant en pourcentage des allocations recommandées dans huit régions aux Philippines**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F07.gif)

Au Nigéria, la consommation de manioc sous forme de gari sec est plus forte en milieu urbain qu'en milieu rural; l'inverse se produit avec l'igname, probablement à cause du coût élevé du transport des ignames fraîches et parce qu'il est facile de préparer des plats avec du gari sec, en particulier pour les ouvriers des villes (tableau 3.13).

Les zones dans lesquelles on consomme des racines ne sont pas forcément celles où la malnutrition sévit le plus. A cet égard, l'Etat indien du Kérala peut servir d'exemple. Il a une population d'environ 25 millions d'habitants dont l'aliment de base est le riz. Toutefois, étant donné la forte densité de population, les terres fertiles propres à la riziculture sont maintenant rares; c'est pourquoi le riz et la noix de coco sont cultivés principalement dans les plaines insuffisamment drainées mais fertiles, alors que les superficies accidentées, biendrainées, mais peu fertiles sont plantées surtout en manioc. Les principaux aliments de base sont donc le riz et le manioc.

La population augmentant rapidement, il y a eu moins de terres pour la culture du riz et un accroissement de la production, des rendements et de la consommation de manioc.

On aurait pu s'attendre à des répercussions négatives de ces tendances sur l'état nutritionnel. La mortalité infantile prise comme indice de l'état nutritionnel est un élément rassurant, car elle est restée relativement faible au Kérala. Le tableau 3.14 montre qu'en 1970/71 le manioc a fourni plus de 740 calories sur un apport journalier total de 2 519 calories, qui est probablement satisfaisant. L'apport protéique a été inférieur à 40 g par jour. Le manioc a fourni très peu de protéines, mais une partie du déficit a été comblée par l'ingestion de riz et de poisson. Ainsi, pourvu que le régime soit complété par des céréales et des protéines animales, les racines comme le manioc sont très utiles pour compléter l'énergie fournie par les céréales.

**Tableau 3.12 Consommation alimentaire au Ghana, 1961-1962 (g/habitant/jour)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Denrée alimentaire** | **Consommation urbaine** | **Consommation rurale** | **Consommation urbaine en pourcentage de la consommation rurale** |
| Maïs | | | |
| grain sec | 10,7 | 61,1 | 17,5 |
| pâte | 41,2 | 67,8 | 60,8 |
| Mil | 59,0 | 44,2 | 133,5 |
| Sorgho blanc | 14,3 | 11,6 | 123,3 |
| Koko1 | 28,7 | 6,0 | 478,3 |
| Riz | 21,9 | 36,6 | 59,8 |
| Pain | 15,9 | 8,6 | 184,9 |
| Manioc | | | |
| racines fraîches | 112,2 | 196,1 | 57,2 |
| gari | 15,6 | 16,2 | 96,3 |
| Plantains | 193,5 | 119,4 | 162,1 |
| Taro | 72,3 | 44,7 | 161,7 |
| Igname | 110,6 | 51,6 | 214,3 |
| Poisson | | | |
| frais | 6,0 | 11,6 | 51,7 |
| fumé | 22,0 | 20,1 | 109,4 |
| Viande | | | |
| fraîche | 41,0 | 15,2 | 269,7 |
| conservée | 2,0 | 2,0 | 100 |
| Matières grasses | 11,7 | 4,3 | 272,1 |
| Sucre | 4,0 | 2,1 | 190,4 |

1Le koko est un empois d'amidon ou une bouillie préparés avec de la farine de céréales ou de racines. Source: D'après Whitby, P., A review of information concerning food consumption in Ghana. FAO, Rome. 1969.

**Tableau 3.13 Consommation alimentaire au Nigéria (g/habitant/jour)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Denrée alimentaire** | **Consommation rurale** | **Consommation urbaine** | **Consommation urbaine en pourcentage de la consommation  rurale** |
| Igname, tubercule frais | 287,8 | 70,0 | 24 |
| Manioc, gari sec | 43,1 | 141,0 | 327 |
| Taro, frais | 33,8 | - |  |
| Pomme de terre |  | 31,8 | - |
| Plantain |  |  |  |
| fruit bouilli | 13,5 | 9,0 | 68 |
| farine sèche | 10,3 | - | - |
| Taro, bouilli | 16,7 | - |  |
| Maïs |  |  |  |
| farine | 162,8 | - |  |
| grains | 27,3 | - |  |
| amidon sec | 17,0 | 36,0 | 211 |
| Mil |  |  |  |
| farine | 88,8 | 4,0 |  |
| fura | 16,8 | - |  |
| Farine de sorgho blanc | 16,4 | - |  |
| Grain de acha | 22,0 | - |  |
| Riz | 11,7 | 47,0 | 401 |
| Bié | 1,3 | 31,0 | 2 384 |
| Dolique de Chine | 21,9 | 33,0 | 150 |
| Caroube | 13,8 |  |  |
| Boeuf | 23,3 | 35,0 | 150 |
| Poisson, séché | · 3,5 | 5,0 | 142 |
| Huile de palme rouge | 27,7 | 20,0 | 72 |
| Lait de vache, frais | 35,2 | 6,0 | 17 |
| Sucre | 4,4 | 5,0 | 113 |
| Poisson, frais | - | 58,0 | 5 |
| 800 |  |  |  |
| Œuf | - | 4,0 | 400 |

1Les chiffres concernant la consommation rurale sont tirés des études réalisées par Collis, Dema, Lesi a Omolulu, 1962  
2Les chiffres concernant la consommation urbaine sont tirés d'une étude de McFie (1967) effectuée au Lagos.

Cela a été confirmé par les bilans alimentaires examinés par Goering (1979), qui indiquent qu'une carence protéique avancée n'est pas nécessairement fréquente dans les pays où les racines sont une des sources de calories. Ainsi, sur 10 pays africains dans lesquels les racines fournissent de 500 à 900 calories, soit de 20 à 40 pour cent de l'apport calorique journalier total, sept ont une consommation calorique par habitant inférieure à 2 200 calories par jour et un seulement a un apport supérieur à 2 400 calories; mais aucun d'eux n'a un apport protéique de moins de 40 g par jour, et seulement trois ont moins de 50 g par jour. Ainsi, un apport calorique limité provenant des racines n'est pas nécessairement incompatible avec un apport protéique adéquat.

**Tableau 3.14 Consommation alimentaire au Kérala, 1970/71 (valeur moyenne journalière par habitant)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Denrée alimentaire** | **Consommation toute (g.)** | **Calories** | **Protéines (g)** |
| Riz | 289 | 1 000 | 18,5 |
| Manioc (tapioca) | 474 | 744 | 3,3 |
| Noix de coco | 60 | 267 | 2,7 |
| Fruits | 87 | 68 | 0,7 |
| Poisson | 41 | 46 | 8,3 |
| Lait | 30 | 23 | 1,0 |
| Viande | 5 | 6 | 1,1 |
| Huile | 24 | 212 |  |
| Sucre | 25 | 100 |  |
| Total partiel |  | 2 466 | 35,6 |
| Toutes les autres denrées |  | 53 | 2,2 |
| Total |  | 2 519 | 37,8 |

Source: Nations Unies, 1975.

Outre les racines, les feuilles de manioc, de patate et de taro sont couramment consommées dans de nombreux pays tropicaux, dont le Zaïre la Papouasie-Nouvelle-Guinée et le centre de Java (Indonésie), notamment en période de pénurie alimentaire. Ces feuilles fournissent des protéines. Elles contiennent aussi des sels minéraux, en particulier du fer et du calcium, et sont une bonne source de vitamines A et C. La consommation accrue de ces feuilles vertes pourrait contribuer à réduire l'incidence de la xérophtalmie dans les pays où sévit la cécité d'origine nutritionnelle. En Afrique, les feuilles de manioc sont fréquemment employées comme légume vert (Hahn, 1984).

**Chapitre 4: Valeur nutritive**

[**Composition en éléments nutritifs des racines et tubercules**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F07.htm#Composition en éléments nutritifs des racines et tubercules)  
[**Les feuilles des plantes-racines**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F08.htm#Les feuilles des plantes-racines)

La valeur nutritive des racines et tubercules réside principalement dans le fait que ce sont les sources les moins chères d'énergie alimentaire sous forme de glucides dans les pays en développement. L'énergie qu'ils apportent est égale au tiers environ de celle fournie par un poids équivalent de céréales, par exemple du riz ou du blé, car les tubercules sont très riches en eau. Toutefois, les rendements élevés de la plupart des plantes-racines assurent un apport énergétique par hectare et par jour bien supérieur à celui des céréales (tableau 4.1). La patate, par exemple, peut donner de très gros rendements (jusqu'à 85 t/ha) sur des parcelles expérimentales, mais les rendements des plantations en général ne dépassent pas 20 t/ha. Comme le montre le tableau 4.1, la pomme de terre a un des rendements énergétiques les plus élevés du monde. Ces racines sont particulièrement précieuses sous les tropiques où les populations vivent pour la plupart d'aliments glucidiques.

A cause de la faible teneur en énergie des racines par rapport aux céréales à l'état humide, on croit souvent que les racines ne conviennent pas à la préparation d'aliments pour nourrissons. En fait, il suffit d'augmenter leur teneur énergétique en les faisant sécher. Le tapioca, par exemple, sert à préparer divers aliments pour nourrissons vendus dans les pays industrialisés. Les farines composées préparées avec des racines et des céréales pourraient servir à faire des mélanges lactés pour bébés, si on y ajoute des produits appropriés. En ajoutant des céréales germées (maltées) à de la farine de manioc, on augmente la densité énergétique des bouillies préparées sur cette base, en réduisant leur viscosité par l'action des enzymes amylolytiques.

Il faudrait cependant décourager l'utilisation de produits à base de manioc comme aliments de sevrage à cause de leur toxicité probable et de leur faible teneur protéique et calorique. Les nourrissons et les jeunes enfants, les femmes enceintes et les nourrices sont parmi les groupes les plus vulnérables du point de vue nutritionnel. Leurs besoins en éléments nutritifs sont particulièrement importants car la croissance et la lactation accroissent la demande physiologique. Ces besoins, ainsi que ceux des adolescents et des adultes sont énumérés aux tableaux 4.2 et 4.3.

**Tableau 4.1 Comparaison de la production moyenne d'énergie et de protéines de quelques cultures vivrières dans les pays en développement (par hectare et par jour)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Culture** | **Cycle végétatif (jours)** | **Matière sèche (kg/ha/jour)** | **Energie alimentaire (milliers kcall/ha/jour)** | **Protéines comestibles(kg/ha/jour)** | **Valeur de la production ($ U.S/ha/jour)** |
| Pomme de terre | 130 | 18 | 54 | 1,5 | 12,60 |
| Igname | 180 | 14 | 47 | 1,0 | 8,80 |
| Patate | 1 80 | 22 | 70 | 1 ,0 | 6,70 |
| Riz, paddy | 145 | 18 | 49 | 0,9 | 3,40 |
| Arachide, non décortiquée | 115 | 8 | 36 | 1,7 | 2,60 |
| Blé | 115 | 14 | 40 | 1,6 | 2,30 |
| Lentille | 105 | 6 | 23 | 1,6 | 2,30 |
| Manioc | 272 | 13 | 27 | 0,1 | 2,20 |

Source: FAO Annuaire FAO de la production 1983 (Rome, 1984); Départernent de l'agriculture des Etats-Unis.  
Composition of foods (Washington, D.C., 1975); et FAO, Report of the agroecological zones project (Rome,1978). Les estimations de la production sont des moyennes pour 1981-1983; les estimations des prix concernent 1977.  
D'après Horton et al, 1984.

La dénutrition est souvent imputable soit à une ration alimentaire insuffisante, soit à une mauvaise utilisation des aliments par l'organisme, parfois aux deux. D'après de récentes enquêtes, très peu de pays tropicaux souffrent d'une carence protéique simple. La carence la plus commune est la carence protéino-énergetique, dans laquelle une carence générale en calories oblige le métabolisme à utiliser la dose limitée de protéines comme source d'énergie. Il s'agit là d'un domaine où les plantes-raeines pourraient jouer un rôle plus important comme source supplémentaire d'énergie et de protéines alimentaires. Une consommation accrue de racines pourrait contribuer à la conservation des protéines si nécessaires, fournies essentiellement par d'autres aliments comme les céréales et les légumineuses Traditionnellement, en Afrique, les racines comme le manioc sont consommées avec une soupe ou un ragoût de poisson, de viande ou de légumes, qui complètent parfaitement un plat de manioc.

**Tableau 4.2 Besoins moyens journaliers d'énergie, protéines, vitamine A, acide folique, fer et lode des nourrissons et des enfants**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Age** | **Poids moyen (kg)** | **Energie1 (kcal)** | **Protéines1 (g)** | **Vitamine2 A ( g)** | **Acide folique2 ( )** | **Fer2 (mg)** | **Iode3 (mg)** |
| Nourrissons (mois) | | | | | | | |
| 3-6 | 7,0 | 700 | 13,0 | 350 | 25 | 14 | 40 |
| 6-9 | 8,5 | 810 | 14,0 | 350 | 31 | 14 | 50 |
| 9-12 | 9,5 | 950 | 14,0 | 350 | 34 | 14 | 50 |
| Enfants (années) | | | | | | | |
| 1 -2 | 11,0 | 1 150 | 13,5 | 400 | 36 | 8 | 70 |
| 1-3 | 13,5 | 1 350 | 15,5 | 400 | 46 | 9 | 70 |
| 3-5 | 16,5 | 1 550 | 17,5 | 400 | 54 | 9 | 90 |
| garçons filles | | | | | | | |
| 5-7 | 20,5 | 1 850 1 750 | 21,0 | 400 | 68 | 9 | 90 |
| 7-10 | 27,0 | 2 100 1 800 | 27,0 | 400 | 89 | 16 | 120 |

1Chiffres tirés de Besoins d'énergie et de protéines: rapport d'une consultation d'experts conjointe FAO/OMS UNU Série de rapports techniques n° 724. Genève, 0MS, 1985.  
2Chiffres tirés de Besoins de vitamine A, de fer, d'acide folique et de vitamine B12 rapport d'une consultation d'experts conjoints FAO/OMS (Sous presse).  
3Chiffres tirés de Allocations alimentaire recommandées 9- édition revue et corrigée, U.S. National Academy of Sciences. Wasbington, D.C., 1980.  
Source: FAO, 1988b.

**Tableau 4.3 Besoins moyens journaliers d'énergie, protéines, vitamine A, acide folique, fer et iode des adolescents et des adultes**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Age (années)** | **Poids moyen (kg)** | **Energie1 (kcal)** | **Protéines1 (g)** | **Vitamine2 A ( g)** | **Acide folique2 ( g)** | **Fer2 (mg)** | **Iode3 (mg)** |
| Hommes | | | | | | | |
| 10-12 | 34,5 | 2 200 | 34,0 | 500 | 102 | 16 | 150 |
| 12-14 | 44,0 | 2400 | 43,0 | 600 | 170 | 24 | 150 |
| 14-16 | 55,5 | 2 650 | 52,0 | 600 | 170 | 24 | 150 |
| 16-18 | 64,0 | 2 850 | 56,0 | 600 | 200 | 15 | 150 |
| >18 | 70,0 | 3 050 | 52,5 | 600 | 200 | 15 | 150 |
| Femmes |  |  |  |  |  |  |  |
| 10-12 | 36,0 | 1 950 | 36,0 | 500 | 102 | 16 | 150 |
| 12-14 | 46,5 | 2 100 | 44,0 | 600 | 170 | 27 | 150 |
| 14-16 | 52,0 | 2 150 | 46,0 | 600 | 170 | 27 | 150 |
| 16-18 | 54,0 | 2 150 | 42,0 | 500 | 170 | 29 | 150 |
| >18 | 55,0 | 2350 | 41,0 | 500 | 170 | 29 | 150 |
| Femmes enœintes | | | | | | | |
| en pleine activité |  | +285 | +6,0 | 600 | 370-470 | 474 | +25 |
| en activité réduite |  | +200 | +6,0 | 600 | 370-470 | 474 | +25 |
| Mères allaitantes | | | | | | | |
| six premiers mois |  | +500 | +17,5 | 850 | 270 | 17 | +50 |
| après six mois |  | +500 | +13,0 | 850 | 270 | 17 | +50 |

1Chiffres tirés de Besoins d'énergie et de protéines: rapport d'une consultation d'experts conjointe FAO/OMS/UNU. Série de rapports techniques, né 724. Genève, OMS, 1985.  
2Chiffres tirés de Besoins de vitamine A, de fer, d'acide folique et de vitamine B: rapport d'une consultation d'experts conjointe FAO/OMS (Sous presse).  
3Chiffres tirés de Allocations alimentaires recommandées, 9. édition revue et corrigée. US National Academy of Sciences. Washington, D.C., 1980.  
4Chez les femmes enceintes, le supplément de fer est généralement nécessaire car le besoin de fer ne peut être couvert par la ration alimentaire normale.  
+ En plus du besoin normal.  
Source: FAO, I 988b.

[**Tableau 4.4 Valeur nutritive des plantes-racines tropicales (pour 100 g de produit comestible)**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F08.gif)

**Composition en éléments nutritifs des racines et tubercules**

La composition en éléments nutritifs des racines et tubercules varie d'un endroit à l'autre, selon le climat, le sol, la variété de la plante et d'autres facteurs. Une table représentative de la composition en éléments nutritifs des racines et tubercules communs figure au tableau 4.4. La composition en acides aminés des protéines de certaines racines ainsi qu'une comparaison des besoins probables en acides aminés sont données au tableau 4.5.

Le principal élément nutritif fourni par les racines et les tubercules est l'énergie alimentaire sous forme de glucides. La teneur en protéines est faible (1-2 pour cent), et dans presque toutes les protéines des plantesracines comme dans celles des légumineuses, les amino-acides contenant du soufre sont les amino-acides limitants (tableaux 4.5 et 4.9). Le manioc, la patate, la pomme de terre et l'igname contiennent de petites quantités de vitamine C, et les variétés jaunes de patate, d'igname et de manioc renferment du bêta-carotène ou de la provitamine A. Le taro est une bonne source de potassium. Les racines et les tubercules contiennent de faibles quantités des autres vitamines et minéraux mais renferment des quantités importantes de fibres alimentaires. Les feuilles de taro sont cuites et consommées comme légumes. Elles contiennent du bêta-carotène, du fer et de l'acide folique qui protège contre l'anémie. On mange aussi couramment les feuilles de la patate et du manioc.

**Glucides**

La matière sèche des plantes-racines, des bananes et des plantains est composée principalement de glucides, généralement dans la proportion de 60 à 90 pour cent. Les glucides des végétaux comprennent des celluloses, des gommes et des amidons, mais les amidons sont la principale source d'énergie nutritive car les celluloses ne peuvent être digérées.

Les amidons sont composés de deux polymères principaux, un polymère du glucose en chaîne droite appelé amylose, qui représente habituellement de 10 à 30 pour cent environ du total, et un polymère du glucose en chaîne ramifiée, l'amylopectine, qui constitue le reste. Le principal élément constitutif du glucide comestible est l'amidon avec quelques sucres, dans des proportions variant selon la plante-racine.

[**Tableau 4.5 Comparaison de la structure des besoins probables en acides aminés et de la composition**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F09.gif)

**Tableau 4.6 Propriétés rhéologiques de diverses fécules d'igname**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Espéce et cultivar** | **Température d'empesage°C** | **Viscosité (unités Brabender)** | | **Résistance à la gélification (ml) aprés:** | | |
| **(à la température de 95° C)** | **maximum atteint avant refroidissement)** | **24 h** | **96 h** | **168 h** |
| D. *rotundata* | | | | | | |
| Puna | 76 | 450 | 630 | 8,8 | 13,6 | 14,1 |
| Labreko | 78-79 | 260 | 470 | 4,3 | 6,2 | 8,0 |
| Kplinjo | 77 | 330 | 490 | 10,6 | 12,7 | 13,3 |
| Tantanpruka | 79 | 610 | 650 | 12,4 | 17,2 | 20,5 |
| Tempi | 80-82 | 430 | 520 | 7,5 | 10,5 | 10,8 |
| D. *alata* | | | | | | |
| A chair blanche | 85 | 25 | 110 | 14,8 | 16,5 | 17,2 |
| A chair rouge | 81 | 80 | 200 | 14,8 | 18,5 | 19,4 |
| D. esculenta | 82 | 25 | 55 | 2,5 | 4,0 | 4,6 |
| D.dumetorum | 82 | 25 | 25 | - | - | - |

Source: Resper & Coursey, 1967.

**Tableau 4.7 Fibres en pourcentage de matière sèche dans les patates et les bananes crues**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Patates** | **Bananes** |
| Cellulose | 3,26 | 1,0 |
| Hémicellulose | 4,95 | 5,8 |
| Pectine insoluble | 0,50 | - |
| Lignine | - | 0,2 |

Les propriétés physiques des grains d'amidon influent sur la digestibilité et l'aptitude être transformées des plantes-racines. Les grains d'amidon de certaines variétés de taro sont trés petits, un dixième environ de ceux de la pomme de terre. Ce facteur améliore la digestibilité de l'amidon et rend ces variétés mieux appropriées à l'alimentation des nourrissons et des malades. Pour la préparation de certains aliments, comme le foufou, il faut une pâte ferme, et les propriétés rhéologiques de l'empois d'amidon deviennent donc importantes. La viscosité des pâtes amidon-eau de différents amidons d'igname varie considérablement, depuis le coefficient relativement faible de D. dumetorurn à celui, le plus élevé, de D. rotundata en passant par le coefficient intermédiaire de D. esculenta (tableau 4.6). C'est pourquoi D. rotundata a toujours été utilisée pour la préparation du foufou. La plupart des ignames donnent des pâtes visqueuses résistant mieux à la gélification que celles des autres plantes-racines. On choisit donc de préférence les ignames pour le foufou, empois d'amidon préparé en pilant des racines ou des tubercules cuits dans un mortier avec un pilon (Rasper, 1969, 1971). La farine de manioc présente des caractéristiques spéciales pour l'industrie alimentaire. Elle se gélifie facilement en cuisant avec de l'eau, et après refroidissement la solution reste assez fluide. Les solutions sont relativement stables et ne retombent pas en décomposition sous une forme insoluble (rétrogradation) comme le fait la fécule de mais ou de pomme de terre.

Outre l'amidon et le sucre, les plantes-racines contiennent aussi quelques polysaccharides privés d'amidon dont les celluloses, les pectines et les hémicelluloses, ainsi que des protéines structurales et des lignines associées, appelées collectivement fibres alimentaires (tableau 4.7). Le rôle de ces fibres dans la nutrition a suscité beaucoup d'intérêt ces dernières années. Certains résultats épidémiologiques laissent à penser qu'une consommation accrue de fibres alimentaires peut réduire l'incidence de certaines maladies comme les diabètes, les cardiopathies ischémiques, le cancer du colon et divers autres troubles digestifs. Les fibres semblent agir comme un tamis moléculaire, retenant les substances cancérogènes qui autrement seraient remises en circulation dans l'organisme; elles absorbent aussi l'eau produisant ainsi des selles molles et volumineuses. La patate est une source importante de fibres alimentaires car sa teneur en pectine atteint parfois 5 pour cent de son poids frais ou 20 pour cent de la matière sèche au moment de la récolte (Collins et Walter, 1982). Cependant, la banane, qui est connue pour son effet bénéfique sur les troubles intestinaux semble contenir très peu de fibres, seulement 0,84 pour cent, d'après les méthodes d'analyse classiques. Forsythe (1980) a étudié les substances des parois cellulaires de la pulpe de banane par extraction avec de l'acide ascorbique, centrifugation et élimination des sucres par lessivage. Le résidu, comprenant 3,3 pour cent de la pulpe avait une capacité de rétention d'eau égale à 17 fois son poids sec. L'analyse a donné 15,2 pour cent de lignine, 13 pour cent d'amidon, 9,8 pour cent de protéines, 4,8 pour cent de cellulose, 3,7 pour cent de lipides, 1,3 pour cent de pectine et 0,4 pour cent de cendres. Il faudrait donc accorder une plus grande attention au rôle des substances fibreuses dans ces plantes-racines, notamment dans la banane et la patate, et déterminer leur composition et leur fonction alimentaire. D'autres plantes-racines, en particulier l'igname, contiennent des mucilages qui ont une influence considérable sur leurs qualités culinaires.

**Protéines**

La teneur en protéines des racines, tubercules, bananes et plantains varie, de même que la qualité de ces protéines. L'igname et la pomme de terre en contiennent davantage, approximativement 2,1 pour cent en poids frais. La quantité de protéines fournies par ces aliments dans les pays en développement, corrigée en fonction de la qualité des acides aminés est, en moyenne mondiale, seulement de 2,7 pour cent, fournis principalement par les pommes de terre et les patates. Toutefois, ces aliments féculents de base assurent une plus grande partie de la ration protéique en Afrique (tableau 4.8), allant de 5,9 pour cent en Afrique de l'Est et en Afrique australe à un maximum de 15,9 pour cent en Afrique de l'Ouest humide, fournis principalement par l'igname et le manioc. Ces chiffres ne comprennent pas les protéines apportées par les feuilles de végétaux comme le manioc, la patate et le taro qui sont consommées comme légumes verts. La teneur en acides aminés des racines et tubercules, contrairement à la plupart des céréales, n'est pas complétée parcelle des légumineuses car toutes deux sont pauvres en acides aminés soufrés (tableau 4.9). Afin de maximiser leur apport de protéines dans l'alimentation, les racines et tubercules devraient être complétés par une grande variété d'autres aliments, dont des céréales.

[**Tableau 4.8 Part des calories et des protéines des aliments amylacés de base dans les régimes alimentaires des pays en développement. 1979-1981 (en pourcentage du total régional)**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0a.gif)

La teneur protéique des plantes-racines est influencée dans une certaine mesure par la variété, les pratiques culturales, le climat, la période de végétation et l'emplacement (Woolfe,1987). L'adjonction d'engrais azoté accroît la teneur en protéines des pommes de terre (Eppendorfer et al., 1979; Hoff et al., 1971). Pour la patate, la teneur en protéines pourrait varier de 2 à 7,5 pour cent selon le cultivar et le traitement. L'engrais azoté élève la teneur en protéines de la patate, mais abaisse la teneur en lysine; l'acide aspartique et les acides aminés libres augmentent (Yang, 1982). Par ailleurs, la partie feuillue se développe davantage que le tubercule.

Dans les plantes-racines, la qualité des protéines, quant à leur composition en acides aminés essentiels, peut être comparée à celle des protéines animales courantes dans la viande de boeuf, les ceufs ou le lait (tableau 4.5). Les plantes-racines contiennent généralement une bonne quantité de lysine, moins toutefois que les légumineuses, mais les acides aminés soufrés sont insuffisants. Par exemple, l'igname est riche en phénylalanine et en thréonine mais pauvre en acides aminés soufrés, en cystine, méthionine et tryptophane.

La qualité des protéines peut être évaluée par les valeurs relatives aux acides aminés, mais l'utilisation biologique des protéines dépend aussi de la composition de la ration alimentaire, de la digestibilité des protéines et de la présence de toxines ou de facteurs antinutritifs. Cela se reflète dans l'utilisation protéique nette (UPN, proportion de l'apport d'azote qui est conservée), ou la valeur biologique de la protéine (VB); la proportion d'azote absorbé qui est conservée (tableau 4.10) est estimée au moyen du bilan azoté ou, de préférence, par des études directes sur des animaux d'expérience. Les résultats seront exprimés en coefficients d'efficacité protéique (CEP) où ŒP = le gain de poids en grammes divisé par la dose protéique en grammes.

Dans des essais d'alimentation menés sur des rats, on a employé les protéines des bananes et celles du mais, bien que leur utilisation ait été moins efficace que celle des protéines de l'igname, du taro et de la patate. Les protéines de la pomme de terre ont une bonne qualité nutritive avec une teneur en lysine relativement élevée; on peut donc les utiliser dans les pays en développement pour compléter les aliments pauvres en lysine. Comme l'indique le tableau 4.10, ses protéines utilisables en pourcentage de sa teneur en calories sont aussi importantes que celles du blé.

**Tableau 4.9 Acides aminés essentiels du plantain, du manioc, de la patate, du taro et de l'lgname comparés avec ceux du dolique de Chine**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Amino acides (mg N/g)** | **Plantain** | **Manioc** | **Patate** | **Taro** | **Igname** | **Dolique de Chine** |
| Lysine | 193 | 259 | 214 | 241 | 256 | 427 |
| Thrèonine | 141 | 165 | 236 | 257 | 225 | 225 |
| Tyrosine | 89 | 100 | 146 | 226 | 210 | 163 |
| Phénylalanine | 134 | 156 | 241 | 316 | 300 | 323 |
| Valine | 167 | 209 | 283 | 382 | 291 | 283 |
| Tryptophane | 89 | 72 | - | 88 | 80 | 68 |
| Isoleucine | 116 | 175 | 230 | 219 | 234 | 239 |
| Méthionine | 48 | 83 | 106 | 84 | 100 | 73 |
| Cystine | 65 | 90 | 69 | 163 | 72 | 68 |
| Total acides |  |  |  |  |  |  |
| aminés soufrés | 113 | 173 | 175 | 247 | 172 | 141 |
| Total acides |  |  |  |  |  |  |
| aminés essentiels | 1 042 | 1 309 | - | 1 976 | 1 768 | 1 869 |

Source: FAO, 1970.

**Tableau 4.10 Protéines utilisables dans quelques aliments de base (en pourcentage des calories)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Protéines totales** | **Protéines utilisables** |
| Saboutier | 0,6 | 0,3 |
| Manioc | 1,8 | 0,9 |
| Plantain | 3,1 | 1,6 |
| Igname | 7,7 | 4,6 |
| Maís | 11,0 | 4,7 |
| Riz | 9.0 | 4,9 |
| Pomme de terre | 10,0 | 5,9 |
| Blé | 13,4 | 5,9 |

Source: Payne, 1969.

La protéine de patate a aussi une valeur nutritive acceptable, avec un indice chimique de 82 et les acides aminés soufrés comme principaux facteurs limitants. La qualité de la protéine dépendra de la température à laquelle les produits à base de patate ont été transformés (Walter et al., 1983). Horigone et al. (1972) ont donné un CEP de 1,9 pour une protéine isolée dans une féculerie. Ce chiffre pourrait passer à 2,5 avec l'adjonction de lysine et de méthionine, ce qui indique un manque de méthionine et la destruction de la lysine durant la transformation. En ajoutant de la fécule de patate non chauffée à du blé dans la nourriture des rats dans la mesure de 30 pour cent, on a accru la valeur biologique de la ration qui est passée de 72 à 80 grâce à l'accroissement de la valeur protéique. Des résultats semblables ont été obtenus en remplaçant le riz par de la fécule de patate (Yang, 1982). Walter et Catignani (1981) ont extrait un isolat de protéine blanc et un concentré de protéine grisâtre (protéine du chromoplaste) de deux variétés de patate, «Jewel» et «Centennial», et ont constaté que les valeurs en acides aminés obtenues étaient très bonnes, la lysine étant supérieure à la norme FAO (tableau 4.11). Les deux isolais ont donné un gain de poids supérieur et un meilleur CEP que la caséine, bien que cela ne soit pas important statistiquement, indiquant que des fractions de protéines de certaines variétés de patate sont de très haute qualité (Yang, 1982).

La protéine du manioc est moins riche en acides aminés essentiels que les autres plantes-racines, mais récemment Adewusi et al. (1988) ont noté que la farine de manioc utilisée dans des essais d'alimentation animale, remplaçait plus avantageusement le blé que ne le faisaient le sorgho ou le maïs. La teneur protéique de l'igname oscille entre 1,3 et 3,3 pour cent (Francis et al., 1975), mais sur la base des quantités consommées par un adulte en Afrique de l'Ouest, de 500 g à 1 kg par personne et par jour, elle peut fournir à peu prés 6 pour cent de la ration protéique journalière (tableau 4.8). L'indice chimique des protéines de l'igname, en prenant comme norme la protéine de référence FAO, a varié de 57 à 69 (Francis et al., 1975). L'incidence du kwashiorkor serait élevée dans les zones où l'on consomme l'igname.

**Tableau 4.11 Comparaison la composition en acides aminés essentiels de la protéine du chromoplaste et de la protéine blanche dans les patates Jewel et Centennial avec la protéine de référence FAO**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Protéine du chromaplaste** | | **FAO** | **Protéine blanche** | |
| **Amino-acide1** |
| **Jewel** | **Centennial** |  | **Jewel** | **Centennial** |
| Thréonine | 5,77 | 5,67 | 4,0 | 6,43 | 6,39 |
| Valine | 7,83 | 7,68 | 5,0 | 7,90 | 7,89 |
| Méthionine | 2,26 | 2,10 |  | 2,03 | 1,84 |
| Isoleucine | 6,01 | 5,89 | 4,0 | 5,63 | 5,71 |
| Leucine | 9,64 | 8,95 | 7,0 | 7,40 | 7,44 |
| Tyrosine | 6,71 | 6,41 | 6,0 | 6,91 | 7,09 |
| Phénylalanine | 7,08 | 7,15 |  | 8,19 | 7,94 |
| Lysine | 7,03 | 6,43 | 5,5 | 5,16 | 5,21 |
| Tryptophane | 1,56 | 1,77 | 1,0 | 1,23 | 1,44 |
| CEP | 2,73 | 2,78 |  | 2,64 | 2,63 |

1g amino-acide/16 g de N  
Source: Walter & Catignani, 1981.

Cela souligne la nécessité de compléter les régimes à base d'igname par davantage d ' aliments riches en protéines afin d'assurer la croissance normale des nourrissons. Le taro frais contient beaucoup d'eau et représente un aliment à faible teneur énergétique par rapport à d'autres racines. Il a une teneur en protéines d'environ 2 pour cent (tableau 4.4) et un indice chimique de 70 (tableau 4.5). Toutefois, l'indice chimique seul n'est pas satisfaisant comme indice de la teneur et de l'efficacité protéique dans l'alimentation. Il vaut mieux recourir à des essais d'alimentation contrôlés pour obtenir des coefficients de digestibilité. Ces coefficients ont été déterminés pour de nombreux aliments. Si on manque de renseignements sur la digestibilité de la protéine dans un régime alimentaire particulier, on en déterminera le coefficient en utilisant des valeurs relatives à chaque composant et en faisant la moyenne pondérée selon le pourcentage de protéines fournies par ces aliments. Avec des aliments à faible teneur protéique comme l'igname ou le manioc, les essais d'alimentation visant à déterminer l'efficacité biologique de la protéine sont souvent peu concluants. Pour une rectification approximative dans le cas d'un régime à base de protéines végétales, on pourra appliquer un coefficient de digestibilité de 85 pour cent (OMS, 1985).

