La préparation artisanale du gari au Bénin : Aspects technologiques et physico-chimiques

Artisanal Gari production in Benin. Technological and physico-chemical aspects

C. M. NAGO

Faculté des Sciences Agronomiques, Université Nationale du Bénin, (Bénin)

- Résumé -

Le gari est un produit sec (taux d'humidité : 8 à 10%), acide (pH : 4,3 à 5,0) et hautement énergétique (environ 335 kcal/100 g de gari) se présentant sous la forme d'une sorte de semoule de couleur blanchâtre à jaune. Compte tenu de son l'importance socio-économique, différentes études ont été menées au Bénin sur la préparation et la caractérisation du gari.

La transformation est artisanale, villageoise et exécutée par les femmes selon une technologie entièrement manuelle comportant plusieurs opérations : lavage, équeutage, épluchage, râpage, fermentation, pressage, émiettage, tamisage, cuisson (garification) et calibrage.

Pour faire face aux principales insuffisances de cette technologie traditionnelle (durée, pénibilité, faible productivité), une variante technologique (procédé dit amélioré) a été mise au point ; elle consiste notamment en une mécanisation du râpage et du pressage et en l'utilisation de foyers de cuisson améliorés. La comparaison de la technologie traditionnelle et de la technologie améliorée montre que leurs rendements sont quasiment identiques (environ 21 kg de gari pour 100 kg de racines brutes) et que les profils granulométriques des produits sont assez proches. Les innovations introduites ont surtout permis d'accroître les rendements horaires des opérations concernées et de réduire ainsi la durée (3-4 jours au lieu de 6-8 jours) et la pénibilité du travail.

La cuisson du gari est une opération grande consommatrice d'énergie. La consommation spécifique de bois de filao (masse de bois par kg de gari produit) varie de 1,30 à 2,40 kg/kg selon le type de foyer. Les différents types de foyer de cuisson testés, qu'ils soient traditionnels ou améliorés, se sont révélés très peu performants puisque leur rendement énergétique est inférieur à 12 %. Par ailleurs, l'utilisation de poêles de cuisson en argile cuite plutôt qu'en fonte diminue encore le rendement énergétique de l'opération.

Il apparaît donc nécessaire de poursuivre les études pour accroître réellement l'efficacité technique et la rentabilité économique de cette transformation.

- Abstract -

Gari constitutes one of the major staple foods for the population of Benin and other West African countries (Nigeria, Togo, Ghana). Its' area of consumption is extending, from year to year, towards many other countries due to the migration of the population and the establishment of technological and commercial exchanges.

It is a dry product (moisture content 8-10%), acidic (pH 4.3-5.0) high in energy level (around 335 kcal/100 g gari) and is either a whitish or yellowish semolina-like product. Gari is obtained by processing cassava roots following the techniques adopted from those used for the production of Brazilian « farinha de mandioca » which were introduced in Benin at the beginning of the 19th century. In view of its socio-economic importance, various studies have been carried out in Benin on the preparation and characterization of gari; the principal results are presented in this paper.

Gari production is done by women at the artisanal and village levels following a fully manual technology comprising of several unit operations: washing, dewatering, peeling, grating, fermentation, pressing, mashing, sieving, cooking (garification) and grading. Various studies have characterised the different physicochemical mechanisms occurring during these unit operations and their contribution in the detoxification of the products and the development of their organoleptic and nutritional properties.

Faced with the short-comings of this traditional technology (time, laborious, low productivity), a technological variant (so-called improved processing) has been introduced: It mostly consist of mechanized grating and pressing and improved gari fryers. A comparison of the traditional and improved technologies shows that their yields are almost identical (about 21 kg gari produced from 100 kg fresh roots) and the granule sizes of the products are quite similar (70 % of products < 1 mm). These improvements have rather increased the yields per unit processing time of the unit operations mentioned and have reduced the processing time (3-4 days instead of 6-8 days) and the work load necessary for gari production.

Roasting is a unit operation that consumes a lot of energy. The specific consumption of fire wood, expressed as weight of wood per kilogramme of gari produced, varies from 1.30 to 2.40 according to the type of fryer. The different types of gari fryers tested, whether traditional or improved, showed very little difference in their performance since their energy yields were less than 12 %. Moreover, the use of clay rather than cast-iron fryers decreased the energy yield of the operation.

It appears therefore necessary to carry out further studies and technological development tests so as to increase its' absolute technical efficiency and economic profitability.

Introduction

Le gari constitue l'un des principaux aliments de base des populations au Bénin. Il se présente sous la forme d'une semoule de couleur blanchâtre à jaune, à grains secs et durs et se caractérise par un goût acidulé. Il est obtenu par la transformation du manioc (*Manihot esculenta* Crantz), selon un procédé qui s'inspire de la technologie de fabrication de la « *farinha de mandioca* » brésilienne introduite au Bénin dans les années 1800 à la faveur du retour du Brésil des esclaves affranchis.

Le gari est également préparé et consommé dans d'autres pays de la sousrégion ouest-africaine (Nigeria, Togo, Ghana). Depuis quelques années, son aire de consommation s'est étendue à de nombreux autres pays d'Afrique grâce aux migrations de populations et aux échanges technologiques et commerciaux.

