

E

tat des connaissances et de la recherche sur la transformation et les utilisations alimentaires de l'igname

H. ATTAIE^{1,2}, N. ZAKHIA¹, N. BRICAS¹

1. Cirad-amis, programme agro-alimentaire, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

2. Ecole polytechnique fédérale de Zurich, Suisse

Résumé — Cet article présente une synthèse bibliographique des travaux concernant les utilisations alimentaires de l'igname à travers le monde. Les systèmes traditionnels de transformation de ce tubercule, ainsi que les initiatives semi-industrielles ou industrielles sont recensés. Cette synthèse montre que la transformation de l'igname a fait l'objet de recherches relativement limitées par rapport à la racine de manioc. De plus, ces travaux se sont souvent déroulés en laboratoire, sans véritable connexion ni application directe en entreprise, ni connaissance suffisante des réelles attentes des consommateurs. L'igname et ses dérivés sont toujours considérés comme chers et sont concurrencés par des produits importés. Par ailleurs, les études menées jusqu'ici se sont essentiellement focalisées sur quelques produits classiquement connus, tels que les pâtes élastiques (*foufou* et *foutou*), la farine et les flocons. Dans le but de relancer cette filière et de valoriser le potentiel nutritionnel, socio-économique et technique de ce tubercule, la diversification des produits à base d'igname paraît incontournable. Des recherches appliquées sont alors nécessaires pour, d'une part, améliorer les systèmes techniques de transformation à différentes échelles (artisanale, semi-industrielle et industrielle) et, d'autre part, mieux connaître et appréhender la demande des marchés et des consommateurs. Des pistes de recherche intéressantes et prometteuses se profilent actuellement. Celles-ci s'orientent vers une meilleure connaissance des caractéristiques variétales et de leur aptitude à la transformation afin de mieux cibler leurs utilisations technologiques potentielles, ainsi que vers la mécanisation de certaines étapes technologiques (épluchage, séchage...) qui interviennent dans la plupart des procédés de transformation. Enfin, l'élaboration de produits fermentés à base d'igname serait une voie de valorisation de ce tubercule, à l'instar de ceux fermentés à partir de manioc et reconnus pour leur valeur nutritionnelle.

Abstract — **Yam processing and food uses: state of the present knowledge and current research**. This paper presents a synthesis of literature available on yam food uses worldwide and

describes traditional processing systems as well as semi-industrial and industrial attempts. There appear to be less research on yam processing than on cassava. Furthermore, these studies have essentially been carried out under laboratory conditions, without any real connection to or direct application in the industry, and without sufficient knowledge of consumer expectations. Yam and the derived yam-based products are expensive and still fall prey to competition from imported products. In addition, the studies to date have focused on several traditional and well-known products, such as *foufou* and *foutou* elastic pastes or doughs, flour and flakes. If the yam channel is to be reactivated, and the nutritional, socio-economical and technical potential of this tuber promoted, it appears essential to diversify yam-based products. Applied research is required to improve the technical processing systems at all levels (cottage industry, semi-industrial or industrial), and to better understand market and consumer demands. Interesting and promising trails for research are emerging. They involve enhanced knowledge of yam cultivar characteristics and processability in order to target potential technological uses. Research also involves mechanization of technological steps, such as peeling and drying, common to yam processing systems. And, lastly, the development of yam based fermented products could further promote this tuber, such as is the case for cassava based fermented products, recognized for their high nutritional value.

L'igname est un produit alimentaire de base dans certains pays tropicaux d'Afrique, des Caraïbes et d'Océanie ; elle est également consommée, en quantité moindre, dans le sud-ouest de l'Asie et en Amérique latine. Plus de 90 % de la production mondiale sont concentrés en Afrique de l'Ouest, dans la région des pays côtiers du Golfe du Bénin où l'on parle de « ceinture de l'igname ». Avec 72 % de la production

mondiale (32 millions t environ), le Nigeria est le premier producteur d'igname (23 millions t environ) (FAO, 1994).

Comme aliment de base en Afrique occidentale, l'igname est une source importante d'hydrates de carbone pour des millions d'individus, bien que sa contribution soit inférieure à celle d'autres denrées de base comme le maïs, le manioc et le riz. Par ailleurs, 10 000 t, environ, d'ignames fraîches sont exportées par an, des pays tropicaux (Afrique, Antilles, Colombie) vers la Grande-Bretagne et les Etats-Unis.

En raison des pertes post-récolte assez importantes (25 à 60 %) (GIRARDIN, 1996), la transformation des tubercules d'igname permet de les stabiliser et de faciliter leur conservation, les rendant ainsi plus faciles à transporter et disponibles à tout moment et en tout lieu. De plus, les divers procédés de transformation améliorent la digestibilité et l'aptitude de l'igname à la consommation.

Cet article résulte d'une synthèse bibliographique qui présente l'état des connaissances et de la recherche sur les utilisations alimentaires de l'igname à travers le monde. En un premier temps, les procédés de transformation sont décrits, tant au niveau traditionnel et artisanal, qu'à l'échelle semi-industrielle et industrielle. Ensuite, les divers acquis de la recherche dans ce domaine sont exposés et les pistes émergentes pour des recherches futures sont énoncées.

Systèmes techniques de transformation de l'igname

L'igname est un tubercule qui appartient au genre *Dioscorea* ; ce genre couvre 600 espèces environ dont quelques-unes seulement sont utilisées pour l'alimentation humaine. Les plus connues sont *D. alata*, *D. dumetorum*, *D. bulbifera*, *D. rotundata*, *D. cayenensis* et *D. esculenta*. La composition chimique de l'igname est très voisine de celle de la pomme de terre, elle est constituée d'eau (50 à 80 %), de glucides (90 % de la matière sèche) dont le constituant principal est l'amidon, de protéines (5 % de la matière sèche), d'éléments minéraux (1 %) et de fibres (0,5 %). L'igname est donc un aliment très énergétique, pauvre en matières grasses, et le plus riche de tous les tubercules en protéines (HERZOG *et al.*, 1993).

