

# Valeur nutritionnelle des ignames

S. TRECHE

Laboratoire de nutrition tropicale, Orstom, BP 5045, 34032 Montpellier Cedex, France

**Résumé** — La valeur nutritionnelle des tubercules d'ignames peut se définir à partir de leurs caractéristiques organoleptiques qui déterminent leur acceptabilité, leur innocuité, leur contenu en énergie métabolisable et leur composition en nutriments essentiels biodisponibles. Elle dépend de leur génotype et des facteurs de variation intervenant au cours de la production, du stockage et de la transformation. Selon l'espèce et la variété, les tubercules diffèrent par leur contenu énergétique et leurs teneurs en nutriments. Pour une même quantité de matières brutes consommées, la valeur énergétique des ignames est généralement plus faible que celle des autres plantes à racines, tubercules ou fruits féculents (Rtf), mais leur couverture des besoins en protéines, minéraux et vitamines est plus complète. La valeur nutritionnelle de *D. dumetorum* est meilleure que celle des autres espèces couramment consommées en raison des caractéristiques physico-chimiques particulières de l'amidon de cette espèce. Certaines farines d'ignames ont un contenu énergétique et en nutriments comparable à celui de certaines céréales. Des facteurs de variation intervenant lors de la production, du stockage ou de la transformation sont susceptibles de modifier considérablement la valeur nutritionnelle des ignames. La méconnaissance ou la non-prise en considération des effets des différents facteurs de variation peuvent être à l'origine de risques de toxicité, de risques d'altération ou de diminution de leur aptitude à subir certains traitements technologiques ou à couvrir les besoins nutritionnels. Il est nécessaire d'en tenir compte lors de la vulgarisation de nouveaux cultivars ou de l'introduction d'innovations dans les procédés technologiques utilisés.

**Abstract** — **Nutritional value of yams.** To characterise the nutritional value of yams, it is necessary to take into account their organoleptic characteristics, the possible presence of toxic substances, their energy and nutrient contents and factors that influence the bioavailability of their nutrients. It mainly depends on their genotype and on numerous factors of variation involved during production, storage and processing. According to their species and variety, tubers differ by their energy and nutrient contents. Because of their relatively low dry matter content, the ability of yams to satisfy energy requirements is less than this of most of the other root and tuber crops but their aptitude to meet the protein, mineral and vitamin requirements is higher. Owing to the particular characteristics of their starch, digestibility and metabolism of *D. dumetorum*

tubers are better than those of tubers belonging to other species. When processed into flour, the nutritional value of some yam species is comparable to that of some cereals. Some factors of variation during production, storage and processing are capable to notably modify nutritional value of yams. If not taken into account, effects of various factors of variation on nutritional value can result in toxicity hazards and in lowering the aptitude of tubers to be processed and to satisfy nutritional requirements. Consequently, they must be considered when new cultivars or processes are introduced.

La caractérisation de la valeur nutritionnelle (Vn) des ignames nécessite la prise en compte de plusieurs types de facteurs de variation : ceux liés à la grande diversité génétique existant au sein du genre *Dioscorea* et ceux résultant de la définition plus ou moins restrictive donnée à la notion de Vn d'un aliment.

La diversité rencontrée parmi les différentes espèces d'ignames, même si on se limite à la vingtaine d'entre elles considérées comme alimentaires (DEGRAS *et al.*, 1977), est telle qu'il est sans doute plus difficile de vouloir caractériser la Vn des ignames dans leur ensemble que de parler de la Vn des céréales (TRECHE, 1989a). Contrairement à ce qui est fait dans la plupart des tables de composition des aliments ne portant pas spécifiquement sur les aliments tropicaux (SOUCI *et al.*, 1994), il est donc indispensable, lorsqu'on s'intéresse à la Vn des ignames, de considérer séparément les différentes espèces couramment utilisées en alimentation humaine : *Dioscorea alata*, *D. bulbifera*, *D. cayenensis-D. rotundata*, *D. dumetorum*, *D. esculenta*, *D. opposita*, *D. schimperiana*, *D. trifida*.