Le gari fait donc actuellement l'objet de transactions fort importantes, particulièrement en Afrique de l'ouest et du centre. Toutefois, l'essentiel de la production est encore assuré par le secteur artisanal dans la plupart des pays concernés où différentes variantes technologiques sont utilisées à cet effet.

Compte tenu de l'importance socio-économique du produit au Bénin, différents travaux ont été consacrés à l'étude de sa préparation et de ses caractéristiques par une équipe de la faculté des sciences agronomiques de l'université nationale du Bénin (Nago et Oceni, 1985). Dans ce cadre, des enquêtes technologiques et socio-économiques, des essais et mesures en milieu réel et différentes analyses de laboratoire ont été réalisés. Le présent article fait le point des résultats obtenus en les complétant par quelques données bibliographiques. Il sera présenté en quatre parties principales :

- le contexte socio-économique de la production du gari au Bénin;
- la technologie de préparation ;
- les mécanismes physico-chimiques à la base de la transformation ;
- les caractéristiques et les utilisations du gari.

1. Le contexte socio-économique de la production du gari au Bénin

Au Bénin, l'évolution de la production et de la consommation du gari a étroitement suivi celle de la culture du manioc. En effet, la majeure partie de la production de manioc du pays a toujours été consacrée à la préparation du gari.

Le manioc dont l'origine se situe en Amérique Latine, fut introduit en Afrique de l'ouest par les Portugais au XVIe siècle. Sa facilité d'intégration à divers systèmes de production agricole, sa tolérance aux contraintes écologiques difficiles, son efficacité à produire de l'énergie alimentaire et la possibilité de l'étalement de sa

récolte sur plusieurs mois expliquent sans doute l'adoption et l'extension rapides de sa culture en Afrique en général et au Bénin en particulier. Dans un premier temps, la culture s'est développée dans le sud, puis elle s'est progressivement installée et renforcée dans le centre et le nord du pays à partir des années 1970.

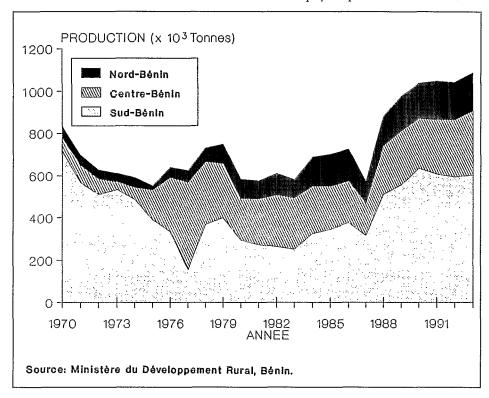


Figure 1
Evolution de la production du manioc au Bénin

Cette évolution de la production du manioc au Bénin se caractérise par (figure 1) :

- une forte irrégularité marquée alternativement par des croissances et des décroissances des superficies et des tonnages réalisés ;
- une forte augmentation globale (de plus de 75%) de la production durant les 20 dernières années (1973-1993) amenant la réalisation nationale à plus d'un million de tonnes de manioc à l'heure actuelle;
- un déplacement de la culture du manioc, du sud vers le centre et le nord du pays qui voient leur part dans la production nationale augmenter notablement d'année en année.

Les variétés cultivées comprennent à la fois des produits amers (riches en substances toxiques) et des produits doux. Les rendements obtenus sont caractérisés par une certaine stabilité et tournent autour de 7 000 kg/ha. La récolte du manioc est quasi-permanente dans l'année, même dans la région septentrionale.

La préparation du gari a donc cours toute l'année dans le pays. L'essentiel de la production est toujours réalisé dans le sud et le centre, mais la part de la zone nord dans la production nationale progresse de façon notable.

La transformation est essentiellement artisanale et villageoise et est assurée par des femmes travaillant seules ou en groupements. Cette activité est globalement rentable mais les profits varient considérablement en fonction de différents facteurs (lieu, saison de production...) (Fanou, 1994).

La distribution du produit se fait principalement à trois niveaux :

- commercialisation dans les zones de production, dans un espace géographique restreint ;
- approvisionnement des centres urbains;
- exportation non officielle vers les pays voisins (Nigeria, Niger, Togo), voire plus lointains (Côte-d'Ivoire, Gabon).

Le second niveau de distribution reste de loin le plus important. Ainsi, à Cotonou, la plus grande ville du pays, avec plus de 500 000 habitants (10 % de la population nationale), le ravitaillement en gari provient de plusieurs directions : les zones rurales proches, les grandes zones de production de l'ouest, du centre et du nord du pays. La ville fait par ailleurs office de centre de redistribution du gari et d'autres produits vivriers vers les autres localités du Bénin quand le besoin s'en présente. La commercialisation du produit est assurée essentiellement par les femmes : commerçantes grossistes qui se ravitaillent directement dans les zones de production ou revendeuses détaillantes qui approvisionnent les consommateurs urbains (Agrer, 1986 ; Fanou, 1994).