Notons que l'igname contient des polyphénols, des tannins, des alcaloïdes, de l'acide phytique et des cristaux d'oxalate de calcium. Ces composés peuvent avoir un impact antinutritionnel en ralentissant l'activité des sucs digestifs lors de l'ingestion d'igname (WANASUNDERA et RAVINDRAN, 1994 ; PANIGRAHI et FRANCIS, 1982).

L'igname est souvent consommée à l'état frais dans les lieux de production ; cependant, en raison des pertes post-récolte importantes et du phénomène croissant d'urbanisation, la transformation de ce tubercule s'est vite révélée indispensable afin d'allonger sa durée de conservation et de faciliter son accès aux marchés urbains, tant locaux que régionaux.

Différents systèmes techniques de transformation de l'igname existent à travers le monde et sont recensés dans la littérature. Notons que peu d'informations sont disponibles sur ces transformations en Asie et en Amérique latine. Nous présenterons d'abord les techniques traditionnelles et artisanales, puis celles appliquées à l'échelle semi-industrielle ou industrielle.

Transformations traditionnelles de l'igname

La transformation de l'igname au niveau mondial est essentiellement réalisée à l'échelle domestique et artisanale. Les principales transformations traditionnelles de l'igname sont décrites ci-après. Notons que l'espèce et la variété d'igname constituent un facteur essentiel influant sur l'aptitude du tubercule aux diverses transformations, ainsi que sur les caractéristiques organoleptiques recherchées dans le produit fini.

Pâtes d'igname (foufou, foutou ou igname pilée)

Les produits à base d'igname les plus consommés se différencient essentiellement par leur mode de cuisson. Ceux qui dominent sont les pâtes glutineuses et visqueuses, connues sous les noms génériques de *foufou*, *foutou* ou igname pilée. La dénomination *foufou* est surtout rencontrée dans les pays francophones d'Afrique de l'Ouest, tels que la Côte d'Ivoire. Ces pâtes sont généralement obtenues après épluchage et découpe des tubercules en morceaux. Ceux-ci subissent alors une cuisson dans de l'eau bouillante jusqu'à leur ramollissement puis ils sont pilés à chaud dans un mortier. Au fur et à mesure du pilage, de l'eau chaude est ajoutée ; le pilage peut durer de 15 min à 1 heure en fonction de la texture (plus ou moins lisse) souhaitée de la pâte. Des boulettes sont parfois roulées manuellement à partir de cette pâte et servies avec des plats en sauce (MOSSO *et al.*, 1996 ; FAO, 1991 ; UNIFEM, 1989 ; SWAGTEN, 1988 ; COURSEY et FERBER, 1979 ; KOLEOSO et ONYEKWERE, 1979 ; MARTIN, 1979).

Certains additifs sont parfois utilisés afin d'améliorer le goût et de diminuer le temps de cuisson de l'igname. Ainsi, les cendres de manglier rouge (*Rhizophora racemosa*) et blanc (*Avicennia africana*) sont

utilisées au sud du Nigeria et dans quelques pays d'Afrique de l'Ouest. Ces cendres sont préalablement diluées dans l'eau et portent le nom d'*odoro* tout le long de la côte au Nigeria (LOTO et FAKANKUM, 1989).

Les espèces *D. rotundata* et *D. cayenensis* conviennent le mieux à la fabrication de ces pâtes d'igname.

Il existe plusieurs variantes de pâtes d'igname. Ainsi, des restes de ces pâtes peuvent être étalés au soleil, en couche mince, et séchés en galettes appelées *gniègnon* au Bénin. Ces galettes constituent une forme de stockage à sec de la pâte d'igname humide, ainsi qu'un moyen de récupérer des restes de repas. Avant consommation, la galette est reconstituée en pâte par addition d'eau et pétrissage (GBEDOLO, 1983). Une autre variante, appelée *wassa-wassa* au Bénin, consiste à sécher au soleil la pâte d'igname cuite puis à la piler dans un mortier jusqu'à l'obtention d'une poudre. Cette poudre est laissée à macérer dans l'eau pendant 3 j puis elle est égouttée et frite (SWAGTEN, 1988).

Les pâtes d'igname sont consommées accompagnées de sauces traditionnelles à la viande, au poisson ou aux légumes. Ces pâtes, traditionnellement préparées, ne se conservent pas longtemps. Au-delà d'une durée de 8 à 12 h, la pâte commence à fermenter avec un dégagement d'odeurs et devient dure et cassante. Elle peut alors être récupérée par trempage à l'eau chaude et pilage puis incorporée à une nouvelle fabrication.

Igname bouillie

L'igname peut également être consommée bouillie. Les tubercules d'igname sont épluchés, découpés en morceaux et cuits jusqu'à ébullition dans de l'eau salée (OSAGIE, 1992 ; GBEDOLO, 1983). Ils sont alors consommés tels quels ou en salade, en mélange avec des légumes et assaisonnés d'huile ou de sauce. Ainsi, l'*oto* est un plat traditionnel au Ghana, composé d'igname bouillie et écrasée puis mélangée avec de l'huile de palme, de la viande ou du poisson et des épices. Les tubercules bouillis peuvent également être écrasés dans leur eau de cuisson et mélangés avec des légumes et du poisson. Ce plat s'appelle *mpotompoto*.

Les espèces *D. alata*, *D. dumetorum* et *D. bulbifera* sont recherchées pour la préparation d'igname bouillie, en raison de leur goût particulier.

Igname braisée

L'igname peut être consommée braisée. De petits tubercules, non épluchés, sont grillés dans les cendres d'un feu mourant, entre des pierres préalablement chauffées par le feu (ASIEDU, 1986). Les tubercules peuvent aussi être cuits au four (200 C°) pendant 30 min (OSAGIE, 1992). Dans les îles du

Pacifique, les tubercules d'igname sont enveloppés dans des feuilles vertes de végétaux locaux, en mélange avec d'autres ingrédients tels que la pulpe de coco, du poulet ou du poisson, puis cuits au four (UNIFEM, 1989).