Si on considère que la Vn d'un aliment englobe l'ensemble des caractéristiques déterminant l'aptitude de cet aliment à couvrir les besoins nutritionnels de l'organisme auquel il est destiné, cela signifie qu'elle dépend de son acceptabilité, de son innocuité, de son contenu en énergie métabolisable et de sa

composition en nutriments essentiels biodisponibles par, ou pour, cet organisme. En effet, un même aliment n'a pas la même Vn pour un ruminant que pour un monogastrique, pour un enfant que pour un adulte et pour un homme sain que pour un homme souffrant de certains troubles métaboliques. On se référera par la suite à un individu standard, défini comme un homme jeune en bonne santé. La Vn d'un aliment prêt à être consommé peut alors se définir à partir de ses caractéristiques organoleptiques qui détermineront son acceptabilité en fonction des préférences du consommateur, par son contenu en substances toxiques et en facteurs antinutritionnels, par son contenu énergétique et sa composition en nutriments et par l'utilisation digestive et métabolique de l'énergie et ses nutriments par un consommateur standard.

Par ailleurs, le mot aliment étant utilisé pour désigner aussi bien un produit élaboré prêt à être ingéré qu'un produit brut ou semi-transformé, il reste à définir, pour caractériser la Vn d'un aliment, à quel stade de son élaboration il est considéré. Pour un aliment d'origine végétale pris à un stade intermédiaire entre sa récolte et sa présentation au consommateur, on devrait en réalité parler de Vn potentielle puisque les phases ultérieures de son élaboration sont susceptibles de modifier considérablement sa Vn finale.

Pour tenir compte de l'ensemble de ces facteurs de variation, nous commencerons par examiner la valeur nutritionnelle au moment de la récolte des différentes espèces d'ignames alimentaires avant d'étudier l'effet de différents facteurs environnementaux et technologiques sur les différentes caractéristiques déterminant leur Vn et d'essayer de dégager les contraintes et les potentialités de l'utilisation des ignames en alimentation humaine.

## **Valeur nutritionnelle des tubercules à la récolte**

### **Caractéristiques organoleptiques**

Les caractéristiques des ignames susceptibles d'influer sur leur acceptabilité sont l'aspect général des tubercules, la couleur de la chair, le goût et la texture.

L'aspect des tubercules est important car il évoque au consommateur ses expériences antérieures de consommations : il préférera généralement les tubercules dont la forme lui est familière. Pour des raisons pratiques, il appréciera plus particulièrement ceux dont la forme permet un épluchage facile.

La couleur de la chair est un critère de préférence important : son déterminisme résulterait de la pré-

sence de pigments, essentiellement des caroténoïdes et des glucosides dont les plus fréquents sont les anthocyanes : dans les cultivars de *D. alata* chair pourpre, RASPER et COURSEY (1967) ont extrait trois anthocyanines dont l'aglycone est de la cyanidine ; RUBERTE (1975) a montré que le pigment principal des variétés à chair jaune de *D. alata* est du bêta-carotène associé à des quantités variables de xanthophylles. Les pigments contenus dans les cultivars à chair jaune de *D. cayenensis* et *D. bulbifera* sont aussi, en grande partie, des caroténoïdes : chez *D. cayenensis*, il s'agirait d'esters de xanthophylles accompagnés de bêta-carotène (MARTIN et RUBERTE, 1975b) ; chez *D. bulbifera*, on trouverait des xanthophylles (lutéïne), des quantités variables de glucosides (anthocyanes), de chlorophylle et d'autres composés phénoliques non identifiés.