La consommation du gari au Bénin est estimée à environ 100 g/(habitant×jour), ce qui correspond à un volume de marché intérieur de 190 000 tonnes environ. Il existe, bien entendu, des disparités importantes dans cette consommation du produit d'une région à l'autre et d'un individu à l'autre (Devautour, 1981). Près de 60 % des Béninois (dans le sud et le centre du pays notamment) consomment régulièrement du gari, les autres en prennent de temps en temps ou rarement (Devautour, 1981).

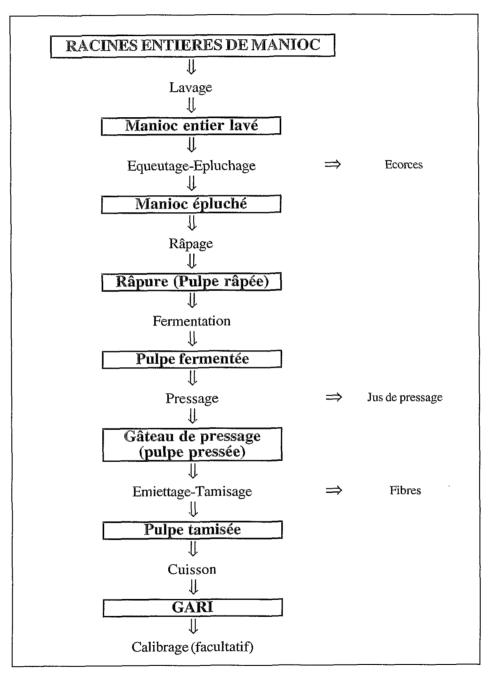


Figure 2
Diagramme de préparation du gari selon la technologie traditionnelle béninoise

2. Etude de la technologie de préparation

2.1. La technologie de base : description et analyse des opérations

La technologie de base est de type traditionnel et requiert un travail long et pénible. Les opérations à effectuer sont en effet nombreuses, variées et manuelles (figure 2):

2.1.1. Lavage

Les racines de manioc frais sont préalablement lavées à l'eau, à l'extérieur de l'atelier de production, afin de les débarrasser des diverses impuretés.

2.1.2. Equeutage-épluchage

Cette double opération se fait à l'aide de couteaux. Elle consiste à dépouiller les racines de leurs extrémités ou queues (équeutage) et de leur écorce (épluchage). C'est un travail relativement facile, mais qui nécessite beaucoup de temps. Pour l'accélérer, compte tenu du caractère périssable du manioc, on a souvent recours à l'assistance mutuelle ainsi qu'à l'aide des enfants.

2.1.3. Râpage

Cette opération permet de réduire le manioc épluché en pulpe fine (râpure). Le râpage traditionnel (manuel) est réalisé à l'aide d'un appareil constitué principalement d'un morceau de tôle perforé d'une multitude de petits trous et faisant apparaître des aspérités sur l'une de ses faces. Cet élément central de la râpe est souvent fixé sur une planchette en bois. Au cours du râpage, l'appareil est disposé dans une position oblique et l'on fait passer, grâce à des mouvements de va et vient, la racine épluchée sur la face dentelée. Cette méthode entraîne des pertes importantes en produit car on n'arrive pas à râper la racine jusqu'au bout (sous peine de se râper également les doigts).

2.1.4. Fermentation

La râpure obtenue précédemment est introduite dans des paniers soigneusement couverts et abandonnés à la température ambiante pendant environ deux jours. La fermentation est donc naturelle. En dessous de chaque panier, on place une bassine permettant de recueillir le jus d'égouttage.

2.1.5. Pressage

Cette opération a pour but de réduire davantage la teneur en eau de la pulpe dans le souci d'économiser de l'énergie lors de la phase de cuisson du produit. La râpure fermentée est transvasée dans des sacs de jute sur lesquels sont posées pendant quatre à six jours de grosses pierres qui leur impriment ainsi une forte

pression. On obtient en fin d'étape une pâte déshydratée très compacte. Le jus de pressage est souvent recueilli et ajouté au jus d'égouttage récolté précédemment pour servir à la préparation de tapioca.

D'autres méthodes traditionnelles existent qui associent simultanément le pressage à la fermentation :

- des sacs remplies de pulpe sont disposés dans un système de planches et de cordes qui permet de les serrer et de les comprimer pendant quelques jours ;
- des paniers remplis de pulpe et recouverts de toile sont surchargés d'objets lourds et laissés ainsi pendant trois à six jours.

Ces deux méthodes sont utilisées dans certaines zones de production du Bénin, voir au Nigeria et au Togo.

2.1.6. Emiettage-tamisage

Le gâteau compact obtenu après pressage est brisé, émietté et tamisé à l'aide d'un tamis fait de fibres végétales. Par un mouvement circulaire continu de la main, on oblige les particules fines dérivant du gâteau à traverser le tamis. On sépare ainsi la fraction utile (la farine fraîche) et on élimine parallèlement les fibres et les grosses particules (les drèches).

2.1.7. Cuisson (ou garification)

L'objectif de cette opération est double :

- séchage du produit pour en éliminer suffisamment d'eau afin de favoriser une longue conservation ;
- grillage pour conférer au produit fini des qualités organoleptiques spécifiques (arôme, saveur).

Cette opération de séchage-grillage de la farine fraîche de manioc se fait traditionnellement dans une grande poêle en argile cuite ou en fonte posée sur un feu de bois.