Des essais d'alimentation humaine ont été menés avec des racines pour tester l'efficacité de leur protéine à assurer un bon état de santé en l'absence d'autres aliments protéiques. La plupart de ces travaux ont été réalisés sur la pomme de terre et sont bien documentés par Woolfe (1987). L'ouvrage classique de Rose et Cooper (1907) indique que, chez les femmes jeunes, le bilan azoté peut être tenu en bon état pendant sept jours avec un régime dans lequel la pomme de terre fournit 0,096 g d'azote/kg de poids corporel. Cette constatation a été confirmée par des expériences plus récentes qui ont montré qu'une teneur en protéines de la pomme de terre de 0,0545 g/kg de poids corporel maintient en bon état le bilan azoté chez des adolescents sains, contre 0,0505 g/kg de poids corporel obtenu pour l'ceuf.

Au Pérou, Lopez de Romana et ai. ( 1981) ont montré que la pomme de terre peut être utilisée avec succès pour couvrir jusqu'à 80 pour cent des besoins journaliers en protéines et de 50 à 75 pour cent des besoins énergétiques chez les nourrissons et les jeunes enfants, si le reste de l'énergie et de l'azote est fourni par des aliments non volumineux et faciles à digérer. L'acceptabilité, la digestibilité, la tolérance et la croissance des enfants ont été analysées. Une acceptabilité et une tolérance excellentes ont été observées avec les régimes dans lesquels environ 50 pour cent de l'énergie provenait des pommes de terre avec l'adjonction de caséine pour couvrir jusqu'à 80 pour cent de l'énergie alimentaire totale provenant des protéines. Quand on augmente les pommes de terre de façon à assurer 75 pour cent de l'énergie alimentaire, l'acceptabilité et la tolérance tendent à devenir médiocres durant la dernière semaine de l'étude de trois mois, surtout à cause du volume et de la mauvaise digestibilité des glucides.

Il a été rapporté en 1909 que les populations britanniques, qui s'étaient installées en 1876 sur l'île lointaine de Tristan da Cunha dans le Pacifique Sud, s'étaient accrues et avaient une trés bonne santé avec un régime à base de pommes de terre, la consommation moyenne étant de trois à quatre livres par jour (Kahn, 1985). Même dans un pays riche comme le RoyaumeUni, selon le National Food Survey Committee (1983), environ 3,4 pour cent de la ration protéique totale des ménages ont été fournis par la pomme de terre, contre 1,3 pour cent par les fruits, 4,6 pour cent par les œufs,4,8 pour cent par le poisson, 5,8 pour cent par le fromage, 5,7 pour cent par la viande de boeuf, 9,8 pour cent par le pain blanc et 14,6 pour cent par le lait.

Dans des essais d'alimentation, les adultes de la tribu des Yami ont été nourris de patates complétées par du poisson et des légumes, qui devaient fournir 0,63 g de protéines/kg de poids corporel par jour. Au bout de deux mois, on n'a relevé aucune anomalie physique, mais on a constaté qu'ils se fatiguaient plus vite si l'on prolongeait ce régime. En raison de la forte teneuren fibres alimentaires des patates, le volume des matières fécales chez les sujets participant à l'expérience était très élevé, en moyenne 800 g en poids humide par jour. Ce régime, contrairement aux prévisions, n'a généralement pas réduit le cholestérol du sérum ni les lipides totaux, comme l'ont fait d'autres légumes, bien qu'une variété particulière de patate ait sensiblement réduit ces facteurs (Yang, 1982).

Toutefois, lorsque sept adolescents ont été soumis à deux régimes semblables à base de patates, apportant respectivement 0,67 g de protéines et 0,71 g de protéines/kg de poids corporel, ils présentaient un bilan azoté négatif et l'azote uréique du plasma était descendu de 8- 11 mg à 2-3 mg pour 100 ml. La combinaison type d'acides aminés libres du plasma présentait aussi quelques anomalies: les amino-acides de la chaîne ramifiée, la valine, l'isoleucine et la leucine étaient en diminution, indiquant une certaine déplétion protéique (Huang, 1982). Ce résultat confirme que la protéine de la patate ne peut à elle seule satisfaire les besoins nutritionnels d'un enfant en pleine croissance, mais semble plus prometteuse chez les adultes. En tentant d'améliorer le régime alimentaire des populations de Taiwan, Yang (1982) a constaté que lorsque 13 pour cent de patates sont remplacés à calories égales par du riz, le bilan azoté s'améliore grâce à la complémentarité des protéines. On a observé également que cette substitution accroît la longévité des rats et des souris. Ainsi, si elle pouvait être cultivée à un prix compétitif, la patate serait un aliment de base supplémentaire dans les régimes composés de riz, farine de blé et autres céréales.

Un aliment contenant environ 5 pour cent de l'énergie totale fournie par des protéines utilisables et équilibrées peut maintenir en bonne santé s'il est consommé en quantités suffisantes pour couvrir les besoins énergétiques. Il est donc important d'examiner les facteurs affectant la teneur en protéines des plantes-racines. Si des variétés riches en protéines et contenant des glucides digestibles pouvaient être mises au point, elles serviraient à la conception et à la production d'aliments de sevrage complémentaires. La production à titre expérimental d'aliments de sevrage contenant de la pomme de terre a été signalée par Abrahamsson (1978). Les programmes d'amélioration génétique visant à relever la teneur en protéines, vitamines et sels minéraux des produits vivriers devraient aussi comprendre des études sur les préférences des consommateurs, pour assurer l'acceptabilité des variétés améliorées au niveau du producteur.

**Lipides**

Toutes les plantes-racines présentent une très faible teneur en lipides. Il s'agit principalement de lipides structuraux de la membrane cellulaire qui renforcent l'intégrité cellulaire, offrent une résistance aux meurtrissures et contribuent à réduire le brunissement enzymatique (Mondy et Mueller, 1977); leur valeur nutritionnelle est limitée. La teneur va de 0,12 pour cent dans la banane à environ 2,7 pour cent dans la patate. Les lipides contribuent vraisemblablement à rendre les racines plus agréables au goût. La plupart sont constitués en quantités égales d 'acides gras insaturés, acides linoléiques et linoléniques, et d'acides gras saturés, acide stéarique et acide palmitique. Dans les produits déshydratés comme les pommes de terre déshydratées ou les granulés de pommes de terre instantanés, le pourcentage élevé d'acides gras insaturés dans la fraction de lipides peut accélérer le rancissement et l'auto-oxydation, produisant ainsi un faux goût et une odeur. La faible teneur en matières grasses et en amidon de la banane plantain en fait un aliment idéal pour les personnes âgées malades. La banane, seul fruit cru autorisé aux personnes souffrant d'un gastrique, est aussi recommandée contre la diarrhée infantile. Elle fournit également des glucides utiles dans la maladie coeliaque et pour soulager la colique.

**Vitamines**

Du fait que les racines et les tubercules sont très pauvres en lipides, ce ne sont pas de bonnes sources de vitamines liposolubles. Toutefois, la provitamine A est présente sous la forme de bêta-carotène du pigment dans les feuilles des racines, dont certaines sont comestibles. Les racines et les tubercules contiennent généralement trés peu de bêta-carotène à l'exception de certaines variétés de patate. Les variétés de couleur foncée sont plus riches en carotène que les cultivars blancs. Dans la variété orange «Goldrush», le pigment est composé d'environ 90 pour cent de bêtacarotène et de 88 pour cent dans «Centennial». Cela est un des avantages de la patate du point de vue nutritionnel, car l'ingestion régulière et en quantités suffisantes de feuilles de patate, avec des tubercules très riches en bêta-carotène, peut couvrir le besoin journalier de vitamine A du consommateur et donc prévenir la xérophtalmie, terrible maladie entraînant la cécité d'origine nutritionnelle dans de nombreux pays subsahariens et asiatiques. La patate douce est encore plus riche en bêta-carotène et on a estimé qu'une dose de 13 g par jour suffirait à couvrir le besoin de vitamine A. Par ailleurs, il existe des variétés d'igname très colorées, notamment D. cayenensis appelée igname jaune. Cette couleur jaune est due aussi aux caroténoïdes, composés principalement de bêta-carotène dans des quantités allant de 0,14 à 1,4 mg/100 g (Murtin et Ruberté, 1972), ainsi qu'à d'autres caroténoides sans valeur du point de vue nutritionnel (Martin et al., 1974). Certaines variétés d'igname des îles du Pacifique contiennent jusqu'à 6 mg/100 g de carotène (Coursey, 1967) et le taro en renferme aussi des quantités abondantes. Parmi les autres sources de bêta-carotène figurent les variétés de bananes orange foncé. Mais il existe une diminution de la concentration qui passe de 1,04 mg/100 g quand elles sont vertes (non mûres) à 0,66 mg quand elles sont mûres (A senjo et Porrata, 1956). Les plantains contiennent très peu de bêta-carotène.

Il n'y a pas de vitamine A dans la pomme de terre. La vitamine E est présente en quantités limitées, jusqu'à 4 mg/100 g dans la patate.

La vitamine C est présente en quantités importantes dans plusieurs plantesracines. La teneur peut être réduite durant la cuisson, à moins de ne pas enleverles peaux et d'utiliser l'eau de cuisson. Quand elles sont correctement préparées, les racines assurent un bon apport de vitamine C dans l'alimentation. La banane contient de 10 à 25 mg de vitamine C (pour 100 g.), mais certaines variétés en renferment jusqu'à 50 mg. La quantité est la même, que la banane soit mûre ou non. L'igname contient de 6 à 10 mg de vitamine C (pour 100 g.) et jusqu'à 21 mg dans certains cas. La teneur en vitamine C de la pomme de terre est très semblable à celle de la patate, du manioc et de la banane plantain, mais la concentration varie selon les espèces, l'endroit, l'année agricole, le stade de maturité au moment de la récolte, le sol, les engrais azotés et phosphatés appliqués (Augustin et al., 1975). Cent grammes de pommes de terre bouillies dans leur peau suffisent pour couvrir environ 80 pour cent des besoins en vitamine C d'un enfant et 50 pour cent de ceux d'un adulte. Selon le National Food Survey Committee (1983), la pomme de terre était la principale source de vitamine C dans le régime alimentaire des Britanniques, couvrant 19,4 pour cent du besoin total. McCay ét al. (1975) ont estimé qu'aux Etats-Unis, la pomme de terre fournit autant de vitamine C (20 pour cent) que les fruits (18 pour cent).

La plupart des plantes-racines renferment de petites quantités de vitamines du groupe B suffisantes pour compléter les sources alimentaires normales. Les vitamines du groupe B interviennent comme cofacteurs enzymatiques participant à l'oxydation des aliments et à la production d'énergie. Elles se trouvent principalement dans les céréales, le lait et les produits laitiers, la viande et les légumes verts, dont les feuilles de racines et tubercules. Pour 1 000 kcal de glucides ingérés, environ 0,4 mg de vitamine B. (thiamine) est indispensable à une bonne digestion. La patate contient à peu près le double de cette quantité nécessaire de vitamine B. (0,8 - 1,0 mg/1 000 kcal). Villareal (1982) a estimé (tableau 4.12) que 1 ha de terre planté en patates fournira environ huit fois plus de vitamine B. (thiamine) et 11 fois plus de vitamine B2 (riboflavine) que I ha planté en riz. De même, selon des estimations du National Food Survey Committee (1983), au Royaume-Uni, la pomme de terre a fourni 8,7 pour cent de la riboflavine, 10,6 pour cent de la niacine (vitamine B3), 12 pour cent de l'acide folique, 28 pour cent de la pyridoxine (vitamine B6) et 11 pour cent de l'acide pantothénique (Finglas et Faulks, 1985).

**Tableau 4.12 Nombre de personnes pouvant vivre avec les éléments nutritifs fournis par un hectare de cultures par jour**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Culture** | **Calories** | **Calcium** | **Fer** | **Vitamine A** | **Thiamine** | **Riboflavine** | **Vitamine C** |
| Riz | 61 | 2 | 33 | 0 | 18 | 9 | 0 |
| Maïs | 27 | 1 | 9 | 25 | 42 | 24 | 480 |
| Patate | 138 | 138 | 405 | 991 | 140 | 106 | 1 370 |
| racines | 122 | 85 | 105 | 324 | 100 | 40 | 1 050 |
| feuilles | 15 | 53 | 300 | 667 | 40 | 66 | 320 |
| Taro | 55 | 86 | 178 | 770 | 120 | 61 | 660 |
| rhizomes | 45 | 28 | 71 | 0 | 107 | 24 | 180 |
| feuilles | 6 | 40 | 65 | 747 | 10 | 33 | 433 |
| pétiole | 3 | 16 | 40 | 23 | 1 | 3 | 46 |
| Chou | 41 | 178 | 194 | 50 | 92 | 74 | 3441 |
| Haricot velu | | | | | | | |
| de la basse Nubie | 29 | 17 | 78 | 4 | 60 | 20 | 27 |
| gousse | 42 | 159 | 150 | 347 | 158 | 168 | 1 008 |
| haricot sec | 63 | 18 | 193 | 0 | 129 | 61 | 0 |
| Soja (sec) | 33 | 41 | 168 | 0 | 40 | 16 | traces |
| Soja (ven) | 36 | 87 | 194 | 6 | 1 257 | 614 | 251 |
| Mangue | 1 | 0 | 501 | 18 | 1 | 1 | 279 |
| Tomate | 16 | 26 | 116 | 257 | 58 | 38 | 845 |
| Banane | 2 | 110 | 2 | 1 | 0 | 2 | 237 |

Source: Villareal, 1970.

**Minéraux**

Le potassium est la principale substance minérale dans la majorité des plantesracines alors que le sodium tend à être peu abondant. Pour cette raison, certaines racines sont particulièrement utiles dans l'alimentation des hypertendus qui doivent limiter leur consommation de sel. Dans de tels cas, le rapport élevé du potassium au sodium peut être un avantage supplémentaire (Meneely et Battarblee, 1976). Toutefois, les aliments riches en potassium sont généralement absents du régime des personnes souffrant d'insuffisance rénale (McCay et al., 1975). Comme les plantes-racines contiennent peu d'acide phytique par comparaison aux céréales, les minéraux qui peuvent être rendus inactifs par l'acide phytique alimentaire y sont plus assimilables que dans les céreales. Cela est particulièrement important pour le fer, qui est assimilable à 100 pour cent dans la banane (Marriott et Lancaster, 1983). En outre, la forte concentration de vitamine C dans certaines plantes-racines peut contribuer à solubiliser le fer et à le rendre plus assimilable que dans les céréales ou d'autres légumes. Au Royaume-Uni, la pomme de terre occupe la troisième place parmi les aliments fournissant du fer, représentant jusqu'à 7 pour cent de la ration totale des ménages. True et al., (1978) ont constaté que 150 g de pomme de terre fournissent de 2,3 à 19,3 pour cent des quantités de fer recommandées aux Etats-Unis par le Food and Nutrition Board of the National Research Council of America. On peut douter, cependant, de l'assimilabilité du calcium et du phosphore dans le taro à cause de la présence d'oxalate.

On reconnaît rarement que la pomme de terre peut apporter une quantité satisfaisante de sels minéraux grâce à sa bonne teneur en iode. Cela pourrait être utile dans les zones d'Afrique et d'Asie où sévit le goitre car la dose d'iode est faible ou négligeable. Puisque plus de 96 pour cent du zinc de la pomme de terre sont utilisables, là aussi à cause des faibles teneurs en phytate, la pomme de terre peut également fournir une quantité importante de ce minéral. L'igname peut couvrir une partie substantielle des besoins en manganèse et en phosphore des adultes, et dans une moindre mesure en cuivre et en magnésium. Comme il est indiqué au tableau 4.12, 1 ha de patates couvrira les besoins en calcium de 60 fois plus de personnes et 12 fois les besoins en fer que la même superficie plantée en riz.

**Les feuilles des plantes-racines**

Mise à part la variété jaune de patate, qui contient une grande quantité de bêta-carotènes (jusqu'à un pourcentage équivalent à 30 mg de rétinol), la plupart des autres plantes-racines n'en renferment que des quantités négligeables. Cependant, leurs feuilles contiennent une quantité substantielle de bêta-carotènes qui pourrait largement couvrir le besoin journalier de vitamine A, notamment chez les enfants, et aider ainsi à éradiquer les maladies oculaires qui affectent de 6 à 8 millions d'enfants en Asie, en Afrique et en Amérique latine. Le rétinol alimentaire obtenu par la consommation de produits animaux est relativement cher et fournit respectivement environ 14 pour cent et 20 pour cent de la ration de vitamine

A des populations d'Asie et d'Afrique. Les bêta-carotènes provenant des feuilles de patate ou de manioc, qui en contiennent environ 800 mg/100 g. soit à peu prés autant que le foie, fournissent 86 pour cent de la ration en Asie et 80 pour cent en Afrique.

La quantité de feuilles de plantes-racines nécessaires pour couvrir le besoin journalier moyen de rétinol varie considérablement: 50 g seulement avec le manioc, 73 g avec les feuilles des légumes vert foncé, 78 g avec les feuilles de patate et 133 g avec les feuilles de taro.

Les feuilles de manioc ont une teneur en protéines brutes de 20 à 35 pour cent rapportée au poids sec. La qualité de la protéine des feuilles est généralement bonne, malgré un manque de méthionine. Les feuilles de manioc renferment peu de fibres brutes et des quantités assez importantes de calcium et de phopshore. Les variétés de manioc dont le tubercule renferme des glycosides cyanogéniques, en contiennent généralement autant dans leurs feuilles.

**Chapitre 5: Méthodes de cuisson et de transformation**

Comme beaucoup d'autres aliments, les racines et les tubercules sont rarement consommés crus. Ils sont normalement transformés et cuits au préalable. Les méthodes de transformation et de cuisson vont de la simple cuisson à l'eau, à la fermentation, au séchage et au broyage pour obtenir de la farine, selon les variétés des racines et tubercules.

Ces procédés visent principalement à rendre les racines et les tubercules ainsi que leurs dérivés plus agréables au goût, plus faciles à digérer et propres à être consommés sans risques pour la santé humaine. La transformation prolonge aussi la durée de conservation des racines et tubercules, qui sont souvent extrêmement périssables à l'état frais. Elle fournit également toute une gamme de produits plus faciles à faire cuire, à préparer et à consommer que les produits à l'état brut.

Les femmes jouent un rôle très actif à tous les stades de la production et de la transformation des plantes-racines. Une étude réalisée dans cinq Etats du Nigéria a indiqué que, pour la culture du manioc, les femmes assurent en moyenne 34 pour cent des travaux de préparation des champs et 77 pour cent de la plantation, 86 pour cent du sarclage et 77 pour cent de la récolte. Les activités après-récolte, c'est-à-dire la transformation, le stockage et la commercialisation, sont effectuées principalement par les femmes, mais d'après des études récentes, les hommes commencent à s'intéresser à la transfommation des racines carils achètent et utilisent des broyeurs électriques.

**Manioc**

Le manioc est rarement consommé cru à l'exception du manioc doux parfois mangé à l'état naturel au Congo, en Tanzanie et en Afrique de l'Ouest. Une gamme variée de techniques de transformation a été mise au point dans différentes régions du monde, aboutissant à un grand choix de produits. Ces techniques servent à rendre la racine agréable au goût, et trés souvent, à permettre de la stocker, mais elles ont aussi comme effet d'éliminer le cyanure (HCN) ou d'en abaisser la quantité à des niveaux acceptables. De nombreux procédés tels le trempage et la fermentation ont été conçus tout particulièrement pour détoxiquer les racines. D'autres, comme la cuisson à l'eau et le rôtissage ont pour but de rendre les produits à base de manioc plus agréables au goût. La quantité de cyanure restant dans le produit final varie largement selon la méthode de transformation utilisée. Nombre de techniques complexes employées aujourd'hui dans le monde proviennent d'Amérique du Sud et ont été introduites dans les autres régions en même temps que la plante de manioc, quelquefois plus tard. D'autres procédés ont été mis au point dans les pays producteurs mêmes.

**Rôtissage, cuisson à l'eau, friture**

En Amérique latine, le rôtissage est la technique la plus simple, mais on l'emploie rarement, sauf si l'on ne dispose pas d'ustensiles de cuisine. Les racines entières sont enfouies sous la cendre chaude ou placées devant le feu jusqu'à ce qu'elles soient bien cuites.

Plus souvent, on fait cuire à l'eau les racines de manioc doux et on les mange chaudes ou froides, parfois écrasées en purée. Ce sont les méthodes utilisées dans le monde entier. En Amérique latine, on prépare une soupe ou un ragoût appelé cancocho ou cocido en faisant cuire à l'eau des racines de manioc avec des légumes. La friture du manioc dans un corps gras est une technique qui aurait été introduite par les Européens. En Ouganda, les racines sont épluchées, lavées, enveloppées dans des feuilles de bananier et cuites à la vapeur dans une casserole (Goode, 1974). La cuisson du manioc doux sous la cendre est une technique très répandue en Afrique. En Afrique du Sud, on fait aussi rôtir des variétés amères, mais après les avoir épluchées et frottées avec du tabac. En Zambie, on fait souvent tremper les racines avant de de les faire rôtir. Le manioc est frit dans l'huile après avoir été épluché, lavé et coupé en rondelles.

**Râpage, pilage, cuisson au four ou à l'eau**

En Amérique latine, les racines de manioc sont râpées sur les troncs épineux des palmiers ou réduites en pulpe. Celle-ci est ensuite travaillée à la main et cuite de différentes façons. Plusieurs groupes de population en font des galettes qu'ils font cuire sous la cendre chaude; parfois, ils les protègent en les enveloppant dans des feuilles avant la cuisson. Certains groupes de population, comme les Nambicuara, font sécher au soleil des boulettes de pulpe, les enveloppent dans des feuilles et les mettent dans un panier ou les enfouissent dans le sol, pour les utiliser en cas de disette. Au bout de quelques mois, ils récupèrent les boulettes fermentées et les font cuire sous la cendre chaude. On fait bouillir la pulpe de manioc soit en plongeant les galettes ou les boulettes dans l'eau bouillante, soit en y ajoutant de l'eau pour former une sorte de bouillie. Cette bouillie sert parfois à la préparation de la farine. La pulpe est cuite à l'eau et écumée à l'aide d'une spatule, passée à travers une claie de fins bâtons et enfin rôtie dans une casserole pour faire de la farine.

***Cuisson à la vapeur et fermentation (peujeum).*** Le peujeum est un produit traditionnel préparé à Java (Stanton et Wallbridge, 1969). On fait cuire à la vapeur les racines épluchées jusqu'à ce qu'elles soient tendres; on les laisse refroidir et on les saupoudre de ragi, amorceur de farine de riz relevé d'épices. La purée de manioc mélangée au ragi est enveloppée dans des feuilles de bananier dans un pot de terre cuite et mise en fermentation pendant un ou deux jours. Le peujeum a un goût acide rafraîchissant et légèrement alcoolisé; il est consommé tel quel ou cuit.

**Manioc séché au soleil et pilé ou broyé en farine**

Les racines de manioc sont d'abord trempées dans de l'eau, puis on les fait sécher au soleil et on les réduit en farine. Cette méthode semble être adoptée partout.

Pour préparer du fuku au Zaïre, on pile les racines séchées avec du mais partiellement fermenté, la quantité variant selon la saison. On fait ensuite griller la farine ainsi obtenue sur une plaque pour arrêter la fermentation du mélange qui avait commencé avec le maïs fermenté. On consomme la farine sous forme de bouillie préparée avec de l'eau bouillante La farine de manioc sert à la préparation de plusieurs autres aliments. Pour préparer du nsua, on mélange la farine avec de l'eau et on la filtre à travers un sac de jute. Une fois l'eau éliminée, on enveloppe la pâte dans une feuille et on la mange crue. On prépare le ntinga de la même façon, si ce n'est qu'on fait cuire dans de l'eau une partie de la pâte et on la mélange avec le reste de pâte crue. On enveloppe le mélange dans une feuille et on fait cuire à nouveau.

**Râpage, compression et grillage ou cuisson au four pour faire de la farine ou du pain**

Ces méthodes sont largement utilisées pour préparer la farine de manioc ou le pain de manioc en Amérique tropicale. Les détails varient d'un groupe ethnique à l'autre, mais il existe deux méthodes principales selon que les racines sont préalablement trempées ou non dans l'eau.

***Racines non trempées***. Ce procédé est très laborieux et nécessite deux jours au minimum. On lave d'abord les racines fraîchement déterrées pour enlever tout résidu de terre, puis on les épluche. On réduit les tubercules en pulpe, habituellement en les râpant, mais parfois en les écrasant dans un mortier ou entre des pierres. On comprime la pulpe avec divers instruments pour extraire le liquide. On laisse la pulpe humide toute la nuit dans un récipient. Le lendemain, on la passe au tamis pour enlever toutes les grosses fibres. On fait cuire ensuite la pulpe de deux manières différentes suivant que l'on veut obtenir du pain ou de la farine.

Pour préparer du pain, on met la pulpe de manioc sur une plaque ou une pierre chaude, on l'aplatit en une fine couche et on la fait griller des deux côtés. Les grandes galettes plates et rondes sont appelées pain de manioc, casabe, beigu ou couac de manioc selon l'endroit Quand il est frais, le pain est mou à l'intérieur et certains préfèrent le préparer tous les jours. Mais, en général, on le fait sécher au soleil pendant plusieurs jours, pour qu'il durcisse et puisse être conservé pendant plusieurs mois. On mange généralement ce pain de manioc en le trempant dans de la bouillie ou un ragoût pour le ramollir (Jones, 1959). On peut faire d'autres types de pain en ajoutant divers ingrédients au manioc, par example, au Brésil, on prépare un pain spécial en ajoutant des noix pilées ou râpées à de la pulpe de manioc.

Pour obtenir de la farine, on remue sans cesse la pulpe de manioc pendant qu'elle cuit sur une plaque afin d'empêcher la formation de grumeaux. La farine ainsi obtenue se conserve bien; on l'appelle selon les cas farinha de rnandioca, farinha seca, farinha surruhy, kwak ou koeak. On peut la manger sèche, mélangée à de l'eau chaude ou froide en pâte ou en bouillie, ou associée à d'autres aliments. On a aussi recours à d'autres modifications et à diverses méthodes, simples ou complexes.

Un plat philippin traditionnel à base de racines de manioc est appelé landang ou riz de manioc. On épluche et on râpe des racines fraîchement déterrées, puis on met la masse obtenue dans des sacs de jute et on la comprime entre deux blocs de bois pour exprimer le jus. On la place ensuite dans un van qu'on fait tourner jusqu'à ce que des granulés se forment. Par intervalles, on tamise les granulés et on fait tourner de nouveau ceux qui ne sont pas passés. On les fait sécher sur une natte, puis on les fait cuire à l'étuvée dans une coque de noix de coco sur une claie placée sur une cuve d'eau bouillante. On met les granulés cuits dans le van et on les sépare à la main. Suivant un autre procédé, on plonge les racines épluchées dans l'eau douce et propre d'une jarre en terre cuite ou d'un récipient de bois pendant cinq à sept jours jusqu'à ce qu'elles soient tendres. Puis on les fait macérer, on élimine les fibres et on fait sécher la partie restante qui sera transformée en granulés selon la méthode décrite. Les granulés obtenus par ces deux méthodes sont mis à sécher au soleil pendant trois à cinq jours et stockés jusqu'au moment de l'emploi. Le riz de manioc peut être mangé tel quel sans être cuit à nouveau.

***Racines trempées***. En Amérique latine, les tubercules de manioc, épluchés ou non, sont trempés dans de l'eau pendant trois à huit jours et même parfois plus longtemps pour qu'il y ait un début de fermentation. On les retire de l'eau, on enlève les peaux si besoin est, puis on écrase à la main ou on râpe les racines ramollies pour les réduire en pulpe et en faire de la farinha seca. Cette méthode est aussi utilisée pour préparer du pain de manioc, mais le plus souvent le produit final est la farine de manioc. Il existe de nombreuses variantes de ce procédé de base.

En Afrique de l'Ouest, après fermentation, le manioc est pilé ou broyé jusqu'à ce qu'il forme une pâte qui est consommée tout de suite ou stockée, suivant le pays. Dans certaines régions du Nigéria, on fait bouillir la pâte pendant 20 minutes, puis on la pile de nouveau. Au Cameroun, on divise la pâte humide en deux portions et on l'enveloppe dans des feuilles avant de la faire cuire. Au Mozambique, on ajoute à la pâte des assaisonnements, dont l'oignon et le sel, avant de l'envelopper dans des feuilles et de la faire cuire dans l'eau.

La préparation de pâtes à partir du manioc pilé est un procédé typiquement africain qui n'est pas employé en Amérique du Sud. Les pâtes sont consommées sous diverses formes, la plus connue étant le foufou. Le terme foufou et ses variantes sont trés largement utilisés en Afrique de l'Ouest pour indiquer une pâte gluante ou bouillie préparée avec une racine féculente pilée: igname, taro, manioc, etc.

Pour préparer du foufou, il faut éplucher, laver et râper les racines, puis les laisser fermenter pendant deux ou trois jours. Pour faire fermenter le manioc, il faut soit simplement laisser reposer la masse râpée (Doku, 1969), soit la mettre dans des sacs sur lesquels on place des poids pour exprimer le jus. La pâte ainsi obtenue est cuite immédiatement ou conservée dans des cuves, recouverte d'eau froide, changée chaque jour. Le produit est consommé de différentes manières, selon les pays, accompagné d'un ragoût ou d'une soupe.

Le gari est le produit à base de manioc le plus populaire consommé en Afrique. Pour le préparer, il faut laver, éplucher et râper les racines de manioc, mettre ensuite la pulpe dans des sacs de jute ou de toile et la laisser fermenter pendant trois à six jours. C'est la fermentation qui donne au gari son goût aigre caractéristique, qui le distingue de la farinha brésilienne. Durant cette étape, on comprime la pâte pour exprimer le jus de manioc. On retire des sacs la pulpe de manioc contenant à peu prés 50 pour cent d'eau et on la tamise pour éliminer toutes les matières fibreuses. On la fait ensuite chauffer ou «garifier» dans des marmites profondes en remuant continuellement jusqu'à ce qu'elle devienne légère et croustillante.

On consomme le gari sous diverses formes. On le mange quelquefois sec ou sous forme de pâte. Le plus souvent, on le trempe dans de l'eau froide pour faire gonfler et ramollir particules qui conservent cependant leur forme de granulé. D'autres fois encore, on lui ajoute de l'eau froide pour faire une bouillie peu épaisse que l'on boit avec du lait. Une façon populaire de préparer le gari au Nigéria consiste à le plonger dans de l'eau bouillante pour obtenir une pâte épaisse, l'eba, appelée parfois foufou.

Des produits très semblables au gari, mais connus sous des noms divers, sont préparés dans toute l'Afrique de l'Ouest avec de légères variations dans le procédé. La transformation du gari a été récemment mécanisée au Nigéria.

Une norme régionale pour le gari a été adoptée pour l'Afrique par la Commission du Codex Alimentarius (1986) qui a classé le gari en cinq catégories, selon la dimension des grains, et spécifié leurs critères essentiels de composition et de qualité. Ils comprennent le manioc à l'état brut et sa couleur caractéristique, le goût et l'odeur du gari et la spécification concernant l'acidité (pas moins de 0,6 pour cent et pas plus de I pour cent m/m spécifié en acide lactique), l'acide cyanhydrique total (ne dépassant pas 2 mg/kg spécifié en HCN libre), l'humidité (ne dépassant pas 12 pour cent m/m), la cellulose brute (ne dépassant pas 2 pour cent m/m), la teneur en cendres (ne dépassant pas 2,75 pour cent m/m), et il ne devrait contenir pratiquement aucune matière étrangère. Parfois, on y ajoute des graisses ou des huiles alimentaires et du sel, ou encore on l'enrichit de vitamines, de protéines et d'autres substances nutritives, mais l'adjonction d'additifs alimentaires est interdite.

Les méthodes ulilisées pour transformer le manioc dans le Pacifique Sud varient d'une île à l'autre bien que la cuisson des tubercules à l'eau ou au four soit une technique assez répandue. Dans les îles Salomon, les racines sont souvent râpées et mélangées à de la noix de coco ou à de la banane et consommées comme dessert. Dans les Nouvelles-Hébrides, le manioc est râpé, enveloppé dans des feuilles de bananier et cuit au four.

Une méthode propre aux habitants des îles du Pacifique Sud est la fermentation des racines dans des fosses, procédé qui prolonge indéfiniment la durée de conservation du produit. Dans l'île de Mango aux Tonga, on a découvert des aliments en bon état dans une fosse qui aurait environ un siècle. Traditionnellement, l a fosse est creusée à une profondeur dépendant de la dimension de la famille et tapissée de feuilles de cocotier, de grande taryove ou de bananier. L'aliment préparé qui peut être du manioc, des bananes, du taro ou un mélange des trois, est placé dans la fosse de façon à la remplir et couvert d'autres feuilles; des pierres ou des rondins sont rangés par-dessus pour maintenir le tout en place. La fermentation se poursuit pendant quatre à six semaines, après lesquelles on retire tout le produit ou une partie seulement. Parfois, on fait fermenter en ajoutant de l'eau douce ou de l'eau de mer. A Fidji, on procède un peu différemment: on fait fermenter la racine de manioc dans un panier que l'on fait descendre dans une lagune. Quand on en a besoin, on retire la racine, on l'égoutte et on en fait une pâte. On travaille cette pâte avec de la noix de coco préalablement râpée, on forme des boulettes que l'on enveloppe dans des feuilles de fruit à pain et on les mange cuites à l'étuvée ou bouillies. Ce produit se conserve plusieurs mois. Si l'on utilise de l'eau douce pour la fermentation, on mélange à la pulpe du sucre ou des fruits, on enveloppe le tout dans des feuilles que l'on mange cuites à l'étuvée ou bouillies. Ce produit appelé bila est fort apprécié à Fidji. Il se garde plusieurs jours.