Igname frite

L'igname est également consommée frite, en morceaux ou sous forme de beignets. Ces beignets, très prisés en Côte d'Ivoire, sont surtout consommés en ville où les ingrédients nécessaires à leur préparation sont disponibles. Les tubercules bouillis sont écrasés et mélangés avec du beurre, de la farine, des œufs et de la levure. La pâte pétrie est laissée reposer pendant 30 min puis découpée en boulettes ; celles-ci sont alors frites dans de l'huile végétale très chaude.

Purée d'igname

La purée d'igname est obtenue après cuisson à l'eau bouillante des morceaux de tubercules épluchés puis leur écrasement en mélange avec de l'huile de palme, de la viande ou du poisson et des épices. La purée d'igname est connue sous le nom de *duo akpessi* en Côte d'Ivoire, *torokou* au Bénin ou *etoh* au Ghana (ASIEDU, 1991).

Couscous d'igname

Le couscous d'igname est obtenu en roulant manuellement l'igname cuite et pilée, seule ou parfois en mélange avec des morceaux de ragoût (*foufou* non pilé). Ce mélange permet d'obtenir des granules roulés très fins qui sont alors séchés au soleil puis cuits à la vapeur.

Au Burkina Faso, une entreprise basée à Ouagadougou réalise la fabrication du couscous d'igname à l'échelle semi-industrielle. Douze à 14 kg d'igname fraîche produisent 2 kg de couscous dont la durée de conservation, dans des conditions de stockage adéquates, est de plusieurs mois (GOLI, 1996).

Cossettes d'igname

La transformation de l'igname en cossettes donne un produit intermédiaire stabilisé, plus facile à conserver que les tubercules frais. Avant consommation, les cossettes sont concassées puis moulues en farine. Pour la fabrication de cossettes d'igname, les tubercules sont épluchés, découpés ou non en morceaux, puis cuits à l'eau et séchés au soleil. Afin d'éviter le noircissement de la surface des tubercules lors de leur exposition au soleil et de limiter les attaques d'insectes au cours du stockage, divers produits végétaux sont parfois ajoutés à l'eau de cuisson. Ceci confère alors une coloration rougeâtre aux cossettes et rose à brun clair à la farine qui résulte de leur mouture (DUMONT, 1995). La cuisson à l'eau permet de réduire la charge microbienne initiale et

de dénaturer certaines enzymes souvent responsables d'altérations lors de la conservation. Elle favorise également la prégélatinisation de l'amidon (AYINA ONANA, 1988).

Le rendement de transformation est de 100 kg de cossettes (dont la teneur en eau est de 12 %) pour 240 kg de tubercules frais. Les cossettes séchées peuvent être conservées pendant plusieurs mois, voire plus d'un an. Cependant, si les conditions de stockage ne sont pas optimales, les cossettes peuvent être infestées par des insectes foreurs et/ou contaminées par des moisissures. Les dégâts peuvent alors être importants au bout de quelques mois.

L'influence variétale joue un rôle essentiel dans l'aptitude de l'igname à la transformation en cossettes. Ainsi, au sud-ouest du Nigeria, au Bénin et au Togo, où cette transformation se fait à large échelle, les espèces à petits tubercules, dont notamment celles appelées *kokoro* (*D. cayenensis-rotundata*), sont utilisées de façon privilégiée pour la production de cossettes. Ces variétés présentent un grand intérêt du point de vue agronomique car elles se contentent de sols relativement pauvres et l'investissement en travail pour leur culture est limité.

Le système technique de transformation de l'igname en cossettes était traditionnellement mis en œuvre en milieu rural pour valoriser les têtes et queues des tubercules et ceux de petite taille, dans le but de conserver une partie de la récolte pour les périodes de soudure. Le séchage des ignames, telles que les *kokoro*, est devenu une activité importante dans certaines zones de production et les cossettes sont désormais commercialisées vers les marchés urbains. Dans les grandes villes du sud-ouest du Nigeria, la pâte préparée à partir de farine de cossettes est désormais devenue le principal aliment consommé devant le riz, le maïs ou les produits à base de manioc (BRICAS *et al.*, 1997). La mise en œuvre de ce système technique par les paysans ne demande pas d'investissements importants, ce qui contribue à expliquer sa large diffusion spontanée et renforce son intérêt pour une appropriation rapide dans d'autres pays.

Quelques travaux de recherche ont porté sur la mécanisation de certaines étapes technologiques du procédé. Ainsi, l'épluchage manuel des tubercules peut être remplacé par un épluchage chimique (avec de la soude à 10 %). De plus, le séchage des cossettes, traditionnellement effectué au soleil, peut être réalisé dans un four ou dans un séchoir, dans une étuve à ventilation ou encore par lyophilisation (ASIEDU, 1986 ; COURSEY et FERBER, 1979). La température de l'air de séchage doit être de 70 °C en moyenne ; au-delà, la farine devient brunâtre. Il faut noter que le broyage manuel au mortier, encore pratiqué en zone rurale, est remplacé en ville par une mouture mécanique au moyen d'un concasseur puis d'un moulin à meules. La farine d'igname peut

adsorber de l'eau lors du stockage ; des essais ont été menés pour réaliser un séchage complémentaire avant commercialisation (OSAGIE, 1992).

Farine d'igname

Comme il est décrit dans le protocole de préparation des cossettes, la farine d'igname résulte du broyage de tubercules épluchés, découpés, cuits à l'eau et séchés.

Aux Philippines, la farine d'igname provenant de tubercules de l'espèce *D. alata* présente une coloration violette liée à la présence de polyphénols. L'addition d'amidon de manioc (environ 5 %) permet de pallier ce problème responsable du rejet du produit par le consommateur (ROSARIO et MALIT, 1984).