Tout au long de cette phase de cuisson qui dure 20 à 30 minutes, la farine est brassée continuellement à l'aide d'une palette triangulaire de calebasse afin d'empêcher l'agglomération et le rôtissage du produit. On aboutit ainsi à un produit sec, gélifié et à grains détachés.

Parfois de l'huile de palme est ajoutée à la farine avant ou pendant la gélification, notamment dans les zones de production au sud et au sud-est du Bénin. Elle donne au produit fini une couleur crème à jaune selon la quantité d'huile additionnée.

Dans d'autres régions, la gélification est arrêtée à moitié, puis le produit est séché au soleil. On obtient ainsi un gari à grains plus volumineux, mais dont la capacité de gonflement dans l'eau est plus faible.

La garification est une opération délicate qui requiert un savoir-faire et une habileté suffisants pour la mener à bien. Elle est également pénible à cause de l'inconfort dû à l'équipement et à la fumée que l'opératrice doit supporter pendant toute la cuisson.

2.1.8. Calibrage

Le gari obtenu peut être ensuite passé à travers un ou plusieurs tamis de mailles différentes. Il s'agit d'une opération facultative qui permet d'éliminer les gros grains et de séparer les produits en diverses fractions plus ou moins fines.

2.2. Autres variantes technologiques

Pour faire face aux insuffisances techniques de la technologie traditionnelle, utilisée principalement, au Bénin comme dans d'autres pays africains, pour la production du gari, des variantes technologiques ont été conçues et vulgarisées.

2.2.1. La technologie améliorée béninoise

Trois innovations ont été opérées pour aboutir à cette technologie.

- 1) La mécanisation du râpage qui est une opération longue et pénible et entraîne d'importantes pertes de produit dans la méthode traditionnelle. Les râpes mécaniques qui sont actionnées soit par un homme, soit par une machine (diesel ou essence) sont essentiellement de deux types :
- La râpe à cylindre. Elle comporte un cylindre en bois (de 10 à 25 cm de diamètre) qui est soit recouvert d'une feuille de tôle galvanisée perforée soit muni de lames en dents de scie. Le toboggan d'alimentation est placé au-dessus du rotor (cylindre) ou latéralement à celui-ci. Une tige actionnée manuellement permet de maintenir les racines épluchées au contact du rotor en mouvement pour provoquer leur réduction en pulpe fine.
- La râpe à disque. Elle est constituée d'une feuille de métal galvanisé, circulaire, perforée et fixée sur un rotor en bois. L'axe de rotation est vertical et un cône d'alimentation conduit les racines jusqu'au disque.
- 2) La mécanisation du pressage : l'appareil conçu est une presse à vis. Il est constitué essentiellement de deux plaques en bois, l'une fixe et l'autre mobile et reliée à la vis sans fin. La pulpe fermentée est empilée dans un sac de jute qui est disposé entre les deux plaques. On actionne la vis, ce qui permet à la plaque mobile de venir comprimer le sac contre la plaque fixe. Cette opération qui est exécutée en général par deux hommes à la fois, dure 20 à 30 minutes par sac de 30 kg.
- 3) L'amélioration de l'opération de cuisson par la conception et l'utilisation de foyers performants (fermés et en matériaux durables). Cette innovation permet de réduire substantiellement les pertes en énergie calorifique et d'éviter l'inconfort subi par les productrices pendant la phase de cuisson.

Ces différentes innovations ont été initiées et réalisées localement. Les râpes et la presse mécanique sont l'œuvre de forgerons locaux dont il faut reconnaître la créativité et le savoir-faire. Les foyers améliorés ont été conçus et diffusés dans le cadre de divers projets. Ces innovations sont adoptées par un nombre croissant de productrices qui en reconnaissent les avantages et savent parfaitement les mettre en œuvre. De plus, certains hommes ont acquis des râpes mécaniques et réalisent contre rémunération l'opération de râpage pour diverses productrices de gari.

2.2.2. La technologie semi-mécanisée supérieure

Cette technologie a été mise au point vers 1970 par la firme nigériane « Fabrico ». La principale innovation de ce procédé par rapport au précédent est la réalisation de la garification en continu au moyen d'un appareil conçu à cet effet. Toutefois, cette technologie a connu peu de succès au Bénin et dans la sous-région ouest-africaine. (Devautour, 1981).

2.3. Evaluation des performances des différentes variantes technologiques

2.3.1. Les rendements horaires des opérations

L'évaluation des rendements horaires au niveau des différentes opérations technologiques a donné les valeurs moyennes suivantes :

- à l'épluchage (manuel) : 50 kg de racines de manioc/(heure x personne) ;
- au râpage : 32 kg de manioc épluché/(heure \times personne) par le procédé manuel, 670 kg environ/heure par le procédé mécanique ;
- à l'émiettage-tamisage (manuel) : 25 kg de pulpe pressée/(heure x personne) ;
- à la cuisson traditionnelle : 5 kg de farine fraîche/(heure \times personne).