Au cours de l'épluchage ou lorsque les tubercules sont blessés, un brunissement se produit chez un certain nombre de cultivars : il résulte de l'oxydation des composés phénoliques qui se transforment en quinones et en pigments noirs (DELAROSA et EMIOLA, 1980 ; OZO et CAYGILL, 1985) qui ont la propriété de limiter l'infection des surfaces blessées ou sectionnées (ADAMSON et ABIGOR, 1980). Cette oxydation nécessite la présence simultanée de composés polyphénoliques, d'une polyphénoloxydase et d'oxygène. Chez *D. alata*, le principal polyphénol associé au brunissement des tissus serait une catécholamine (MARTIN et RUBERTE, 1976a) ; d'autres auteurs ont montré que les composés phénoliques, exprimés en équivalent catéchine, étaient plus abondants chez *D. alata* et *D. bulbifera* que chez les autres espèces (OZO et al., 1984 ; OZO et CAYGILL, 1985 ; 1986). L'enzyme permettant l'oxydation serait le plus souvent une o-dihydroxyphénoloxydase dont l'activité est plus ou moins élevée en fonction du stade physiologique des tubercules et selon les cultivars. Le brunissement peut être inhibé par l'utilisation d'antioxydants comme l'acide ascorbique (OZO et CAYGILL, 1986) ou le métabisulfite de sodium (DELAROSA et EMIOLA, 1980).

Un certain nombre de composés chimiques sont responsables du goût amer de certains cultivars : la dihydrodioscorine chez *D. dumetorum* ; des terpénoïdes chez *D. bulbifera* (GRAMSHAW et OSINOWO, 1982 ; WEBSTER et al., 1984) ; la leucoanthocyanidine dans certains cultivars de *D. cayenensis* (MARTIN et RUBERTE, 1975a) ; des saponines dans certains cultivars d'autres espèces (ABE, 1973). Divers composés volatils, responsables de la flaveur des tubercules, ont pu être identifiés (GRAMSHAW et OSINOWO, 1982) : acides gras, hydrocarbures, alcools, aldéhydes, cétones...

La texture dépend essentiellement des technologies culinaires utilisées et du type de préparation : toutefois, c'est l'interaction des caractéristiques

physico-chimiques des amidons et des procédés utilisés qui déterminent les principaux paramètres de texture (dureté, cohésion des tissus, viscosité, élasticité, adhésivité, siccité dans la bouche...) comme le montrent les différences inter- et intraspécifiques d'aptitude à la confection du *foufou*.

Les programmes de sélection variétale prennent généralement en compte un certain nombre de propriétés qui influent directement sur l'acceptabilité. A Porto Rico, les critères retenus par les sélectionneurs pour les variétés de *D. alata* ont été la facilité d'épluchage, la tendance à irriter la peau, la couleur de l'eau de cuisson, la couleur et l'apparence des tubercules cuits, la texture dans la bouche, le caractère gluant, la sensation d'humidité en bouche, la flaveur, l'amertume, l'absence de décoloration (MARTIN, 1973 ; MARTIN et DELPIN, 1978). Au Nigeria, des variétés nouvelles de *D. cayenensis* - *D. rotundata* ont été sélectionnées en fonction de la tendance au brunissement des tissus ayant fait l'objet de coupures (OKOLI, 1982). En Côte d'Ivoire, la sélection clonale de *D. alata* s'est faite sur l'aptitude à subir certains modes de préparation (ragoût, *foufou*, bouillie) (RODRIGUEZ, 1983). Il importe que les caractères pris en compte soient rigoureusement choisis et correspondent à l'évolution des préférences et des exigences des consommateurs.

## Substances toxiques et facteurs antinutritionnels

Les problèmes que pose la présence de substances toxiques dans les tubercules de certaines espèces d'ignames ne doivent pas être négligés : plusieurs auteurs ont signalé des cas de décès par empoisonnement consécutifs à la consommation de tubercules de variétés sauvages de *D. dumetorum* au Soudan (CORKILL, 1948), au Gabon (WALKER, 1952) et en Centrafrique (HLADIK *et al.*, 1984). Selon BURKILL (1954 *In* WEBSTER *et al.*, 1984), sur les 59 espèces d'ignames répertoriées en Asie du Sud-Est, 8 seraient réellement toxiques.

Des travaux menés à Porto Rico ont mis en évidence que la consommation de farines crues ou cuites de certaines variétés largement répandues de *D. alata* et de *D. rotundata* se traduisait, d'une part, par des retards de croissance et parfois la mort chez le rat et, d'autre part, par une réduction de la ponte chez la poule (WOMACK *et al.*, 1976 ; MARTIN, 1979 ; 1980). Chez le rat en croissance, le poids et la teneur en lipides des foies des animaux consommant de la farine crue de *D. dumetorum* sont environ deux fois plus élevés que chez les animaux consommant de la farine crue de *D. rotundata* (TRECHE, 1989a).