**Extraction de la fécule pour la préparation du sipipa, du tapioca et du pot bammie**

Le jus extrait du manioc râpé contient une certaine quantité d'amidon qui se dépose quand on le laisse reposer plusieurs heures. En Amérique latine, on décante le liquide, on rince le résidu d'amidon puis on le transforme, soit en le laissant sécher au soleil et, dans ce cas, on le mange cru, soit en le faisant cuire au four sous forme de galettes croustillantes appelées sipipa, friandise très appréciée par certains groupes de population. S'il est encore humide, l'amidon est chauffé sur une plaque jusqu'à ce que les grains éclatent et forment des granulés appelés flocons ou globules de tapioca. En Jamaïque, on obtient la fécule en ajoutant de l'eau à des racines de manioc râpées et en faisant égoutter la pulpe sur un linge. On laisse la fécule se déposer pendant quelques heures. On décante l'eau et soit on fait séchcr la fécule rapidement, on la sale et on la fait cuire au four en pot bammie, soit on la fait sécher pendant plusieurs jours, pilée dans un mortier, mélangée à de la farine et cuite en boulettes.

En Asie, les méthodes traditionnelles utilisées pour extraire la fécule sont semblables à celles d'Amérique tropicale et d'Afrique. La fécule contenue dans le jus extrait du manioc est lavée et séchée au soleil sur une natte. La fécule humide est utilisée commercialement pour la production du tapioca. Pour le préparer, on transforme la fécule humide en globules gélatinisés que l'on sèche au soleil.

Dans les pays du Pacifique Sud, on extrait la fécule des racines de manioc en les râpant, les lavant et les égouttant, puis on fait sécher au four pour obtenir un produit granuleux semblable au tapioca.

Dans les îles Padaids, la pulpe dont on a extrait la fécule est elle aussi utilisée. On en fait des boulettes de 5 à 6 cm de diamètre séchées au feu pendant environ une semaine. Au moment de la consommer, on râpe de nouveau le manioc séché et on y ajoute du lait de noix de coco et de l'eau (Massal et Barrau, 1956).

Dans les îles d'Anuta et de Tikopia (îles Salomon), on utilise le manioc pour obtenir un produit fermenté appelé ma manioka à Anuta, et masi rnanioka à Tikopia (Yen, 1978). A Tikopia, on fait tremper les racines de manioc dans de l'eau pendant cinq jours ou plus jusqu'à ce qu'elles soient tendres. Ensuite, on les épluche, on les concasse, on les comprime et on les enfouit dans des fosses tapissées de feuilles. A Anuta, qui ne possède pas d'eau de surface appropriée, on entasse les racines sans les serrer dans des fosses et on les y laisse pendant plusieurs semaines. Puis on les récupère, on les épluche et on les replace dans les mêmes fosses pendant un peu de temps encore. Le ma est utilisé en cas de crise alimentaire, cuit seul ou avec des racines féculentes fraîchement pilées et des fruits.

**Transformation du lus de manioc en reep de manioc et bière**

Le jus de manioc ou yari, obtenu en pressant du manioc râpé, sert communément à préparer des sauces et des boissons en Amérique du Sud et aux Antilles. On fait bouillir le yari jusqu'à ce qu'il ait la consistance d'un sirop épais, appelé reep de manioc aux Antilles. Les groupes de population habitant auprès des sources des affluents de l'Amazone fabriquent une boisson rafraîchissante au goût sucré en faisant bouillir du yari pendant plusieurs heures. On peut aussi préparer une boisson alcoolisée en faisant fermenter du jus de manioc.

**Préparation de boissons à base de racines de manioc**

Outre le jus de manioc, la racine entière, les racines coupées en rondelles, râpées ou pilées et le pain ou la farine de manioc servent tous d'ingrédients de base pour la préparation de boissons alcoolisées ou non.

***Boissons non alcoolisées***. Les racines sont épluchées, râpées, comprimées à la main et cuites. Quand elles sont froides, on les mastique pendant quelques minutes, puis on les laisse reposer pendant un court moment, mais pas suffisamment pour produire une boisson alcoolisée. Des boissons semblables sont obtenues à partir de la farine ou du pain de manioc.

***Boissons alcoolisées***. La préparation de bières de manioc est répandue en Amérique tropicale. On les appelle kashiri ou chicha. Plusieurs méthodes existent. Les plus communes sont les suivantes:

Transformation sans mastication. La boisson est généralement préparée par fermentation des racines de manioc entières. On laisse les tubercules dans un ruisseau pendant une semaine pour que la fermentation se produise. Ensuite, on les retire et on les écrase. On ajoute de l'eau à la bouillie et on laisse reposer trois jours avant de consommer. Il existe aussi d'autres méthodes de préparation.

De nombreux groupes de population utilisent du pain de manioc pour préparer des boissons. En Guyane, on trempe dans de l'eau du pain de manioc frais, on le place dans une cuve peu profonde, dans un coin sombre de la maison, et on le laisse, couvert de feuilles, pendant trois à cinq jours durant lesquels une moisissure se forme. On place ensuite le pain découpé en morceaux dans de grandes jarres de terre cuite pendant deux à cinq jours. Enfin, on ajoute de l'eau et le produit fermente, donnant une boisson légèrement alcoolisée. D'autres méthodes sont utilisées au Brésil et au Suriname pour préparer des boissons alcoolisées à partir du pain de manioc.

Transformation avec mastication. L'habitude de mastiquer pour préparer des boissons alcoolisées est répandue en Amérique tropicale. La plupart des boissons alcooliques traditionnelles sont préparées de cette manière. La mastication accélère la fermentation car les enzymes salivaires provoquent la transformation de l'amidon en sucre.

Diverses boissons sont faites avec du manioc mastiqué. Dans la forêt tropicale brésilienne, des morceaux de manioc coupés finement et bouillis sont comprimés, mâchés et mis à fermenter de un à trois jours. Aux Antilles, une boisson appelée paiwuri est préparée de cette manière. On ajoute parfois à la bière d'autres ingrédients: fruits, légumes, mais ou patate.

La fabrication de boissons à partir du manioc n'est pas habituelle en Afrique. Goode (1974) décrit une méthode de préparation de la bière en Ouganda. On mélange la farine avec de l'eau et on la fait fermenter pendant une semaine. Puis, on la fait griller sur le feu et on la met dans un récipient rempli d'eau dans lequel on ajoute de la levure. Au bout d'une huitaine de jours, on passe le liquide, on ajoute du sucre et on laisse fermenter la bière pendant quatre jours. On utilise aussi la farine de manioc pour faire de la bière en Afrique du Sud, dans le sud-ouest de la Zambie et en Angola.

**Cuisson et transformation de l'igname**

La quasi totalité de l'igname récoltée dans le monde est consommée à l'état frais. Traditionnellement, les produits transformés à base d'igname sont fabriqués dans la plupart des zones où elle pousse, et sont généralement un moyen d'utiliser les tubercules qui ne peuvent être stockés.

Habituellement, l'igname fraîche est épluchée, cuite à l'eau et pilée jusqu'à l'obtention d'une pâte gluante. On appelle ce produit igname pilée ou foufou d'igname.

Le seul produit transformé à base d'igname traditionnellement fabriqué dans le village est la farine d'igname. Sauf chez les Yoruba au Nigéria, la farine d'igname est considérée comme un succédané inférieur de l'igname fraîche pilée carelle est souvent faite avec des tubercules endommagés. Par contre, on préfère la farine d'igname dans les contrées habitées par les Yoruba où l'aliment reconstitué est appelé amala. Elle est aussi fabriquée en petites quantités au Ghana sous le nom de kokonte. La valeur nutritive de la farine d'igname est la même que celle de l'igname pilée.

**Préparation de la farine d'igname**

On coupe les tubercules en lamelles d'environ 10 mm d'épaisseur, selon que le temps est plus ou moins sec. On les fait ensuite cuire à moitié et on les laisse refroidir dans l'eau de cuisson; enfin, les épluche et on les fait sécher au soleil pour abaisser leur taux d'humidité.

On réduit ensuite en farine les lamelles séchées dans un mortier de bois et on tamise plusieurs fois de façon à obtenir une texture homogène.Aujourd'hui, on utilise de plus en plus les moulins à grains ou à farine manuels ou mécaniques.

**Transformation industrielle**

Très peu d'ignames ont été transformées au niveau industriel pour être commercialisées. Des farines d'igname déshydratées et des flocons d'igname ont été obtenus par séchage au soleil. La fabrication de produits frits à partir de D. alata a aussi été tentée récemment sous forme de chips et de frites. On a essayé, sans grand succès, de conserver de l'igname dans la saumure.

Comme l'igname pilée jouit d'un très grand prestige et que c'est en général sous cette forme que ce végétal est consommé, on a tenté à deux reprises de commercialiser le procédé. La première tentative a été la production d'igname pilée et déshydratée par séchage au tambour. Ce produit pouvait être ensuite reconstitué sans subird'autres transformations. Cette production a d'abord été essayée en Côte d'Ivoire au milieu des années 60, sous la marque «Foutouprêt», en faisant sécher à l'air de l'igname précuite, râpée ou écrasée (Coursey, 1967). Onayemi et Potter (1974) ont eu recours au séchage au tambour pour obtenir des flocons pouvant facilement être reconstitués enigname pilée parl'adjonction d'eau bouillante. Cette technique est la base du produit commercial appelé «Poundo» au Nigéria, qui eut du succès au départ Pour réduire la perte de m atière première, on enlève la peau de l'igname en plongeant le produit végétai dans une solution alcaline à 10 pour cent à 104 °C, la durée de l'immersion variant selon le cultiver d'igname (Style et Sammy, 1976). On ajoute du sulfite pour empêcher le brunissement enzymatique.

Dans le second projet commercial, un type de robot ressemblant à un mixer a été mis au point. L'igname est cuite, fumée et battue comme pour le pilage, de façon à former deux à quatre portions. Il semble qu'au début ces deux projets aient eu beaucoup de succès, mais plus tard, les populations sont revenues au pilage manuel de l'igname, qui donne une viscosité et une fermeté caractéristiques difficiles à obtenir mécaniquement.

On a signalé des essais de fabrication de chips d'igname frite, semblables aux pommes de terre frites, à Porto Rico.

**Taro**

Le taro est consommé essentiellement de la même manière que l'igname. Il peut être bouilli, frit ou pilé en foufou, mais il jouit de moins de prestige. On en fait aussi de la bouillie ou du potage, des chips et de la farine. La farine de taro présente l'avantage supplémentaire d'être très digestible, c'est pourquoi on la donne aux malades et on l'emploie comme ingrédient dans les aliments pour nourrissons.

Le taro est l'aliment de base traditionnel dans les îles du Pacifique, où on le transforme en une série de produits alimentaires semblables à ceux décrits pour le manioc. Le poi est un mets très populaire aux îles Hawaii et en Polynésie. On le prépare en faisant cuire à la vapeur les tubercules crus, qui sont ensuite épluchés, puis écrasés jusqu'à ce qu'ils aient une consistance semi-fluide, et passés à travers une série de passoires, la dernière ayant des trous d'à peu prés 0,5 mm de diamètre. Le poï est ensuite empaqueté et vendu, ou stocké à température ambiante où il subit une fermentation lactique. On y ajoute parfois des produits extraits de la noix de coco avant de le consommer.

Au Nigéria, le taro est râpé, mélangé à des condiments et enveloppé dans des feuilles. On le fait cuire à l'étuvée pendant 30 minutes environ et on le sert avec une sauce. Connu sous le nom de ikokore, il est très répandu dans l'ouest du Nigéria. Une variante au Cameroun consiste à le faire cuire sous forme de boulettes avec d'autres ingredients. On l'appelle alors epankoko.

**Bananes et plantains**

Un avantage de la banane est que les variétés de dessert (bananes douces) peuvent être consommées crues sans subir de transformation. Dans de nombreuses régions d'Afrique, la banane à cuire est bouillie ou cuite à l'étuvée, écrasée, cuite au four, séchée ou pilée pour obtenir du foufou. Au Cameroun, on fait bouillir la banane verte et on la sert avec une sauce à l'huile de palme, accompagnée de poisson, de viande cuite, de haricots verts ou secs et de condiments. En Ouganda, où elle est à la base de l'alimentation, on la fait bouillir avec d'autres ingrédients dont les haricots. On y ajoute du beurre fondu liquide ainsi que du poivre, du sel et des oignons. Ce plat est appelé akatogo. On prépare l'omuwumbo en enveloppant la pulpe dans des feuilles de bananier et en faisant cuire à la vapeur pendant une heure environ. Ensuite, on le comprime entre les mains pour en faire une masse ferme et on le mange ainsi. La banane verte est séchée et stockée. Appelée mutere, elle est quelquefois utilisée après avoir été réduite en farine (Goode, 1974), mais c'est surtout une réserve alimentaire en cas de famine. Le même procédé est utilisé au Gabon, au Cameroun, en Amérique du Sud, en Amérique centrale et aux Antilles (Fawcet, 1921).

En Colombie, on prépare une soupe appelée sancocho en faisant bouillir des rondelles de banane verte avec du manioc et d'autres légumes, tandis qu'aux Antilles la banane verte bouillie est servie avec du poisson ou de la viande salés.

On a déjà mentionné la fermentation de la banane dans des fosses dans les pays du Pacifique. On forme avec le produit fermenté de petits pains que l'on fait cuire. Connu sous le nom de masi, ce produit se conserve pendant plus d'un an dans une fosse, tandis que le masi cuit stocké dans des paniers hermétiques peut se garder pendant des dizaines d'années dans un trou profond (Cox, 1980). Le faux tronc et le tubercule amylacé de la fausse banane, ou ensete, sont préparés de la même façon en Ethiopie. Le produit fermenté appelé kocho sert à la fabrication d'un pain plat, qui est cuit. Les bananes mûres sont conservées par séchage au soleil. Appelées figues bananes, on les mange comme sucreries. Elles se conservent pendant des mois, voire des années.

En Afrique de l'Ouest, on fait cuire à demi les bananes avant de les faire sécher. Le séchage se fait au four en Polynésie. Le produit séché est ensuite enveloppé bien serré dans des feuilles et conservé jusqu'au moment de l'emploi (Massai et Barrau, 1956). Une technique similaire est utilisée en Inde.

Au Burundi, où la banane occupe environ 25 pour cent des terres arables, elle sert principalement à la fabrication de la bière. On a estimé la consommation de bière locale à 1,2 litre par habitant et par jour. La fabrication de la bière à partir de la banane est courante en Afrique orientale.

On enfouit des bananes vertes dans des trous recouverts de feuilles où elles mûrissent pendant une huitaine de jours, stade auquel elles commencent aussi à fermenter. Après avoir enlevé les peaux, on mélange la pulpe à des graminées dans une cuve et on extrait le jus. On lave le résidu et on l'ajoute au jus. On y met de la farine de sorgho grillée ou du mil et on laisse la masse fermenter pendant un ou deux jours, couverte de feuilles de bananier fraîches. Une variante consiste à ajouter du miel à la pulpe de banane fermentée.

**La patate**

La patate peut elle aussi être mangée bouillie, frite ou rôtie. Coupée en rondelles, séchée au soleil et broyée, elle donne une farine qui se conserve bien sur une longue durée. En Indonésie, on plonge la patate dans l'eau salée pendant une heure environ pour empêcher l'apparition de microbes avant le séchage. La farine est utilisée comme levure dans la fabrication du pain et comme stabilisant dans l'industrie des glaces et des crèmes glacées.

La patate est transformée en chips à peu prés comme la pomme de terre, et le produit est maintenant très apprécié en Asie. Les chips recouvertes de sucre ont du succès en Chine, la variété salée plaît aux Etats-Unis, celle épicée au poivre de Cayenne et à l'acide citrique a été essayée au Bangladesh avec de bons résultats (Kay, 1985).

On extrait la fécule de la patate à peu près comme on le fait avec d'autres racines féculentes, si ce n'est qu'on maintient la solution alcaline (pH 8,6) en utilisant de la chaux, qui contribue à précipiter les impuretés et à dissoudre les pigments. La fécule obtenue a des propriétés intermédiaires entre la fécule de pomme de terre et la fécule de maïs/manioc pour ce qui est de la viscosité et des autres caractéristiques. Au Japon, environ 90 pour cent de la fécule produite à partir de la patate sert à la fabrication de sirop de fécule, de sirop de glucose et de glucose isomérisé, de boissons contenant de l'acide lactique, de pain et autres produits alimentaires manufacturés.

Au Japon, la fécule de patate sert aussi à la production d'un spiritueux, le shochu (Sakamoto et Bouwkamp, 1985). Le procédé est semblable à celui de la fabrication du whisky, mais pour obtenir le koji, équivalent de l'amorceur de malt dans la production du whisky, il faut inoculer dans du riz cuit à la vapeur ayant séjourné une nuit dans l'eau Aspergillus kawachii pendant deux jours à 35°-37 °C. Le koji estmélange à une solution d'amidon et à de la levure pour que se produisent une saccharification et une fermentation. Enfin, le filtrat est distillé. Le rendement est d'environ 800 litres par tonne de patates.

**La pomme de terre**

Comme d'autres plantes-racines, la pomme de terre peut être mangée bouillie, frite ou rôtie. Puisque c'est essentiellement une plante des zones tempérées, son emploi a été largement commercialisé. Frites et chips sont très populaires aux Etats-Unis et partout ailleurs. Contrairement aux fécules de céréales, la fécule de pomme de terre prend rapidement à température élevée et a une forte viscosité à l'étal de pâte chaude qui la rend préférable pour la fabrication des colles. Elle trouve aussi des applications dans l'industrie textile, l'industrie alimentaire et sert à la production d'alcool et de glucose. Ces procédés sont pour la plupart mécanisés et très performants. Pour stocker peu de temps les pommes de terre à la maison, on les plonge épluchées dans une solution de métabisulfite de sodium afin d'empêcher la décoloration par action des enzymes. Elles peuvent alors être conservées au réfrigérateur plusieurs jours avant d'être cuites et consommées.

La préparation des chips est très semblable à celle des frites, mais alors que les premières sont coupées en rondelles extrêmement fines, les secondes le sont en bâtonnets. La farine obtenue avec la pomme de terre est incorporée au pain et utilisée comme épaississant dans des potages déshydratés, jus de viande, sauces et aliments pour nourrissons. Les dés de pomme de terre déshydratée sont des ingrédients dans certains aliments préparés industriellement comme la viande en boite, le ragoût de viande, les pâtés à la viande en croûte et les salades congelés.

Woolfe (1987) a donné une description détaillée de la transformation des pommes de terre amères dans les Andes, notamment des variétés contenant des alcaloïdes toxiques. Pour préparer le chuño blanco, on étale les pommes de terre sur le sol par une nuit glaciale. Si elles ne sont pas bien congelées le lendemain, on les laisse une autre nuit. La congélation et la décongélation successives séparent les cellules des tubercules et détruisent la perméabilité différentielle de la membrane cellulaire, permettant ainsi à la sève cellulaire de gagner les espaces intracellulaires (Treadway et al., l955). Ainsi, en foulant les tubercules en cours de décongélation, on extrait le liquide et les peaux se détachent. On récupère le résidu et on le plonge dans un ruisseau pendant une ou deux semaines pour éliminer les toxines. Aprés avoir égoutté le produit, on le laisse sécher au soleil. Au cours de cette période, une croûte blanche se forme sur les tubercules, d'où le nom de chuño blanco. Ce produit est la base de soupes et de ragoûts. Il est fort apprécié des habitants des hauts plateaux andins au Pérou et en Bolivie, surtout quand il est servi fumant avec du fromage. La préparation du chuño negro est semblable à celle du chuño blanco mais pendant le foulage, les peaux ne se détachent pas; il n'est pas effectué de trempage et le résidu est simplement mis à sécher au soleil après le foulage. Le produit a une couleur marron foncé, d'où son nom. On le fait généralement tremper dans l'eau un ou deux jours avant de le faire cuire afin d'enlever tout arrière-goût amer.

Une préparation plus prestigieuse de la pomme de terre, très populaire dans les grandes villes et au Pérou est la papa seca. On fait bouillir les pommes de terre, on les épluche, on les coupe en rondelles, on les fait sécher au soleil puis on les réduit en une farine fine. Celle-ci sert généralement à la préparation d'un mets appelé carapulca constitué de viande, tomates, oignons et ail, mais on peut aussi en faire une soupe.

Ces techniques traditionnelles sont particulièrement importantes pour transformer les variétés amères de pomme de terre ayant une forte teneur en alcaloïdes, qui sans cela seraient toxiques pour l'homme. Christiansen (1977) a constaté que la teneur en glycoalcaloïdes pour rait être réduite de 30 mg/100 g de pomme de terre fraîche à environ 4 mg dans le chuño blanco et à 16 mg dans le chuño negro. Dans les montagnes andines où le gel, les tempêtes ou la sécheresse peuvent conduire à la destruction des cultures, des rendements irréguliers et des pénuries alimentaires, il est indispensable de cultiver quelques variétés amères de pomme de terre résistant à la gelée qui peuvent être transformées en réserve alimentaire d'une année à l'autre.

On trouvera une bonne analyse des techniques simples pour la transformation des plantes-racines dans la publication du Fonds de développement des Nations Unies pour la femme intitulée Root Crop Procéssing (1989).

**Chapitre 6: Effet de la transformation sur la valeur nutritive**

Les racines ne sont pas faciles à digérer à l'état cru et il est préférable de les faire cuire avant de les consommer. La cuisson améliore leur digestibilité, rend leur goût plus agréable, prolonge leur durée de conservation et réduit leur toxicité. La chaleur utilisée durant la cuisson peut être la chaleur sèche de la cuisson au four ou sur feu ouvert, ou la chaleur humide de la cuisson à l'eau, à la vapeur, ou la friture. Elle sert à stériliser les aliments en tuant les bactéries et autres micro-organismes nuisibles, et accroït l'assimilabilité des éléments nutritifs. Les protéines sont dénaturées par la chaleur. Sous cette forme, elles sont plus facilement digérées par les enzymes protéolytiques; les parois cellulosiques des cellules qui ne peuvent être dégradées par les animaux monogastriques comme l'homme sont décomposées, et certains facteurs antinutritifs tels les inhibiteurs d'enzymes sont rendus inactifs. Cependant, la transformation peut réduire la valeur nutritive de certaines racines à cause des pertes et des modifications dans les éléments nutritifs importants, dont les protéines, les glucides, les sels minéraux et les vitamines.

Durant la cuisson, les éléments nutritifs se perdent de deux façons. Premièrement, par dégradation, qui peut se produire par destruction ou par d'autres transformations chimiques comme l'oxydation, et deuxièmement, par dissolution dans le milieu de cuisson. Les vitamines sont sensibles à ces deux processus, tandis que les sels minéraux ne sont affectés que par la dissolution. Les acides aminés libres peuvent aussi être dissous ou encore réagir avec les sucres pour former des complexes. Les amidons peuvent être décomposés en sucres par hydrolyse. La perte en pourcentage dépendra en partie de la température de cuisson et du mode de cuisson, selon que l'aliment est cuit à l'eau, au four ou au gril. Les pertes durant la cuisson au four donnent parfois l'illusion d'être faibles si elles sont exprimées en poids de matière fraîche, à cause de la concentration des éléments nutritifs due à la perte d'eau. Toutefois, la cuisson au four causera moins de dommages que la mise en conserve ou le séchage au tambour (Purcell et Walter, 1982).

La première étape dans la transformation de n'importe quelle racine est l'épluchage au cours duquel une partie des éléments nutritifs peut disparaïtre s'il n'est pas fait avec soin. On limitera les pertes durant la cuisson en conservant la peau pour réduire au minimum la dissolution et protéger les éléments nutritifs. Il quelquefois préférable d'éplucher la racine après la cuisson à l'eau et d'utiliser l'eau de cuisson de façon à conserver les nutriments hydrosolubles.

La vitamine C est la vitamine la plus thermolabile et elle se dissout facilement dans l'eau ou le liquide de conservation. Elkins (1979) a signalé la conservation complète de la vitamine C dans des patates venant d'être mises en boîte, mais la teneur en vitamine se réduit à 60 pour cent de sa valeur originelle après 18 mois de stockage. La concentration du liquide de conservation n'a pas d'influence sur la conservation de la vitamine (Arthur et McLemore, 1957). Le séchage à l'air de fines rondelles de patate ne provoque que de légères pertes de vitamine C.

La cuisson à l'eau peut causer une perte de 20 à 30 pour cent de la vitamine C contenue dans les racines et les tubercules non épluchés comme l'indique le tableau 6.1. Quand ils sont épluchés, la perte peut être beaucoup plus élevée, jusqu'à 40 pour cent. Swaminathan et Gangwar (1961) ont estimé que de 10 à 21 pour cent de la perte sont dus à la dissolution dans l'eau de cuisson et le reste à la destruction par la chaleur. La pomme de terre non épluchée cuite au four perd à peu près autant de vitamine C que si elle est cuite à l'eau; rôtie, elle en perd beaucoup plus, tandis que, transformée en chips, elle semble en conserver davantage. La friture provoque une perte de 50 à 56 pour cent contre 20 à 28 pour cent quand la pomme de terre est cuite à l'eau avec la peau (Roy-Choudhuri, 1963). Streghtoff et al. (1946) ont signalé une perte de 28 pour cent durant la cuisson au four et de 13 pour cent seulement quand la pomme de terre est cuite à l'eau sans peau. La différence peut être attribuée à la température plus élevée lors de la cuisson au four qui entraînerait une plus forte destruction de la vitamine.

[**Tableau 6.1 Composition des pommes de terre, du manioc et des plantains cuits selon différentes méthodes (pour 100 g)**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0b.gif)

[**Tableau 6.1 (fin) Composition des pommes de terre, du manioc et des plantains cuits selon différentes méthodes (pour 100 g)**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0c.gif)

L'igname cuite avec la peau peut conserver jusqu'à 95 pour cent de la vitamine C, mais ce chiffre tombe à 65 pour cent si on la fait cuire épluchée; 93 pour cent sont conservés avec la friture et 85 pour cent avec le rôtissage (Coursey et Aidoo, 1966).

De 40 à 60 pour cent de la vitamine C contenue dans la pomme de terre peuvent être perdus durant l'entreposage (Sweeney et al., 1969; Augustin et alFaulks., 1978; Faulks et al., 1982) selon la température. Un entreposage de 30 semaines à 5° ou 10 °C a entraîné une perte respectivement de 72 pour cent et de 78 pour cent (Yamaguchi et al., 1960), et sur huit mois et demi, la perte a été de 49 pour cent (Roine et al., 1955). D 'autre part, l 'entreposage pendant 12 semaines à une température tropicale humide de 16 °C ou 28 °C et avec, respectivement, 55 pour cent et 60 pour cent d'humidité relative, a provoqué l'apparition de germes et un ramollissement de la pomme de terre, puis une élévation de la teneur en vitamine C, qui est passée de 8,2 mg à 10,1 mg et 10,5 mg pour 100 g respectivement. Cela signifie que, pour la pomme de terre, les pertes de vitamine C durant l'entreposage sont plus faibles en milieu tropical humide qu'en milieu tempéré sec (Linnemann et ai., 1985).

La vitamine A est liposoluble et thermostable de sorte que, normalement, elle ne se dégrade pas pendant la cuisson. Au cours d'études sur la mise en conserve des patates, Arthur et McLemore (1957) ont constaté que la teneur en vitamine A du produit n'est affectée ni par la concentration du liquide de conservation, de O à 35 pour cent de saccharose, ni par le temps de cuisson, de 50 à 90 minutes, ni parle fait que la patate est épluchée ou non. Cependant, Elkins (1979) a signalé une perte de vitamine A de quelque 14 pour cent après le traitement de la patate mais pas de déficit supplémentaire sur 18 mois, alors que d'autres chercheurs ont relevé une perte de vitamine A de 20 à 25 pour cent durant la cuisson. Cela est probablement dû à la destruction du bêta-carotène. La principale réaction qui pourrait avoir lieu pendant la mise en conserve de la patate est l'isomérisation du bêta-carotène en néobêta-carotène, conduisant à une réduction de la teneur en vitamine A qui passerait de 95 à 91 pour cent. Plus la température est élevée, plus la perte est importante (Panalaks et Murray, 1970). Les pertes de carotène et la formation de faux goûts se produisent quand les patates sont entreposées dans un milieu où la concentration de l'oxygène est telle que les antioxydants n'agissent pas. De 20 à 40 pour cent du carotène pourraient être détruits les 30 premiers jours par l'auto-oxydation (Deobald et McLemore, 1964). Il produit parfois en même temps une auto-oxydation des lipides, qui sont fortement insaturés; elle peut conduire à la formation de faux goûts.

Certaines des pertes signalées dans le groupe des vitamines B ne sont pas significatives, étant donné les différences existant dans la thermolabilité des vitamines. La thiamine est thermolabile, mais des pommes de terre cuites à l'eau dans leur peau ont vu leur teneur en thiamine baisser de 23 pour cent seulement, les pommes de terre séchées dans leur peau de 20 pour cent seulement et les pommes de terre frites après épluchage de 55 à 65 pour cent (Hentschel, 1969). La riboflavine et la niacine sont thermostables, aussi ces substances nutritives sont-elles entièrement conservées par la cuisson à l'eau, le rôtissages, la friture, la cuisson à la vapeur, et seules quelques pertes par dissolution peuvent se produire (Finglas et Faulks, 1985). L'effet de la cuisson sur la valeur nutritive du taro bouilli, cuit à la vapeur et au four est indiqué au tableau 6.2. La pyridoxine est conservée à 98 pour cent dans les pommes de terre cuites à l'eau, mais les pertes sont supérieures si elles ont été épluchées (Augustin et al., 1978). Cependant, aucune perte n'a été signalée dans la cuisson au four, le rôtissages ou la friture, à cause sans doute de la concentration des éléments nutritifs due à la perte d'eau (Finglas et Faulks, 1985). La conservation complète de la thiamine et de l'acide nicotinique dans la patate en boîte a été signalée, même après un stockage de 18 mois (Elkins, 1979).

L'entreposage a des effets variables sur différents composants du groupe des vitamines B. Dans les pommes de terre entreposées à 5° ou 10 °C, la teneur en thiamine a baissé de 30 à SO pour cent après six à sept mois. Il y a eu un accroissement important de la teneur en pyridoxine, 154 pour cent et 86 pour cent respectivement pour deux variétés de pomme de terre conservées pendant six mois à 4,5 °C (Page et Hanning, 1963).

La fécule de pomme de terre crue est indigeste, mais sa digestibilité augmente avec le temps de cuisson pour atteindre 75 pour cent après 15 minutes et 90 pour cent après 40 minutes (Hellendoom et al., 1975). Si l'on fait cuire au four le tubercule entier, comme c'est le cas pour la patate, presque toute la fécule est hydrolysée en dextrine et en sucres, principalement en maltose. La concentration des sucres réducteurs est faible, probablement à cause de la réaction de Maillard avec la lysine.

**Tableau 6.2 Effet de la cuisson sur la composition du taro (Résultats rapportés au poids frais)1**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Analyse de contrôle(g/kg-1)** | **Différence** | | |
| **Produit cuit à l'eau** | **Produit cuit à la vapeur** | **Produit cuit au four** |
|  |  |
| Humidité | 655 (10,0)2 | 44,0\*\* | 20,0\* | -75,0\*\* |
| Cendres | 7,6(0,9) | -0 7\* | 0,1 | 0,5 |
| Amidon | 278 (12,0) | 32 | 29 | 11 |
| Fibres alimentaires | 12,2(1,4) | 8,2\*. | 7,9 | 7.7 |
| Sucres2 | | | | |
| Fructose | 1,0(0,6) | -0,2 | -0,1 | -0,2 |
| Glucose | 0,6(0,2) | -0,1 | -0,1 | -0,1 |
| Saccharose | 9,4(1,6) | -0,8 | -1,1 | -1,3 |
| Maltose | 1,0(0,3) | -0,2 | -0,1 | -0,1 |
| **Minéraux mg/kg-1** | | | | |
| Ca | 160 (30) | 10 | 6,2 | -9,0 |
| P | 330 (50) | 11 | 41 | 45 |
| Mg | 320 (40) | - 5,8 | 17 | 2,6 |
| Na | 34 (3,0) | 9 3 | 9,5 | -2,3 |
| K | 3 280(360) | - 410,0\* | 18 | -60 |
| S | 54 (7,0) | - 1,2 | 3,3 | 4 |
| Zn | 4 7 (0,5) | 0,2 | 0,5 | 0,8 |
| Mn | 1,4 (0,5) | 0,2\* | 0,2\* | 0,3 |
| Al | 3,1 (1,3) | 0,9 | 1,1 | - 1,4 |
| B | 0 9(0,4) | - 0,2 | - 0,1 | - 0,1 |

1On a fait la moyenne des résultats obtenus avec cinq tubercules du cultivar Samoa; les écarts types sont donnés entre parenthèses, les différences marquées d'un astérisque sont significatives pour P<0,05, celles marquées de deux astérisques pour P<0,01. D'autres résultats non indiqués dans le tableau sont les suivants: protéines 9,6 (1,5), matières grasses 0.5 (0.3).raffinoseO,3 (0.1) g/kg-1. Fe 7,9 (1.8), Cu 2,0(0,7 mg/kg-1).  
2La teneur en eau au moment de la récolte à Fidji était de 655;1& teneur en eau avant la cuisson à Canberra était de 582 (17) g/kg-1  
Source: Bradbury & Holloway. 1988.

La cuisson au four peut faire baisser la quantité de pectine contenue dans les racines et le degré d'estérification, et réduire ainsi leur teneur en fibres alimentaires, mais cet aspect est sans importance au point de vue nutritionnel.

Le principal changement se produisant dans les amino-acides lors de la cuisson est la réaction de Maillard, qui rend la lysine inassimilable et réduit par là même la valeur nutritive des racines. La perte d'amino-acides libres a lieu aussi par dissolution (Meredith et Dull, 1979). Quand la patate a été mise en boîte dans 30 pour cent de saccharose ou d'eau, les concentrations des amino-acides essentiels en pourcentage des valeurs originelles étaient respectivement de 70 pour cent et de 58 pour cent, les amino-acides aromatiques de 69 pour cent et de 48 pour cent et les acides aminés soufrés de 86 pour cent et de 60 pour cent. Purcell et Walter (1982) ont observé une réduction importante de la teneur en lysine et en méthionine de la patate durant la mi se en conserve, probablement causée en partie par la dissolution.

La cuisson à l'eau ne réduit pas sensiblement la teneur en azote total de la pomme de terre à l'exception d'une petite perte due à l'épluchage. Il y a une perte de 0,8 pourcent dans le tubercule cuit à l'eau, non épluché, contre une perte de 6,5 pour cent dans le tubercule épluché (Herrera, 1979). La perte d'azote durant le rôtissages est aussi très limitée, mise à part une perte de lysine, plus marquée avec la friture qu'avec la cuisson au four.