2.3.2. Bilan de matière et rendement de la transformation.

Ce bilan renseigne, d'une part, sur l'évolution quantitative du produit traité à travers la chaîne de fabrication et particulièrement sur les pertes enregistrées aux différentes étapes et, d'autre part, sur le rendement de la transformation. Ainsi, la figure 3 fait apparaître que :

- Les pertes à l'épluchage constituées essentiellement par les écorces et une portion variable du cylindre central du manioc, sont importantes (20 à 35%) ; elles sont d'autant plus élevées que la racine est petite et irrégulière.
- La mécanisation du râpage permet de réduire de moitié les pertes observées au niveau de cette opération (2,10 % contre 4,45 % de pertes au râpage manuel).
- L'utilisation de la presse mécanique accroît l'efficacité au pressage. On observe en effet dans ce cas un départ d'eau plus important que dans le cas de l'opération manuelle (35 % contre 32 %). On peut rappeler que les jus de pressage renferment, en plus de l'eau, de l'amidon et des sels minéraux.

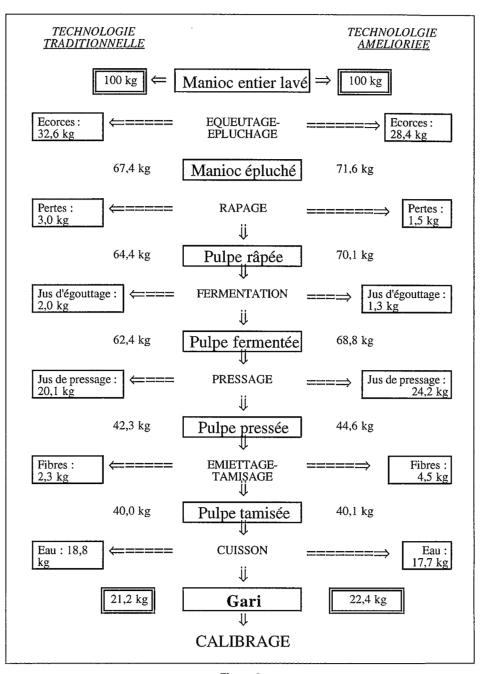


Figure 3
Bilan de matière de la transformation au niveau des deux variantes technologiques étudiées

- Les déchets à l'émiettage-tamisage, constitués essentiellement de fibres cellulosiques sont environ deux fois plus élevés (10,0 % contre 5,4 %) dans le procédé semi-mécanisé (amélioré) béninois que dans la méthode traditionnelle. Ceci pourrait s'expliquer par un râpage plus fin touchant beaucoup plus les fibres dans l'opération manuelle que dans l'opération mécanique.
- La cuisson permet d'éliminer de la farine fraîche une forte quantité d'eau (40-50 %) pour aboutir au taux d'humidité recherché (8-10 %) pour le gari.

Le rendement final de la transformation (gari/racine entière de manioc) varie peu d'une technologie à l'autre (21,0-21,5 % dans le procédé traditionnel contre 22,0-22,5 % dans la méthode améliorée). La mécanisation du râpage et du pressage a donc surtout eu pour effet d'améliorer les rendements horaires au niveau desdites opérations et de réduire globalement la durée et la pénibilité du travail de préparation. Ainsi, la durée du processus de fabrication est réduite de moitié (6-8 jours contre 3-4 jours) grâce à cette mécanisation.

2.3.3. Bilan énergétique de la garification

La cuisson du gari est une opération grande consommatrice d'énergie. Pour évaluer la quantité d'énergie consommée à cette étape, différents essais ont été réalisés en utilisant plusieurs types de foyer (3 foyers traditionnels + 3 foyers améliorés) et le filao (*Casuerina equisetifolia*) comme bois de feu.

Tableau 1 Bilan d'énergie au cours de la cuisson du gari

Foyers testés	Consommation spécifique de bois (kg/kg)	Rendement énergétique (%)	Energie fournie par kg d'eau évaporée (kcal/kg)
Foyer traditionnel: - « trou » - « trois pierres » - « croissant » (en terre de barre)	2,00	8,04	9.267
	2,32	6,10	10.434
	1,46	10,23	6.695
Foyer amélioré : - en argile - en ciment + sable - en ciment + sable avec cheminée	1,74	9,25	7630
	1,31	11,38	5.963
	1,48	10,67	7.347

Note: - le bois utilisé est le filao (Casuerina equisetifolia)

- la poêle de cuisson est en fonte.

Les résultats de ces essais (tableau 1) font apparaître que :

- la consommation spécifique de bois (masse de bois consommée par kg de gari produit) varie de 1,30 à 2,40 kg/kg selon le type de foyer;

- la consommation totale d'énergie au cours de la cuisson (Qc), qui regroupe à la fois l'énergie utile (Qu) (réellement utilisée pour le séchage et le grillage de la farine de manioc) et les déperditions de chaleur, est d'autant plus élevée que le foyer employé est ouvert et moins étanche au niveau de ces parois, du fait de l'importance des pertes. Dans le cas de la garification, les rendements énergétiques ($R = (Qu/Qc) \times 100$) sont très faibles ; tous les foyers testés se sont révélés très peu performants, puisque le rendement énergétique est compris entre 6 et 12 % ;
- Globalement, les foyers dits améliorés sont à peine plus efficaces que les foyers traditionnels ; il serait nécessaire d'utiliser pour la cuisson du gari, des foyers suffisamment fermés et bénéficiant d'une bonne isolation thermique.