L'espèce *D. dumetorum* (*sweet yam*) est considérée comme la plus intéressante pour la fabrication de la farine, en raison de sa teneur assez élevée en protéines et du fait que les tubercules ne subissent pas de coloration au cours du procédé de transformation. Cependant, la conservation en frais des tubercules de *D. dumetorum*, avant transformation, est très difficile car ils subissent le phénomène de « durcissement ». La fabrication de farine d'igname à partir de tubercules de l'espèce *D. dumetorum* n'est donc possible que si la durée de conservation des tubercules frais est assez courte et insuffisante pour altérer leurs caractéristiques organoleptiques.

La farine d'igname est utilisée dans diverses préparations culinaires.

Réhydratée, elle permet de reconstituer des pâtes élastiques, distinctes du *foufou*, du *foutou* ou de l'igname pilée. La farine reconstituée est connue sous le nom de *kokonte* au Ghana, *amala* ou *télibo* au Nigeria et au Bénin. Au Cameroun et en Côte d'Ivoire, la farine d'igname est considérée comme un succédané, de qualité inférieure, de l'igname fraîche (DUMONT, 1995 ; COURSEY et FERBER, 1979). La farine réhydratée permet également, après roulage et cuisson à la vapeur, de reconstituer le couscous d'igname.

Au Cameroun, la farine d'igname est mélangée avec du lait en poudre et du sucre cristallisé pour préparer des bouillies lactées utilisées en alimentation infantile. Le coût de ces bouillies est moins élevé que celui des farines de sevrage disponibles dans le commerce (OSSWALD, 1995).

La farine d'igname sert à préparer des desserts instantanés tels que le *halaya* aux Philippines. Ce plat est composé d'un mélange de farine d'igname, de lait condensé, de sucre, d'eau et de vanille, le tout étant cuit au four pendant 1 h. Par ailleurs, les gelées, pastilles et crèmes glacées à base d'igname sont des préparations très populaires aux Philippines (ROSARIO et MALIT, 1984).

Au Japon, le *karukan* est un gâteau mousseline à pâte aérée, préparé à partir d'une farine composée de riz et d'igname. L'espèce *D. japonica* est bien adaptée et connue pour l'élaboration de ce dessert (TANOUE *et al.*, 1993).

Le *dégale* est un gâteau à base d'igname très consommé au Togo. Il est préparé à partir d'une farine composée d'igname et de haricot blanc, mélangée à des condiments. La pâte est alors emballée dans des feuilles d'arbres, spécifiquement cueillies à cet effet, puis cuites à la vapeur (PICARD, 1987).

La substitution partielle (jusqu'à 20 %) de la farine de blé par la farine d'igname a permis de produire des pains de qualité satisfaisante. Pour la confection de pâtisseries telles que les crêpes et les gâteaux, le pourcentage d'incorporation de farine d'igname peut atteindre 50 à 100 %, selon l'espèce utilisée et à condition d'effectuer un pétrissage mécanique de la pâte. La farine provenant d'ignames de l'espèce *D. rotundata* semble donner les meilleurs résultats quant à la qualité de la pâte et le volume du pain obtenu (COURSEY et FERBER, 1979).

La pulpe (ou râpure) d'igname, soumise à des traitements thermo-physiques tels que le couplage entre un chauffage et un cisaillement, présente une stabilité colloïdale qui en fait un excellent ingrédient pour la confection de *puddings* (BOUCHOT *et al.*, 1987).

Les résultats de ces recherches n'ont cependant pas été mis en œuvre dans des entreprises et ces produits n'ont pas fait l'objet de commercialisation durable. Enfin, il est intéressant de constater que très peu de techniques traditionnelles de transformation de l'igname font appel à la fermentation. Pourtant, cette opération intervient dans les procédés de transformation d'autres amylacés comme le manioc ou le maïs dans les pays producteurs d'igname. Sous réserve d'une acceptabilité des produits par les consommateurs, la formulation d'aliments fermentés à base d'igname pourrait constituer une voie intéressante pour contribuer à diversifier les utilisations alimentaires de ce tubercule, notamment, pour des variétés à fort potentiel agronomique mais à moindre qualité organoleptique pour les usages classiques.

Transformations semi-industrielles et industrielles

La transformation semi-industrielle ou industrielle de ce tubercule, bien que moins importante que la transformation artisanale, concerne une gamme diversifiée de produits tels que les pâtes, les flocons, les chips et frites, les produits apéritifs (« snacks »), les conserves, les produits extrudés et les hydrolysats et sirops à base d'igname.

Pâtes d'igname

Quelques tentatives d'industrialisation de la fabrication de flocons, permettant de reconstituer les pâtes d'igname après réhydratation, ont été réalisées au Centre ivoirien de recherche technologique (Cirt, Abidjan). La technique appliquée reprenait la méthode artisanale jusqu'à l'obtention de la pâte d'igname refroidie et pilée. Celle-ci, au lieu d'être roulée en boulettes, était alors séchée puis broyée et tamisée. Le produit résultant était ainsi une farine de *foutou* prête à l'emploi qui donnait, après reconstitution, la pâte classique de *foutou*.

Cette tentative d'industrialisation, bien que techniquement réussie, a échoué sur un plan commercial, étant donné le prix de la farine de *foutou* prête à l'emploi, 7 fois supérieur à celui de la farine traditionnelle (à partir d'igname fraîche). Ceci dénote une identification insuffisante de la demande des consommateurs ivoiriens pour lesquels la rapidité de la préparation du *foutou* n'est pas la priorité absolue (BOUCHOT *et al.*, 1987).

Flocons d'igname

La principale transformation de l'igname à l'échelle semi-industrielle ou industrielle est la production de flocons. Le procédé de fabrication consiste à éplucher les tubercules (manuellement ou par traitement chimique à la soude) puis à les découper en petits morceaux. Ceux-ci sont alors trempés dans une solution diluée de sulfite, ce qui permet de conserver la blancheur de leur chair au cours du procédé de transformation. Ensuite, les morceaux subissent une pré-cuisson (70 °C) suivie d'un refroidissement puis d'une cuisson (dans l'eau ou à la vapeur) pendant 30 min.