Les minéraux sont généralement perdus par dissolution dans le liquide de conservation, notamment le potassium, le calcium et le magnésium (Lopez et al., 1980), mais ils peuvent être intégralement conservés si les tubercules sont conditionnés sous vide (Elkins, 1979). La teneur en fer de la patate en boîte est multipliée par trois après 18 mois, cela étant dû à la boite de métal. On réduira les pertes par dissolution dans les pommes de terre cuites à l'eau en conservant la peau, comme le précisent True et al. (1979), qui ont relevé un taux de conservation de 90 pour cent quand la pomme de terre a cuit dans l'eau avec sa peau pendant 14 minutes. Il n'y a pas de perte par dissolution dans le cas du cuivre et du zinc (Finglas et Faulks, 1985).

Dans certaines préparations culinaires traditionnelles, il arrive qu'une quantité importante de protéines soit perdue. Par exemple, dans la préparation du chuño blanco, la teneur en protéines de la pomme de terre passe de 2,1 pour cent à 1,9 pour cent, comme le montre le tableau 6.3. Cette perte est en partie causée par l'élimination dans l'exudat, mais la moitié environ du déficit intervient lors du trempage. La plupart des vitamines sont aussi détruites durant ce processus. II y a une perte de 90 pour cent de la vitamine B de 75 pour cent de la vitamine B2, et moins de 50 pour cent de la niacine est conservée. La papa seca est le produit qui retient le plus de vitamines. Il y a une augmentation de la teneur en fer, calcium et phosphore dans toutes les préparations (tableau 6.3) à cause de la concentration accrue du produit.

Tableau 6.3 Composition de la pomme de terre crue, du chuño de la papa papa (pour 100 9)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Produit | Energie (kJ) | (kcal) | Protéines brutes(g) | Glu- cides (g) | Ca (mg) | P (mg) | Fe (mg) | Thia- mine (mg) | Ribo flavine (mg) | Nia- cine (mg) | Acide as- corbique (mg) |
| Pomme de terre | | | | | | | | | | | |
| Crue | 335 | 80 | 2,1 | 18,5 | 9 | 50 | 0,8 | 0,10 | 0,04 | 1,50 | 20 |
| Chuño blanco | 1 351 | 323 | 1,9 | 77,5 | 92 | 54 | 3,3 | 0,03 | 0,04 | 0,38 | 1,1 |
| Chuño negro | 1 393 | 323 | 4,0 | 79,4 | 44 | 203 | 0,9 | 0,13 | 0,17 | 3,40 | 1,7 |
| Papa seca | 1 347 | 322 | 8,2 | 72,6 | 47 | 200 | 4,5 | 0,19 | 0,09 | 5,00 | 3,2 |

Source: Wolfe 1987.

Durant la préparation du *gari* (tableau 6.5), plus d'un tiers des protéines disparaît, et les pertes sont plus élevées avec le foufou et le lafun (Oke, 1968). Les minéraux subissent aussi une réduction sensible, à l'exception du ter qui augmente, probablement parce qu'on utilise une poêle en fer pour faire frire le produit (tableau 6.6). Quand l'igname est cuite à l'eau, à la vapeur ou au four, sa teneur en fibres augmente à cause d'une modification de l'amidon et certains minéraux sont détruits, en particulier le phosphore et le potassium (tableau 6.4). La transformation influe sur le pourcentage des éléments nutritifs qui seront fournis par la patate, comme le montre le tableau 6.8. L'augmentation de 6,6 pour cent de la teneur en maltose de la patate durant la cuisson ne se retrouve pas dans d'autres racines, qui contiennent probablement moins d'amylases (Tamate et Bradbury, 1985).

**Tableau 6.4 Effet de la cuisson sur la composition de l'igname (Résultats rapportés au poids frais')**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Analyse de  contrôle (g/kg-1)** | **Différence** | | |
| **Produit cuit à l'eau** | **Produit cuit à la  vapeur** | **Produit cuit au four** |
| Humidité | 766(12)2 | 12,0\* | -1,8 | -68,0\*\* |
| Cendres | 7,5 (0,3) | -1,2\*\* | -0,1 | 0,1 |
| Amidon | 186 (21) | 5,8 | -3,1 | -3,6 |
| Fibres alimentaires | 15,6(4,4) | 16,3\*\* | 16,0 | 9,2\* |
| **Sucres** |  |  |  |  |
| Fructose | 2,2 (0,9) | -0,7 | -0,6 | -0,8 |
| Glucose | 1,6(0,9) | -0,4 | -0,5 | -0,6 |
| Succharose | 5,1 (2,4) | 1,4 | 0,7 | 0,9 |
| Maltose | 0,8 (0,3) | 0,1 | -0,2 | -0,2\* |
| **Minéraux mg/kg-1** | | | | |
| Ca | 60 (12) | -2,6 | -9,9\* | -4,7 |
| P | 390 (20) | -33,0\*\* | 8,4 | -25 |
| Mo | 150 (10) | -8,0 | 2,2 | -11,4 |
| Na | 58 (25) | -28,0\* | -17\* | -8 |
| K | 3 450(200) | -630,0\*\* | -70 | -230 |
| S | 140 (10) | -17,0\*\* | 2,4 | -1,0 |
| Zn | 3,2(0,3) | 0,1 | -0,1 | -0,3\* |
| Mn | 0,3 (0,1) | -0,1 | -0,1 | -0,1 |
| Al | 2,1 (1,1) | 0,0 | 0,2 | 0,3 |
| B | 1,0 (0,1) | -0,2\* | -0,1 | -0,1 |

1On a fait la moyenne des résultats obtenus avec cinq tubercules du cultivar Da 10; les écarts types sont donnés entre parenthèses; les différences marquées d'un astérisque sont significatives pour P<0,05. celles marquées de deux astérisques pour P<0,01. D'autres résultats non indiqués dans le tableau sont les suivants: protéines 17,8 (3,9) matières grasses 0,6 (0,5). raffinose 0 4 (0,3) g/kg-1: Fe 6.5 (39). Cu 1,7 (0.3) mg/kg-1.  
2766 était la teneur en eau au moment de la récolte au Samoa-Occidental; la teneur en eau avant la cuisson à Canberra était de 752 (16) g/kg-1. Source: Bradbury & Holloway, 1988.

**Tableau 6.5 Analyse approximative du manioc et de ses dérivés (Résultats exprimés en pourcentage de matière sèche)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Matière sèche** | **Protéines brutes** | **Extrait d'éther** | **Fibres brutes** | **Glucides** | **Cendres** | **Calorie**s |
| Manioc | 28,5 | 2,6 | 0,46 | 0,43 | 94,1 | 2,4 | 391 |
| Gari | 85,6 | 0,9 | 0,10 | 0,40 | 81,8 | 1,4 | 323 |
| Foutou | 4,7 | 0,6 | 0,14 | 0,20 | 95,8 | 0,5 | 393 |
| Lafun | 80,5 | 0,8 | 0,40 | 0,73 | 96,4 | 2,0 | 391 |
| Kpokpagari | 87,8 | 1,5 | 0,0 | 4,2 | 78,1 | 5,2 | 312 |

Sources: Oke, 1968.

**Tableau 6.6 Eléments mineurs présents dans le manioc et ses dérivés au Nigéria**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Fraction en p.p.m. de matière sèche** | | | | | | | | | **Matière sèche (pourcentage)** | | | |
| **Denrée alimentaire** | **Na** | **Mn** | **Fe** | **Cu** | **B** | **Zn** | **Mo** | **Al** | **P** | **K** | **Ca** | **Mg** |
| Manioc | 56 | 12 | 18 | 8,4 | 3,3 | 24 | 0,9 | 19 | 0,15 | 1,38 | 0,13 | 0,04 |
| Gari | 74 | 12 | 22 | 4,3 | 6,6 | 19 | 0,7 | 30 | 0,04 | 0,52 | 0,07 | 0,00 |
| Foutou | 36 | 8 | 62 | 3,0 | 8,5 | 11 | 0,9 | 15 | - | - | - | - |
| Lafun | 54 | 1 2 | 66 | 5,0 | 9,5 | 19 | 1,0 | 125 | - | - | - | - |
| Kpokpagari | 74 | 1,0 | 12 | 3,0 | 3,3 | 19 | 1,0 | 165 | - | - | - | - |
| Igname | 22 | 8 | 8 | 8 | 9 | 17 | 0,9 | 15 | 0,09 | 1,5 | 0,16 | 0,05 |

Source: Oke. 1968.

**Tableau 6.7 Effet de la cuisson sur la composition de la patate (Résultats rapportés au poids frais)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Analyse de contrôle1 (g/kg)** | **Différence2** | | |
| **Produit cuit à l'eau** | **Produit cuit i la  vapeur** | **Produit cuit su four** |
| Humidité | 684(29)3 | 43,0 | 16,0\*\* | -73,0\*\* |
| Cendres | 7,6(0,7) | -1,2\*\* | -0,7\* | 0,4 |
| Amidon | 213 (18) | -98,0\*\* | -62,0\*\* | -119,0\*\* |
| Fibres alimentaires | 14 (2,0) | 20,6\*\* | 20,7\*\* | 1 1,2\* |
| **Sucres4** | | | | |
| Fructose | 3,3(1,2) | -0,8\* | -0,4 | -0,7\* |
| Glucose | 4,5(1,1) | -0,6 | -0,4 | -0,8 |
| Saccharose | 20,3(5,8) | 1,1 | 1,9 | 4,0 |
| Maltose | 6,4(10,2) | 64,3\*\* | 68,8 | 64,5 |
| **Minérals mg/kg-1** | | | | |
| Ca | 450 (60) | 5 | -67 | -20 |
| P | 280 (30) | 10 | 14 | 10,0\* |
| Mg | 360 (60) | 28 | -37 | -6 |
| Na | 730(160) | - 127 | - 104 | - 27 |
| K | 2 430(190) | -360 | 470,0\* | 370 |
| S | 130 (20) | 11 | 11 | 8 |
| Zn | 2,9(0,7) | -0,5\*\* | 0,1 | 0,6 |
| Mn | 2,6(1,4) | 0,1 | -0,3 | -0,1 |
| Al | 2,4(1,2) | 1,8 | -1,0 | -0,3 |
| B | 1,4(0,2) | 0,0 | -0,1 | -0,1 |

1D'autres résultat concernent les protéines brutes 17,7 (2,4) g /kg , Fe ?,0 (2,6), C 2,2 (0,6) mg/kg Les écarte types sont donnée entre parenthèses.  
2On a fait la moyenne des résultats obtenu avec trois tubercules de 83003 15, un tubercule de chaque 83003-13 et Hawii. Les différences marquées d'un asrtérisque indiquent un changement significatif (P<0,05) à la cuisson deux astérisque indiquent P<0,01  
3 684 était la teneur en eau au moment de la récolte aux Tong La teneur en eau avant la cuisson i Canberra était de 634 (30) g/kg  
4Sucre total contrôle 345, bouilli 985, cuit à la v peur 104,4, cuit au four 1015 g/kg.  
Source: Bradbury & Holloway, 1988

**Tableau 6.8 Pourcentages des allocations journalières recommandées pour un adulte fournies par des portions de 100 9 de produits transformés à base de pomme de terre**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Produit à base de pomme de terre** | **Protéine brutes** | **Thiamine** | **Niacine** | **Acide folique** | **Pyridoxine2** | **Acide ascorbique** | **Fer** |
| Bouillies dans leur peau3 | 6 | 8 | 8 | 7 | 11 | 50 | 7-12 |
| Congelées, en purée réchauffée |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | 5 | 4 | - | - | 13 | 7-12 |
| Frites toutes prêtes | 8 | 8 | 11 | 6 | 18 | 40 | 11-20 |
| Chips4 | 5 | 6 | 8 | 3 | 13 | 19 | 8-14 |
| Flocons (préparés) | 5 | 0-3 | 5 | - | - | 17 | 3-6 |
| Granulés (préparés) | 5 | 0-3 | 4 | 3 | 8 | 10 | 6-10 |
| En boite (solides) | 3 | 3 | 4 | 6 | 7 | 40 | 3-6 |

1Sauf indication contraire, les calculs ont été faits à partir des chiffres donnés pour les produits transformés à base de pomme de terre du tableau 6.1 comme pourcentages des allocations journalières recornmandées, donnés par Passmore et al. (1974).  
2Comme pourcentage dos allocations journalières recommandées aux Etats-Unis.  
3Préparation familiale  
4Portion de 33,3 B. considérée comme une estimation plus réaliste pour une seule portion de chips.  
Source: Woolfe, 1987.

**Chapitre 7: Substances toxiques et facteurs antinutritifs**

Comme la plupart des végétaux, les plantes-racines contiennent de petites quantités de toxines et de facteurs antinutritifs potentiels, tels les inhibiteurs de trypsine. Mis à part le manioc, qui contient des glucosides cyanogénétiques, les variétés cultivées de la majorité des tubercules et des racines comestibles ne contiennent pas de toxines dangereuses. Les espéces sauvages renferment parfois des doses létales de principes toxiques; il faut donc les traiter correctement avant de les consommer. Ces espèces sauvages sont des réserves utiles dans les périodes de famine ou de pénuries alimentaires. Les populations locales sont conscientes des risques potentiels que comporte leur utilisation et ont mis au point des techniques appropriées pour détoxiquer les racines avant de les consommer.

**Manioc**

Le principe toxique essentiel qui existe en quantités variables dans toutes les parties de la plante de manioc est un composé chimique appelé linamarine. Il coexiste souvent avec son homologue méthylique appelé méthyllinamarine ou lotaustraline. La linamarine est un glucoside cyanogénétique qui est transformé en acide cyanhydrique toxique ou acide prussique lorsqu'il entre en contact avec la linamarase, une enzyme qui est libérée quand les cellules des racines de manioc se rompent. La linamarine est par ailleurs un composé assez stable qui n'est pas modifié durant la cuisson du manioc. Si elle passe de l'intestin dans le sang comme glycoside intact, elle est probablement excrétée inchangée dans l'urine sans dommage pour l'organisme (Philbrick, et al., 1977). Cependant, la linamarine ingérée peut libérer du cyanure dans l'intestin durant la digestion.

L'acide cyanhydrique (HCN) est un composé volatil. Il s'évapore rapidement dans l'air à des températures supérieures à 28 °C et se dissout facilement dans l'eau. Il peut aisément être perdu durant le transport, l'entreposage et l'analyse des échantillons. La teneur normale en cyanogène des tubercules demanioc se situe normalement entre 15 et 400mg de HCN/kg de poids frais(Coursey,1973). La concentration varie largement entre les variétés (fig. 7.1) de même qu'avec les conditions écologiques et culturelles. La concentration des glycosides cyanogénétiques augmente du centre vers la périphérie du tubercule (Bruijn, 1973). Généralement, la teneur en cyanure est beaucoup plus élevée dans la peau du manioc. Le goût amer n'indique pas avec certitudè la présence de cyanure.

[**Figure 7.1 Effet des techniques do transformation traditionnelles de quatre variétés do racines de manioc, pour la préparation du gari, sur la teneur en cyanure total et libre à chaque étape de la transformation**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0d.gif)

Les méthodes traditionnelles de transformation et de cuisson du manioc, si elles sont appliquées avec soin, peuvent réduire la teneur en cyanure jusqu'à des niveaux non toxiques. Une méthode de transformation efficace libérera la linamarase en désintégrant la microstructure de la racine de manioc. En amenant cette enzyme en contact avec la linamarine, le glucoside est transformé en acide hydrocyanique. Le cyanure libéré se dissout dans l'eau quand la fermentation est provoquée par un trempage prolongé, et s'évapore quand le manioc fermenté est séché. Le séchage au soleil de petits morceaux de manioc frais pendant une courte durée n'est pas un bon procédé de détoxication. Le cyanure ne sera pas complètement libéré et l'enzyme sera détruite pendant le séchage. Les techniques de transformation par séchage au soleil ne réduisent que de 60 à 70 pour cent la teneur totale en cyanure durant les deux premiers mois de conservation. Les résidus de cyanure peuvent être très importants dans les tubercules secs, de 30 à 100 mg/kg (Casadei, 1988). La simple cuisson à l'eau de morceaux de racine fraîche n'est pas toujours une garantie de non-toxicité car le cyanure ne pourrait être que partiellement libéré, et une fraction seulement de la linamarine passerait dans l'eau de cuisson. La réduction des cyanures varie si le produit est mis dans l'eau froide (27 °C) ou directement dans l'eau bouillante (100 °C). Après 30 minutes de cuisson, les cyanures ne sont plus, dans le premier cas, que huit pour cent de leur valeur initiale, et dans le second cas environ 30 pour cent (Essers, 1986).

Plusieurs auteurs ont suggéré différents niveaux minimauxpourlatoxicité. Rosling (1987) a exprimé l'opinion qu'une dose de plus de 20 mg pour 100 g de manioc est toxique, tandis que Bolhuis (1954) a établi la dose toxique de 50 à 60 mg par jour pour un adulte européen.

Le tableau 7.1 montre la teneur en HCN de divers produits transformés à base de manioc. Il indique qu'une réduction considérable de la teneur en acide cyanhydrique du manioc cru a eu lieu pendant la transformation. Le trempage dans l'eau améliore la détoxication carles cellules sont décomposées par osmose et fermentation, ce qui facilite l'hydrolyse des glycosides. Un trempage de courte durée (4 heures) n'a pas d'effet, mais s'il se prolonge (de 18 à 24 heures), les quantités de cyanure peuvent baisser de moitié (tableau 7.2). Comprimer le produit est une étape fondamentale dans l'élimination des cyanures solubles.

**Tableau 7.1 Teneur en HCN de divers produits à basa de manioc durant la transformation**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Aliment** | **Etape de la détoxication** | **HCN restant** | |
| **Moyenne (mg/kg)** | **Pourcentage** |
| Mpondu | Feuilles fraîches | 68,6 | 100,0 |
| Feuilles lavées (à l'eau froide) | 63,9 | 93,1 |
| Feuilles séchées | 66,1 | 96,3 |
| Feuilles bouillies (15 mn dans l'eau) | 3,7 | 5,4 |
| Feuilles bouillies (30 mn dans l'eau) | 1,2 | 1,7 |
| Manioc bouilli | Racines fraîches (douces) | 10,7 | 100,0 |
| Racines bouillies (20 mn dans l'eau) | 1,3 | 12,1 |
| Foufou | Racines fraîches (douces et amères) | 111,5 | 100,0 |
| Racines trempées (3 jours) | 19,4 | 17,4 |
| Racines séchées (3 jours) | 15,7 | 14,1 |
| Foufou cru (farine et eau) | 2,5 | 2,2 |
| Foufou cuit | 1,5 | 1,3 |
| Fuku | Racines fraîches (douces) | 25,5 | 100,0 |
| Fuku cru (chauffé) | 4,2 | 16,4 |
| Fuku cuit | 1,2 | 4,7 |
| Gari | Pulpe | 90,1 | 100,0 |
| 24 h de fermentation | 73,2 | 81,2 |
| 48 h de fermentation | 55,3 | 61,3 |
| 48 h de compression | 36.0 | 40,0 |
| Rôtissage | 25,8 | 28,6 |
| Lafun | Pulpe | 16,5 | 100,0 |
| Trempage (5 jours) | 35,9 | 21,8 |
| Trempage (5 jours) + séchage (48 h) | 25,5 | 15,5 |
| Trempage (5 jours) + séchage (96 h) | 19,6 | 11,9 |

Sources: Bourdoux et al., 1982; Oke, 1984.

**TABLEAU 7.2 Effets du trempage sur la teneur en HCN de six racines amères de manioc**

|  |  |
| --- | --- |
| **Durée du trempage (jours)** | **HCN restant (pourcentage)** |
| 0 | 100,0 |
| 1 | 55,0 |
| 2 | 42,3 |
| 3 | 1 9,0 |
| 4 | 1 0,9 |
| 5 | 2,7 |

Source: Bourdoux et al., 1983.

**Pathophyalologie de l'intoxication par le cyanure**

Le cyanure est détoxiqué dans L'organisme par la conversion en thiocyanate, un composé soufré ayant des propriétés goitrigènes. La conversion est catalysée par une enzyme, le thiosulfate de cyanure: la sulfurtransférase (rhodanase), présente dans presque tous les tissus humains, et à un moindre degré par un mercapto-pyruvate, la sulfurtransférase de cyanure, présente dans les globules rouges (Fiedler et Wood, 1956). Les substrats essentiels pour la conversion du cyanure en thiocyanate sont le thiosulfate et 3-mercapto-pyruvate, dérivés principalement de la cystéine, de la cystine et de la méthionine, les acides aminés contenant du soufre. La vitamine B12 sous la forme d'hydroxycolabamine influence vraisemblablement la conversion du cyanure en thiocyanate. L'hydroxy-colabamine augmenterait l 'excrétionparvoie urinaire de thiocyanate chez des animaux expérimentaux ayant ingéré de petites doses de cyanure (Wokes et Picard, 1955; Smith et Duckett, 1965). De 60 à 100 pour cent du cyanure injecté en concentration toxique sont transformés en thiocyanate en l'espace de 20 heures et la transformation enzymatique représente plus de 80 pour cent de la détoxication du cyanure (Wood et Cooley, 1956). Le thiocyanate est largement distribué dans les liquides du corps, y compris la salive, dans laquelle il peut facilement être détecté. Chez l'homme en bonne santé, un équilibre dynamique entre le cyanure et le thiocyanate est maintenu. Un régime pauvre en protéines, particulièrement un régime dans lequel les acides aminés soufrés font défaut peut réduire la capacité de détoxication et rendre ainsi une personne plus vulnérable à l'effet toxique du cyanure (Oke, 1969, 1973). La consommation excessive de manioc, comme source unique d'énergie alimentaire et source principale de protéines, pourrait donc accentuer la sensibilité à la toxicité du cyanure.

**Maladies liées à la toxicité du manioc**

Plusieurs maladies ont été associées aux effets toxiques du manioc. Son rôle a été confirmé dans l'état pathologique de l'intoxication aiguë par le cyanure et dans le goitre. Il existe aussi des signes qui lient deux types de paralysie aux effets combinés d'une dose élevée de cyanure et d'une dose faible de soufre, comme cela peut se produire dans un régime alimentaire dominé par le manioc insuffisamment traité. Dans ces deux maladies, la neuropathie ataxique tropicale et la paralysie spastique épidémique, la paralysie fait suite à un endommagement de la moelle épinière. Le rôle de la toxicité du cyanure dans les diabètes tropicaux et dans la malformation congénitale n'a pas été établi. De même, ses effets bénéfiques supposés sur l'anémie à hématies falciformes, la schistosomiase et les tumeurs malignes sont encore hypothétiques.

***Intoxication aiguë par le cyanure***. Les symptômes apparaissent quatre à six heures après un repas composé de manioc cru ou insuffisamment traité et consistent en des vertiges, vomissements, malaises et entraînent dans certains cas la mort en l'espace d'une heure ou deux. Le traitement est trés efficace et peu onéreux. Il s'agit d'accroître la capacité de détoxication du patient en lui injectant, par piqûre intraveineuse, du thiosulfate qui augmente la quantité de soufre disponible pour la conversion du cyanure en thiocyanate.

***Goitre endémique***. L'ingestion de cyanure présent dans les aliments conduit à sa détoxication dans l'organisme grâce à la production de thiocyanate. Le thiocyanate a la même taille moléculaire que l'iode et intervient sur la dose d'iode par la glande thyroïde (Bourdoux et al., 1978). En cas d'ingestion de quantités importantes de manioc insuffisamment traité, il peut y avoir une surcharge chronique de cyanure conduisant à une élévation du niveau de thiocyanate dans le sérum qui passe à 1-3 mg/100 ml, le niveau normal étant d'environ 0,2 mg/100 ml. Dans de telles conditions, la présence d'une excrétion accrue d'iode et d'une absorption réduite d'iode par la glande thyroïde aboutit à un rapport d'excrétion thiocyanate/iode (SCN/I) faible. Il semble que si ce rapport dépasse trois, le goitre endémique apparaît (Delange, 1983). Ce phénomène ne peut se produire que si la dose d'iode est inférieure à 100 mg par jour. Quand le rapport SCN/I est inférieur à deux, il existe un risque de crétinisme endémique, état caractérisé par une grave arriération mentale et des anomalies neurologiques (Erman et al., 1983).

Des études réalisées au Zaïre ont montré que les habitants d'Ubangi, qui consomment de grandes quantités de manioc séché au soleil mais non fermenté, présentent un rapport SCN/I faible allant de deux à quatre et sont atteints de goitre endémique et de crétinisme. Mais à Kirn, où les habitants mangent de la pâte de manioc fermentée et séchée, le rapport SCN/I passe de trois à cinq et les cas de goitre sont peu fréquents. Dans le bas Zaïre, où l'on consomme des produits à base de manioc convenablement préparés, le rapport SCN/I est supérieur à sept et aucun cas de goitre n'est signalé. Un faible rapport conduit à des quantités anormales de l'hormone stimulant la thyroïde et à de petites quantités de thyroxine (T4). Ayangade et al. (1982) ont constaté que, chez les femmes enceintes, le niveau de thiocyanate dans le sang du cordon était proportionnel à celui du thiocyanate dans le sérum maternel, indiquant que le thiocyanate peut traverser la barrière placentaire et affecter le fcetus.Toutefois, il y a très peu de thiocyanate dans le lait matemel, ce qui indique que les glandes mammaires ne concentrent pas le thiocyanate et les enfants nourris au sein ne sont pas affectés.Quand des suppléments d'iode sont donnés, par exemple, par l'adjonction d'iodure de potassium aux réserves locales de sel, le goitre est réduit malgré une ingestion élevée et continue de produits dérivés du manioc. Là où la ration de sel est modérée ou variable, l'huile iodée, absorbée par voie orale, fournit une protection pour un ou deux ans. Dans la jungle amazonienne, certains indigènes consomment jusqu'à I kg de manioc frais cuit par jour et jusqu'à trois litres de bière de manioc fermenté, mais on n'a pas signalé de cas de goitre ou de neuropathie ataxique. Ces tribus consomment aussi d'énormes quantités de protéines animales et de protéines de poisson et trouvent ainsi dans leur alimentation un apport important d'acides aminés soufrés et d'iode.

**Troubles neurologiques**

L'apport de cyanure dérivant d'un régime alimentaire où le manioc domine serait un facteur contribuant à deux formes de neuropathie d'origine nutritionnelle, qui sont la neuropathie ataxique tropicale au Nigéria (Osuntokun, 1981) et la paralysie spastique épidémique (Cliff et al., 1984). Ces troubles existent aussi dans certaines régions de Tanzanie et du Zaïre où l'on cultive du manioc.

***Neuropathie ataxique tropicale***. Cette maladie est fréquente dans une zone du Nigéria où la population consomme de très grandes quantités de manioc, sans ingérer suffisamment d'aliments supplémentaires riches en protéines aptes à assurer un apport approprié d'acides aminés soufrés pour la détoxication du cyanure ingéré. Le produit à base de manioc consommé, appelé purupuru, est préparé sans fermentation suffisante du manioc, ce qui laisse un résidu de cyanure pouvant atteindre 0,10 M mole/g. Chaque jour, 2 kg de cette denrée sont consommés, ce qui correspond à l'ingestion de quelque 50 mg de cyanure. La dose toxique pour un adulte est d'environ 60 mg. Le cadre clinique est dominé par le dommage causé à un desnerfs sensoriels dans la moelle épinière, qui entraîne une démarche titubante appelée ataxie.

Quand les patients arrivent à l'hôpital, ils ont un taux élevé de thiocyanate dans le plasma. Au moment de leur admission, on leur fait suivre un régime d'hôpital très nutritif qui comprend du manioc seulement deux fois par semaine. En peu de temps, le taux de thiocyanate dans le plasma est réduit à un niveau normal, et les patients guérissent. Cependant, à la sortie de l'hôpital, ils reprennent leur régime précèdent à base de manioc et les symptômes réapparaissent (Osuntokun, 1968).

Tous les cas signalés sont originaires de la région où l'on cultive et consomme de grandes quantités de manioc, aucun cas n'étant signalé dans les zones voisines où l'igname domine. Un changement dans le régime de la population à risque, au Nigéria, a réduit la fréquence de cette maladie.

***Paralysie spastigue épidémique***. C'est une situation de dépendance vis-àvis de variétés très toxiques de manioc cultivé pour la sécurité alimentaire (Cliff et al., 1984). Dans certaines régions du Mozambique, une variété amère toxique de manioc est souvent plantée comme réserve alimentaire à cause de son rendement élevé. Le manioc constituant à peu près 80 pour cent du régime, on le prépare selon une méthode classique qui rend sa consommation non dangereuse. Le manioc, qui contient environ 327 mg de HCN/kg est épluché, coupé en rondelles et seché au soleil pendant trois semaines environ, jusqu'à ce que le niveau du cyanure tombe à quelque 95 mg/kg. On le réduit alors en farine à laquelle on ajoute de l'eau chaude pour former une pâte appelée chima. On mange généralement cette pâte accompagnée de haricots, de poisson ou de légumes, pour constituer un repas bien équilibré.

Pendant une période de sécheresse prolongée, toutes les cultures vivrières de cette zone ont été perdues à l'exception de la variété toxique de manioc. Les magasins d'alimentation ont été dévalisés et de nombreuses familles n'ont pas eu d'autre choix que de se nourrir du manioc toxique. Le temps consacré normalement à la préparation a été réduit par I'urgence, et il n'y a pas eu de détoxication appropriée. Les habitants le savaient, mais c'était peur eux la seule chance de survie. En mangeant du chima mal préparé, sans leur complément habituel d'aliments en protéines, ils se sont plaints que son goût était plus amer qu'à l'accoutumée. Après quatre à six heures, ils ont eu des nausées, des vertiges et des troubles divers. Les malades présentaient un niveau élevé de thiocyanate dans le sérum et une excrétion dethiocyanate dans l'urine environ 10 fois supérieure à celle des groupes qui ne mangent pas de manioc au Mozambique. Une apparition soudaine de nombreux cas de paralysie spastique survint alors, indiquant une épidémie très étendue. Cette maladie affecte principalement les femmes et les enfants. Elle endommage les nerfs de la moelle épinière qui commandent les mouvements et cause ainsi une paralysie spastique des deux jambes (Rosling, 1987). De nouveaux cas ont été signalés durant la saison sèche dans deux régions du Zaïre (Nkamany et Kayinge, 1982) et lors des sécheresses dans une région du Mozambique (Cliff et al., 1984) et une région de Tanzanie (Howlett, 1985).

Durant ces périodes de sécheresse, environ 500 g de manioc séché, soit 1,5 kg en poids de matière fraîche, sont consommés chaque jour, représentant un apport de 1 500 kcal et 50 mg de cyanure par jour. Ce niveau se rapproche du niveau toxique de 60 mg. L'organisme peut sans danger détoxiquer à peu prés 20 mg de cyanure par jour, mais si ce niveau augmente pour atteindre 30 mg, des symptômes d'intoxication aiguë apparaissent chez la plupart des consommateurs, et commence alors l'épidémie. S'il se trouve une période durant laquelle coïncident une ration abondante de manioc et une faible ingestion d'aliments riches en protéines aptes à fournir des amino-acides soufrés pour la détoxication, cette combinaison précipite l'apparition de la maladie. La situation peut être comparée à l'épidémie de lathyrisme qui a affecté certaines régions d'Inde touchées par la sécheresse à cause de la forte consommation d'un pois résistant à la sécheresse, Lathyrus sativa.

**Production d'aliments à faible teneur en cyanure**

La mise au point d'une méthode plus précise pour la détermination de la teneur en cyanure des aliments par Cooke (1978), ainsi qu'une étude en profondeur de certains aliments traditionnels à base de manioc, a permis de mieux comprendre le mécanisme de détoxication du cyanure dans les aliments et de formuler de meilleures recommandations pour la transformation du manioc.

Le cyanure est présent dans le manioc et ses dérivés sous deux formes, la forme glucosidique, qui est la linamarine elle-même, et la forme non glucosidique ou forme liée qui est la cyanohydrine. Dans des conditions normales d'hydrolyse, quand la linamarase réagit avec la linamarine, elle est hydrolysée en cyanohydrine qui, en se décomposant, donne de l'acétone et de l'acide cyanhydrique. Toutefois, en milieu acide (pH 4 ou moins), qui tend à se créer dans certaines fermentations lactiques du manioc, la décomposition de la cyanohydrine est bloquée et il devient stable. Il est relativement facile de se débarrasser du cyanure libre, qui est présent dans la proportion d'environ 10 pour cent dans le manioc épluché et frais, notamment en solution, mais le cyanure non glucosidique peut être très lentement hydrolysé et aboutir à un résidu de cyanure important dans les dérivés du manioc. Ainsi, faire sécher des cassettes de manioc dans un four à l'air à 47 °C et à 60 °C provoque une baisse de la teneur en cyanure lié de 25 à 30 pour cent, alors qu'avec un séchage plus rapide à 80 °C ou 100 °C, la réduction du cyanure lié n'a été que de 10 à 15 pour cent. Cependant, les pertes de cyanure libre ont été respectivement de 80 à 85 pour cent et de 95 pour cent (Cooke et Maduagwu, 1978). Le séchage entraîne une augmentation apparente de la concentration du cyanure due à la perte d'eau (Bourdoux et al., 1983). Plus le séchage est long, plus la perte d'eau est importante. Environ 14 pour cent de l'eau peuvent être éliminés le premier jour, et jusqu'à 70 pour cent après huit jours. Cela conduit à une augmentation de la concentration de cyanure qui passe de 70 mg/kg le premier jour à 91 mg/ kg après huit jours.

Le trempage dans l'eau à 30 °C, l'ébullition ou la cuisson éliminent le cyanure libre, mais seulement 55 pour cent environ du cyanure lié est libéré après 25 minutes. Cependant, le cyanure lié est éliminé par un trempage prolongé au début de la fermentation (tableau 7.2), sous l'action de la linamarase qui est libérée par la désintégration des tissus tubéreux. Si l'on ajoute de l'eau, la plus grande partie du cyanure est éliminée. Meuser et Smolnik (1980) ont pu améliorer la production de gari en lavant la pulpe après fermentation pour enlever le résidu de cyanure lié qui était encore présent sous forme de cyanohydrine à cause de sa plus grande stabilité en milieu plus acide.