Par ailleurs, la nature de la poêle de cuisson influe également sur la performance énergétique observée ; en effet, les essais réalisés avec les mêmes foyers, en utilisant cette fois-ci, une poêle en argile cuite, plutôt qu'une poêle en fonte comme précédemment, ont conduit à une consommation spécifique de bois d'environ 15 % supérieure à la précédente (tableau 2). Le rendement énergétique se révèle donc plus faible avec ce deuxième type de poêle dans la mesure où le récipient de cuisson en argile conduit moins bien la chaleur que celui en fonte.

Tableau 2
Influence de la nature de la poêle de cuisson sur la performance énergétique

	Poêle en argile cuite		Poêle en fonte	
Foyers testés	Consommation spécifique (kg/kg)	Rendement énergétique (%)	Consommation spécifique (kg/kg)	Rendement énergétique (%)
Foyer traditionnel:				
- croissant (en terre de barre)	1,69	7,36	1,46	10,23
- « trou »	2,30	5,95	2,00	8,04
Foyer amélioré: - ciment + sable - ciment + sable	1,49	8,40	1,31	11,38
avec cheminée	1,66	7,62	1,48	10,67

Note: - Bois utilisé: filao (Casuerina equisetifolia)

3. Les mécanismes physico-chimiques à la base de la transformation.

Différents travaux permettent actuellement de mieux comprendre l'utilité des principales opérations unitaires ainsi que les phénomènes physico-chimiques qui contribuent à l'obtention du gari (Meuser et Smolnik, 1980; Muchnick et Vinck, 1984; Nago et Oceni, 1985).

3.1. L'épluchage

Il est rendu nécessaire par le fait que l'écorce des racines qui comprend deux parties (externe et interne) est riche en cellules subérisées et en fibres cellulosiques et renferme la plus grande partie des glucosides cyanogénétiques (composés précurseurs de substances toxiques) présents dans le manioc, en particulier dans les variétés amères.

Néanmoins, l'écorce interne est très riche en éléments nutritifs, et en l'éliminant ainsi, on perd plus de la moitié des protéines, 48 % du calcium, 57 % de la thiamine, 47 % de la riboflavine et 29 % de la niacine présents dans le manioc. Aussi, est-elle consommée dans certaines régions en cas de pénurie alimentaire (Muchnik et Vinck, 1984).

3.2. Le râpage

Il consiste à réduire les racines sous forme de pulpe fine (ou mash) et crée ainsi un milieu solide humide favorable au développement microbien et au déroulement de nombreuses réactions enzymatiques. Les parois cellulaires étant brisées, l'accès aux constituants, notamment à l'amidon, est facilité. Toutefois, le manioc ne doit pas être trop réduit, sinon trop d'amidon sera libéré et sera perdu lors de l'opération de pressage. De plus, les glycosides cyanogénétiques (linamarine lotaustraline) et les enzymes spécifiques (linamarase) sont mis en contact favorisant ainsi la détoxication du manioc.

3.3. La fermentation

Elle vise plusieurs objectifs : détoxiquer le manioc ; faire apparaître des saveurs et odeurs caractéristiques ; modifier la capacité de rétention d'eau de l'amidon pour faciliter l'égouttage.

Dans le manioc, l'acide cyanhydrique (HCN; substance toxique) est lié à des glucides, pour former des hétérosides insolubles et non toxiques (glucosides cyanogénétiques). L'intoxication n'intervient donc que si cet acide est libéré en quantité suffisante dans le produit (la dose létale pour un adulte serait de 50-60 mg de HCN). Cette libération de l'acide cyanhydrique se fait en deux phases : d'abord une hydrolyse enzymatique du glucoside due aux enzymes endogènes du manioc

et qui libère d'un côté le glucide et de l'autre, l'aglycone (la cyanhydrine) ; ensuite une dissociation purement chimique de la cyanhydrine qui génère l'HCN et l'acétone.

Aussitôt après l'arrachage des racines de manioc, ces deux réactions se produisent et l'acide cyanhydrique va s'accumuler étant donné qu'il ne peut pas s'échapper à cause de la présence de l'écorce. Traditionnellement, différentes méthodes de détoxication sont utilisées : lavage, cuisson, séchage, trempage ou rouissage, râpage, fermentation.

Parallèlement à cette détoxication, on assiste, durant la fermentation, sous l'action de divers micro-organismes, au développement de différents mécanismes biochimiques qui conduisent à la formation de nombreux métabolites :

- hydrolyse enzymatique de l'amidon et formation d'acide lactique, principalement par *Strepococcus falcium*. Cette amylolyse permet de modifier la capacité de rétention d'eau de la pulpe pour en faciliter l'égouttage;
- conversion d'autres constituants du manioc (saccharose, glucose, fructose...) en acide lactique ou en diverses substances volatiles (acétaldéhyde, éthanol, acide acétique, acétone, diacétyle, esters....) par divers micro-organismes (*Strepococcus falcium, Corynebacterium manihot, Geotrichum candida....*). Ces substances sont responsables de la forte odeur caractéristique acquise par la pulpe durant la fermentation (Meuser et Smolnik, 1980; Muchnik et Vinck, 1984).