La pré-cuisson joue le rôle de pré-traitement de blanchiment du tubercule ; elle lance également la gélatinisation de l'amidon d'igname. Le refroidissement survenant après la pré-cuisson provoque la rétrogradation de cet amidon et lui confère des propriétés fonctionnelles spécifiques lors de la réhydratation des flocons. Enfin, la cuisson achève la gélatinisation de l'amidon et améliore sa digestibilité. La cuisson à la vapeur est préférable à la cuisson à l'eau car elle entraîne moins de pertes en substances nutritives, notamment en vitamines telles que l'acide ascorbique.

Après cuisson des morceaux d'igname, des conservateurs tels que des antioxydants (Bha, Bht) et des émulsifiants (monostéarate de glycérol) y sont ajoutés. Ces derniers assurent une bonne cohésion de la pâte d'igname lors de son séchage ultérieur. Enfin, les morceaux d'igname sont pilés et broyés. La pâte compacte obtenue est alors séchée, en film mince, dans un séchoir à cylindres. La fragmentation (ou floconnage) de ce film sec conduit aux flocons, qui sont alors tamisés. En vue d'une longue conservation, les

flocons d'igname doivent avoir une teneur en eau autour de 10 % (en base humide). Notons que l'intensité du floconnage influe sur l'aptitude des flocons à libérer de l'amidon soluble au cours de la réhydratation (BADIN, 1991 ; ASIEDU, 1986).

Les flocons d'igname sont mélangés avec de l'eau tiède afin de reconstituer la pâte connue sous le nom de *foutou* en Côte d'Ivoire ou *pounded yam* au Nigeria. Plus la température de l'eau utilisée pour la reconstitution des flocons est élevée, plus le produit fini est collant. De plus, la consistance et l'élasticité de la pâte reconstituée à partir de flocons dépendent de plusieurs paramètres du procédé de fabrication, tels que la durée de cuisson des tubercules, ainsi que des conditions de broyage et de séchage sur cylindres. Ainsi, une durée de cuisson des tubercules dépassant 30 mn, associée à un broyage intensif et à des températures de séchage supérieures à 150 C°, rendent la pâte reconstituée très collante.

L'aptitude de l'igname à la transformation en flocons est conditionnée par plusieurs facteurs tels que l'espèce d'igname, le degré de maturité des tubercules et la durée de leur stockage avant transformation. Ainsi, l'espèce *D. rotundata* est-elle appréciée par les consommateurs africains car elle donne, après reconstitution des flocons, une pâte présentant une viscosité élevée. Pour les marchés de la région du Pacifique (Porto rico, Trinidad, Barbades), l'espèce *D. alata* est préférée car elle conduit à une pâte reconstituée de texture légère et aérée.

Le degré de maturité des tubercules joue également un rôle très important dans leur aptitude à la transformation en flocons. Les tubercules immatures sont reconnus pour leur incapacité à donner des flocons de bonne qualité. En effet, leur faible taux de matière sèche réduit leur rendement à la transformation. Enfin, si le stockage de l'igname dure longtemps ou est mené dans des conditions défavorables, il peut entraîner une perte de poids des tubercules et une dégradation de leur amidon. Il est recommandé d'utiliser des ignames bien fraîches pour la fabrication des flocons (BOUCHOT *et al.*, 1987).

Aux Barbades, dans les années 70, la fabrication de flocons d'igname (*instant yam*) a été testée, dans le cadre d'un projet pilote, à l'échelle semi-industrielle. Malgré la qualité satisfaisante du produit, le projet a été suspendu pour raison de difficultés d'approvisionnement en tubercules d'igname.

Au Nigeria, au début des années 70, la Cadbury Ltd. Nigeria a démarré la fabrication de flocons d'igname (*poundo yam*). Cette entreprise a également rencontré des problèmes d'approvisionnement en matière première et sa production est irrégulière depuis son démarrage. Le produit n'a pénétré qu'une faible part du marché compte tenu de son prix relativement élevé.

De même, le groupe Nestlé avait entrepris la fabrication de flocons d'igname (*bonfoutou*) dans son unité de production Novalim en Côte d'Ivoire. En 1993, la fabrication de ce produit a été suspendue à cause de ses coûts de production élevés. En 1996, la production de flocons d'igname a repris mais le produit est essentiellement destiné à l'exportation.

Chips et frites d'igname

Le marché des produits apéritifs (*snackfoods*) est actuellement en expansion à l'échelle mondiale. Les produits apéritifs (« snacks ») fabriqués à partir de pomme de terre et de banane plantain sont couramment consommés à travers le monde. La production de chips et de frites d'igname pourrait présenter un créneau intéressant sur ce marché et une voie de valorisation du tubercule.

Les premiers essais de fabrication de chips et de frites d'igname ont été réalisés par MARTIN et RUBERTE (1972). Le procédé consiste à éplucher les tubercules puis à les découper, soit en rondelles (pour la production de chips), soit en lanières (pour la production de frites). Ces rondelles ou lanières sont cuites jusqu'à ébullition, ce qui ramollit les tissus végétaux avant friture. Ensuite, elles sont frites dans de l'huile végétale (de maïs ou de palme) ou dans du saindoux. La nature de la matière grasse utilisée pour la friture est un facteur très influent sur la qualité des produits finis. Les chips ou frites d'igname, jugées d'excellente qualité (goût et aspect), sont obtenues après friture dans de l'huile de maïs ou dans un mélange composé de saindoux (40 %) et d'huile végétale hydrogénée (60 %).

La température de friture doit se situer entre 138 et 149 C°. Une température plus élevée entraînerait le brunissement du produit. L'addition d'un antioxydant dans le bain de friture est nécessaire afin de préserver les caractéristiques organoleptiques (couleur, saveur) du produit fini lors de son stockage ultérieur (OSAGIE, 1992). Après friture, les chips ou frites sont égouttées, salées et conditionnées.