**Tableau 7.3 Effet du séchage sur la teneur en HCN du manioc**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Technique de séchage** |  | **HCN (ppm)** |
| Lyophilisabon | Pulpe | 439 |
| Séchage ultra-rapide | Rondelles | 432 |
| Séchage à l'air 40°C | Cossettes, pulpe | 13 |
| Séchage à l'air chaud 180°C | Cossettes | 14 |
|  | Pulpe fermentée | 77 |
| Séchage au tambour | Pulpe | 8 |
|  | Pulpe fermentée | 121 |
| HCN dans la pulpe | Libre et lié | 900 |

Source: Meuser & Smolnik. 1980.

Le résultat de différentes techniques de séchage est présenté au tableau 7.3. La lyophilisation ou le séchage ultra-rapide ont éliminé seulement le cyanure libre, qui représentait environ 50 pour cent de la totalité du cyanure présent. Le séchage aux cylindres de la pulpe fraîche à un pH de 5,5 à 5,7 a éliminé pratiquement tout le cyanure, alors que si la pulpe fermentée était séchée sur des cylindres ou des tambours, de grandes quantités de cyanure restaient dans le produit séché à cause du degré d'acidité (pH 3,8) de la pulpe fermentée. Dans la détoxication des produits à base de manioc, la fermentation est plus efficace quand la pulpe acide est comprimée et lavée. Le résidu de cyanure peut encore être réduit par le séchage au soleil ou la friture. Cela a été confirmé par Hahn (1983) comme l'indique la figure 7.1. Dans les préparations traditionnelles de divers produits dérivés du manioc, il peut y avoir des résidus de cyanure à cause d'une désintégration insuffisante des tissus durant la transformation et d'un lavage insuffisant.. C'est le résidu de cyanure qui est responsable de la toxicité. Certaines de ces préparations ont été simulées en laboratoire et modifiées afin d'abaisser les niveaux de cyanure (Bourdoux et al., 1983).

**La patate**

La patate contient de la raffinose, un des sucres responsables de la flatulence. Trois parmi les sucres présents dans les tissus végétaux, la raffinose, la stachyose et la verbascose ne sont pas digérés dans la partie supérieure du tube digestif, et ainsi fermentent sous l'action des bactéries du colon produisant des gaz intestinaux, de l'hydrogène et du gaz carbonique. La quantité de raffinose présente dépend du cultiver. Dans certaines contrées d'Afrique, les cultivars utilisés sont considérés comme trop doux et provoquent la flatulence (Palmer, 1982). Lin et Chen (1985) ont établi que la patate présente une activité de l'inhibiteur de trypsine allant d'une inhibition de 90 pour cent dans certaines variétés à 20 pour cent dans d'autres. Il existe une corrélation significative entre la teneur en inhibiteur de trypsine et la teneur en protéines de la variété de patate. Quand on chauffe pendant quelques minutes à 90 °C, les inhibiteurs de trypsine deviennent inactifs. Lawrence et Walker (1976) ont considéré l'activité de l'inhibiteur de trypsine dans la patate comme un facteur contribuant à la maladie *Enteritis necroticans*. Cette conclusion semble douteuse car la patate n'est généralement pas consommée crue et l'activité de l'inhibiteur de trypsine est détruite par la chaleur.

A la suite d'une blessure ou d'une exposition à des agents infectieux, en réaction à une stimulation physiologique ou à cause de l'exposition d'un tissu blessé à la contamination fongique, la patate produit des métabolites. Certains de ces composés, en particulier les furano-terpanoides, sont connus pour être toxiques (Uritani, 1967). La contamination fongique des tubercules de patate par *Ceratocystis fimbriata* et plusieurs espèces de *Fusarium* conduit à la production d'ipomoeamarone, une hépatotoxine, alors que d'autres métabolites comme 4-ipoméanol sont des toxines pulmonaires. La cuisson au four ne détruit que 40 pour cent de ces toxines. Catalano et al., (1977) ont signalé qu'il suffit d'éplucher les patates meurtries sur 3 à 10 rnm autour de la zone affectée pour éliminer presque toutes les toxines.

**La pomme de terre**

La pomme de terre contient les glycoalcaloides alpha-solanine et alphachaconine (Maga, 1980), concentrés principalement dans les fleurs et les germes (200-500 mg/100 g.). Dans les tubercules de pomme de terre sains, la concentration de glycoalcaloïdes est habituellement inférieure à 10 mg/ 100 g et elle diminue normalement avec l'épluchage (Wood et Young, 1974; Bushway et al., 1983). Dans les variétés amères, la concentration d'alcaloïdes peut atteindre 80 mg/100 g dans le tubercule entier et 150 à 220 mg/100g dans la peau. La présence de ces glycoalcaloïdes est imperceptible aux papilles gustatives à moins que la concentration n'atteigne 20 mg/100 g quand le goût est amer. A de plus fortes concentrations, ils causent une sensation de brûlure persistante comme le piment rouge. A ces degrés de concentration, la solanine et d'autres glycoalcaloïdes sont toxiques. Us ne sont pas détruits durant la cuisson normale car la température de décomposition de la solanine est d'environ 243 °C.

La teneur en glycoalcaloïdes peut augmenter dans les pommes de terre exposées à une lumière vive pendant de longues périodes, ou à la suite de meurtrissures produites au moment de la récolte ou au cours de la manipulation après-récolte et de l'entreposage à des températures inférieures à 10 °C (Jadhav et Salunkhe, 1975). Les glycoalcaloïdes sont des inhibiteurs de cholinestérase et causent des accidents hémorragiques dans le tractus gastro-intestinal et dans la rétine (Ahmed, 1982). L'empoisonnement par la solanine rend très malade mais n'entraîne que rarement la mort (Jadhav et Salunkhe, 1975).

La pomme de terre contient également des inhibiteurs de protéinase qui représentent une défense efficace contre les insectes et les micro-organismes mais ne posent pas de problèmes à l'homme car ils sont détruits par la chaleur. Des lectines et des hémoglutélines sont aussi présentes dans la pomme de terre. Ces toxines sont capables d'agglutiner les érythrocytes de plusieurs espèces de mammifères dont l'homme (Goldstein et Hayes, 1978), mais cet effet n'a guère d'importance du point de vue nutritionnel puisque les hémoglutélines sont également détruites par la chaleur, et qu'en règle générale on fait cuire les pommes de terre avant de les manger.

**Le taro**

La forte teneur en cristaux d'oxalate de calcium - environ 780 mg pour 100 g - dans certaines espèces de taro, Colocasia et Xanthosoma, expliquerait en partie le goût âcre de ce végétal et l'irritation qu'il provoque. L'oxalate tend aussi à précipiter le calcium et à le rendre inassimilable par l'organisme. Oke (1967) a analysé en détail le rôle de l'oxalate dans la nutrition, y compris son rôle éventuel dans l'oxalurie et la lithiase rénale. L'âcreté des cultivars de taro à forte teneur en oxalate peut être réduite par l'épluchage, le râpage, le trempage et la termentation durant la transformation.

L'âcreté est due aussi aux enzymes protéolytiques comme dans les venins de serpent. On a tenté d'isoler ces enzymes du taro, *Colocasia esculenta*, et le composant principal a été appelé «taroine» par Pena et Pardales (1984).

**Bananes et plantains**

Les bananes et les plantains ne contiennent pas une quantité importante de principes toxiques, mais renferment de la sérotonine, de la dopamine et d'autres amines biogènes en fortes concentrations. La dopamine est responsable du bruissement enzymatique de la banane coupée en rondelles. L'ingestion de grandes quantités de sérotonine présente dans les plantains a été associée à l'étiologie de la fibrose endomyocardique (Foy et Parratt, 1960). Toutefois, Ojo (1969) a montré que la sérotonine est rapidement éliminée du plasma circulant et ainsi ne contribue pas à des concentrations élevées d'amines biogènes chez les Nigérians en bonne santé. Shaper (1967) a confirmé qu'il n'y a pas suffisamment de preuves pour considérer sa concentration dans les plantains comme un facteur dans l'étiologie de la fibrose endomyocardique.

**L'igname**

L'igname comestible, arrivée à maturité et cultivée ne contient pas de principes toxiques. Cependant, des principes amers tendent à s'accumuler dans les tissus des tubercules encore verts de *Dioscorea rotundata* et de D. *cayenensis*. Il peut s'agir de polyphénols ou de composés semblables au tanin (Coursey, 1983). Certaines espèces sauvages de D. *dumetorum* contiennent des principes amers, d'où leur nom d'ignames amères. Normalement, on ne les mange pas, sauf pendant les disettes. On les détoxique généralement en les faisant tremper dans un récipient d'eau salée, dans de l'eau douce chaude ou froide ou encore dans un ruisseau. Le principe amer est l'alcaloïde dihydrodioscorine, tandis que celui de l'espéce malaise D. *hispida* est la dioscorine (Bevan et Hirst, 1958). Ce sont des alcaloïdes hydrosolubles qui, lorsqu'ils sont ingérés, provoquent des symptômes sérieux et pénibles (Coursey, 1967). Des cas graves d'intoxication par les alcaloïdes peuvent être mortels. On n'a pas signalé la présence d'alcaloïdes dans les variétés cultivées de D. *dumetorum*.

*Dioscorea bulbifera* est appelée igname bulbifére ou pomme en l'air, et serait originaire d'un centre indo-malais. En Asie, on a recours aux méthodes de détoxication, extraction par l'eau, fermentation et rôtissage du tubercule râpé pour les cultivars amers de cette igname. Les principes amers de D. *bulbifera* comprennent un 3-furanoside norditerpène appelé diosbulbine. Ces substances sont toxiques et à l'origine d'une paralysie. Les pécheurs utilisent quelquefois des extraits pour immobiliser les poissons et les prendreplusfacilement. La toxicité est aussi parfois causée parles saponines présentes dans l'extrait. Les Zoulous utilisent cette igname comme appât pour les singes et les chasseurs malais l'emploient pour empoisonner les tigres. En Indonésie, un extrait de D. bulbifera sert à préparer un poison pour les flèches (Coursey, 1967).

**Le phytate**

Le phytate est une substance de réserve de phosphore que l'on trouve dans les graines des végétaux et dans bon nombre de racines et tubercules (Dipak et Mukherjee, 1986). L'acide phytique a la capacité de lier le calcium, le zinc, le fer et d'autres minéraux et réduit de ce fait leur assimilabilité dans l'organisme (Davis et Olpin, 1979; O'Dell et Savage, 1960). En outre, la formation complexe de l'acide phytique avec des protéines peut inhiber la digestion enzymatique de la protéine (Singh et Krikorian, 1982). Les carences en fer et en zinc se produisent chez les populations qui vivent de pain complet sans levain pour les quelles il représente la principale source de ces minéraux. Les carences ont été attribuées à la présence de phytates.

Récemment, Marfo et Oke (1988) ont montré que le manioc, le taro et l'igname contiennent respectivement 624 mg, 855 mg et 637 mg de phytate pour 100 g (tableau 7.4). La fermentation réduit la quantité de phytate respectivement de 88 pour cent, 98 pour cent et 68 pour cent, la réduction étant rapide pendant 48 heures mais très lente après 72 heures de transformation. Ainsi, la transformation en aliments fermentés réduira suffisamment la teneur en phytate des plantes-racines pour annuler son effet négatif. La perte de phytate en cours de fermentation est due à la phytase, enzyme naturellement présente dans les tubercules ou sécrétée par des micro-organismes de fermentation. La transformation en nbo ou en kokonte entraîne la perte de 18 pour cent seulement de phytate dans le manioc et de 30 pour cent dans le taro et l'igname (tableau 7.5). Le séchage au four réduit très peu la teneur en phytate par rapport à la fermentation. De même la cuisson a un effet sensible, aboutissant à une diminution du phytate de 62 pour cent, 65 pour cent et 68 pour cent respectivement dans l'igname, le taro et le manioc.

**Tableau 7.4 Teneur en phytate de quelques tubercules non fermentés et fermentés (mg/g)**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Echantillon** | **Farine non fermentée** | **Farines fermentées** | | | | **Perte de phytate** |
|  |  | (24 h) | (48 h) | (72 h) | (96 h) | (%)1 |
| Manioc | 624 | 116 | 99 | 90 | 70 | 88,7 |
| Taro | 855 | 180 | 28 | 13 | 13 | 98,4 |
| Igname | 637 | 394 | 296 | 222 | 211 | 66,8 |

1La peste de phytate (en pourcentage) est la diminution du phytate après une fermentation de 96 heures exprimée en pourcentage de 1e teneur totale en phytate Source: Marfo & Oke, 1988.

**Tableau 7.5 Effet de la transformation sur le phytate dans le manioc, le taro et l'igname**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Produit frais et non transformé** | **Produit coupé en  tranches et cuit (ampesi)** | **Farine  cuite formant une pâte (tuo,  kokonte)** | **Poudre granuleuse séchée (gari)** | **Gari en pâte (éba)** | **Foufou (cuit et pilé)** |
| Manioc | 624 | 196 | 411 | 70 | 55 | 188 |
| Perte de phytate (%)1 |  | | | | | |
| - | 68,5 | 18,1 | 86,0 | 89,0 | 69,8 |
| Taro | 855 | 302 | 592 | 9 | 8 | 281 |
| Perte de phytate (%)' |  | | | | | |
| - | 64,6 | 30,7 | 98,9 | 99,0 | 67,1 |
| Ignarne | 637 | 239 | 412 | 188 | 179 | 209 |
| Perte de phytate (%)' |  | | | | | |
| - | 62,4 | 30,8 | 70,4 | 71,8 | 67,1 |

1La perte de phytate (en pourcentage) est la diminuition du phytate provoquée par chaque méthode de transformation exprimée en pourcentage de la teneur totale en phytate. Source: Marfo & Oke, 1988.

**Chapitre 8: Perspectives nouvelles de la production et de l'utilisation**

Ce chapitre étudie les possibilités d'élargir l'utilisation des plantes-racines dans l'agro-industrie. Le sucœs des efforts déployés pour accroître la production de racines tropicales et promouvoir leur emploi dans l'alimentation dépendra de la demande commerciale. Les agriculteurs ne seront pas encouragés à produire un excèdent commercialisable si cela provoque un encombrement du marché, des rebuts et une baisse des prix. Les responsables politiques devraient non seulement favoriser des lignes d'action visant à accroître la consommation des racines comme aliments pour l'homme et les animaux, mais aussi apporter un appui aux activités de recherche qui étendront leur utilisation. Il faudrait mener des efforts pour lancer de nouvelles techniques faciles à utiliser par les ruraux, afin de produire une gamme d'aliments transformés à base de racines. Cette stratégie créera des emplois et relèvera les revenus en zones rurales. En stimulant la demande, on encouragera les agriculteurs à produire plus de racines qui pourront être transformées en aliments pour animaux ou utilisées dans l'industrie. La demande peut être stimulée par le développement dans les trois grands domaines suivants:

* déshydratation commerciale des racines pour la production de flocons et de farines qui serviront à fabriquer d'autres produits alimentaires;
* utilisation des racines comme matières premières industrielles;
* utilisation des racines dans l'alimentation animale.

**Déshydratation commerciale des plantes-racines et leur emploi**

La déshydratation consiste à passer à l'eau les racines épluchées pour enlever l'excès d'amidon, puis à les couper en tranches, les blanchir, les écraser en purée et les sécher. L'épluchage peut être effectué par immersion dans une solution alcaline à 10 pour œnt ou par cuisson à la vapeur à de hautes températures (150 °C) pendant peu de temps.

Le sécheur, qui peut être un échangeur de chaleur ou un sécheur à tambour, sera alimenté par des déchets agricoles comme des coques de noix de coco, qui sont abondantes et à bon marché en Asie du Sud-Est. Cela réduit le taux d'humidité, qui passe de 70 à 12 pour cent. Une meilleure conservation des plantes-racines accroîtra leur assimilabilité et réduira les pertes après récolte. Le produit séché prend moins de place à l'entreposage et se conserve plus longtemps. Il est facile de le reconstituer et de le préparer pour la consommation, facteur particulièrement important pour les consommateurs urbains. La farine composée, dont celle d'igname, est utilisée dans des produits extrudés comme les nouilles et les macaronis. On pourrait avoir recours à des proœdés similaires pour la fabrication de produits à base de farine à partir d'autres plantes-racines.

Ainsi transformées, les racines trouveront des utilisations plus nombreuses. La farine servira à la préparation de mélanges alimentaires pour nourrissons et de farine composée pour la panification. Les activités de recherche et de développement sur la farine composée utilisant des plantes-racines et d'autres produits locaux ont fait de très grands progrés en Colombie. Sur la base des premières recherches menées en 1971-1972, on a conclu que si les farines de riz et de mais sont préférables comme composants autres que le blé dans la préparation des farines composées, la farine et la fécule de manioc offrent aussi de bonnes possibilités techniques. Les activités pilotes ont démontré qu'il est possible de fabriquer du pain sur une échelle commerciale avec de la farine de blé contenant jusqu'à 30 pour cent de constituants autres que le blé. Mais l'introduction massive de ces farines nécessite un effort concerté des secteurs public et privé pour que des matières premières autres que le blé soient disponibles en grandes quantités et à des prix intéressants. Une augmentation de la production de manioc et une baisse des prix sont indispensables pour que la farine composée soit économiquement intéressante pour les meuniers et les consommateurs (Goering, 1979).

La fabrication du pain avec de la farine composée à base de produits locaux - réduirait le coût en devises du blé importé. Ce coût est particulièrement élevé aux Philippines où une usine a été implantée pour transformer chaque jour 5 000 kg de patates fraîches en farine. Le pain à partir de cette farine contiendra davantage de calories, de vitamine A et de lysine que le pain de froment et permettra de garder des devises. S'il peut être vendu à un prix réduit, il contribuera à l'amélioration de l'état nutritionnel de la population. Taylor (1982) a estimé que les profits en espèces revenant aux agriculteurs producteurs de matières premières pour cette usine pourraient considérablement augmenter avec un marché garanti. Le marché étant garanti et la culture financée, la promotion de la patate comme culture de rapport sera plus facilement acceptée.

Les racines fraîches sont rarement exportées en grandes quantités à cause de leur forte teneur en eau et de leur nature périssable. Le taro est exporté en petites quantités de Fidji, du Samoa-Occidental, des Tonga et des îles Cook vers les Etats-Unis, la Nouvelle-Zélande et l'Australie pour les Polynésiens et les Mélanésiens immigrés. Des ignames sont aussi exportées d'Amérique latine et d'Afrique pour les immigrés d'Europe, mais il s'agit de faibles quantités et les prix en sont élevés.

**Utilisation des racines comme matières premières industrielles**

Presque toutes les fécules produites dans le monde sont extraites soit des céréales (mais, sorgho, blé, riz), soit des principales plantes-racines (pomme de terre, patate, manioc, arrow-root) ou encore de la moelle du sagoutier. Si les fécules tirées de ces divers végétaux varient légèrement dans leurs propriétés physiques et chimiques, elles peuvent être substituées l'une à l'autre pour toute une gamme d'emplois finals. La fécule de manioc peut concurrencer d'autres fécules et les prix relatifs, la qualité et la régularité des approvisionnements sont des facteurs fondamentaux dans la détermination des parts de marché (Goering, 1979).

Les racines de manioc peuvent être tranformées en fécule commerciale pour l'emploi dans l'industrie alimentaire, l'industrie textile et celle du papier. En tant que denrée alimentaire, la fécule peut être hydrolysée par les acides et les enzymes en dextrines et sirops de glucose, mais la fécule de mais est souvent offerte à meilleur marché pour ces utilisations. La saveur douce de la fécule de manioc, sa faible teneur en amylose, sa tendance à ne pas régresser, son excellente résistance à la congélation-décongélation répétées la rendent bien adaptée à l'industrie alimentaire. Une modification simple de la fécule de manioc par liaison transversale, ou l'emploi de mélanges fécule de maïs/manioc en font un produit idéal pour la préparation de nombreux aliments prêts à consommer. La fécule extraite du taro a été recommandée comme diluant dans l'industrie chimique et pharmaceutique, et comme agent porteur dans la fabrication de cosmétiques comme la poudre de riz. Son grain est semblable à celui de l'amidon de riz qui est couramment utilisé à ces fins.

La fécule de manioc est fabriquée en Thaïlande, au Brésil et en Malaisie et exportée principalement au Japon et aux Etats-Unis. En 1975, les exportations avaient atteint environ 100 000 tonnes par an, pour une valeur de quelque 30 millions de dollars des Etats-Unis, la Thaïlande contrôlant à peu prés 50 pour cent du marché. En Thaïlande des féculeries de différentes dimensions ont été implantées, parmi lesquelles une soixantaine de petites unités pouvant traiter chacune 2 à 3 tonnes d'amidon par jour, un nombre égal d'usines modernes produisant 30 à 60 tonnes par jour et quelques grandes usines dont la capacité atteint 100 à 150 tonnes par jour. Au total, la production annuelle de ces fabriques s'élève à environ 800 000 tonnes, dont 700 000 sont produites dans des établissements modernes. En Thaïlande, une grande proportion de la fécule de manioc produite peut être utilisée par les industries locales, et le reste est exporté vers d'autres pays qui possèdent des industries textiles.

Dans plusieurs pays, l'industrie traditionnelle de la fécule approvisionne les utilisateurs locaux et constitue un marché d'accès facile pour les petits agriculteurs producteurs de racines tropicales. Elle fournit aussi de nombreux emplois non agricoles. Les usines sont généralement de petite taille (une tonne de racines brutes traitées par heure), sont équipées d'un matériel fabrique localement et ont recours à des procédés de sédimentation rudimentaires qui fournissent un produit de qualité variable. Cette industrie locale a souvent du mal à rivaliser avec les grandes usines semiautomatisées (traitant jusqu'à 20 tonnes par heure) ou avec des usines utilisant comme matière première des céréales, parfois impotées à bas prix. Si l'on considéré que c'est normalement l'industrie des granulés qui fixe les prix des racines de manioc, il n'est guère possible de baisser le prix de la fécule pour rendre les exportations plus compétitives. La capacité excédentaire de l'industrie de la fécule en Thaïlande place le pays en bonne position pour couvrir les besoins de tous les nouveaux marchés à travers le monde. L'exportation éventuelle de fécule de racines est moins attrayante pour d'autres pays en développement qui ne se sont pas encore établis sur le marché (Goering, 1979).

La fécule peut être hydrolysée en glucose et utilisée comme édulcorant. Les fécules provenant des plantes-racines sont souvent plus chères que celles tirées de céréales comme le riz ou le mais. L'augmentation de la production pourrait réduire les coûts de la fécule de racines et la rendre plus compétitive. La figure 8.1 présente sous forme de diagramme un exemple de système agro-industriel pour l'utilisation du manioc.

La fermentation de la levure de l'extrait de fécule hydrolysée de manioc ou d'autres végétaux donne un bon rendement d'alcool éthylique absolu, qui peut servir de diluant, mélangé (jusqu'à 20 pour cent) à des combustibles à base de pétrole, sans endommager le carburateur des moteurs à essence. Le Brésil a lancé le Programme national alcool en 1975 pour produire de l'alcool éthylique à partir de matières premières agricoles, principalement la canne à sucre. La technique est maintenant bien au point et la production a commencé. Le coefficient de conversion fécule/alcool est de 1,76 kg de fécule pour un litre d'alcool. La canne à sucre est la plante qui fournit le plus d'énergie pour la production d'alcool, mais on emploie de plus en plus la fécule de manioc carelle peutêtre produite dans des conditions ne convenant pas à la canne à sucre. On a estimé le coût pour la production à partir du manioc à 0,57 dollar par gallon en 1978. Au Brésil, PETROBRAS a été le premier à installer à titre d'essai une grande usine pour fabriquer de l'alcool à partir du manioc, avec une capacité de production à plein régime de 60 000 litres par jour. Les premiers résultats ont été compromis par l'insuffisance de la matière première et les prix élevés des racines de manioc par rapport au prix de l'essence fixé par le gouvernement. Lors des premiers essais, 30 000 litres d'alcool ont été produits pour la spécification. Doubler le rendement du manioc rendrait le procédé plus économique. Cela conduirait à une production accrue de manioc et à son emploi comme source d'énergie renouvelable (Hammond, 1977).

[**Figure 8.1 Systéme agro-industriel pour le manioc**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0e.gif)

Des plans sont à l'étude en Indonésie pour la mise en place de plusieurs fabriques d'alcool commercial à base des matières premières provenant de la patate, du manioc et de la canne à sucre. Une attention particulière sera accordée à la production de patates car elles sont récoltées deux fois par an tandis que le manioc ne l'est qu'une seule fois (Yang, 1982). Avec les marchés garantis, les agriculteurs sont encouragés à produire davantage de racines.

La fermentation de fécules commerciales avec *Clostridium acetobutylicam* rend environ 30 pour cent du poids sec de fécule des solvants mélangés composés de butanol, d'acétone et d'alcool éthylique, dont on peut tirer des produits purs par distillation. Un procédé utilisant des cultivars de manioc à haut rendement comme source de fécule pourrait être financièrement intéressant.

Certaines plantes-racines ont un très grand potentiel pharmaceutique qui n'a pas encore été exploité dans les pays en développement. L'igname contient des sapogénines stéroïdiennes qui sont de bons amorceurs pour la préparation de la cortisone et de médicaments dérivés. Au Mexique, différentes espèces sauvages de *Dioscorea*, notamment D. *mexicana*, contiennent de bonnes quantités de sapogénines, renfermant un pourcentage élevé de la matière sèche, et elles peuvent être transformées en progestérones intermédiaires. D'autres espèces sont de bonnes sources de diosgénine, amorceur pour la fabrication de corticostéroïdes. Les contraceptifs oraux à base de progestérone sont maintenant largement utilisés pour le contrôle des naissances dans plusieurs pays tropicaux. On pourrait les fabriquer dans ces pays avec les matières locales. Cette possibilité a fait l'objet d'une étude approfondie par Oke (1972).

Certaines espèces de *Dioscorea* cultivées en Asie du Sud-Est contiennent des saponines toxiques. Les autochtones en font un shampoing médicinal qu'ils utilisent pour éliminer les poux. On s'en sert aussi pour fabriquer une poudre insecticide, ayant le même effet que la poudre de derris, employée pour détruire les parasites du riz dans les rizières en Malaisie. D. *cirrhosa* renferme suffisamment de tanin pour trouver un usage commercial. Certains cultivars de D. alata contiennent de 6 à 38 pour cent de tanin qui est utilisé en Asie du Sud-Est pour tanner les filets de pêche et à Taiwan pour tanner le cuir, auquel il donne une couleur rouge (Coursey, 1967).

Un grand nombre d'usages médicaux traditionnels de certaines espèces de *Dioscorea* parmi les populations africaines, chinoises et asiatiques ont été découverts par tâtonnements. Les Zoulous utilisent un extrait de D. *sylvatica* pour le traitement des troubles utérins et mammaires chez les bovins. Il faut poursuivre les travaux de recherche dans ce domaine. Mis à pan l'aspect théorique, les applications pratiques en pharmacie et en médecine pourraient avoir une portée considérable comme dans le cas de la racine de sénéga, *Rauwolfia serpentina Beuth*. Celle-ci a été employée pendant des années dans la médecine traditionnelle indienne. Elle contient de la réserpine dont la médecine moderne fait un large emploi.

**Utilisation des racines dans l'alimentation animale**

Un facteur limitant le développement des productions animales dans de nombreux pays en développement est le coût de l'importation des aliments pour animaux, qui augmente considérablement à cause des variations dans les taux de change des monnaies locales par rapport aux marchés internationaux. Les coûts de ces aliments ayant augmenté, les produits d'origine animale sont devenus très chers. S'il était possible de remplacer une partie des aliments par des racines comme le manioc, une partie de la ration de mais pourrait servir à l'alimentation humaine. Le tableau 8.1 compare la valeur nutritive de différents produits dérivés du manioc avec le sorgho et le mais, comme composants d'aliments pour animaux. La racine de manioc se caractérise par une faible teneur en protéines et en fibres et une forte teneur en glucides solubles (grande digestibilité). Les bouts, les tiges et les feuilles du manioc peuvent aussi servir pour l'alimentation animale et sont relativement riches en protéines utilisables.

Au Canada, le Centre de recherches pour le développement international a financé une série d'études sur l'emploi du manioc comme aliment pour animaux. Sur la base des résultats obtenus, il est recommandé de remplacer le mais par du manioc dans les rations équilibrées données aux porcs, dans des proportions allant jusqu'à 40 pour cent, sans effet nuisible, et dans la proportion de 30 pour cent dans les rations des volailles.

**Tableau 8.1 Comparaison de la valeur nutritive de différents produits à base de racines de manioc avec celle du sorgho et du mals (en pourcentage)**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Cossettes de  manioc** | **Farine de  manioc** | **Résidus de  manioc (frais)** | **Fécule de  manioc** | **Sorgho** | **Maïs (moulu)** |
| **A I'état frais** | | | | | | |
| Humidité | 11,7 | 11,2 | 80,0 | 14,9 | 11,9 | 18,4 |
| Protéines brutes | 1,9 | 2,6 | 0,4 | 0,3 | 7,8 | 9,4 |
| Fibres brutes | 8,0 | 8,6 | 1,6 | 0,1 | 2,0 | 1,9 |
| Glucides solubles | 80,5 | 78,9 | 17,6 | 84,4 | 74,6 | 70,1 |
| Extrait d'éther | 0,72 | 0,55 | 0,10 | 0,10 | 2,32 | 8,e4 |
| Cendres | 2,17 | 6,10 | 0,30 | 0,20 | 1,65 | 1,62 |
| **Séchés** | | | | | | |
| Total matière sèche | 88,3 | 88,6 | 20,0 | 85,1 | 88,1 | 86,6 |
| (rapporté à la madère séche) | 2,1 | 2,9 | 2,0 | 0,4 | 8,5 | 10,0 |
| **Eléments nutritifs digestibles** | | | | | | |
| Protéines brutes | 1,8 | 1,7 | 0,1 | 0,2 | 89,0 | 7,4 |
| Fibres brutes | 2,8 | 4,8 | 1,8 | 0,1 | 1,1 | 0,7 |
| Glucides solubles | 78,9 | 72,4 | 9,9 | 86,3 | 48,5 | 64,5 |
| Extrait d'éther | 0,36 | 0,28 | 0,10 | 0,10 | 1,35 | 2,18 |
| **Coefficient de digestibilité utilisé.** | | | | | | |
| Protéines brutes | - | - | - | 66 | 52 | - |
| Fibres brutes | - | - | - | 100 | 87 | - |
| Glucides solubles | - | - | - | 99 | 65 | - |
| Extrait d'éther | - | - | - | 100 | 58 | - |
| Equivalent en fécule | 83,2 | 78,7 | 11,8 | 84,1 | 89,5 | 78,2 |
| Valeur nutritive | 63,1 | 45,5 | 114,3 | 419,6 | 1,4 | 8,9 |

Source: H.K. Lim, 1967.

**Tableau 8.2 Rendement des poulets de chair avec les rations les moins chères contenant différentes quantités de farine de manioc**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Farine de manioc dans les rations (%)** | | | |
|  | **0** | **20** | **30** | **Ecart type1** |
| Poulets à la fin de l'essai (nombre) | 141 | 140 | 137 |  |
| Mortalité1 | 4.7 | 5.4 | 7,4 |  |
| Poids corporel moyen/poulet (kg) |  |  |  |  |
| à 7 semaines | 1,69 | 1,75 | 1,63 | 0,05 |
| à 8 semaines | 2,01 | 2,08 | 1,97 | 0,08 |
| Aliments consommés/poulet (kg) |  |  |  |  |
| 0-7 semaines | 3,64 | 3,69 | 3,58 | 0,13 |
| 0-8 semaines | 4,61 | 4,74 | 4,57 | 0,18 |
| Conversion alimentaire3 |  |  |  |  |
| 0-7 semaines | 2,20 | 2,15 | 2,24 | 0,04 |
| 0-8 semaines | 2,34 | 2,33 | 2,36 | 0,04 |

1Ecart type moyen = variance de l'erreur.  
2Nombre initial de poules par traitement: 148 avec un poids corporel moyen de 36,3 +(-) 5 g.  
3Unités d'aliments consommées par unité de gain de poids corporel.  
Source: Gómez et al.,1984.

En Colombie, Gómez et al. (1984) ont signalé que lorsqu'on a remplacé 0 à 30 pour cent du maïs par du manioc dans la ration des poulets de chair, il n'y a eu de différence sensible à aucun niveau du rendement, mais la substitution à 20 pour cent a été la plus économique. Il a fallu 215 kg d'aliments pour produire 100 kg de poids vif avec une substitution à 20 pour cent, contre respectivement 200 kg et 224 kg pour l'aliment au mais et la substitution à 30 pour cent comme le montre le tableau 8.2. Les rations riches en manioc conviennent mieux à la production de poulets de chair qu'à celle de poules pondeuses. La production et la qualité des œuts peuvent être affectées négativement par les déséquilibres nutritionnels associés aux rations contenant beaucoup de manioc.

**Tableau 8.3 Rendement des porcs en fin de croissance nourris avec les rations les moins chères contenant des quantités variables de farine de manioc1**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Farine de manioc dans les rations (%)** | | | |
|  | **0** | **20** | **30** | **Ecart type2** |
| Porcs/groupe (nombre) | 113 | 12 | 12 |  |
| Poids final moyen/porc (kg) | 89,9 | 94,7 | 91,1 | 2,20 |
| Gain journalier moyen (kg) | 0,77 | 0,82 | 0,78 | 0,02 |
| Ration journalière moyenne (kg) | 2,55 | 2,77 | 2,54 | 0,06 |
| Conversion alimentaire | 3,39 | 3,37 | 3,31 | 0,10 |

1Poids initial moyen:20,0 +(-) 1 3 kg. Durée de l'essait 91 jours.  
2Ecart type moyen = variance de l'erreur.  
3Un porc x été éliminé au coure dan deux premières semaines de l'essai.  
Source: Gómez et al., 1984.

Pour ce qui concerne les porcs (tableau 8.3), le rendement s'est progressivement amélioré à mesure que la portion de manioc dans la ration alimentaire augmentait. Ainsi, il a fallu 339 kg d'aliments pour produire 100 kg de poids avec du maïs seulement, mais il a fallu respectivement 337 kg et 331 kg avec 20 et 30 pour cent de manioc donné en remplacement du mais. Dans l'appréciation économique des rations, celles des poulets de chair les moins coûteuses contenant 20 pour cent de farine de manioc ont donné les meilleurs rendements, alors que la rentabilité a augmenté avec le pourcentage de farine de manioc dans les essais sur les porcs (tableau 8.4), et que ceux qui comprenaient une substitution de manioc à 20 pour cent se sont révélés les plus économiques.