Il semble que les substances les plus toxiques soient des alcaloïdes solubles dans l'eau (COURSEY, 1972).

La dioscorine, neurotoxique puissant, peut entraîner la paralysie totale et la mort (OKE, 1972 ; ABE, 1973) tandis que la dihydrodioscorine au goût amer (FAO, 1991) pourrait avoir un effet convulsivant (BEVAN et HIRST, 1958) et provoquer des troubles graves consistant en des phases successives de délire, vertige, salivation, larme, sensation de chaleur, gonflement des yeux, surdité... (CORKILL, 1948). Selon WAITT (1963), des alcaloïdes sont présents dans les variétés sauvages de plusieurs espèces (*D. hispida*, *D. dumetorum*, *D. elephantipes*, *D. alata*, *D. bulbifera*). La présence d'alcaloïdes dans les tubercules de *D. bulbifera* est affirmée par certains auteurs (RAO et BERI, 1953 ; MARTIN, 1979) mais déniée par d'autres (WEBSTER *et al.*, 1984).

Les sapogénines ont une structure stéroïdale et sont présentes sous la forme d'aglycone dans des glucosides désignés sous le terme de saponines. Leur effet est moins toxique que ceux des alcaloïdes (COURSEY, 1972) car leur pouvoir hémolytique ne persisterait pas après l'absorption (ABE, 1973 ; SAMARAJEEWA *et al.*, 1988). Dans certaines sociétés, elles seraient, néanmoins, utilisées pour leur effet abortif (MARTIN, 1979). Des sapogénines ont été décelées dans 69 espèces d'ignames parmi lesquelles la plupart des espèces comestibles (MARTIN, 1980).

Les teneurs en composés cyanés dans les principales espèces cultivées ne semblent pas dépasser 2 mg/100 g de matière sèche et sont donc bien inférieures à celles mesurées dans d'autres plantes amylacées (manioc, plantain) et aux doses considérées comme létales (50 à 60 mg pour un adulte) (UDOESSIEN et IFON, 1992).

Des raphides d'oxalate de calcium et des quantités notables d'acide oxalique sont présentes dans la plupart des ignames (WAITT, 1963 ; MARTIN, 1979 ; SEALY, 1982 ; UDOESSIEN et IFON, 1992), mais seraient environ trois fois moins abondants que dans les racines de manioc et que dans les cormelles de taros (OKE, 1965). OKOLI et GREEN (1987) ont montré que, dans la plupart des espèces d'ignames, les raphides étaient principalement localisées à proximité du hile des grains d'amidon contenus dans le parenchyme cortical.

Outre les oxalates, d'autres substances (phytates, tanins, facteurs anti-trypsiques) considérées comme facteurs antinutritionnels sont présentes dans les ignames. La proportion de phosphore sous forme d'acide phytique serait de 60 % pour OKE (1965 ; 1972) et de 36 % (dans les tubercules de *D. dumetorum*) pour BELL et LONNERDAL (1988). MIEGE (1982) a décelé des activités antiprotéasiques dans 2 cultivars de *D. cayenensis*-*D. rotundata* sur les 10 qu'il a examinés. SHARMA et PATTABIRAMAN (1982) ont extrait des tubercules de *D. alata* une glycoprotéine de haut poids moléculaire ayant un pouvoir inhibiteur sur l'alpha-amylase salivaire et

pancréatique humaine. Des tanins se trouveraient en quantité notable dans certains cultivars (WAITT, 1963 ; MARTIN, 1979), en particulier dans les variétés à chair rouge de *D. alata* (ABE, 1973). Toutefois, ces facteurs antinutritionnels semblent être moins abondants que dans d'autres amylacées tropicales (TRECHE, 1989a ; UDOESSIEN et IFON, 1992 ; WANASUNDERA et RAVINDRAN, 1994).