L'évolution quantitative de ces constituants et produits formés au cours de la fermentation a pu être évaluée. Il a été ainsi noté une très forte baisse (plus de 70%) des teneurs du manioc en glucose, fructose et saccharose durant les deux premiers jours de fermentation, parallèlement à une progression notable des teneurs de la pulpe en acides (lactique et acétique) et en éthanol (Meuser et Smolnik, 1980; Muchnik et Vinck, 1984). La température optimale de cette fermentation est de 35 °C.

3.4. Le pressage

Il accentue l'évacuation de l'acide cyanhydrique de la pulpe et la multiplication des micro-organismes, ce qui contribue à augmenter la sapidité du produit.

Toutefois, cette opération fait perdre à la pulpe environ 2 % d'amidon, 25 % de sels minéraux, 30 % de thiamine, 8 % de riboflavine, 36 % de niacine et 76 % d'acide ascorbique (Meuser et Smolnik, 1980 ; Muchnik et Vinck, 1984).

Les jus de pressage contiennent donc une importante quantité de matière sèche (5 % à 8 %) dont 80 % à 90 % d'amidon, ce qui les rend utilisables pour la préparation de tapioca.

3.5. Le séchage-grillage (cuisson ou garification)

Le séchage permet de faire descendre la teneur en eau du gari à moins de 10 % et de lui assurer ainsi une bonne conservation, étant donné qu'à cette humidité la prolifération des micro-organismes et les réactions enzymatiques et chimiques sont pratiquement nulles. Il contribue également à l'évacuation par évaporation du HCN libéré dans la pulpe lors de la fermentation.

Par ailleurs, on assiste, au cours du séchage-grillage, à un empesage (gélatinisation, gonflement des grains d'amidon), puis à une gélification du gari (grâce à une cristallisation partielle du réseau macromoléculaire).

Le brassage continuel de la farine fraîche pendant cette cuisson est essentiel pour éviter que les particules s'agglomèrent entre elles, collent aux parois et pour uniformiser la température dans la masse de produit. La température de la farine au cours de l'opération varie de 80 % à 85 °C tandis que celle de la paroi est d'environ 120 °C.

4. Caractéristiques et utilisations du gari

Le gari est donc un produit sec, gélifié, à goût acidulé, de couleur blanchâtre à jaune et présentant une granulométrie relativement fine. Les deux produits dérivés des deux technologies béninoises étudiées (traditionnelle et améliorée) sont assez proches sur le plan granulométrique : en moyenne 70 % des grains ont un diamètre inférieur à 1 mm et de 21 à 28 % des particules présentent un diamètre compris entre 1 et 2 mm (tableau 3).

Tableau 3
Granulométrie des « gari » produits par la technologie traditionnelle et la technologie améliorée

Diamètre (Ø)	Technologie traditionnelle		Technologie améliorée	
des particules (mm)	Proportion dechaque catégorie (%)	Proportion cumulée (%)	Proportion dechaque catégorie (%)	Proportion cumulée (%)
\emptyset < 0.5 mm	17,4	-	27,7	-
$0.5 \le \emptyset < 1 \text{ mm}$	49,8	67,2	44,6	72,3
$1 \le \emptyset < 2 \text{ mm}$	27,9	95,1	20,9	93,2
$\emptyset \ge 2 \text{ mm}$	4,9	100,0	6,8	100,0

Le gari du procédé traditionnel est légèrement plus acide que le gari de la méthode améliorée parce que bénéficiant d'un processus de fermentation nettement plus long. Certaines des unités de production étudiées procèdent au calibrage de leur produit en diverses fractions de granulométrie différente. Les catégories de gari ainsi obtenues et commercialisées sont classées comme suit :

- gari de première qualité : 95 % à 100 % des grains inférieurs à 1 mm ;
- gari de deuxième qualité : 70 % des grains inférieurs à 1 mm ; 25% à 30 % compris entre 1 et 2 mm ;
- gari de troisième qualité : 30 % des grains inférieurs à 1 mm ; 60 % compris entre 1 et 2 mm ; 10 % supérieurs à 2 mm ;
- gari de dernière qualité : 10 % à 15 % des grains inférieurs à 1 mm ; 55 % à 60 % compris entre 1 et 2 mm ; 30 % supérieurs à 2 mm.

De façon générale, on rencontre au Bénin et au Togo plusieurs variétés de gari obtenues grâce à quelques légères modifications technologiques introduites dans le processus de fabrication et qui se différencient par le goût, la couleur, la granulométrie ou le taux d'humidité. Les plus courantes de ces variétés sont :

- le gari Sohoui: le produit est cuit jusqu'à dessiccation quasi-complète;
- le gari Ahayoé : c'est un gari de type Sohoui, mais présentant une granulométrie plus fine, grâce à un tamisage supplémentaire ;
- le gari *Zogbla* : il s'agit d'un produit ayant subi une demi-cuisson avant d'être séché au soleil ;
- le gari Go : c'est un produit assez hétérogène qui renferme beaucoup de gros grains.