Contrairement aux chips, les frites sont souvent destinées à une consommation immédiate après transformation. Elles accompagnent souvent des plats en sauce, à base de poisson ou de viande (BOUCHOT *et al.*, 1987). COURSEY et FERBER (1979) notent que des chips et frites d'igname, frites avec du saindoux et emballées dans des sachets de cellophane, étaient toujours acceptables après 9 semaines de stockage. Par contre, les produits frits dans de l'huile de maïs exigent un emballage sous vide.

Les espèces *D. rotundata*, *D. esculenta* et *D. bulbifera* ne sont pas du tout adaptées à la production de chips et de frites d'igname, à cause de leur teneur en substances amères et âcres. Les espèces qui semblent convenir à ce type de fabrication sont celles présen-

tant une bonne tenue à la cuisson, une faible tendance à l'oxydation, ainsi qu'un tissu végétal bien blanc et compact (MARTIN et RUBERTE, 1972). Les meilleurs produits frits à base d'igname sont obtenus avec les variétés *Forastero* et *Farm Lisbon* de l'espèce *D. alata*.

Produits apéritifs (« snacks ») à base d'igname

A l'instar des chips et frites, la production d'autres types de produits apéritifs (« snacks ») à base d'igname permettrait de diversifier la gamme des produits et dérivés de ce tubercule. Des essais dans ce sens ont été réalisés par OKAKA et ANAJEKWU (1990).

Le procédé de fabrication testé consiste à éplucher les tubercules et à les découper en morceaux carrés (1 cm d'arête), puis à les pré-cuire dans l'eau. Ces morceaux sont ensuite aromatisés par trempage dans une sauce composée d'eau, d'huile végétale, d'oignons, de sel et de piment. L'aromatisation est suivie d'un séchage au soleil (3 j) ou dans un four (28 h, 75 °C). Les « snacks » obtenus après séchage au four sont généralement préférés aux « snacks » séchés au soleil, pour leur texture croustillante et croquante. Les « snacks », ayant une teneur en eau finale moyenne de 13 % (en base humide), sont emballés dans des sachets en polyéthylène et stockés à 25 °C.

L'espèce *D. rotundata* semble la plus convenable pour l'élaboration de « snacks » à base d'igname.

Produits extrudés à base d'igname

Il s'agit essentiellement de biscuits et de farines précuites instantanées, composés de farine ou d'amidon d'igname, en mélange avec une ou plusieurs farines de céréales, du sucre et un ingrédient riche en protéines, généralement la farine de soja. Ce mélange est introduit dans un cuiseur-extrudeur, les paramètres d'extrusion fixés sont appliqués. Les produits finis sont des biscuits pouvant être soit consommés tels quels, soit réduits en farines précuites instantanées après broyage, tamisage et conditionnement sous vide (HOUNHOUGAN, 1987).

La maîtrise des paramètres d'extrusion, notamment la température de chauffage et la vitesse de rotation des fourreaux de l'extrudeur, est essentielle pour la conduite du procédé et l'obtention de produits finis ayant un degré de cuisson suffisant.

Les farines précuites à base d'igname sont utilisées après réhydratation, dans la préparation de bouillies infantiles. Du point de vue nutritionnel, les produits extrudés à base d'igname (biscuits et farines précuites) ont des teneurs équilibrées en amidon et en protéines. Cependant, ils peuvent présenter une carence en lysine si les paramètres d'extrusion ne sont pas judicieusement choisis de façon à réduire les risques de dégradation de cet acide aminé par des

réactions de Maillard (brunissement non enzymatique).

Notons que les biscuits à base d'igname présentent une coloration plus foncée et une structure plus dense que celles des biscuits fabriqués à partir de manioc, de blé ou de maïs. Quant aux farines précuites instantanées à base d'igname, elles possèdent un pouvoir d'absorption de l'eau plus rapide et plus élevé que celui des farines à base de maïs.

Conserves à base d'igname

Le procédé de fabrication consiste à éplucher les tubercules (avec de la soude à 4 %) puis à les tremper dans du dioxyde de soufre afin d'éviter leur noircissement. Ceux-ci sont ensuite découpés, blanchis (10 min, 90 °C) et mis en boîte dans une saumure contenant des antioxydants (Edta) et des conservateurs (acide citrique). Les boîtes de conserves sont alors serties et stérilisées puis refroidies.

Des essais de fabrication de conserves d'igname en boîte ont été réalisés avec les espèces *D. alata*, *D. rotundata* et *D. cayenensis* (OSAGIE, 1992 ; COURSEY et FERBER, 1979).

Hydrolysats et sirops d'igname

L'hydrolyse (enzymatique ou acide) de l'amidon d'igname produit des sirops pouvant jouer le rôle de substrat de fermentations, conduisant à la formation d'alcool et de levures utilisées en alimentation animale. Cependant, cette voie de valorisation de l'igname se heurte à la concurrence économique d'autres matières premières, telles que la mélasse de canne à sucre et le manioc. En effet, 1 t d'igname fraîche et 810 kg de mélasse produisent une quantité équivalente d'alcool (BOUCHOT *et al.*, 1987).

Par ailleurs, les sirops ou hydrolysats d'igname peuvent être utilisés comme succédanés du malt en brasserie. Leur pouvoir moussant, ainsi que leurs teneurs en protéines et en sucres non réducteurs, sont des caractéristiques recherchées par le brasseur, afin de donner du corps à la bière, d'étoffer son goût et de stabiliser sa mousse.

Igname enrichie en protéines

Afin d'améliorer la qualité nutritionnelle de l'igname pour l'alimentation humaine, des expérimentations ont été réalisées selon les procédés bio Orstom-Ircha, en vue d'augmenter sa teneur en protéines (BOUCHOT *et al.*, 1987). Ces procédés, basés sur la fermentation des tubercules, entiers ou préalablement réduits en pulpe, ont conduit à des produits finis de type semoule ou farine, ayant une teneur en protéines autour de 20 %. L'acceptabilité de ces produits par les consommateurs est en cours d'évaluation.