En pratique, il n'y a que deux espèces couramment consommées qui posent réellement des problèmes de toxicité : en Asie, de nombreux cultivars de *D. hispida* contiennent de la dioscorine (RAO et BERI, 1952 ; SULIT, 1967) ; en Afrique, les formes sauvages de *D. dumetorum* renferment souvent de la dihydrodioscorine (CHEVALIER, 1936 ; CORKILL, 1948 ; HLADIK *et al.*, 1984).

## Composition en nutriments

Il existe moins d'une centaine de publications donnant des résultats de déterminations de la composition chimique des ignames. Celles publiées avant 1988 ont fait l'objet d'une revue exhaustive (TRECHE, 1989a), que nous résumerons ici en la complétant par des données plus récentes, pour les principales espèces alimentaires. Les moyennes des teneurs publiées par les différents auteurs seront comparées, d'une part, aux valeurs moyennes données dans la table de composition des aliments à l'usage de

l'Afrique (WU LEUNG *et al.*, 1970) et la table de SOUCI *et al.* (1994) et, d'autre part, aux valeurs obtenues par AGBOR EGBE et TRECHE (1995) en analysant 98 cultivars de 6 espèces différentes cultivées au Cameroun. Exceptées pour la teneur en matière sèche (exprimée en g pour 100 g de matière brute), la composition en acides aminés (en g pour 100 g de protéines brutes) et la composition en acides gras (en % des acides gras totaux), toutes les teneurs seront exprimées sur la base du poids sec afin d'éliminer la part de leur variabilité liée à la variabilité de la teneur en eau.

Les moyennes des teneurs en matière sèche trouvées dans la littérature (tableau I) pour les différentes espèces sont peu différentes : (de 26,3 à 27,9 g/100 g mb) et sensiblement inférieures à celles fournies dans les principales tables de composition (31 g/100 g ms). En revanche, les écarts observés entre valeurs données pour une même espèce peuvent varier dans un rapport 1 à 2,5. Les différences entre moyennes par espèces pour les ignames cultivées et analysées dans des conditions identiques au Cameroun sont beaucoup plus importantes : les teneurs moyennes en matière sèche de *D. alata* et *D. dumetorum* sont de plus de 25 % inférieures à celles des cultivars du complexe *D. cayenensis-D. rotundata*.

Les différences interspécifiques de teneurs en protéines brutes sont importantes (tableau I) : de 5,7 g/100 gms pour *D. cayenensis-D. rotundata* à 9,9 g/100 gms

Tableau I. Composition globale et contenu énergétique des principales espèces d'ignames alimentaires.

Espèce	Matière sèche		Protéines brutes		Lipides		Energie métabolisable	
	Nb	g/100 gMB	Nb	g/100 gms	Nb	g/100 gms	Nb	Kcal/100 gms
<i>D. alata</i>	(1)	19 27,9 ± 1,1 (21,4 - 36,3)	25	7,41 ± 0,39 (4,9 - 13,3)	26	0,49 ± 0,06 (0,09 - 1,30)	11	374 ± 5 (351 - 387)
	(2)	23 24,4 ± 1,2 (14,1 - 35,1)	23	8,3 ± 0,7 (4,7 - 15,6)	23	0,24 ± 0,02 (0,1 - 0,4)	23	381,3 ± 1,3
<i>D. bulbifera</i>	(1)	12 27,6 ± 2,1 (14,6 - 33,1)	14	6,21 ± 0,56 (2,9 - 10,6)	14	0,64 ± 0,23 (0,11 - 3,33)	7	381 ± 8 (337 - 400)
	(2)	11 28,8 ± (0,9 (24,8 - 35,1)	11	6,3 ± 0,3 (4,6 - 8,5)	11	0,24 ± 0,02(0,1 - 0,4)	11	382,7 (1,1)
<i>D. cayenensis</i>	(1)	19 27,3 ± 1,7 (16,6 - 38,4)	21	5,75 ± 0,39 (3,2 - 10,7)	22	0,36 (0,04 (0,15 - 0,84)	7	383 ± 3 (370 - 388)
<i>D. rotundata</i>	(2)	27 33,0 ± 0,8 (25,2 - 39,5)	27	6,4 ± 0,3 (3,7 - 8,9)	27	0,19 (0,03 (0,1 - 0,5)	27	386,4 ± 0,8
<i>D. dumetorum</i>	(1)	8 26,3 ± 2,1 (16,4 - 32,7)	10	9,93 ± 0,61 (7,7 - 12,8)	10	0,65 ± 0,12 (0,31 - 1,21)	5	382 ± 3 (379 - 391)
	(2)	23 23,2 ± 0,6 (19,0 - 28,3)	23	9,6 ± 0,3 (7,4 - 13,2)	23	0,33 ± 0,03 (0,1 - 0,6)	23	381,0 ± 0,7
<i>D. esculenta</i>	(1)	12 26,8 ± 1,2 (18,8 - 32,7)	14	6,78 ± 0,71 (3,8 - 11,9)	14	1,10 ± 0,71 (0,05 - 10,3)	7	388 ± 7 (375 - 429)
	(2)	6 29,6 ± 1,2 (24,5 - 30,8)	6	5,2 ± 0,4 (4,1 - 6,5)	6	0,25 ± 0,06 (0,1 - 0,5)	6	388,3 ± 1,3
<i>Dioscorea spp.</i>	(3)	14 31,0 ± 21,4 - 43,7)	13	6,12	12	0,64	np	384
	(4)	np 31,1 ± 23,6 - 32,7)	np	7,07	np	0,42	np	318