Par ailleurs, le gari présente un taux d'humidité de 8 à 10 %, ce qui permet sa conservation pendant plusieurs mois. Son pH varie de 4,30 à 5,00 et sa teneur en cendres est d'environ 1,0 %. Il est pauvre en protéines (0,70 à 1,20 g/100 g MS) et en lipides (moins de 0,5 g/100 g MS). En revanche, sa teneur élevée en amidon fait de lui un aliment hautement énergétique (335 kcal/100 g de gari).

Le gari possède un important pouvoir de gonflement. Il accroît de 3 à 4 fois son volume quand il est trempé dans l'eau froide.

Le gari est consommé principalement au Nigeria, au Bénin, au Togo, au Ghana et connaît actuellement une diffusion importante vers de nombreux autres pays. Cette diffusion est favorisée par les flux migratoires de population et par les possibilités qu'offre la longue conservation du produit. Il est consommé sous différentes formes : pâte cuite à l'eau (piron ou éba) qui est accompagnée de sauces diverses faites de légumes, de viande, de poisson...; bouillie cuite à l'eau ; mélange de gari et d'eau (gari délayé) additionné de sucre ; mélange de gari et d'arachides grillées ; mélange de gari et de sauce etc. Près de la moitié du gari consommé au Bénin l'est sous forme de gari « délayé », aliment fortement apprécié par toutes les couches de la population.

Conclusion

Le gari a une importance socio-économique considérable au Bénin. Il occupe une place de choix dans les repas des populations et contribue à l'autosuffisance alimentaire dans le pays. C'est véritablement « le pain local » qui est apprécié de tous les béninois. Sa place et sa diffusion progressive dans de nombreux autres pays d'Afrique lui confèrent un caractère d'aliment multinational, voire régional.

Le produit est fabriqué et commercialisé toute l'année et dans la plupart des zones du pays, principalement par des femmes, grâce à la permanence de la culture et de la récolte du manioc dont la presque totalité est consacrée à cette préparation alimentaire. Mais les insuffisances (longueur, pénibilité, faible productivité....) de la technologie traditionnelle généralement utilisée pour la fabrication du produit et les moyens limités du secteur artisanal de production ne permettent pas de dégager une offre suffisante pouvant couvrir la demande intérieure et les exportations vers les pays voisins. Les pertes durant la transformation sont en effet élevées et le rendement obtenu ne dépasse guère 21 %. La mécanisation de certaines opérations unitaires (râpage, pressage) n'a pas permis d'augmenter substantiellement ce rendement (22 % contre 21%). Elle a seulement contribué à l'amélioration des conditions de travail.

Il apparaît donc nécessaire de poursuivre les études et les essais de revalorisation de la technologie pour accroître réellement son efficacité technique et sa rentabilité économique. On contribuera ainsi à la production et à la promotion, au Bénin et ailleurs en Afrique, d'un produit qui s'est véritablement imposé dans la région depuis quelques années.

Bibliographie

AGRER (N.V.), 1986 - Etude de la commercialisation des produits vivriers au Bénin. Volume 1, Janvier 1986.

Anonyme, 1993 - *Le Bénin en chiffres*. Publication Section Economie Rurale, FSA/UNB, Bénin Edition 1993.

Devautour (H.), 1981 - Rapport de mission PECTA au Bénin, mai 1981.

DOAT (J.), 1977 - Le pouvoir calorifique des bois tropicaux. Revue Bois et Forêts des Tropiques, 172 : 33-55.

DOAT (J.), 1981 - Les problèmes de charbon de bois dans la République populaire du Bénin. Rapport FAO, 49 p.

Doat (J.), 1982 - Les foyers améliorés, une solution possible pour atténuer la pénurie de bois de feu dans les pays du Tiers-Monde. *Revue Bois et Forêts des Tropiques*, 197 : 45-59.

Fanou (K.L.), 1994 - Analyse des performances du système de commercialisation des produits vivriers au Bénin. Le cas de la commercialisation primaire du maïs et du gari sur le plateau Adja au Mono (sud-ouest du Bénin). Thèse de doctorat de 3° cycle, université nationale de Côte-d'Ivoire.

FAO, 1991 - Amélioration des procédés traditionnels de transformation de certains oléagineux et du manioc. FAO, Rome, Italie.

MEUSER (F.), SMOLNIK (H.D.), 1980 - Processing of cassava to gari and other foodstuffs. *Starch*, 32 (4): 116-122.

Muchnick (J.), Vinck (D.), 1984 - *La transformation du manioc, technologie autochtone.* Paris, ACCT, France, 87-139.

NAGO (C.M.), 1984 - Analyse des conditions de stockage, de commercialisation et estimation de la consommation alimentaire (province du Mono). Rapport FSA/UNB, Bénin: 50 p.

NAGO (C.M.), OCENI (A.H.), 1985 - Etude technologique et énergétique de la préparation artisanale du gari au Bénin. Rapport FSA/UNB, Bénin : 51 p.

STEC, 1981 - Le manioc, sa culture et sa transformation. Paris, ACCT, France: 63 p.

ZAKHIA (N.), 1985 - Transformation du manioc en gari, étude de l'opération de cuisson. Mémoire de fin d'études, Montpellier, France : 96 p.