Les acquis de la recherche

Les procédés de transformation de l'igname, tant traditionnels que semi-industriels ou industriels décrits précédemment, font ressortir les principaux acquis de la recherche dans le domaine de l'utilisation alimentaire de ce tubercule.

L'influence variétale joue un rôle très important dans l'aptitude du tubercule à la transformation et dans l'acceptation du produit fini par le consommateur. Des espèces sont recherchées ou préférées pour chaque type de produit transformé à base d'igname. Cependant, le couplage entre l'espèce d'igname et son utilisation spécifique potentielle semble encore mal cerné. Une collaboration plus étroite semble nécessaire entre technologues, agronomes et spécialistes de la perception de la qualité par les consommateurs.

Divers travaux concernant la mécanisation de certaines étapes technologiques des procédés, telles que l'épluchage chimique ou le séchage artificiel par entraînement à l'air chaud ont été entrepris. Par ailleurs, des tentatives d'industrialisation de certains produits traditionnels (*foutou*, farine) ou de fabrication de produits élaborés (flocons instantanés) ont été réalisées. La poursuite des travaux dans ce sens permettrait de creuser le potentiel technique restant à exploiter en vue d'une meilleure valorisation de l'igname.

Des essais préliminaires ont porté sur la diversification des produits transformés à base d'igname, tels que les hydrolysats et sirops, les conserves en boîte, les produits apéritifs ou « snacks », les biscuits extrudés et farines précuites instantanées. Cette diversification présente un intérêt indéniable pour relancer la filière de l'igname et répondre à la tendance à la diversification alimentaire liée au phénomène d'urbanisation que connaissent les pays producteurs d'igname.

Conclusions et perspectives

Malgré l'importance de l'igname dans l'alimentation de la population de nombreux pays, la recherche sur les utilisations de ce tubercule est restée limitée en comparaison des recherches menées sur la plante et sa culture ou des travaux sur la transformation d'autres racines et tubercules comme le manioc.

La majorité des travaux recensés concerne la fabrication de pâtes du type *foufou* et *foutou*, ainsi que la production de farine et de flocons instantanés. Ces travaux ont ainsi surtout visé à industrialiser la transformation de l'igname en produits de type tradi-

tionnel. Nombre de ces travaux ont été réalisés en laboratoire sans partenariat avec des entreprises artisanales, Pme ou entreprises industrielles. De ce fait, certains acquis de la recherche n'ont pas trouvé d'application industrielle et commerciale, malgré leur intérêt scientifique. Lorsque cette recherche a été réalisée en partenariat avec des entreprises (cas des flocons d'igname avec Cadbury Nigeria ou Nestlé Côte d'Ivoire notamment), les résultats se sont traduits par une mise en œuvre industrielle et commerciale. Mais ce type de produits n'a cependant pu pénétrer qu'un segment de marché limité, compte tenu de leur coût jugé relativement élevé par les consommateurs en comparaison aux avantages de qualité qu'ils présentaient. D'une façon générale, les comportements alimentaires et les attentes de qualité des consommateurs vis-à-vis des produits à base d'igname, semblent avoir été insuffisamment étudiés.

Les orientations de ces recherches n'ont que relativement peu pris en compte la nécessité de diversifier les utilisations alimentaires de ce tubercule. Compte tenu de l'attachement culturel des consommateurs à l'igname, ce produit bénéficie d'un certain avantage vis-à-vis d'autres amylacés, bien qu'ayant un coût légèrement plus élevé que ses « concurrents ». Ce potentiel accroît la marge de manœuvre de la recherche pour promouvoir de nouveaux produits à base de ce tubercule, à condition que ceux-ci restent accessibles pour la majeure partie de la population. La tendance d'évolution de la consommation, en particulier en milieu urbain, est en effet la diversification des produits consommés.

L'existence, au travers du monde, de diverses techniques de transformation de l'igname, mérite donc d'être davantage valorisée. Mais pour ce faire, il apparaît nécessaire de mieux diffuser l'information existante entre les équipes de recherche des différents pays producteurs d'igname et entre ces équipes et les opérateurs économiques. Par ailleurs, l'application à l'igname de procédés de transformation déjà maîtrisés pour d'autres produits amylacés, comme la fermentation ou la granulation, pourrait également contribuer à diversifier les utilisations alimentaires de ce tubercule.

Enfin, il faut souligner tout l'intérêt que revêt la transformation des ignames en cossettes séchées telle qu'elle est pratiquée au sud-ouest du Nigeria, au Bénin et au Togo. Ce produit intermédiaire stabilisé est désormais largement plus utilisé que les tubercules frais dans les grandes villes du sud-ouest du Nigeria et à Cotonou. Son coût réduit et très compétitif, la stabilité de sa disponibilité sur les marchés, ainsi que sa commodité d'utilisation et son image de produit spécifique et non de succédané de pâte pilée, en font un aliment à fort potentiel de développement en milieu urbain. De plus, la farine de cossettes peut être utilisée pour des préparations alimentaires diver-

sifiées (couscous, gâteaux, biscuits, farines infantiles, etc.).

Dans tous les cas, il apparaît que la recherche technologique sur la valorisation de l'igname gagnerait en efficacité à s'inscrire dans des programmes pluridisciplinaires associant agronomes, technologues, socio-économistes de l'alimentation et spécialistes d'analyse sensorielle et de marketing. Ce type d'équipe devrait, faut-il encore le souligner, travailler en partenariat étroit avec les opérateurs économiques afin de contribuer à résoudre les problèmes que ceux-ci rencontrent, d'anticiper avec eux les évolutions du marché et de préparer les innovations qui permettraient d'y répondre.