Nb : nombre de références prises en compte pour (1) et nombre de cultivars analysés pour (2) et (3). np : non précisé.

(1). Moyenne écart-type de la moyenne (valeurs extrêmes) des valeurs publiées par : EBERHARDT et BLOCH, 1909 ; CLEMENTE, 1918 ; WINTON et WINTON, 1935. In : OKE, 1972 ; WILDEMAN, 1938. In MARTIN, 1976 ; CORKILL, 1948 ; BERGERET et MASSEYEFF, 1958 ; OYENUGA, 1959 In RASPER et MACGREGOR, 1969 ; PETERS, 1959 ; BUSSON, 1965 ; OYENUGA, 1965. In COURSEY 1965 ; MONGODIN et RIVIERE, 1965 ; TOURY *et al.*, 1967 ; JARMAI et MONTFORD, 1968 ; WU LEUNG *et al.*, 1970 ; AFABLE, 1971 ; OKE, 1972 ; ENDEF, 1977 ; BOURRET *et al.*, 1973 ; FAO, 1976 ; STEELE et SAMMY, 1976b ; CIACCO et d'APPOLONIA, 1978 ; OMOLE *et al.*, 1978 ; FNRI/NSDB, 1980 ; BELL, 1981 ; OSAGIE *et al.*, 1982 ; HLADIK *et al.*, 1984 ; BRADBURY *et al.*, 1985 ; OLOGHOBO, 1985 ; BRADBURY et HOLLOWAY, 1988 ; TRECHE, 1989a ; MUZAC-TUCKER *et al.*, 1993 ; RAJYALAKSHMI et GEERVANI, 1994 ; WANASUNDERA et RAVINDRAN, 1994 ; SOUCI *et al.*, 1994 ; AGBOR EGBE et TRECHE, 1995.

(2). Moyenne écart-type de la moyenne (valeurs extrêmes) des cultivars du Cameroun (AGBOR EGBE et TRECHE, 1995).

(3). Table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique (WU LEUNG *et al.*, 1970).

(4). Table de composition de SOUCI *et al.*, 1994.

pour *D. dumetorum* si on considère les moyennes des différentes valeurs publiées ; de 5,2 g/100 gms pour *D. esculenta* à 9,6 g/100 gms pour *D. dumetorum* si on considère les valeurs obtenues au Cameroun. Pour une même espèce, les valeurs peuvent varier dans un rapport 1 à 3,5 (*D. bulbifera*).