Etant donné la valeur potentielle du manioc comme fournisseur d'énergie aux bovins laitiers, il a été utilisé dans un grand nombre d'expériences comme la principale source d'énergie, avec pour résultats des rendements de lait et de matières grasses plus élevés, et des gains de poids vif (Pineda et Rubio, 1972). Des résultats semblables ont été obtenus avec de jeunes bovins de boucherie auxquels on a donné des aliments concentrés du commerce et des rations à base de manioc: leur croissance a été beaucoup plus rapide que celle des sujets nourris de son ou de mais et d'épis de mais.

**Tableau 8.4 Appréciation économique des essais des volailles et des porcs1**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Farine de manioc dans les rations (%)** | | |
|  | **0** | **20** | **30** |
| **Essal sur les volailles - lot de 1 000 poulets de 7 semaines** | | | |
| Poulets et coûts fixes2 | 48 600 | 48 600 | 48 600 |
| Coût des aliments | 74 310 | 77 060 | 74 580 |
| Intérêt sur le tonds de roulement3 | 9 218 | 9 425 | 9 239 |
| Dépenses totales | 132 128 | 135 085 | 132 419 |
| Poules vivants à $Col 100/kg |  |  |  |
| + litière ($Col 220) | 161 770 | 167 470 | 152 810 |
| Profit net | 29 642 | 32 385 | 20 391 |
| Profit, en pourcentage des dépenses | 22,4 | 24,0 | 15,4 |
| **Essai sur 1 les porcs - lot de 10 porcs** | | | |
| Porcs sevrés à $Col 170/kg | 33 830 | 34 170 | 34 000 |
| Coûts fixes (estimation) | 7 550 | 7 550 | 7 550 |
| Coût des aliments | 42 270 | 44 239 | 39 983 |
| Intérét sur le fonds de roulement | 8 365 | 8 596 | 8 153 |
| Dépenses totales | 92 015 | 94 555 | 89 686 |
| Porcs vivants à $Col 120/kg | 108000 | 114000 | 109200 |
| Profit net | 15 985 | 19 445 | 19 514 |
| Profit, en pourcentage des dépenses | 17,4 | 20,6 | 21,8 |

1On a utilisé dans ces calculs les résultats des évaluations biologiques. Les chiffres sont donnés en pesos colombiens.  
2Dont $ Col 28 800 et 5 Col I 9 800 respectivement pour le coût de 1000 poussins d'un jour et 1« coûts fixes pour les élever.  
3Voir les explications dans le texte.  
Source: Gómez et al., 1984.

Montilla et al. (1975) ont fait état des meilleurs rendements obtenus avec des taureaux auxquels on a donné des rations contenant 40 pour cent de manioc au lieu des rations de farine de mais. Devendra (1977) a présenté des résultats similaires pour les caprins et les ovins, le manioc renforçant l'utilisation de l'azote et donc sa conservation.

Mattei (1984) a conçu une machine pour la fabrication de cossettes de manioc pour animaux. Un des modèles est actionné par un moteur électrique et l'autre par un moteur à essence à deux ou quatre temps, chacun pouvant produire une tonne de cossettes de manioc par heure. On fait sécher les cossettes sur des moustiquaires d'aluminium soutenues par un grillage tendu sur un cadre de bois solide. On les entrepose ensuite dans un endroit bien ventilé pour éviter la formation de moisissures. L'aspect économique du procédé est positif. On trouvera une bonne analyse des techniques simples de transformation des plantes-racines dans une publication du Fonds de développement des Nations Unies pour la femme (UNIFEM) intitulée Root crop processing, 1989.

Certains travaux ont aussi fait état de l'utilisation de la patate pour l'alimentation animale. Yang (1982) l'a jugée satisfaisante comme aliment pour les chevaux, les mulets et les porcs, ainsi que pour les vaches en lactation, associée à de la farine de mais, et pour les volailles en remplacement du mais dans la proportion de 25 pour cent. Yeh et al. (1978) ont remarqué que l'énergie digestible et l'énergie métabolisable représentent 91 pour cent de celles du mais, et l'énergie nette environ 79 pour cent de celle du mais comme aliment pour les porcs. La patate n'est pas de valeur égale au mais en ce qui concerne la quantité ou la qualité des protéines ou de l'énergie digestibles. Les résultats figurant au tableau 8.5 montrent que la patate comme produit de remplacement dans des proportions inférieures à 25 pour cent donnera un meilleur résultat que le mais seul, mais que dans des proportions voisines de 25 pour cent, le gain de poids et le rendement seront analogues à ceux du mais. La digestibilité de l'amidon et de l'azote a été améliorée par le soufflage des cossettes et par l'élimination de l'inhibiteur de trypsine qui aurait pu contribuer à une réduction de la valeur alimentaire, mais cela a entraîné aussi une diminution de l'assimilation de la lysine. Une amélioration sensible a été constatée dans le rendement du porc nourri avec l'aliment soufflé par rapport au rendement avec des chips de patate non traitée. Le résultat est comparable à la ration de mais, qui a amélioré la qualité et le pourcentage des morceaux maigres, en particulier avec une substitution dans la proportion de 50 pour cent.

**Tableau 8.5 Rendement des porcs engraissés avec des rations contenant des proportions différentes mals et de chips de patate**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Régime alimentaire** | |  | | |
| **Maïs dans les rations (%)** | **Chips de patate dans les  rations (kg)** | **Gain par jour (kg)** | **Aliment1 gain (kg/kg)** | **Source** |
| 65 - 83 | 0 | 0,53 | 3.93 | Koh et al, 1960 |
| 0 | 56 - 72 | 0,37 | 4,79 |  |
| 30 - 39 | 30 - 39 | 0,48 | 3,83 |  |
| 63 - 81 | 0 | 0,65 ab | 3,38 | Tai & Lei,1970 |
| 45 - 58 | 15 - 20 | 0,66 a | 3,37 |  |
| 29 - 37 | 29 - 37 | 0,62 b | 3,54 |  |
| 14-18 | 42-54 | 0,58 c | 3,74 |  |
| 0 | 54 - 68 | 0,56 d | 3,81 |  |
| 72 - 84 | 0 | 0,60 a | 3,08 b | Yeh et al, 1979 |
| 35 - 41 | 35 - 41 | 0,48 c | 3,84 b |  |
| 0 | 69 - 81 | 0,44 e | 4,08 a |  |
| 69 - 75 | 0 | 0,69 a | 2,95 b | Yeh et al, 1980 |
| 0 | 63 - 68 | 0,60 c | 3,37 a |  |
| 33 - 36 | 33 - 36 | 0,66 b | 3,13 b |  |
| 72 - 84 | 0 | 0,56 | 3,14 | Lee &Lee,1979 |
| 35 - 41 | 35 - 41 | 0,49 | 3,71 |  |
| 0 | 69 - 81 | 0,48 | 3,80 |  |

1Les valeurs dans une même colonne suivies par différentes lettres présentent de très grand" différences (P<0,01 ou P<0,05 Source: Yeh, 1982.

Chen et al. (1979) ont évalué l'efficacité de la gélification de la fécule de patate enrichie d'urée et ont constaté que les bovins nourris de tourteaux de soja donnaient un meilleur rendement que ceux nourris avec de la fécule de patate enrichie d'urée ou d'urée seulement. Pour ce qui est de la digestibilité de la matière sèche, des protéines brutes, des fibres brutes et de la conservationde l'azote, elles étaient les mêmes dans la fécule de patate enrichie d'urée et dans le tourteau de soja. Le tableau 8.6 résume les différents résultats obtenus en utilisant la patate pour différents bovins; ces résultats indiquent que le remplacement du maïs par des patates déshydratées dans les aliments des vaches laitières peut donner autant de lait (91-100 pour cent) que le maïs seul (Mather et al., 1948; Frye et al., 1948). Quandon utilise la variété à chair orange, le lait contient davantage de vitamine A et 30 pour cent de plus de bêta-carotène que le lait produit en utilisant seulement du mais, ce qui est un avantage supplémentaire. Southwell et Black (1948) ont observé que les bovins nourris avec des rations normales ont gagné 1,07 kg par jour contre 1,17 kg et 0,98 kg par jour quand la moitié ou la totalité du maïs ont été remplacées par des patates. Le rapport aliment/gain de poids était de 9,51, 9,31 et 9,22 respectivement. Massey (1943) a constaté au cours d'un essai sur trois ans que le remplacement du mais par des patates a conduit à une augmentation de la production de viande chez l'agneau. Lee et Young (1979) ont signalé que des poulets nourris avec des rations dans lesquelles24 pour cent du mais étaient remplacés par des patates prenaient autant de poids qu'avec des rations composées uniquement de mais, sans différence importante dans la qualité de la carcasse, et que le jaune d'oeuf contenait plus de vitamine A.

**Tableau 8.6 Comparaison valeur des patates avec celle du mais dans différents essais d'alimentation**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Animal** | **Remplacement du maïs** | **Comparaison des valeurs** | **Paramètre comparé** |
| Poussins (sous éleveuse) | Jusqu' à 60% | p.d.s. | Gain de poids |
| Bovins | 100% racines, parures | 80% | Gain de poids |
| Bovins | 50% | p.d.s. | Gain de poids |
| Bovins laitiers | 100% | p.d.s. | Production de lait |
| Bovins laitiers |  | 91% | Production de lait |
| Bovins laibers |  | 88% | Production de lait |
| Bovins laitiers | 50% | 97% | Production de lait |
| Agneaux, jeunes boeufs | 100% | 92% | Digestibilité |
| Poussins | 10 ou 20% | p.d.s. | Gain de poids |
| Bovins laitiers | 100% | p.d.s. | Production de lait |

p.d.s. - pas de différence substantielle

Source: Yeh & Bouwkamp, 1985.

**Production de protéines unicellulaires pour l'alimentation du bétail**

En tant qu'aliment complémentaire pour le bétail, les plantes-racines seraient de bons substrats pour un grand nombre de micro-organismes. Dans des conditions optimales partant de 100 kg de patates contenant 6,9 kg de protéines, une gamme d'espèces de Fungi imperfecti pourrait produire 8,12 kg de mycélium séché, et un résidu de tissus de patates inutilisés pour l'alimentation du bétail contenir environ 31,6 kg de protéines, c'est-à-dire que la concentration de protéines peut quadrupler. L'analyse a montré que le mycélium contient plus de lysine, d'histidine, de tryptophane, de méthionine et de tyrosine que de caséine (Gray et Abou-el-Seoud, 1966). Dawson et al. ( 1951 ) ont constaté que les eaux usées des féculeries pourraient être utilisées comme milieu pour la multiplication de la levure Torulopsis utilis. En ajoutant de l'hydroxyde d'ammonium comme source d'azote, on pourrait obtenir une tonne de levure séchée contenant 50 pour cent de protéines à partir de 100 tonnes de poids frais de patates transformées pour obtenir de la fécule. Des résultats similaires ont été rapportés pour le taro et le manioc. La production de protéines unicellulaires pour l'alimentation des animaux a atteint presque 1 million de tonnes par an en URSS, et plusieurs usines d'une capacité de 500 000 tonnes par an sont en construction ailleurs. Une usine pilote du Centre international d'agriculture tropicale (CIAT), en Colombie, utilisant du manioc comme substrat, fabrique un produit séché ayant une teneur en protéines brutes de 28 pour cent. Ce produit séché final a été incorporé dans l'alimentation de rats en phase de croissance pour déterminer la valeur nutritive de la protéine non enrichie. Les gains de poids totaux sur une période d'essai de 28 jours ont été minimes avec les régimes fondés sur cette substance. Avec la méthionine en complément, les gains de poids corporel ont été les mêmes qu'avec la caséine. Il n'est pas encore certain que les petites usines soient techniquement et économiquement valables, car au moins 60 pour cent des coûts de production sont constitués par les coûts de la matière première.

Un facteur important nécessitant de nouvelles études est le risque pour la santé des individus continuellement exposés aux spores du micro-organisme employé pour la fermentation. Il est également indispensable d'examiner les effets sur les animaux nourris avec la protéine unicellulaire. A ce jour, les résultats des recherches n'ont pas fait état d'effets négatifs (Goering, 1979).

**Chapitre 9: La sécurité alimentaire des pays en**

La sécurité alimentaire a été définie par le Comité de la sécurité alimentaire mondiale (FAO) comme «l'accès matériel et économique aux aliments, en tout temps et par tous les hommes». Cela implique que des aliments devraient être disponibles toute l'année pour soutenir l'énergie et la santé des ménages, et pour couvrir les besoins nutritionnels. A la disponibilité des aliments doit s'ajouter la capacité de chaque ménage à les acheter. les produits alimentaires doivent être offerts à des prix raisonnables, notamment pour les pauvres. Un système de sécurité alimentaire devrait fonctionner comme une banque d'aliments durant les périodes de mauvaises récoltes, de catastrophes naturelles et d'hostilités intérieures ou extérieures.

Durant les pénuries alimentaires saisonnières ou de niveau national, les groupes courant des risques du point de vue nutritionnel comprennent les familles rurales et urbaines pauvres, sans terre ou ne possédant qu'un petit lopin et ayant des ressources limitées pour faire face aux besoins nutritionnels des nourrissons et des femmes enceintes vulnérables. Pour garantir à ces groupes l'accès à la nourriture, il faudra accroître leurs possibilités de mener des activités rémunératrices et leur fournir des denrées alimentaires de base en quantités suffisantes et à des prix raisonnables.

C'est par des mesures prises au niveau local pour relever la production des aliments de base consommés sur place que l'on pourra le mieux assurer la sécurité alimentaire des ruraux. La production d'un excédent alimentaire, pour faire face à la demande des marchés garantis, fournira un revenu supplémentaire aux producteurs, et des disponibilités alimentaires accrues qui pourront être transformées en produits prêts à consommer pour les zones urbaines.

Les familles les plus nécessiteuses désireront accroître la production si la promotion est axée sur des aliments constituant la base de leur alimentation. L'idéal serait que ces aliments soient adaptés aux systèmes agricoles existants, et soient propres à assurer un fort rendement de la terre et du travail, compte tenu des difficultés dues aux précipitations imprévisibles et aux apports limités de capitaux.

Etant donné la situation d'un certain nombre de pays, les racines et les tubercules présentent beaucoup d'avantages en tant que cultures vivrières pour la sécurité alimentaire des ménages, le manioc étant peut-être la plus importante.

Le manioc est déjà un aliment de base sous les tropiques, où il subit de nombreuses transformations. Il offre de nouvelles possibilités pour l'amélioration des rendements et la transformation en un plus grand nombre de produits prêts à consommer, mais il est nécessaire de mener des recherches sur les technologies alimentaires afin de concevoir un petit équipement approprié à leur fabrication.

Transformer les plantes-racines en aliments prêts à consommer améliorera leur acceptation par la population urbaine. Cela ouvrira de nouveaux marchés, encourageant ainsi l'accroissement de la production de racines. La consommation d'aliments transformés à base de produits locaux pour remplacer les denrées importées permettra aussi d'économiser des devises.

La malnutrition a un caractère saisonnier bien marqué dans de nombreux pays. La période de famine est raccourcie parla sélection des cultures et des variétés qui prolonge la période de la moisson, et par la polyculture qui étale les risques. La sécurité alimentaire est améliorée par la culture de plantes résistant à la sécheresse, qui sont produites comme réserves alimentaires.

Quand la sécheresse se prolonge, le manioc est souvent la seule culture qui survit. Transformé en gari dans de bonnes conditions, c'est un aliment sain qui se conserve bien pendant un an. Dans le Pacifique Sud, notamment à Fidji, les produits fermentés à base de manioc sont conservés pendant des mois, voire des années, dans des fosses creusées dans le sol, et utilisés en cas de besoin. A l'occasion, on peut aussi laisser en terre pendant trois ans des plantes de manioc mûr. Toutefois, cela diminue la superficie réelle disponible pour les cultures successives, et réduit aussi l'aptitude à être transformées de la plupart des variétés de manioc. Les plantes-racines peuvent fournir des aliments à consommer avant la moisson. Au Nigéria, le manioc est généralement planté à la fin de la rotation, puisqu'il donne d'assez bons rendements sur des sols appauvris.

Le manioc cultivé comme réserve alimentaire peut ne pas être récolté si les approvisionnements alimentaires des familles sont abondants. Ce végétal produit énormément de biomasse sous forme de racines, tiges et feuilles qui pourraient être incorporées dans des mélanges d'aliments équilibrés pour le petit bétail, par exemple pour les porcs. La possession de quelques têtes de bétail permet de faire la soudure en période de disette, car leur vente permet d'acheter des aliments d'appoint.

Pour Rosling (1987), le manioc est la «Cendrillon des pauvres», du fait que sa diffusion rapide en Afrique a conduit originellement à une amélioration de la productivité agricole et a prévenu des famines potentielles dans certaines zones. Ce rôle important disparaîtra si la productivité agricole en Afrique continue de baisser. La pression démographique sur la terre entraîne un raccourcissement de la période de jachère. L'absence de rotation des cultures entraîne une augmentation des maladies et des infestations de parasites, d'où des rendements plus faibles. Il est indispensable d'améliorer les systèmes agricoles ou d'en créer de nouveaux afin d'accroître la productivité et d'assureret maintenir la fertilité des sols. Cela permettra aux agriculteurs d'obtenir de bons rendements et, avec une politique de soutien judicieuse de l'Ebat, des racines seront disponibles toute l'année à des prix raisonnables. Comme l'énergie alimentaire disponible est encore limitée dans de nombreux pays tropicaux, l'adoption effective d'une telle politique assurera des ressources énergétiques supplémentaires pour améliorer la santé des groupes défavorisés.

Dans de nombreux pays tropicaux, la majorité de la population vit en milieu rural et pratique une agriculture de subsistance. Parmi les principales plantes cultivées pour l'autoconsommation figurent les racines. Les responsables politiques considèrent souvent les racines comme des aliments à bon marché destinés aux pauvres, et orientent les agriculteurs en priorité vers les grandes céréales. On compte sur ces dernières pour augmenter la production vivrière locale, comme cela a été le cas pendant la révolution verte en Inde. Mais cela n'est pas toujours possible faute d'intrants et de l'absence d'une infrastructure de commercialisation. Par ailleurs, des précipitations régulières sont aussi une condition préalable à l'implantation réussie de la culture du riz, du blé ou du maïs. Si les pluies sont insuffisantes, la sécurité alimentaire locale peut dépendre d'aliments de base traditionnels résistant à la sécheresse comme le sorgho, le mil et le manioc.

**Tableau 9.1 Comparaison entre les rendements de la patate en stations expérimentales et les rendements moyens nationaux**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Pays** | **Rendement potentiel** | **Rendement à l'exploitation (#hz)** | **Ecart entre les rendements** | **Amélioration possible(%)** |
| **Tropicaux** | | | | |
| Inde | 37 | 7 | 30 | 428 |
| Philippines | 35 | 5 | 30 | 600 |
| Nigéria | 32 | 13 | 19 | 146 |
| **Tempérés** | | | | |
| Japon | 35 | 21 | 14 | 75 |
| Corée | 43 | 23 | 20 | 115 |
| Etats-Unis | 45 | 13 | 32 | 246 |

D'après les rendements obtenus en stations expérimentales. Moyenne nationale pour 1979.  
Source: FAO, 1980.

Dans certaines régions d'Asie, les cultures irriguées sont déj à bien établies, des engrais et des pesticides sont disponibles et les conditions se prêtent à l'introduction de variétés de céréales à haut rendement. Par ailleurs, ces pays ont aussi leurs propres racines locales dont les rendements pourraient être considérablement améliorés par la sélection de variétés et un apport accru de facteurs de production. Un système de production ou de consommation fondé uniquement sur deux ou trois cultures vivrières est extrêmement vulnérable et risque d'être nutritionnellement déséquilibré. Cultiver des racines et des tubercules en plus des céréales renforce la sécurité alimentaire et permet de varier et d'améliorer l'alimentation.

Villareal (1982) a choisi la patate comme exemple pour illustrer le potentiel productif des plantes-racines. Les rendements en stations d'essais sont jusqu'à 600 fois supérieurs aux rendements à l'exploitation (tableau 9.1). On retrouve également le même écart pour d'autres plantes-racines.

Malheureusement, ces plantes n'acquièrent de l'importance qu'en périodes de guerre, de calamités ou de famine. Cependant, les agriculteurs connaissent déjà bien ces cultures de base qui sont sous plusieurs aspects des cultures idéales pour assurer la sécurité alimentaire sous les tropiques. Elles s'accommodent très bien des sols appauvris par le raccourcissement des périodes de jachère et la pression démographique exercée sur la terre et offrent, comme dans le cas du manioc, une bonne résistance à la sécheresse sévissant dans les zones arides. La transformation des racines pourrait aussi créer une industrie familiale ouverte aux femmes rurales. Certaines racines peuvent être récoltées en partie, si besoin est, durant le cycle végétatif de 70 à 90 jours, mais il est préférable d'attendre au moins 120 jours.

Dans de nombreuses régions de plaine en Papouasie-Nouvelle-Guinée, les précipitations et l'agriculture de subsistance ont un caractère saisonnier marqué. Les variations saisonnières dans les disponibilités alimentaires sont considérablement réduites par la culture du taro. Comme l'indique la figure 9.1, deux espèces de taro, *Colocasia et Xanthosoma*, se complètent l'une l'autre en fournissant des calories pendant la période de végétation. La banane aussi, en tant que source de calories en toutes saisons, aide à régulariser les approvisionnements et assure la sécurité alimentaire des ménages tout au long de l'année.

Chandra (1979) a calculé l'énergie dépensée par une culture pour utiliser les ressources afin de donner un rendement dans un système de culture donné à Fidji. Il a obtenu des valeurs relatives de 66 pour l'igname, 60 pour la patate, 52 pour le manioc et 21 pour le taro, tandis que d'autres cultures pratiquées sur la même exploitation, dont le maïs, le riz, les légumes secs et les légumes, ont donné des chiffres beaucoup plus bas, indiquant que les rendements par rapport à la dépense d'énergie étaient plus élevés avec les plantes-racines, dans ses conditions expérimentales.

Comme on l'a montré précèdemment, la patate peut fournir plus de calories par unité de surface que les céréales et la plupart des autres cultures, à l'exception de la canne à sucre. Pour ce qui est des recettes brutes par hectare, la pomme de terre est la plus rentable comme le montre le tableau 9.2 (Horton et al., 1984) avec 1 500 dollars/ha, suivie de prés par l'igname (1 469 dollars); viennent ensuite la patate, le manioc et le taro avec des chiffres inférieurs, en raison de leurs prix et de leurs rendements relativement bas. Les céréales enregistrent des recettes inférieures allant de 366 dollars/ ha pour le riz à 177 dollars/ha pour le sorgho, confirmant la supériorité des racines pour œ qui est des recettes brutes par unité de terre. Le manioc, l'igname, la pomme de terre et la patate sont très bien placés dans la liste des principales cultures vivrières pour la production de matière sèche par hectare (tableau 9.3); la pomme de terre et l'igname sont classées première et seconde pour la production d'énergie alimentaire par hectare et par jour, la patate sixième et le manioc neuvième. La pomme de terre arrive troisième dans la liste des cultures les plus productives pour les économies de marché des pays en développement, quant aux protéines comestibles par hectare et par jour (Horton et al., 1984). Idusogie (1971) a fait observer qu'en Afrique de l'Ouest, les ignames peuvent fournir plus de protéines par hectare et par an que le maïs, le riz, le sorgho et même le soja. Doku (1984) a estimé que l'utilisation des variétés améliorées de racines dans des conditions d'exploitation rationnelles pouvait aboutir à une production annuelle d'environ 140 t/ha pour le manioc et les ignames, et jusqu'à 200 t/ha pour la patate et le taro.

[**Figure 9.1 Calendrier des récoltes do quelques produits végétaux en Papouasie-Nouvelle-Guinée**](http://www.fao.org/docrep/T0207F/T0207F0f.gif)

**TABLEAU 9.2 Moyenne des rendements, prix et recettes brutes par hectare des plantes-racines et des céréales dans les pays en développement à économie de marché**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Rendement1 (t/ha)** | **Prix2 ($ U.S./t)** | **Recette brute3 ($ U.S./ha)** |
| Pomme de terre | 10,9 | 142 | 1 500 |
| Igname | 9,0 | 1 63 | 1469 |
| Patate | 7,1 | 89 | 629 |
| Manioc | 8,8 | 70 | 613 |
| Taro | 4,2 | 123 | 514 |
| Riz | 2,2 | 170 | 366 |
| Blé | 1,5 | 148 | 217 |
| Maïs | 1,5 | 119 | 177 |
| Sorgho | 1,0 | 123 | 117 |

1Rendement: chiffre moyen estimatif pour 1979-l 981 (FAO, 1982).  
2Prix: moyenne pondérée des prix sortie d'exploitation pour 1977, fournie par l'Unité des données de base de la FAO (inédit),  
3Recette brute: rendement multiplié par le prix  
Source: Horton et t al. 1984.

La création d'instituts internationaux, tels que le Centre international d'agriculture tropicale, l'Institut international d'agriculture tropicale et le Centre international de la pomme de terre, qui ont pour mandat de mener des recherches sur ces racines, devrait rendre les gouvernements plus conscients de leur importance économique et nutritionnelle et porter à la formulation de politiques propres à encourager leur production et leur consommation.

**Tableau 9.3 Cultures vivrières les mieux classées pour ce qui est de la production de matière sèche par hectare et de la production d'énergie alimentaire et de protéines par hectare et par pur dans les paya on développement a économie de marché**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Production de matière sèche** | | **Production d'énergie** | | **Prodoction, de protéines** | |
| **Culture** | **t/ha** | **Culture** | **mj/h/jour** | **Culture** | **kg/ha/jour** |
| Manioc | 3,0 | Pommes de terre | 216 | Choux | 2,0 |
| Ignames | 2,4 | Ignames | 182 | Grosses fèves sèches | 1,6 |
| Pommes de terre | 2,2 | Carottes | 162 | Pommes de terre | 1,4 |
| Patates | 2,1 | Maïs | 159 | Pois secs | 1,4 |
| Riz | 1,9 | Choux | 156 | Aubergines | 1,4 |
| Carottes | 1,7 | Patates | 152 | Bié | 1,3 |
| Choux | 1,6 | Riz | 151 | Lentilles | 1,3 |
| Bananes | 1,5 | Blé | 135 | Tomates | 1,2 |
| Blé | 1,3 | Manioc | 121 | Pois chiches | 1,1 |
| Maïs | 1,3 | Aubergines | 120 | Carottes | 1,0 |

Rendement: FAO (1982) et FAO (inédit). Cycle végétatif: FAO (1981) et Goering (1979). Partie comestible matière sèche et composition des aliments: Département de l'agriculture des Etats-Unis (1975) et INCAP (1961). Source: Horton et al. 1984.

**Obstacles à la production**

Les racines sont constituées à peu prés pour les deux tiers d'eau. Leur caractère périssable et les problèmes de transport rendent donc difficile leur commercialisation Des altérations appelées «nervures vasculaires» se produisent dans la couleur du manioc qui devient bleu ou marron en 24 heures Après deux jours, il commence à pourrir sous l'action de champignons et de bactéries (Booth, 1974). Quand aucune mesure n'est prise pour la transformation ou le stockage des ignames et du manioc, ces tubercules doivent être consommés immédiatement aprés la récolte sur le lieu même de production. L'éloignement des marchés urbains et le mauvais état des routes de campagne signifient souvent que l'agriculteur doit accepter les bas prix offerts par les intermédiaires. Une autre solution serait de construire des entrepôts sur les lieux de production.

**Tableau 9.4 Comparaison des prix de détail de quelques végétaux pour 100 calories en Océanie, 1982-1984**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | **Moyenne** |
| **1982** | **1983** | **1984** | **1982-1984** |
| **(Cents australiens pour 100 calories)** | | | |
| Patates | 3,9 | 4,3 | 2,3 | 3,5 |
| Taro | 5,7 | 8,5 | 6,4 | 6,9 |
| Riz (usiné) | 2,5 | 2,4 | 2,1 | 2,3 |
| Farine de blé | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 1,8 |

Source: FAO, 1987b.

La culture de certaines plantes-racines nécessite une main-d'oeuvre importante. Défricher la terre, sarcler, planter, mettre des tuteurs comme dans le cas de l'igname, et récolter une fois ou deux, tout cela demande des bras. Les femmes, qui sont déjà très occupées à leurs tâches domestiques, assurent aussi une grande partie des activités agricoles. On fait repousser les ignames et les pommes de terre à partir de tubercules déjà récoltés. L'emploi de petits plants d'igname réduit parfois les rendements, c'est pourquoi une partie de la récolte, à peu prés un cinquième, est généralement mise de côté pour être replantée. En supposant un rendement de 12,5 t/ha et en prenant cinq comme multiplicateur, on peut avoir jusqu'à 2,5 t/ha réservées à la replantation (Onwueme, 1978). Pour la plupart des racines, le multiplicateur est bas par rapport aux céréales comme le mais ou le sorgho blanc qui ont un multiplicateur de 70 à 80. Certaines racines comme le manioc ont besoin de plus d'un an pour arriver à leur pleinc maturité, et les coûts de manutention sur les marchés sont élevés. Quand la production de racines n'est pas mécanisée, les coûts de production sont également élevés. Dans certaines régions, les racines les plus demandées sont plus chères que les céréales, particulièrement si ces dernières sont importées à bas prix (tableau 9.4).

Il existe d'autres obstacles à la production parmi lesquels des problèmes biologiques liés aux maladies et aux ravageurs. Parmi ceux-ci, la cochenille et les maladies virales du manioc, les virus de la patate, les nématodes des racines et les charançons. La multiplication végétative des racines à partir de matériel de plantation local accroît le risque de transmission des maladies.

En agriculture de subsistance, les exploitations sont petites et les intrants limités. Dans certains pays, l'individu ne peut pas compter sur la terre qu'il cultive pour vivre, car elle appartient aux chefs, aux propriétaires fonciers ou à l'Etat. Les pressions exercées sur les terres agricoles à cause de l'accroissement démographique ont entraîné un raccourcissement des périodes de jachère et donc un appauvrissement des sols. Les systèmes d'exploitation traditionnels comportent des cultures intercalaires. Cela permet d'utiliser à plein régime la main-d'œuvre familiale pendant toute la campagne et donne quelques garanties contre les mauvaises récoltes, mais cela ne conduit pas à une augmentation des rendements pour chaque culture.

En général, les services de vulgarisation s'occupent uniquement des cultures de rente et des céréales. Les petits agriculteurs ne profitent pas des activités de recherche et de développement limitées concernant les racines. L'infrastructure de commercialisation et de distribution n'est pas très développée de sorte que l'agriculteur est peu disposé à élargir la superficie qu'il consacre aux racines, et en l'absence de services de crédit pour les engrais, les insecticides et les pesticides, il obtient des rendements limités. Le rendement moyen de l'igname s'élève à environ 14 pour cent seulement du potentiel productif avec des intrants suffisants et dans des conditions optimales. Le meilleur moyen de stimuler la production des racines et des tubercules sera d'établir un marché garanti, en encourageant les industries de transformation dans la mesure où elles s'appuient sur des principes économiques rationnels et sont en harmonie avec le développement national général.

**Conclusion**

Les racines sont des composants essentiels du régime alimentaire dans de nombreux pays. En Afrique tropicale, on a estimé que 37 pour cent de l'énergie alimentaire est fournie par le manioc. Les racines sont à même de fournir plus d'énergie alimentaire par hectare que les céréales, et certaines d'entre elles, comme le taro et le manioc, peuvent être cultivées en zones tropicales tout au long de l'année, afin de renforce la sécurité alimentaire. Cela est particulièrement important durant la période qui précède la récolte des céréales, quand d'autres aliments sont chers ou inaccessibles.

Pour parvenir à la sécurité alimentaire, une nation doit produire les denrées qui lui procureront des avantages naturels et économiques. Pour de nombreux pays en développement, les plantes-racines offrent des avantages et des possibilités considérables.

De nombreux pays à déficit alimentaire sont obligés d'importer de grandes quantités de céréales pour couvrir les pénuries locales. Au niveau national, les paiements pour les importations vivrières grèvent lourdement les réserves de devises. L'accroissement de la production et de la consommation des aliments de base produits localement comme les racines, les tubercules et les plantains, augmentera les disponibilités alimentaires et élargira la gamme des aliments de base au niveau des ménages et à celui du pays.

La mise au point pour les marchés urbains d'aliments prêts à consommer à bas prix relèvera les revenus des ménages et stimulera la consommation et la demande de ces aliments précieux.

**Annexes**

**Annexe 1: Quelques recettes à base de racines, tubercules, plantains et BANANES**

Des recettes provenant de diverses régions du monde sont présentées ici pour illustrer la diversité des emplois de plusieurs plantes-racines étudiées dans les sections précédentes. Certaines de ces recettes figuraient déjà dans des livres de cuisine nationale, d'autres sont publiées pour la première fois après avoir été présentées à des concours.

La publication de livres de recettes attrayants encouragera grandement les consommateurs à utiliser un plus grand nombre de ces aliments qui peuvent être accommodés de mille façons.

**Petits pâtés au manioc - Afrique**

Méthode

1. Nettoyer, couper en morceaux et faire cuire le poisson à la vapeur. Enlever les arêtes.  
2. Eplucher et couper en dés oignon, piments et ail. Enlever les fils des haricots et les faire cuire à l'eau bouillante.  
3. Verser la farine de manioc dans une terrine propre et bien essuyée. Ajouter une pincée de sel et mélanger.  
4. Faire un puits dans la farine. Y casser les œufs un à un et mélanger.  
5. Ajouter l'eau peu à peu. Bien mélanger jusqu'à ce que la préparation soit homogène et laisser reposer 20 min.  
6. Faire chauffer une cuillerée à soupe d'huile dans une poêle à frire propre.  
7. Faire frire poisson, oignon, piments et ail. Ajouter du sel.  
8. Retirer du feu après cuisson, verser dans un récipient propre, couvrir et réserver.  
9. Faire chauffer assez d'huile dans une poêle pour que la préparation n'attache pas durant la cuisson.  
10. Verser le mélange dans la poêle, environ deux cuillerées à soupe à la fois. Bien répartir sur le fond de la poêle et cuire à feu doux.  
11. Poser une petite quantité de la préparation au poisson au milieu de chaque crêpe de manioc et replier en forme de petit pêté.  
12. Utiliser une spatule ou une cuillère plate pour retirer les pâtés de la poêle et les disposer sur un plat. Répéter jusqu'à épuisement du mélange. Garnir de rondelles de citron, de haricots à rames et de persil.