Références bibliographiques

ASIEDU J.J., 1991. L'igname. *In* La transformation des produits agricoles en zone tropicale. Cta-Karthala, Paris, France, p. 323-332.

ASIEDU J.J., 1986. Yams. *In* Processing and Physical / Chemical Properties of Tropical Products. Centaurus-Verlagsgesellschaft, Pfaffenweiler, Germany, p. 379-398.

AYINA ONANA J., 1988. Le foutou d'igname. Essai de conception d'un pilon mécanique de laboratoire. Cirad, Montpellier, France, 93 p.

BADIN A., 1991. Etude d'un procédé de fabrication de flocons d'igname. Influence des traitements préalables au séchage sur la matière sèche, la couleur et les propriétés physico-chimiques des flocons. Ensat/Cirad, Montpellier, France.

BOUCHOT P., CODRON B., GRELLIER H., GUTTON L., JOUANNAULT F., JUND N., RABBE L., RAIMBOURG B., VILLENEUVE A., 1987. Les cultures vivrières. Conservation et transformation de l'igname et de la banane plantain. Groupe de mission d'étude en Côte d'Ivoire, France.

BRICAS N., VERNIER PH., ATEGBO E., HOUNHOUIGAN J., MITCHIKPE E., NKPENU K.E., ORKWOR G., 1997. Le développement de la filière cossettes d'igname en Afrique de l'Ouest. Cahiers de la Recherche Développement 44.

COURSEY D.G., FERBER C.E.M., 1979. The processing of yams. *In* Small-scale Processing and Storage of Tropical Root Crops, PLUCKNETT (Ed.). Westview Press, Colorado, USA, p. 15-25.

DUMONT R., 1995. La production et l'utilisation de cossettes d'igname au Bénin. Situation actuelle et perspectives. *In* IV^e Séminaire triennal de la société internationale pour les plantes et tubercules tropicales, branche Afrique, 22-28 octobre 1995, Montpellier, Cirad/Iita.

FAO, 1991. Racines, tubercules, plantains et bananes dans la nutrition humaine. Collection Alimentation et Nutrition, FAO, Rome, Italie.

FAO, 1994. Statistiques sur la production mondiale des racines et tubercules. FAO, Rome, Italie.

GBEDOLO Y.M., 1983. La culture des ignames, leur conservation et leur transformation en République populaire du Bénin. Séminaire sur l'igname, 2-5 novembre 1983, Ensa, Abidjan, Côte d'Ivoire.

GIRARDIN O., 1996. Technologie après-récolte de l'igname : étude de l'amélioration du stockage traditionnel en Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat en sciences techniques, Ecole polytechnique fédérale de Zurich, Suisse, 136 p.

GOLI T., 1996. Compte rendu d'entretien et de visite.

HERZOG F., FARAH Z., AMADO R., 1993. Nutritive value of four wild leafy vegetables in Côte d'Ivoire. *International Journal of Vitamin and Nutrition Research* 63 : 234-238.

HOUNHOUIGAN, J.D., 1987. Valorisation de produits vivriers tropicaux par cuisson-extrusion : préparation de biscuits sucrés et de farines instantanées riches en protéines. Université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier, France.

KOLEOSO O.A., ONYEKWERE O.O., 1979. Food storage and processing in Nigeria. *In* Appropriate industrial technology for food storage and processing. Monographs on Appropriate Industrial Technology, n° 7, UNIDO.

LOTO C.A., FAKANKUM O.A., 1989. Characterization of the ashes of Nigerian red and white mangrove woods. *Wood Science and Technology* 23 : 357-360.

MARTIN F.W., 1979. Composition, nutritional value and toxic substances of the tropical yams. *In* Tropical Foods: Chemistry and Nutrition, G.E. INGLET and G. CHARALAMBOUS (Eds). Academic Press Inc., USA, vol. 1, p. 249-263.

MARTIN F.W., RUBERTE R., 1972. Yams (*Dioscorea* spp.) for production of chips and french fries. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 56: 228-234.

MOSSO K., KOUADIO N., NEMLIN G.J., 1996. Transformations traditionnelles de la banane, du manioc, du taro et de l'igname dans les régions du centre et du sud de la Côte d'Ivoire. *Industries alimentaires et agricoles* 91-96.

OKAKA J.C., ANAJEKWU B., 1990. Preliminary studies on the production and quality evaluation of a dry yam snack. *Tropical Science* 30: 65-72.

OSAGIE A.U., 1992. The yam tuber in storage. Nigeria University of Benin, Department of Biochemistry, Benin, 247 p.

OSSWALD P., 1995. Economie des racines et tubercules. Analyse dans les pays d'Afrique de l'Ouest et du Centre. Solagral, Paris, France.

- PANIGRAHI S., FRANCIS B., 1982. Digestibility and possible toxicity of the yam (*Dioscorea alata*). Nutrition Reports International 26 (6): 1007-1013.
- PICARD T., 1987. Circuit de commercialisation de l'igname au Togo et étude de la demande pour un pilon mécanique. Montpellier, France.
- ROSARIO R.R., MALIT P.B., 1984. Improved ubi (*Dioscorea alata* L.) flour preparation and its utilization for instant halaya. The Philippine Agriculturist 67: 177-182.
- SWAGTEN I., 1988. La filière de l'igname au Bénin et les possibilités d'intervention pour améliorer la production et la commercialisation de ce tubercule. Cnearc-Enita, France.
- TANOUE H., SHIMOZONO H., SAKODA T., 1993. Characteristics of 3 species of yam (*Dioscorea*) for karukan making. Journal of Japanese Society of Food Science and Technology 40: 627-635.
- UNIFEM, 1989. Transformation des racines et tubercules. Collection Technologies du cycle alimentaire. Manuel de Référence. Rome, Italie, n° 5, 79 p.
- WANASUNDERA J.P.D., RAVINDRAN G., 1994. Nutritional assessment of yam (*Dioscorea alata*) tubers. Plant Foods for Human Nutrition 46: 33-39.