Les pourcentages de recouvrement de l'azote total sous la forme d'acides aminés, estimés à 83 % par CIACCO et D'APPOLONIA (1978a), varient de 80 % (*D. esculenta*) à 89 % (*D. alata*) pour BUSSON (1965) et se situent entre 79 % (*D. cayenensis*) et 89 % (*D. dumetorum*). Pour SZYLIT *et al.* (1977) ils s'élèvent à 74 % (*D. esculenta*), 78 % (*D. alata*), et à 91 % (*D. bulbifera*) pour MARTIN et SPLITTSTOESSER (1975).

Les teneurs en acides aminés essentiels exprimées en gramme d'acides aminés pour 100 g de protéines brutes (tableau II) présentent une variabilité plus faible que la plupart des autres composants. On peut cependant remarquer quelques caractéristiques spécifiques comme les fortes teneurs en acides aminés soufrés et aromatiques de *D. dumetorum* ou les faibles proportions de lysine chez *D. bulbifera* et *D. esculenta*. SPLITTSTOESSER *et al.* (1973b), en réalisant une analyse en composantes principales sur les teneurs en acides aminés de 46 cultivars appartenant à 5 espèces différentes, ont mis en évidence l'influence

de la nature de l'espèce sur la composition en acides aminés des protéines. Ils estiment que les gènes influant sur les teneurs des protéines en chacun des acides aminés peuvent être transmis de manière indépendante, ce qui laisse espérer une possibilité d'amélioration de l'indice chimique par sélection (SPLITTSTOESSER, 1977).

Les écarts entre teneurs moyennes en lipides sont considérables (de 0,35 à 1,30 g/100 gms), mais il est probable que les raisons de cette variabilité sont essentiellement d'ordre méthodologique.

Selon les espèces, les lipides seraient constitués de 8 à 32 % de phospholipides, de 20 à 40 % de glycolipides et de 43 à 61 % de lipides non-polaires, en particulier des triglycérides (OSAGIE et OPUTE, 1981a ; 1981b).

Les résultats de diverses déterminations de composition en acides gras sont rapportés dans le tableau III. On constate des écarts importants, probablement dus à des divergences dans l'interprétation des chromatogrammes, entre les proportions d'acides insaturés en C18 mesurées par différents auteurs.

La variabilité du contenu énergétique de la matière sèche, calculé en utilisant les coefficients spécifiques donnés par WATT et MERILL (1963), est relativement faible étant donné que les composants, dont les variations seraient le plus à même de modifier sa valeur,

**Tableau II.** Composition en acides aminés des principales espèces d'ignames alimentaires.

Espèce	Ile	leu	Lys	Met + Cys	Phe + Tyr	Thr	Try	Val	His
<i>D. alata</i>	3,8 ± 0,2 (10)	6,5 ± 0,3 (10)	4,5 ± 0,3 (10)	2,2 ± 0,2 (9)	7,8 ± 0,4 (10)	3,7 ± 0,3 (10)	1,1 <sup>(2)</sup>	4,4 ± 0,2 (10)	2,5 ± 0,4 (8)
<i>D. bulbifera</i>	4,4 ± 0,4 (4)	7,2 ± 0,7 (4)	3,8 ± 0,3 (4)	2,8 ± 0,8 (3)	7,3 ± 0,5 (4)	5,5 ± 1,4 (4)	-	5,2 ± 0,1 (4)	2,0 ± 0,2 (4)
<i>D. cayenensis-rotundata</i>	3,4 ± 0,2 (10)	6,3 ± 0,3 (10)	4,6 ± 0,2 (10)	2,5 ± 0,2 (8)	8,1 ± 0,3 (10)	3,5 ± 0,2 (10)	1,2 ± 0,2 (4)	4,1 ± 0,2 (10)	2,0 ± 0,1 (7)
<i>D. dumetorum</i>	3,8 ± 0,2 (4)	7,2 ± 0,2 (4)	4,7 ± 0,3 (4)	3,2 <sup>(2)</sup>	9,3 ± 0,8 (4)	4,4 ± 0,1 (4)	1,3 (1)	5,0 ± 0,3 (4)	2,3 ± 0,3 (4)
<i>D. esculenta</i>	3,3 ± 0,3 (5)	6,6 ± 0,4 (5)	3,6 ± 0,3 (5)	2,3 ± 0,3 (4)	7,7 ± 0,6 (5)	4,0 ± 0,4 (5)	1,0 (1)	4,2 ± 0,2 (5)	2,5 ± 0,3 (4)
<i>Dioscorea spp.</i> <sup>(a)</sup>	3,7	6,5	4,1	2,7	8,0	3,6	1,3	4,6	1,9

Moyenne écart-type de la moyenne en g pour 16 g d'azote (nombre de références prises en compte).