Ingrédients pour quatre personnes

2 tasses de farine de manioc  
25 d'huile d'arachide  
1 gros oignon  
1 brin de persil  
1 pincée de sel  
1 poignée de haricots à rames  
2 œufs frais  
1 poisson frais de taille moyenne  
2 piments frais ou secs  
1 gousse d'ail  
2 citrons (limes) eau froide

**Surprise au gari - Afrique**

Méthode

1. Asperger d'eau le gari, bien mélanger et laisser reposer.  
2. Nettoyer, laver et couper la viande en morceaux. Assaisonner.  
3. Assaisonner le poisson avec les clous de girofle, l'ail, le poivre de Cayenne et le sel.  
4. Faire frire légèrement la viande dans l'huile et cuire à feu doux jusqu'à ce qu'elle soit tendre. Retirer et conserver au chaud.  
5. Laver, éplucher et couper en lamelles les légumes, les faire frire lentement pendant 5 min dans l'huile de cuisson de la viande. Retirer et garder au chaud.  
6. Faire frire légèrement le poisson pendant 5 min.  
7. Ajouter une partie des légumes et des haricots. Faire cuire pendant 5 min.  
8. Retirer la casserole du feu. Ajouter peu à peu le gari en remuant continuellement pour faire reprendre l'ébullition, puis laisser cuire lentement pendant 10 min.  
9. Faire cuire les feuilles vertes dans un peu d'huile.  
10. Servi le gari, garni de feuilles vertes et de viande cuite. avec le reste des légumes.

Ingrédients pour quatre personnes

2 tasses de gari fin  
500 g de viande de porc ou de boeuf  
2 gros oignons  
3 gros poivrons  
25 cl d'huile de noix de coco  
2 tasses de poisson cuit émietté  
1 grosse aubergine  
1 tasse d'eau tiède 250 g ou 1/2 tasse de haricots à rames  
1/2 tasse de haricots à œil noir doliques de Chine) cuits  
1 grosse patate (variété orange)  
2 tasses de feuilles vertes coupées en lanières (épinards, feuilles fraîches de chou ou de patate)  
Assaisonnements à volonté (poivre de Cayenne, sel, ail et clous de girofle)

**Pain de manioc (gâteau) - Antilles**

Méthode

1. Mélanger les ingrédients secs.  
2. Ajouter la margarine et le lard. Mélanger.  
3. Ajouter les ceufs, I'extrait de vanille et le lait.  
4. Bien battre le tout.  
5. Verser dans un plat bien graissé allant au four.  
6. Faire cuire à four moyen pendant 1 h 30.  
7. Glacer avec du sucre et de l'eau et couper en carrés.  
Ingrédients pour six personnes  
3 tasses de farine de manioc sec  
11/2 tasse de sucre  
1/2 cuillerée à café de noix de muscade  
1 grosse noix de coco râpée  
1 1/2 tasse de lait - Zeste d'une demi-orange  
60 g de margarine (fondue)  
60 9 de lard (fondu)  
1/2 cuillerée à calé d'épices mélangées  
1/2 cuillerée à café de sel  
1 cuillerée à café d'extrait de vanille  
2 ceufs (battus)

**Boulettes de viande au manioc - Iles du Pacifique**

Méthode

1. Mélanger la viande hachée, le manioc râpé, I'oignon, le sel et le poivre dans une terrine.  
2. Ajouter l'un des assaisonnements énumérés ci-contre et bien mélanger.  
3. Façonner des boulettes ou des petites galettes plates (5 mm d'épaisseur).  
4. Les rouler ou les passer dans la farine.  
5. Les faire frire dans l'huile chaude jusqu'à ce qu'elles soient bien dorées.  
6. Servir avec du jus de viande, une soupe ou de la sauce tomate fraîche.

Ingrédients pour deux personnes

250 g de viande hachée de boeuf ou de mouton  
1 tasse de manioc doux râpé (au)  
2 cuillerées à café de sel 1/2 cuillerée à calé de poivre  
1 petit oignon finement haché Farine et huile  
Assaisonnements (au choix)  
1/4 de tasse de persil haché  
ou 2 cuillerées à café de sauce au soja  
ou 1 cuillerée à café de gingembre frais écrasé  
ou 1 cuillerée à café d'herbes mélangées  
ou 2 cuillerées à café de poudre de curry

**Curry de manioc - Inde**

Méthode

1 . Eplucher le manioc doux, le couper en morceaux et le faire tremper une nuit dans de l'eau douce.  
2. Egoutter à fond le manioc. Le faire bouillir jusqu'à ce qu'il soit ramolli. Saler et bien écraser.  
3. Chauffer l'huile et faire frire la moutarde, les pois, la noix de coco et les condiments avec suffisamment de curcuma pour donner une belle couleur.  
4. Ajouter le manioc cuit. Bien mélanger et retirer du feu. Servir chaud.

Ingrédients pour quatre personnes

1 kg de manioc doux (ayant trempe une nuit)  
30 g de noix de coco râpée  
25 g de pois chiches cuits  
25 g de haricots mungo cuits  
Huile végétale  
4 piments verts  
Un petit morceau de gingembre frais (5 cm. d'épaisseur)  
Sel, moutarde et curcuma  
4 feuilles de curry

**Tapado - Amérique latine**

Méthode

1. Couper la viande en petits morceaux et la recouvrir d'eau froide.  
2. Ajouter les oignons et les tomates hachées et assaisonner à volonté.  
3. Faire cuire lentement jusqu'à ce que la viande soit presque tendre.  
4. Eplucher les bananes, les plantains et le manioc et les couper en menus morceaux.  
5. Prélever le liquide de la noix de coco et le mettre de côté. Râper la pulpe.  
6. Dans une grande marmite ou un plat à four, disposer une couche de manioc, puis une couche de bananes et de plantains.  
7. Recouvrir avec la viande cuite et assaisonnée, puis étaler une autre couche de manioc et de plantains.  
8. Mélanger le bouillon de viande et le lait de coco et verser sur la viande et les légumes.  
9. Faire cuire et servir chaud.

Ingrédients pour six personnes

1 kg de boeuf salé séché  
500 g de manioc  
2 bananes mûres  
4 plantains verts  
1 piment doux  
1 noix de coco  
Oignons et tomates à volonté

**Patchelli de pomme de terre - Inde**

Méthode

1. Mélanger les pommes de terre, l'oignon, les piments et le gingembre.  
2. Ajouter à la préparation le lait de coco et mélanger jusqu'à obtention d'une bouillie épaisse.  
3. Ajouter le yaourt battu, du sel à volonté et bien mélanger.  
4. Mettre sur le feu, porter à ébullition et servir.  
Note. Comme variante, juste avant de servir, on peut ajouter quelques feuilles de curry, un peu de graines de moutarde et deux piments secs frits et grossièrement écrasés.

Ingrédients pour six personnes

4 pommes de terre farineuses, bouillies, égouttées et grossièrement hachées  
3 ou 4 piments frais, débarrassés des pépins et finement hachés  
1 gros oignon, finement haché  
170 g de yaourt battu  
Lait de coco  
1 rondelle de gingembre vert, écrasée et hachée  
Sel

**Crépes de pomme de terre - Asie de Sud-Est**

Méthode

1. Râper les pommes de terre crues pour obtenir une fine pulpe.  
2. Ajouter l'oignon haché, la farine, le sel et l'œuf battu.  
3. Bien mélanger pour obtenir une pâte lisse.  
4. Verser la pâte par cuillerées dans une poêle à frire enduite d'un peu d'huile chaude.  
5. Faire cuire de chaque côté, jusqu'à ce que les crêpes soient dorées (2 ou 3 min).  
6. Servir avec une sauce tomate chaude épicée.

Ingrédients pour quatre personnes

250 9 de pommes de terre  
1 petit oignon finement haché  
11/2 cuillerée à soupe de farine de blé ou de Maïs  
1 œuf, battu  
Une pincée de sel  
Huile végétale

**Hors-d'ceuvre aux pommes de terre et au fromage - Amérique latine**

Méthode

1. Faire revenir l'ail et l'oignon hachés dans un peu d'huile.  
2. Laver, éplucher et couper en menus morceaux les pommes de terre. Les ajouter à l'oignon et à l'ail frits, ainsi que l'eau, les condiments et le rocou ou le curcuma pour donner une belle couleur.  
3. Faire bouillir jusqu'à ce que les pommes de terre soient bien cuites, puis ajouter le lait et le fromage.  
4. Faire reprendre l'ébullition. Retirer du feu et servir, avec des avocats et de la salade.

Ingrédients pour quatre personnes

1,5 kg de pommes de terre  
120 g de fromage râpé  
1 petit oignon blanc  
3 gousses d'ail  
Huile en quantité suffisante  
1 tasse de lait  
1,5 litre d'eau  
Sel et poivre Rocou ou curcuma pour colorer (en quantité suffisante)

**Potage à la patate et aux haricots - Afrique**

Méthode

1. Faire tremper les haricots pendant une nuit.  
2. Les faire cuire jusqu'à ce qu'ils soient ramollis.  
3. Laver, éplucher et couper en dés la patate.  
4. Ajouter la patate aux haricots avec juste assez de liquide pour la faire cuire.  
5. Ajouter l'oignon haché, le sel et le poisson séché.  
6. Faire cuire à feu doux en remuant constamment.  
7. Ajouter l'huile de palme et servir chaud.

Ingrédients pour une personne

2 cuillerées à soupe de doliques de Chine ou de haricots bambara 1 patate (moyenne)  
1 cuillerée à café d'oignon finement haché  
1 poisson séché de grandeur moyenne  
2 cuillerées à soupe d'huile de palme  
Eau en quantité suffisante

**Biscuits à la patate - Afrique**

Méthode

1. Pour préparer la farine de patate, laver, éplu cher, râper et faire sécher au soleil les patates, puis les piler et les tamiser.  
2. Tamiser la farine dans une terrine.  
3. Ajouter le zeste d'orange pour parfumer.  
4. Incorporer la matière grasse à la farine en malaxant bien jusqu'à ce que le mélange ait l'aspect d'une fine chapelure ou du gari.  
5. Ajouter le sucre et mélanger.  
6. Battre l'œuf et l'ajouter à la préparation.  
7. Ajouter le jus d'orange et mélanger jusqu'à obtention d'une pâte ferme qui se détache de la terrine.  
8. Etaler la pâte sur une planche à pâtisserie farinée, sur une épaisseur d'environ 5 mm.  
9. Découper des formes variées et piquer avec une fourchette.  
10.Poser sur la plaque du four graissée. Glacer avec de l'eau et du sucre et faire cuire au four.  
11. Servir sur un plat à gâteau.

Ingrédients pour quatre personnes

240 g de farine de patate go  
9 de sucre  
Jus et zeste d'une orange  
90 g de margarine  
1 ceuf

**Boisson à la patate - Antilles**

Méthode

1. Eplucher et râper les patates.  
2. Laver et écraser la pulpe pour éliminer l'amidon libre.  
3. Presser les citrons ou les limes et passer le jus.  
4. Faire bouillir dans un peu d'eau les clous de girolle et la noix muscade, puis passer l'extrait.  
5. Mettre la pulpe de patate dans une grande jarre de pierre.  
6. Ajouter le sucre, le jus de citron ou de lime et épicer l'extrait.  
7. Ajouter 4,5 litres d'eau froide et remuer jusqu'à ce que le sucre soit complètement dissous.  
8. Incorporer le blanc d'œuf battu en remuant énergiquement. Couvrir et laisser reposer pendant huit jours.  
9. Passer, si besoin est, avant de consommer.

Ingrédients pour 4,5 litres

500 g de patates blanches  
3 citrons ou 4 gros limes  
1,5-2kg de sucre  
15 g de clous de girofle  
15 g de noix muscade  
1 blanc d'œuf, bien battu

**Patates confites - Antilles**

Méthode

1. Faire cuire les patates dans leur peau pendant 20 ou 30 min à l'eau bouillante.  
2. Les égoutter, les éplucher et les couper en rondelles.  
3. Ajouter le sucre dans l'eau et chauffer doucement.  
4. Ajouter le beurre, le jus de lime et les épices.  
5. Porter à ébullition et remuer jusqu'à ce que le sirop épaississe.  
6. Ajouter les rondelles de patate et laisser cuire encore 5 min.  
Note. On peut remplacer le sucre brun par du miel.

Ingrédients pour quatre personnes

4 patates de grosseur moyenne  
500 g de sucre brun (jagré)  
150 ml d'eau (ou plus)  
30 g de bourre  
Jus passé d'un lime  
Une pincée de noix muscade râpée  
Une pincée de poivre de  
Jamaïque en poudre

**Beignets de taro - Caraïbes**

Méthode

1. Faire bouillir les taros pendant 10 min dans leur peau.  
2. Les laisser refroidir, les éplucher et les râper.  
3. Mélanger farine, levure, oignon, persil et condiments.  
4. Ajouter ce mélange aux taros râpés et verser I'œuf battu.  
5. Bien mélanger pour obtenir une pâte ferme.  
6. Jeter dans l'huile très chaude de petites boules moulées à l'aide d'une cuillère et laisser cuire jusqu'à ce que les beignets soient soufflés et dorés.  
7. Bien égoutter et servir chaud, avec une sauce épicée.

Ingrédients pour quatre à six personnes

4 taros (Xanthosoma)  
1 cuillerée à soupe de farine de blé  
1/2 cuillerée à café de levure chimique  
1 œuf, légèrement battu  
1 cuillerée à café d'oignon haché  
1 cuillerée à café de persil haché  
Sel et poivre de Cayenne  
Bain de friture ou un peu d'huile végétale

**Feuilles de taro farcies - Iles du Pacifique**

Méthode

1. Laver les feuilles fraîches et les faire blanchir rapidement à l'eau bouillante.  
2. Mélanger le curry de manioc avec suffisamment de riz cuit pour absorber le liquide en excès.  
3. Etaler une cuillerée de cette farce sur chaque feuille de taro et plier pour former un petit paquet bien fermé.  
4. Disposer toutes les feuilles farcies les unes à côté des autres dans une marmite ou un plat allant au four, préalablement graissé avec un peu d'huile. Saupoudrer de sel.  
5. Verser le lait de coco dilué ou le bouillon pour recouvrir et faire cuire à la vapeur ou au four (de 40 à 60 min).

Ingrédients pour quatre personnes

12 feuilles de taro fraîches (Colocasia)  
Bouillon de légumes ou lait de coco dilué  
Curry de manioc (voir recette du curry de manioc, p. 150)  
Un peu de riz cuit (1/2 tasse)

**Petites galettes de taro et de poisson - Asie du Sud-Est**

Méthode

1. Mélanger le poisson cuit, le taro et l'oignon haché.  
2. Ajouter les condiments et les feuilles de coriandre hachées, puis lier avec l'œuf battu pour obtenir une pâte ferme.  
3. Former des petites boules, puis les aplatir en galettes rondes.  
4. Les passer dans la farine et les faire cuire dans I'huile chaude.  
5. Servir avec de la sauce tomate fraîche assaisonnée de basilic.

Ingrédients pour quatre personnes

2 tasses de taro (Colocasia) cuit et écrasé  
1 tasse de poisson blanc cuit, sans arêtes et émietté  
1 cuillerée à café d'oignon finement haché  
2 cuillerées à café de feuilles de coriandre fraîches, finement hachées  
Sel et poivre  
1 œuf, légèrement battu Farine et huile végétale

**Taros à la sauce tomate - Amérique latine**

Méthode

1. Laver les taros et les faire cuire dans leur peau, à l'eau salée, jusqu'à ce qu'ils soient tendres.  
2. Les égoutter, les éplucher et les couper en morceaux.  
3. Préparer une sauce en faisant revenir doucement dans l'huile l'ail, les tomates et l'oignon haché.  
4. Ajouter à la sauce les taros cuits et deux cuillerées à soupe d'eau chaude.  
5. Assaisonner à volonté et servir chaud.

Ingrédients pour cinq personnes

500 g de taros (Colocasia)  
4 cuillerées à soupe d'huile  
4 tomates  
2 gousses d'ail  
1 oignon moyen  
Sel et poivre

**Plantains au curry - Caraïbes**

Méthode

1. Faire revenir le piment écrasé et le curry en poudre dans l'huile pendant 1 min.  
2. Ajouter les lamelles de plantain et faire frire jusqu'à ce qu'elles soient légèrement dorées.  
3. Ajouter le sel et le lait de coco et faire cuire à feu doux pendant 20 à 30 min.  
4. Retirer du feu puis verser le garam masala et I'œuf légèrement battu.  
5. Décorer de feuilles de coriandre fraîches hachées et servir avec du riz cuit à l'eau.

Ingrédients pour quatre personnes

6 plantains, épluchés et coupés en lamelles dans le sens de la longueur  
2 cuillerées à soupe d'huile végétale  
1 ceuf, légèrement battu  
1 cuillerée à soupe de curry en poudre  
1 cuillerée à café de garam masala  
2 tasses de lait de coco  
Sel et piment

**Kordoh de banane verte - Afrique**

Méthode

1. Laver et éplucher les bananes.  
2. Les couper en rondelles et les mettre dans une terrine avec du jus de citron.  
3. Faire griller les arachides, les décortiquer, les piler et les écraser pour obtenir une pâte homogène.  
4. Ecailler les poissons, les laver et enlever toutes les arêtes.  
5. Eplucher les oignons, les laver et les émincer. Couper le piment frais.  
6. Mettre un peu d'eau à bouillir dans une casserole.  
7. Ecraser les bananes et ajouter le poisson, les arachides et les oignons. Continuer de piler jusqu'à obtention d'une pâte homogène.  
8. Rectifier l'assaisonnement.  
9. Retirer la pâte et, avec les mains mouillées, façonner des petites boulettes. Mettre à bouillir dans la casserole.  
10. Faire bouillir jusqu'à ce que la préparation soit bien cuite et qu'il reste très peu d'eau.  
11. Servir froid, décoré de tranches de tomate, de ciboule et de persil.

Ingrédients pour quatre personnes

2 bananes vertes  
1/2 tasse d'arachides fraîches  
3 grosses tomates, coupées en tranches  
Persil et ciboule pour décorer  
4 poissons frais de taille moyenne  
2 oignons  
Sel et piment frais à volonté  
Jus d'un demi-itron

**Galettes de plantain vert - Amérique latine**

Méthode

1. Faire cuire les plantains jusqu'à ce qu'ils soient tendres.  
2. Broyer ou piler les plantains cuits avec les morceaux de porc croustillants pour obtenir une pâte homogène.  
3. Préparer un peu de sauce tomate fraîche, avec du sel et du poivre à volonté, et la mélanger à la préparation au plantain.  
4. Hacher finement le chou, le piment, les saucisses et les œufs durs. Bien mélanger le tout avec un peu d'huile.  
5. Diviser la pâte en six morceaux et les aplatir pour former des galettes (tortillas).  
6. Enduire chaque tortilla d'un peu de bourre ou d'huile, et remplir le centre avec le mélange haché préparé.  
7. Replier et envelopper chaque tortilla dans une feuille de plantain.  
8. Lier solidement, placer dans une marmite avec un peu d'eau. Faire cuire à la vapeur ou faire bouillir pendant 15 min.

Ingrédients pour quatre ou cinq personnes

4 plantains verts moyens  
250 g de morceaux de porc croustillants  
250 g de saucisses  
1 petit chou  
250 g de tomates  
3 ceufs durs  
1 piment doux  
3 cuillerées à soupe d'huile végétale ou de bourre  
Sel et poivre

**Annexe 2: Repas pour jeunes enfants**

D'après *Feeding the Weaning Age Group in the Caribbean*. Compte rendu d'une réunion d'un groupe technique. Caribbean Food and Nutrition Institute, Kingston, Jamaïque (1979).

**Dessert de farine composée**

*Méthode*

1. Mélanger la farine, le lait écrémé en poudre et, éventuellement, le sel.  
2. Ajouter l'eau et mélanger sur feu doux pendant 5 min.  
3. Ajouter le sucre et la purée de fruit passée.  
4. Réchauffer, ajouter l'huile ou la margarine et bien mélanger.  
5. Passer si nécessaire et laisser refroidir un peu avant de servir.  
Note. La farine composée utilisée est un mélange de farines de blé, de manioc et de soja.

*Ingrédients pour 200 g environ*

2 cuillerées à soupe de farine composée  
2 cuillerées à soupe de lait écrémé en poudre  
1/4 de tasse de purée de fruit (banane ou goyave)  
1 tasse d'eau  
1 cuillerée à café de miel ou de sucre  
1 cuillerée à café d'huile ou de margarine  
Sel, si nécessaire

**Pommes de terre, feuilles vertes et sardine**

*Méthode*

1. Porter l'eau à ébullition et ajouter les feuilles hachées et les pommes de terre en dés.  
2. Couvrir la casserole et faire cuire pendant 12 à 15 min.  
3. Ecraser dans le liquide de cuisson.  
4. Ajouter à cette préparation la sardine et la margarine ou l'huile de la sardine et le sel.  
5. Passer et servir.

Variantes:  
1. Remplacer les feuilles vertes par des carottes, des gombos ou de la citrouille.  
2. Remplacer les pommes de terre par des bananes vertes, des ignames, des fruits à pain, des taros ou une demi-tasse de riz ou de macaronis cuits. (Les bananes vertes ont parfois besoin de 10 à 15 min de cuisson de plus que certaines variétés d'igname et de pomme de terre pour devenir molles).  
3. Un peu de saucisse, de foie, de maquereau en boîte, de corned-beef ou un œuf pourront remplacer la sardine.

*Ingrédients pour 120 g*

100 g de pommes de terre, épluchées et coupées en dés  
30 g de feuilles vertes fraîches, finement hachées  
1/2 tasse d'eau  
30 g de sardine écrasée  
1 cuillerée à café de margarine facultatif)  
Un peu de sel

**Igname, carotte et foie**

*Méthode*

Utiliser la méthode indiquée dans la recette précédente. Remplacer les pommes de terre par l'igname, les feuilles vertes par la carotte et la sardine par le foie dans les mêmes proportions.

Il faut faire cuire le foie, le couper en menus morceaux et l'ajouter à l'igname et aux légumes écrasés chauds. On pourra remplacer le lait par de l'eau, si on a besoin de plus de liquide pour passer.

**Dessert à la patate**

*Méthode*

1. Faire bouillir l'eau et ajouter la patate coupée en rondelles fines.  
2. Couvrir et faire cuire sur feu doux pendant 12 à 15 min. Retirer du feu.  
3. Ecraser la patate dans le liquide de cuisson.  
4. Ajouter en tournant l'huile ou la margarine, I'œuf, le sucre ou le miel et le lait en poudre à la préparation chaude.  
5. Passer et servir.

*Ingrédients pour 150 à 180 g*

1 patate (90g) épluchée et coupée en rondelles  
150 ml d'eau  
1 œuf  
1 cuillerée à soupe de lait écrémé en poudre  
1 cuillerée à café de miel ou de sucre brun  
1 cuillerée à café de margarine ou d huile  
ou 2 cuillerées à soupe de crème de coco

**Dessert à la banane verte ou au plantain**

*Méthode*

1. Râper finement le plantain ou les bananes.  
2. Ajouter une demi-tasse d'eau et fouetter jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de grumeaux.  
3. Faire bouillir le reste d'eau avec le lait en poudre.  
4. Ajouter la pâte de plantain, sans cesser de remuer.  
5. Cuire à feu doux pendant 15 à 20 min.  
6. Ajouter l'huile ou la margarine, le miel ou le sucre et le sel.  
7. Faire cuire, passer si nécessaire et servir.

*Ingrédients pour 480 g*

1 1/2 banane verte épluchée ou 2 plantain moyen, épluché  
1/2 litre d'eau  
2 cuillerées à soupe de laité écrémé en poudre  
2 cuillerées à soupe de miel ou de sucre brun  
Une pincée de sel

**Valeur nutritive de quelques aliments pour nourrissons préparés à la maison**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Aliment pour nourrissons** | **Humidité (%)** | **Energie (kcal/100 g)** | **Protéines (g%)** | **Lipides (g%)** | **Ca (mg/%)** | **Fe (mg/%)** | **Na (mg%)** | **K (mg%)** |
| Farine composée |  |  |  |  |  |  |  |  |
| +goyave | 78,8 | 98 | 3,6 | 0,6 | 102 | 1,0 | 111,2 | 150,1 |
| Farine composée | 79,4 | 91 | 3,1 | 0,3 | 83 | 0,8 | 12,7 | 181,3 |
| Pommes de terre, feuilles vertes et sardine |  | | | | | | | |
| 81,0 | 112 | 4,7 | 4,2 | 65 | 1,2 | 185,5 | 228,8 |
| Igname, carotte et foie |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 81,0 | 93 | 2,3 | 1,7 | 16 | 1,1 | 62,5 | 130,9 |
| Dessert à la patate | 69,8 | 166 | 3,0 | 4,7 | 82 | 2,0 | 64,2 | 123,1 |
| Dessert à la banane verte | 89,4 | 45 | 1,8 | 0,4 | 56 | 0,6 | 140,0 | 151,7 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Dessert au plantain | 80,2 | 84 | 2,5 | 0,4 | 78 | 1,0 | 84,9 | 136,3 |

Source: Feeding the Weaning Age Group in the Caribbean Compte rendu d'une réunion d'un groupe technique, CFNI, Kingston, Jamaïque, 1979.

**Annexe 3: Pain sans froment**

**L'empois d'amidon de base**

Pour la fabrication du pain de froment ordinaire, le gluten de blé vital est l'ingrédient principal qui immobilise les gaz de fermentation de la levure et permet au pain de lever. Pour faire du pain sans froment, on remplace le gluten vital par un empois d'amidon épais. C'est donc ce que nous ferons en premier.

Commencez par ajouter 400 g de fécule de manioc ou d'amidon de riz à 2,2 litres d'eau dans une casserole. (On peut remplacer la fécule ou l'amidon par de la farine de manioc ou de riz.) L'amidon a tendance à se déposer, aussi faut-il remuer vigoureusement pour qu'il reste en suspension. Posez la casserole contenant l'amidon en suspension sur le fourneau ou la cuisinière et commencez à chauffer à température moyenne en remuant constamment. Ne le laissez pas brûler! Tandis que vous continuez à tourner, vous verrez que de petits morceaux, ou des fibres d'amidon précuit, commencent à se former. Cela signifie que l'amidon en suspension se transformera rapidement en une pâte épaisse. Continuez de tourner à feu modéré. La pâte deviendra très épaisse. L'empois commencera à changer de couleur et deviendra plus clair (ou translucide). Quand il est uniformément translucide, retirez du feu et laissez refroidir en remuant de temps en temps; (on peut faire refroidir en plaçant la casserole dans un évier contenant de l'eau froide pour que la température baisse rapidement).

**La pâte à pain sans froment**

Commencez par peser tous les ingrédients.

***Levure***. Ajoutez 25 g de levure de boulanger à 150 ml d'eau et 5 g de sucre. Ecrasez la levure et mélangez bien jusqu'à obtention d'une composition homogène. Vous pouvez aussi utiliser de la levure chimique, 2 cuillerées à café dans 160 ml d'eau avec 5 g de sucre (ou suivre les instructions du fabricant). Vous obtenez ainsi la levure en suspension.

***Sucre.*** 100 g ou selon vos préférences.

***Sel***. 40 g ou selon vos préférences.

***Huile végétale***. 20-50 ml, selon vos préférences (huile de maïs, de tournesol, etc.).

***Ingrédients farineux de base***. 2 kg de farine (riz, maïs, sorgho ou mil). Vous pouvez aussi utiliser de la farine de manioc (pas de fécule), mais dans ce cas vous devrez ajouter de 50 à 70 g de farine de soja de qualité supérieure si vous voulez augmenter la teneur protéique. Vous pouvez aussi ajouter de 10 à 40 g de farine de soja aux autres farines. Vous pouvez faire des mélanges de divers ingrédients farineux de base, mais le poids total de farine devra être de 2 kg environ.

**Préparation de la pâte et cuisson du pain**

Prenez tout l'empois d'amidon et versez-le dans le bol d'un batteur électrique (utilisez une spatule pour bien recueillir tout l'empois). Ajoutez peu à peu la farine et mélangez avec une cuillère en bois ou en inox pour bien l'incorporer à l'empois. Cette opération demande de la patience car la farine se présente comme une poudre. Quand la farine a été humectée par l'empois d'amidon, vous pouvez placer bol sur le batteur électrique pour les autres opérations. Ajoutez le sucre et le sel. Mélangez un peu. Contrôlez la température pour vous assurer que la préparation n'est pas chaude, car cela endommagerait la levure. Ajoutez la levure en suspension en continuant de remuer, et vous verrez la pâte devenir plus souple. Ensuite, ajoutez l'huile et battez encore pendant 5 minutes. (La consistance variera selon la farine utilisée.)

Graissez entièrement l'intérieur des moules à pain avec de l'huile végétale. De bons résultats sont obtenus avec de petits moules rectangulaires à bords droits, de 20 cm de longueur, 7 cm de largeur et 6 cm de hauteur mais vous pouvez faire des essais avec des moules de dimensions et de formes différentes.

Versez la pâte dans les moules huilés en les remplissant jusqu'à environ mi-hauteur. Placez les moules dans un endroit chaud (3040 °C) et couvrez-les d'un linge humide afin de laisser la pâte monter. La durée de la fermentation variera selon la recette. Laissez la pâte lever jusqu'à ce qu'elle dépasse le bord supérieur du moule de 1 cm environ.

Mettez les moules au four préchauffé à 210 °C et faites cuire pendant 40 à 45 minutes. Démoulez délicatement et placez les pains dans un endroit frais. Laissez refroidir pendant 12 heures au minimum. (Pour du pain composé entièrement de manioc, laissez refroidir 24 heures afin qu'il ne soit pas trop gluant.) Après refroidissement, le pain sera prêt à être coupé en tranches et consommé.

**Bibliographie**

**Abrahamsson, L.** 1978. Food for infants and c)uldren in developing and industrialized countries. Univ. d'Uppsala, Suède. (Thése de doctorat)

**Adewusi, S.R.A., Afolabi, O.A. & Oke, O.L.** 1988. Nutritive value of cassava roots and some cereals. (Inédit)

Ahmed, R. 1982. Survey of glycoalkaloid content in potato tuber growing in Pakistan and environmental factors causing their synthesis and physiological investigations on feeding high glycoalkaloids to experimental animals. 6th Ann. Res. Rep. Botany Dept., Univ. de Karachi, Pakistan.

**Arthur, J.C. & McLemore, T.A.**1957. Effccts of processing conditions on the chemical properties of canned sweet potatoes. J. Agr.Food Chem., (5): 863-867.

**Asenjo, C.F. & Porrata, E.I.**1956. The carotene contcnt of green and ripc plantains. J. Agric. Univ. Puerto Rico, (40): 152-156.

**Augustin, J., McDole, R.E., McMaster, G.M., Painter, C.G. & Sparks, W.C.** 1975. Ascorbic acid contcnt in Russct Burbank potatoes.J. Food Sci., (40): 415416.

**Augustin, J., Johnson, G.K., Teitzel, C., True, R.H., Hogan, J.M. & Deutsch, R.M.** 1978. Changes in nutrient composition of potatoes during home preparation. II. Vitamins. Am. Potato J., (55): 653662.

**Ayangade, S.O., Oyelola, O.O. & Oke, O.L.** 1982. A preliminary study of amniotic and serum thiosulphate Icvels in cassava eating women. Nutr. Rep. Int., (26): 73-75.

**Ayensu, E.S. & Coursey, D.G.** 1972. Guinea yams. The botany, ethnobotany, use and possible future of yams in West Africa. Econ. Bot., (26): 301-318.

**Banque internationale pour la reconstruction et le développement.** 1989. Population, per capita product and growth rates. Atlas de la Banque mondiale. Washington.

**Bevan, C.W.L. & Hirst, J.** 1958. A convulsant alkaloid of Dioscorea dumetorum. Chem. Ind. (25): 103.

**Bolhuis, G.G.** 1954. The toxicity of cassava roots. Neth. J. Agric. Sci., (2): 176-185.

**Booth, R.H.** 1974. Post-harvest deterioration of tropical root crops: losses and their control. Trop. Sci., (16): 49-63.

**Bourdoux, P., Delange, F., Gerard, M., Mafuta, M., Hudson, A. & Ermans, M.A.**1978. Evidence that cassava ingestion increases thiocyanate formation: a possible etiologic factor in endemic goitre. J. Clin. Endocrinol. Metab., (4b): 613-621.

**Bourdoux, P., Seghers, P., Mafuta, M., Vanderpas, J., Vanderpas Rivera, M., Delange, F. & Ermans, M.A.** 1983. Traditional cassava detoxification process and nutrition education inZaire.ln Delange,F. & Akluwalia, R., éd. Cassava toxicity and thyroid: research and public health issues, p. 134-137, Ottawa, CRDI (IDRC-207e).

**Bradbury, J.H. & Holloway, W.D.** 1988. Chemistry of tropical root crops. Canberra, Centre australien de recherche agronomique.

**Bruijn, G.H.** 1973. The cyanogenic character of cassava. In Nestel, B. & Maclntyre, R., éd. Chronic cassava toxicity, p. 43-48. Ottawa, CRDI (IDRC-10\*.

**Bushway, R.J., Bureau, J.L. & McGann, D.F.** 1983. Alphachaconine and alphasolanine content of potato pcels and potato peel products. J. Food Sci., (48): 84-86.

**Busson, F., Jardin, C. & Wuheung, W.T.** 1970. Food composition table for use in Africa. Rome, FAO.

**Casadei, E.** 1988. Nutritional and toxicological aspects of cassava. Jn Walter, R. & Quattruci, E., éd. Nutritional and toxicological aspects of food processing, p. 171176. Londres, Taylor & Francis.

**Catalano, E.A., Hasling, V.C., Dupung, H.P. & Costantin, RJ.** 1977. Ipomeamarone in blemished and diseased sweet potatoes. J. Agric. Food Chem., (25): 94-96.

**Chandra, S**. 1979. Energetics of crop production in Fiji. Agric. Mech.Asia, (10-3): 19-24.

**Chandra, S.** 1980. Root crops in Fiji, part 2: Development and future food production strategy. Fiji Agric. J., (42): 11-17.

**Chandra, S.** 1984. Edible aroids. Oxford, Royaume-Uni, Clarendon.

**Chandra, S.**1988. Tropical root crops: food for a hungry world. Symp. Int. Soc. Root Crops, (7): 23. Guadeloupe.

**Chen, M.C., Chen, C.P. & Din, S.L.** 1979. The nutritive value of sweet potato vines for cattle.. V. Fresh and dehydrated sweet potato vines. J. Agric. Assoc. China, (107): 4560.

**Chick, H. & Slack, E.B.** 1949. Distribution and nutritive value of the nitrogenous substances in potato. Biochem. J., (45): 211221.

**Christiansen, J.A.** 1977. The utilization of bitter potatoes to improve food production in the high altitude of the tropics. Comell Univ., Ithaca, N.Y. (Thèse de doctorat) CIP. 1982. World potato facts. Centre international de la pomme de terre, Lima.

**Cliff, J., Martelli A., Molin, A. & Rosling, H.** 1984. Mantakassa: an epidemic of spastic paraparesis associatod with chronic cyanide intoxication in a cassava staple area of Mozambique. Bulletin de l'OMS, (62): 477484.

**Cock, J.H.** 1985. Cassava: new potential for a neglected crop. Boulder, Co., Westview, IADC.

**Collins, W.W. & Walter, W.M.** 1982. Potential for increasing nutritional value of sweet potatoes. In Villareal, RL. & Griggs, T.D., éd. Int. Symp. Sweet Potato. 1. Tainan, 1982. p. 355-363. Taiwan, AVRDC.

**Collis, W.R.F., Dema. I.S. & Lesi, F.E.A.** 1962. Transverse survey of health and nutrition, Parkshin Division, N. Nigeria. W. African Med. J., (11): 131-154.

**Cocke, R.D.** 1978. An enzymatic assay for total cyanide content of cassava. J. Sci. Food Agric., (29): 345-352.

**Cocke, R.D. & Maduagwu, E.N.** 1978. The effects of simple processing on the cyanide content of cassava chips. J. Food Technol., (13): 299-306.

**Coursey, D.G.** 1967. Yams. Londres, Longman.

**Coursey,** D.G. 1968. The edible aroids. World Crops, (20-4): 2530.

**Coursey, D.G.** 1973. Cassava as food: toxicity and technology. In Nestel, B. & MacIntyre, R., éd. Chronic cassava toxicity. Actes d'un atelier interdisciplinaire. Londres, 29-30 janvier 1973, p. 27-36. Ottawa, CRDI (IDRC-l0e).

**Coursey, D.G.** 1976. The origins and domestication of yams in Africa. In Harlan, J.R., Wet de, J. & Stember, A.B., éd. Origins of African plant domestication, p.383-408. La Haye, Mouton.

**Coursey. D.G.** 1983. Yams. In Chan H.T., éd. Handbook of tropical foods, p.555-601. New York, N.Y., Dekker.

**Coursey, D.G. & Aidoo, A.** 1966. Ascorbic acid levels in Ghanaian yams. J.Sci. Food Agric., (17): 446449.

**Cox, P.A.** 1980. Two Samoan technoIogies for breadfruit and banana preservation. Econ. Bot.,., (34): 181-185.

**Davis, N.T. & Olpin, S.E.** 1979. Studies on the phytate: zinc molar contents in diets as a detenninant of zinc availability to young rats. Br. J. Nutr., (41): 591-603.

**Dawson, P.R., Gresthouse, L.H. & Gordoo, W.O.** 1951. Sweet potato: more than starch. In Crops in peace and war. Yearbook of agriculture, 1950/51, p. 195-203. Washington, Département de l'agriculture des Etats-Unis.

**Deobald, HJ. & MacLemore, T.A.** 1964. Effect of temperature, antioxidant, and oxygen on the stability of precooked dehydrated sweet potato flakes. Food Technol.,., (18): 739-742.

**Delange, F.** 1983. Nutritional factors involved in the goitrogenic action of cassava. In Delange, F. & Akluwalia, R., éd. Cassava toxicity, and thyroid: research and public health issues. Ottawa, CRDI (IDRC-207e).

**Devendra, C.** 1977. Studies on the utilisation of cassava (Manihot esculenta crantz) in sheep. MARDI Res. Bull., (5-2): 129147.

**Dipak, H.D. & Mukherjee, K.D.** 1986. Functional properties of rapeseed protein products with varyingphytic acid contents. J. Agric. Food Chem., (34): 775780.

**Doku, E.V.** 1969. Cassava in Ghana. Accra, Ghana Univ. Press.

**Doku, E V.** 1984. Production potentials of major tropical root and tuber crops. In Terry, E.R., Doku, E.V., Arene, O.B. & Mahuneu, N.M., éd. Tropical root crops: production and uses in Africa, p. 19-24. Ottawa CRDI (IDRC-221e).

**Elkins, E.R.** 1979. Nutrient content of raw and canned green beans, peaches and sweet potatoes. Food Technol., (33-2): 66-70.

**Eppendorfer, W.H., Eggum, B.O. & Bille, S.W.**1979. Nutritive value of potato crude protein as influenced by manaring and amino-acid composition. J. Sci. Food Agric., (30): 361-368.

**Erman, A.M., Bourdoux, P., Kinthaert, J., Lagasse, K., Luvivila, R., Mafuta, M., Thilly, C.H. & Delange, F.** 1983. Role of cassava in the etiology of endemic goitre and cretinism. ln Delange, F. & Akluwalia, R., éd. Cassava toxicity and thyroid: research and public health issues, p. 9-16. Ottawa, CRDI (IDRC-297e).

**Essers, S.** 1986. Development of fast detoxication methods for bitter cassava at household level in rural N.E. Mozambique. Rapport final pour le Ministère de la santé du Mozambique, p. 9-27.

**FAO.** 1970. Amino-acid content offood. Etudes de la nutrition de la FAO, n° 24. Rome.

**FAO.** 1971. Bilans alimentaires. Rome.

**FAO.** 1980. Bilans alirnentaires: 19751977 moyenne; et disponibilités alimentaires par personne: 19611965 moyenne. Rome.

**FAO.** 1984a. Compte rendu de l'Atelier pour la transformation et l'utilisation du manioc et autres plantes-racines et tubercules en Afrique. Abidjan, Côte d'ivoire, 28 novembre-2 décembre 1983. Rome.

**FAO.** 1984b. Annuaire FAO de la production. Collection FAO: Statistiques, n° 61. Rome.

**FAO.** 1985a. Réunion d'étude sur les obstacles d la production et à la commercialisation des racines, tubercules et plantains en Afrique. Kinshasa, Zaïre, 30 septembre - 4 octobre 1985. Rome.

**FAO.** 1985b. Consultation d' experts sur l'utilisation des plantes vivrières traditionnelles pour élargir la base de l'alimentation. Harare, Zimbabwe, 18-23 novembre 1985. (Polycopié) 108 p.

**FAO.** 1986a. Annuaire FAO de la production. Collection FAO: Statistiques, n° 47. Rome.

**FAO.** 1986b. Le rôle des racines, tubercules et bananes plantains dans la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne. Onzième session du Comité de }a sécurité alimentaire mondiale. Rome, 9-16 avril 1986.

**FAO.** 1987a. Le rôle des racines, tubercules et plantains dans la sécurité alimentaire en Amérique latine et aux Caraibes. Douzième session du Comité de la sécurité alimentaire mondiale. Rome, 8-15 avril 1987.

**FAO.** 1987b. Le rôle des plantesracines dans la sécurité alimentaire des pays du Pacifique. Douzième session du Comité de la sécurité alimentaire mondiale. Rome, 8-15 avril 1987.

**FAO.** 1987c. Stratégies et besoins d'amélioration de la production de racines, de tubercules et de plantains. Neuvième session du Comité de l'agriculture. Rome, 23 mars- 1avril 1987.

**FAO.** 1988a Root and tuber crops, plantains and bananas in developing countries: challenges and opportunities. Etude FAO: Production végétale et protection des plantes, n° 87. Rome.

**FAO.** 1988b. Traditional food plants. Etude FAO: Alimentation et nutrition n°42.Rome.

**Faulks, R.M., Grimths, W.M., White, M.A. & Tomlins, K.I.** 1982. Influence of site, variety and storage on nutritional composition and cooked texture of potatoes. J. Sci. Food Agric., (33): 589.

**Favier, J.C., Chevassus-Agnes, S. & Gallon, G.** 1971. La technologie traditionnelle du manioc au Cameroun: influence sur la valeur nutritive. Ann. Nutr. Alim., (25): 159.

**Fawcet, W.** 1921. The banana: its cultivation, distribution and commercial uses. 2. éd. Londres, Duckworth.

**Fiedler, H. & Wood, J.L.** 1956. Specificity studies on the Bmercaptopyruvate-cyanide transsulfuration system. J. Bio. Chem., (222): 387-397.

**Finglas, P.M. & Faulks, R.M.** 1984. Nutritional composition of UK retail I potatoes, both raw and cooked. J. Sci. Food Agric., (35): 1347-1356.

**Finglas, P.M. & Faulks, R.M.** 1985. A new look at potatoes. Nutr. Food Sci., (92): 12.

**Fonds de développement des Nations Unies pour la femme.** 1989. Root Crop Processing. Food Cycle Technology Source Book No. 5.

**Forsythe, W.G.C.** 1980. Banana and Plantains. ln Nagy, S. &Shaw P.E., éd. Tropical and subtropical fruits: composition, properties and uses, p. 258-278, Westport, Conn., AVI.

**Foy,J.M. & Parratt, J.R.** 1960. A note on the presence of noradrenaline and 5-hydroxytriptamine in planlain. J. Pharm. Parmacol., (12): 360-364.

**Francis, B J.,Halliday, D. & Robinson, J.M.** 1975. Yams as a source of edible protein. Trop. Sci., (17): 103110.

**Frye, J.B., Hawkins, G.E. & Henderson, H.B.** 1948. The value of winter pasture and sweet potato meal for lactating dairy cows. J. Dairy Sci., (31): 897-903.

**Gebremeskel, T. & Oyewole, D.B.** 1987a. Cocoyam and the world trend of vital statistics 1965-84. Socioccon. Unit. Ibadan Nigéria, llTA.

**Gebremeskel, T. & Oyewole, D.B.** 1987b. Sweet potato and the world trend of vital statistics 1965-84. Socioecon. Unit. Ibadan, Nigéria, IITA.

**Gebremeskel, T. & Oyewole, D.B.** 1987c. Yam and the world trend of vital statistics 1965-84. Socioecon. Unit. Ibadan, Nigéria, llTA.

**Gebremeskel, T. & Oyewole, D.B.** 1987d. Cassava and the world trend of vital statistics 1965-84. Socioecon. Unit. Ibadan, Nigéria, IITA.

**Coering, TJ.** 1979. Tropical root crops and rural development. Document de travail des services de la Banque mondiale, n° 324. Washington D.C. Banque mondiale.

**Goldstein, l J.& Hayes,C.E.** 1978.The lectins: carbohydrate-binding proteins of plants and animals. Ad v. Carbohydr. Chem. Biochem., (35): 127-340.

**Gómez, G., Santos, J. & Valdivieso, M.** 1984. Least-cost rations containing cassava meal for broilers and growing pigs. Symp. Int. Soc. Root Crops. 6. Lima,2126 février 1983, p. 393-400. Centre international de la pomme de terre.

**Goode, P.M.** 1974. Some local vegetables and fruits of Uganda. Entebbe, Ouganda, Ministère de l'agriculture.

**Gray, W.D. & Abou-el-Seoud, M.O.** 1966. Fungal protein for food and feeds II. Whole sweet potato as a substrate. Econ. Bot., (20): 119126. Hahn, S.K., Terry, E.R., Lanschner, K., Akobundu, I.O., Okoli,, C. & Lal, R. 1979. Cassava improvement in Africa. Field Crops Res., (2): 193226.

**Hahn, S.K.** 1983. Cassava research to overcome the constraints to production and use in Africa. In Delange, F. & Akluwalia, R., éd. Cassava toxicity, and thyroid: research and public health issues, p. 93-102. Ottawa, CRDI (IDRC-207e).

**Hahn, S.K.** 1984. Tropical root crops, their improvement and utilization. Ibadan, Nigéria, IITA.

Hammond, A.L. 1977. Alcohol: A Brazilian answer to the energy crisis: Sci., (195): 564-566.

**Herrera, H.** 1979. Potato protein: nutritional evaluation and utilization. Univ. Etat du Michigan. (Thèse de doctorat)

**Hellendoorn, E.W., Noordhoff, M.G. & Slagman, J.** 1975. Enzymatic determination of the indigestible residue (dietary fibre) content of food. J. Sci. Food Agric., (26): 1461-1468.

**Hentschel, H.** 1969. Wertgebende Inhaltsstoffe der Kartoffel in Abhängigkeit von verschiedenen Haushaltsmassigen Zubereitungen. Mitt. 4 Vitamine und Mineralstoffe. Qual. Plant. Mat. Veg., (17): 201216.

**Hoff, J.E., Junes, C.M., Wilcox, G.E. & Castro,M.D.**1971. The effect of nitrogen fertilization on the composition of the free aminoacid pool of potato tubers. Am. Potato J., (48): 390-394.

**Horigone, T., Nukayama, N. & Ikeda, M.** 1972. Nutritive value of sweet potato protein produced from the residual products of the sweet potato industry. Nippon Chikasam Gakkahi, (43): 432.

**Horton, D.** 1980. The potato as a food crop for the developing world. Lima Centre international de la pomme de terre.

**Horton, D., Lynam, J. & Knipscheer, H.** 1984. Root crops in developing countries - an economic appraisal. In Symp. Int. Soc. Root Crops. 6. Lima, 21-26 février 1983, p. 9-39. Centre internalional de la pomme de terre.

**Howlett, W.P.** 1985. Acute spastic paraplegia, Mara region, Tanzania Med . Assoc . Dar-es -S alaam . Sept. 1985.

**Huang, P.C.** 1982. Nutritive value of sweet potato. In Villareal, R.L. & Griggs, T.D., éd. Int. Symp. Sweet Potato. 1. Tainan, 1982, p. 35-36. Taiwan, AVRDC.

**Idusogie, E.O.** 1971. The nutritive value per acre of selected food crops in Nigeria J.W. Afr. Sci. Assoc., (16): 17.

**Jadhav, SJ. & Salunkhe, D.K.** 1975. Formation and control of chlorophyll and glycoalkaloids in tubers of Solanum taberosum L. and evaluation of glycoalkaloid toxicity. Adv. Food Res., (21): 307354.

**Jones, W.O.** 1959. Manioc in Africa. Californie, Stanford Univ. Press.

**Kahn, EJ.** 1985. The staffs of life. Boston, Mass. Little Brown.

**Kay, D.E.** 1973. Root Crops. TPI Crop and Product Digest 2. Londres, Tropical Products Institute.

**Kay, S.J.** 1985. Formulated sweet potato products. In Bouwkamp J.C., éd. Sweet potato products: a natural resource for the tropics, p. 205-218. Boca Raton, F1., CRC Press.

**Lancaster, P.A., Ingram, J.S., Lim, M.Y. & Coursey, D.G.** 1982. Traditional cassava-based foods: survey of processing techniques. Econ. Bot., (36-1), p. 1245.

**Lawrence, G. & Walker, P.D.** 1976. Pathogenesis of E. necroticans in Papua New Guinea. Lancet, (2): 125.

**Lee, P.K. & Young, Y.F.** 1979. Nutritive value of high protein sweet potato meal as feed ingredients for Leghorn chicks. J. Agric. Assoc. China, (108): 56.

**Lim Han Kuo.** 1967. Animal feeding stuff. Part 3: compositional data on feeds and concentrates. Malays. Agric. J., (46): 63-79.

**Lin, S.S.M. & Chen, D.M.** 1985. Sweet potato production and utilization in Asia and the Pacific. In Bouwkamp, J.C., éd. Sweet potato products: a natural resource for the tropics, p. 139-148. Boca Raton, F1., CRC Press.

**Linnemann, A.R., van Es, A. & Hartmans, KJ.** 1985. Changes in the content of L-ascorbic acid glucose, fructose, sucrose and total glycoalkaloids in potatoes stored at 7, 16 and 28 °C. Potato Res., (28): 271-282.

**Lopez de Romana, G., Graham, C.G. & MacLean, W.C.** 1981. Prolonged consumption of potatobased diets by infants and small children. J.Nutr., (111): 14301436.

**Lopez, A., Williams, H.L. & Cooler, F.W.** 1980. Essential elements in fresh and in canned sweet potatoes. J. Food Sci., (45): 675678,681.

**Lynam, J.K. & Pachico, D.** 1982. Cassava in Latin America: current status and future prospects. Cali, CIAT.

**Maga, J.A.** 1980. Potato glycoalkaloids. CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr., (12): 371-405.

**Marfo, E.K. & Oke, O.L.** 1988. Changes in phytate content of some tubers during cooking and fermentation. (Communication personnelle)

**Marriott, J. & Lancaster, P.A.** 1983. Bananas and plantains. In Chan, H.T., éd. Handbook of tropical foods. p. 85-143. New York, N.Y., Dekker.

**Martin, F.W., Telek, L. & Ruberté, R.M.** 1974. Yellow pigments of Dioscorea bulbifera. J. Agr. Food Chem., (22-2): 335-337.

**Massal, E. & Barrau, J.** 1956. Banana. In Food Plants of the South Sea Islands, p. 15-18. Tech. Pap. No. 94. Noumea, South Pacific Commission.

**Massey, Z.A.** 1943. sweet potato meal as livestock feed. Georgia Agric. Expt. Sta. Bull. No. 522.

**Mattei, R.** 1984. Sun drying of cassava for animal feed. A processing system for Fiji. Suva, Fidji. 43p. (Document inédit)

**Mather, R.E., Linkous, W.N. & Eheart, J.F.** 1948. Dehydrated sweet potalo as concentrate feed for dairy cattle. J.Dairy Sci., (31): 569576.

**McCann, DJ.** 1977. Cassava utilization in agro-industrial systems. In Cock, J., MacIntyre, R. & Graham, M. éd. Symp. Int. Soc. Root Crops. 4. CIAT, Cali, Colombie, 17 août 1976, p. 215-221. Ottawa, CRDI (IDRC-080e).

**McCay, C.M., McCay, J.B. & Smith, O.** 1975. The nutritive value of potatoes. ln Talburt, W.F. & Smith, O., éd. Potato Processing. 3 éd., p. 235-273. West Port, Conn. AVI.

**McFie,** J. 1967. Nutrient intakes of urban dwellers in Lagos, Nigéria. Br. J. Nutr., (21): 257-268.

**Meneely, G.R. & Battarblee, H.D.** 1976. Sodium and potassium. Nutr. Rev., (34): 225-235.

**Meredith, F. & Dull, G.** 1979. Aminoacid levels in canned sweet potatoes and snap beans. Food Technol., (332): 55-57.

**Meuser, F. & Smolnik, H.D.** 1979. Potato protein for human food use. J. Am. Oil. Chem. Soc., (56): 449.

**Meuser, F. & Smolnik, H.D.** 1980. Processing of cassava to gari and other foodstuffs. Starch/Starke, (32): 116-122.

**Mondy, N.I. & Mueller, T.O.** 1977 Potato discoloration in relation to anatomy and lipid composition. J. Food Sci., (42): 14-18.

**Montilla, J., Castillo, P.P. & Wiedenhofer, H.** 1975. Effecto de la incorporación de harina de yuca amarga en raciones para pollos de engorde. Agron. Trop. Venezuela, (25): 259-266.

**Murtin, F.W. & Ruberté, R.** 1972. Yam for production of chips and french fries. J. Agric. Univ. Puerto Rico, (56): 228-234.

**Nations Unies.** 1975. Poverty, unemployment and development policy: a case study of selectedissues with references to Kerala. New York, N.Y. Nations Unies. 235 p.

**Nkamany, K. & Kayinge, K.** 1982. Report of mission on spastic paralysis in the valley of rivers Lukula & Inizia in Bandundu. Rep. No. 30, Zaïre, Dept. Publ. Health. Nalional Nutrition Planning Centre.

**National Food Survey Committee.** 1983. Household food consumption and expenditure. Annual report. Londres HMSO.

**Nweke, F.I..** 1981. Consumption patterns and their implications for research and production in tropical Africa. In Terry, E.R., Oduro, K.A. & Caveness, F., éd. Tropical root crops; research strategies for the 1980s. Tro. root crops symp. 1.8-12 sept. 1980. Actes Int. soc. trop. root crops, Africa branch. Ibadan, Nigéria. p. 88-94. Ottawa, CRDI (IDRC-163e).

O'Dell, B.L. & Savage, J.E. 1960. Effect of phytic acid on zinc availability. Proc. Soc. Exp. Biol. Med., (103): 304-309.

**Ojo, G.O.** 1969. Plantain meals and serum 5-hydroxytryptamine in healthy Nigerians. W. Afr. Med. J., (18): 174.

**Oke, O.L.** 1966. Chemical studies on some Nigerian foodstuffs: gari. Nature, (212): 1055-1056.

**Oke, O.L.** 1967. The present state of nutrition in Nigeria. World Rev. Nutr. Diet, (8): 25-61.

**Oke, O.L.** 1968. Cassava as food in Nigeria. World Rev. Nutr. Diet, (9) 227-250.

**Oke, O.L.** 1969. The role of hydrocyanic acid in nutrition. World Rev. Nutr. Diet, (11): 170198.

**Oke, O.L.** 1972. Yam: a valuable source of food and drugs. World Rev. Nutr. Diet, (15): 156-184.

**Oke, O.L.** 1973. The mode of cyanide detoxication. In Nestel, B. & MacIntyre, ER. Chronic cassava toxicity, Actes d'un atelier interdisciplines. Londres, 29-30 janvier 1973, p. 97-104. Ottawa, CRDI (IDRC-lOe).

**Oke, O.L.** 1984. Processing and detoxification of cassava. In Symp. Int. Soc. Root Crops. 6. Lima, 21 26 février 1983. p. 329-336. Centre international de la pomme de terre.

**Oke, O.L.** 1986. Cyanide detoxification mechanism by palm oil. Proc. Am. Soc. Expt. Biol. Med., (5): 10.

**Oke, O.L. & Ojofeitimi, E.O.** 1980. Cocoyam - a neglected tuber. World Rev. Nutr. Diet., (34): 133143.

**Okigbo, B.N.** 1978. Cropping systems and related research in Africa. AAASA Occasional Publ. Ser OT1.81 p.

**Omole, A., Adwusi, S.R.A., Adeyemo, A. & Oke, O.L.** 1978. The nutritive value of tropical fruits and root crops. Nutr. Rep. Int., 17, 575580.

**Oñate, L.U., Cabutaje, E. & Barba, C.V.** 1976. Human nutrition in South East Asia. 2 éd. Quezon City, Philippines Agrix, 230 p.

**Onayemi, O. & Potter, NN.** 1974. Preparation and storage properties of drum dried white yam (Dioscorea rotundata Poir) flakes. J. Food Sci., (39): 559562.

**Onwueme, I.C.** 1978. The tropical taber crops: yams, cassava, sweet potato and coceyams. Chichester, Royaume-Uni, Wiley. 234 p.

**Onwueme, I.C.** 1984. The place of the edible aroids in tropical farming systems. In Chandra, S., éd. Edibk aroids, p. 136-139. Oxford, Royaume-Uni, Clarendon.

**Organisation mondiale de la santé.** 1985. Besoins énergétiques et besoins en protéines. Série de rapports techniques, n° 724. Genève, OMS.

**Osuntokun, B.O.** 1968. An neuropathy in Nigeria a clinical biochemical and electrophysiological study. Brain, (91): 215-248.

**Osuntokun, B.O.** 1981. Cassava diet, chronic cyanide intoxication and neuropathy in the Nigerian Africans. World Rev. Nutr. Diet., (36): 141173. Page, E. & Hanning, F.M. 1963. Vitamin B6 and niacin in potatoes. J. Am. Diet. Assoc., (42): 42-45.

**Palmer, J.K.** 1982. Carbohydrates in sweet potato. In Villareal, R1. & Griggs, T.D., éd. Int. Symp. Sweet Potato. 1. Tainan, 1982. p. 135140. Taiwan, AVRDC.

**Panalaks,T. &Morray, T.R.** 1970. The effect of processing on the content of carotene isomeres in vegetables and pesches. Can. Inst. Food Technol. J., (3): 145-151.

**Payne, P.R.** 1969. Effect of quantity and quality of protein on the protein values of diets, Voeding, (30): 182-191.

**Pena, R.S. de la & Pardales, J.R.** 1984. Evidence of proteolytic enzyme activity in taro, Colocasia esculenta. Symp. Int. Soc. Root Crops. 6. Lima,21-26 février 1983, p.157-159. Centre international de la pomme de terre.

**Philbrick, D.J., Hill, D.C. & Alexander, J.C.** 1977. Physiological and biochemical changes associated with linamarin and administration to rats. Toxicol. ,Asql. Pharmacol., (42): 539.

**Pineda, MJ. & Rubio, R.R.** 1972. Un concepto nuevo en el levante de novillas para ganaderia de leche. Rev. ICA, (7): 405-413.

**Platt, B.S.**1962. Table of representative values of foods commonly used in tropical coustries. Spec. Rep. Ser. Med. Res. Coun. No.302. Londres, HMSO.

**Plucknett, D.L.** 1984. Presidential address: tropical root crops in the eighties. Symp. Int. Soc. Root Crops. 6. Lima, 21-26 février 1983, p.3-8. Centre international de la pomme de terre.

**Plucknett, D L., Pena, R.S. de la & Obrero, F.** 1970. Taro (Colocasia esculenta). Field Crop. Abstr., (23): 413-426.

**Purcell, A.E. & Walter, W.M.** 1982. Stability of amino-acids during cooking and processing of sweet potatoes. J. Agric. Food Chem., (30): 443-444.

**Purseglove, J.W.** 1968. Tropical crops: Dicotyledons. 2. Londres, Longman.

**Purseglove, J.W.** 1972. Tropical crops: Monocotyledons. Londres, Longman.

**Rasper, V.** 1969. Investigations on starches from major starch crops grown in Ghana. II. Swelling and solubility patterns: amyloclastic susceptibility. J. Sci. Food Agric., (20): 642-646.

**Rasper, V.** 1971. Investigations on starches from major starch crops grown in Ghana. III. Particle size and particle size distribution. J. Sci. Food Agric., (22): 572-580.

**Rasper, V. & Coursey, D.G.** 1967. Properties of starches of some West African yams. J. Sci. Food Agric., (18): 940 944

**Roine, P., Wickmann, K. & Vihavainen, L.** 1955. The content and stability of ascorbic acid in different potato varieties in Finland. Suom. Maataloust. Seur. Julk., (83): 71-87.

**Rose, M.S. & Cooper, L.F.** 1907. The biological efficiency of potato nitrogen. J. Biol. Chem., (30): 201.

**Rosling, H.** 1987. Cassava toxicity and food security. Uppsala, Suède,Tryclc Kontakt. 40 p.

**Roy-Choudhuri, R.N.** 1963. Nutritive value of poor Indian diets based on potato. Food Sci., (12): 258.

**Sakamoto, S. & Bouwkamp., J.C.** 1985. Industrial products from sweet potatoes. In Bouwkamp, J.C., éd. Sweet potato products: a natural resource for the tropics. p. 219-259. Boca Raton, Fl., CRC Press.

**Salaman, R.N.** 1949. The history and social influence of the potato. Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.

**Sanint, L.R., Rivas, L., Duque, M.C. & Sere, C.** 1985. AnáIisis de los patrones de consumo de alimentos en Colombia a partir de la encuesta de hogares DANE/DRI de 1981. Rev. Plan. Des., (17-3): 39-68.

**Satin, M.** 1988. Bread without wheat. New Scientist, 28 avril 1988.

**Scott, G.** 1985. Mercados, Mitos e Intermediarios. Lima Universidad del Pacifico.

**Shaper, A.C.** 1967. Plantain diets, serotonin and endomyocardial fibrosis. Am. Heart J. (73): 432.

**Simmonds, N.W.** 1962. The evolution of bananas. Londres, Longman.

**Simmonds, N.W.** 1966.Bananas,2cèd. Londres, Longman.

**Simmonds, N.W.** 1976. Banana. In Simmonds, N.W. Evalution of crop plants, p. 211-215. Londres, Longman.

**Singh, M. & Krikorian, A.D.** 1982. Inhibition of trypsin activity in vitro by phytate. J. Agr. Food Chem., (30): 799-800.

**Smith, A.D.M. & Duckett, S.** 1965. Cyanide, vitamin B12 experimental demyelination and tobacco ambliopia, Br. J. Exp. Path., (46): 615-622.

**Southwell, B.L. & Black, W.H.** 1948. Dehydrated sweet potato for fattening steers. Georgia Agric. Expt. Sta. Bull. 45.

**Spencer, T. and Heywood, P.** 1983. Seasonality, subsistence agricul ture and nutrition in a lowlands community of Papua New Guinea. Ecol. Food Nutr., (13): 221-229.

**Stanton, W.R. & Wallbridge, A.J.** 1969. Fermented food processes. Process biochem., (4): 45-51.

**Steele, WJ.V. & Sammy, G.M.** 1976. The processing potentials of yams. I. Laboratory studies on Iye peeling of yams. J.Agric. Univ. Puerto Rico. (60): 207-214.

**Streghtoff, F., Munsell, H.E., BenDor, B., Orr, ML., Caillean, R., Leonard, M.H., Ezekiel, S.R. & Roch, K.G.** 1946. Effect of largescale methods of preparation on vitamin content of food. I. Potatoes J. Am. Diet Assoc., (22): 117-127.

**Swaminathan, K.&Gangwar, B M.L.** 1961. Cooking losses of vitamin C in Indian potato varieties. Indian Potato J., (3) 86-91.

**Sweeney, J.P., Hepner, P.A. & Libeck, S.Y.** 1969. Organic acids, amino acid and ascorbic acid content of potatoes as affected by storage conditions. Am. Potato J. `(46): 436-469.

**Tamate, J. & Bradbury, J.H.** 1985. Determination of sugars in tropical root crops using CN.m.r. spectroscopy: comparison with the H.p.l.c. method. J. Sci. Food Agric., (36): 1291-1302.

**Taylor, J.M.** 1982. Commercial production of sweet potatoes for flour and feed. In Villareal, R.L. & Griggs, T.D. éd. Int. Symp. Sweet Potato. 1. Tainan, 1982. p. 393404. Taiwan, AVRDC.

**Treadway, R.H., Heisler, E.G., Whittenberger, R.T., Highland, S.M.E. & Getchell, Y.G.** 1955. Nalural dehydration of cull potatoes by alternate freezing and thawing. Am. Potato J., (32): 293303.

**True, R.H., Hogan, J.M., Augustin, J., Johnson, S.R., Teitzel, C. & Show, R.L.** 1978. Mineral composition of freshly harvested potatoes. Am. Potato. J., (55): 511519.

**True, R.H., Hogan, J.M., Augustin, J., Johason, S.R., Teitzel, C. & Show, R.L.** 1979. Changes in the nutrient composition of potatoes during home preparation III. Minerals. Am. Potato J., (56): 339350.

**Uritani, I.** 1967. Abnormal substances produced in funguscontaminated foodsdstuffs. J. Assoc. Offic. Agric. Chem., (50): 105-114.

**Villareal, R.L.** 1970. The vegetable industry's answer to the protein gap among low-salaried earners. Sugar News (Manila), (46): 482488.

**Villareal, RL.** 1982. Swect potato in the tropics: progress and problems. In Villareal, R.L. & Griggs, T.D., éd. lat. Symp. Sweet Potato. 1. Tainan, 1982, p. 3-15, Taiwan, AVRDC.

**Walter,W.M. & Catignani, G.L.**1981. Biological quality and composition of sweet potato protein fractions. J. Agr. Food Chem., (29): 797-799.

**Walter, W.M., Catignani, G.L., Yow, L.L. & Porter, D.H.** 1983. Protein nutritional value of sweet potato flour. J. Agr. Food Chem., (31): 947949.

**Whitby, P.** 1969. Report on review of information concerning food consumption in Ghana. Rome, FAO. 68 p.

**Wilson, J.E.** 1984. Cocoyam. In Goldsworthy, P.R. & Fisher, N.M., éd. The physiology of tropical f eld crops, p. 589-605. Chichester Royaume-Uni, Wiley.

**Wilson, L.A.** 1977. Root crops. In Alvim, P. de T. & Kozlowski T.T., éd.Ecophysiologyof tropical crops, p. 187-236. New York, N.Y., Academic Press.

**Wokes, F. & Picard, C.W.** 1955. The role of vitamin B12 in human nutrition. Am. J. Clin. Nutr., (3): 383-390.

**Wood, J.L. & Cooley, S.L.** 1956. Detoxication of cyanide by cystine. J. Biol. Chem., (218): 449-457.

**Wood, F.A. & Young, D.A.**1974. TGA in potatocs. Canada Dept. of Agric. Publ. No. 1533.

**Woolfe, J.A.** 1987. The potato in the human diet. Cambridge, RoyaumeUni. Cambridge Univ. Press.

**Yamaguchi, M., Perdue, J.W. & MacGillivrary, J.H.** 1960. Nutrient composition of white rose potatoes during growth and after storage. Am. Potato J., (37): 73.

**Yamaguchi, Y., Mahangu, N.M. & Hahn, S.K.** 1981. Effect of processing of cassava storage on cyanide content. Ibadan Nigéria. IITA. (Rapport)

**Yang, T.H.** 1982. Sweet potato as a supplemental staple food. In Villareal, R.L. & Griggs, T.D., éd. Int. Symp. Sweet Potato. 1. Tainan, 1982. p. 31-36. Taiwan, AVRDC,

**Yeh, T.P., Wung, S.C., Lin, K. & Kuo, C.G.** 1978. Studies on different methods of processing some local feed materials to enhance their nutritive value for swine. Anim. Ind. Res. Inst. Taiwan Sugar Corp. Ann. Res. Report, p. 25. (En chinois avec un résumé en anglais)

**Yeh, T.P.** 1982. Utilization of sweet potatoes for animal feed and industrial uses: potential and problems. In Villareal, R.L. & Griggs, T.D., éd. Int. Symp. Sweet Potato. 1. Tainan, 1982. p. 385392. Taiwan, AVRDC.

**Yen, D.E.**1978. The storage of cassava in Polynesia. Islands. Cassava Newsletter, (3): 9-11.

**Yet, T.P. & Bouwkamp, J.C.** 1985. Roots and vines as animal feed. In Bouwkamp, J.C., éd. Sweet potato products: a natural resource for the tropics. CRC Press.