(a). D'après FAO, 1970.

Sources : PETERS, 1959 ; BUSSON, 1965 ; FAO, 1970 ; BOURRET *et al.*, 1973 ; SPLITTSTOESSER *et al.*, 1973a ; FRANCIS *et al.*, 1975 ; MARTIN 1974 ; FAO, 1976 ; MARTIN, 1976 ; MARTIN et SADIK, 1977 ; SZYLIT *et al.*, 1977 ; CIACCO et d'APPOLONIA, 1978 ; FNRI/NSDB, 1980 ; BOULTER et HARVEY, 1985 ; KOUASSI *et al.*, 1988 ; TRECHE, 1989a.

**Tableau III.** Composition en acides gras (%) des lipides contenus dans les tubercules des principales espèces d'ignames alimentaires.

Espèce	Nb	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0
<i>D. alata</i>	5 Vex Vpp	0 - 7 tr	28 - 54 34	3 - 11 3	5 - 59 8	tr - 54 38	tr - 14 6	0 - 3 tr
<i>D. bulbifera</i>	2 Vex	tr - 1	28 - 33	tr - 1	11 - 25	34 - 42	8 - 10	tr
<i>D. cayenensis-rotundata</i>	5 Vex Vpp	0 - 2 tr	31 - 44 32	2 - 42 3	3 - 58 12	1 - 54 45	1 - 14 7	0 - 2 1
<i>D. dumetorum</i>	1	2	35	6	12	33	tr	tr
<i>D. esculenta</i>	2 Vex	0 - 1	30 - 33	3 - 28	8 - 26	0 - 47	tr	tr
<i>Dioscorea spp.</i> <sup>(a)</sup>		0,8	31,5	-	44,9	0,9	-	1,7

Nb : nombre de références prises en compte ; Vex : valeurs extrêmes. Vpp : valeur la plus probable ; tr : traces.

(a). Table de composition de SOUCI *et al.*, 1994.

Sources : OPUTE et OSAGIE, 1978 ; CIACCO et d'APPOLONIA, 1978 ; FABOYA, 1981 ; OSAGIE et OPUTE, 1981a ; 1981b ; 1982 ; OSAGIE *et al.*, 1982 ; KOUASSI *et al.*, 1988 ; MUZAC-TUCKER *et al.*, 1993.

sont peu abondants (tableau I). Le contenu énergétique varie de 337 à 429 kcal pour 100 g de ms si l'on considère l'ensemble des valeurs publiées et de 374 à 388 kcal pour 100 gms si on considère les moyennes par espèce. Compte tenu de cette faible variabilité, il est possible d'estimer le contenu énergétique d'un tubercule brut en utilisant des équations de régression prenant uniquement en compte sa teneur en matière sèche (BRADBURY *et al.*, 1985).

Les glucides digestibles des tubercules d'ignames sont constitués essentiellement d'amidon et d'oses simples ou de diholosides (tableau IV).

Les teneurs en amidon relevées dans la littérature peuvent varier entre 57 et 88 g/100 gms pour une même espèce (*D. bulbifera*), mais les moyennes des valeurs publiées pour les différentes espèces sont comprises entre 71,7 et 76,5 g/100 gms pour l'ensemble des données publiées et, entre 70 g/100 gms (*D. dumetorum* et *D. esculenta*) et 80 g/100 gms (complexe *D. cayenensis-D. rotundata*) en ce qui concerne les cultivars camerounais.

Les moyennes des teneurs en glucides solubles varient entre 1,9 et 4,8 g/100 gms (entre 3,1 et 7,5 g/100 gms pour les glucides, extraits à l'alcool à 80 °GL des cultivars camerounais). Certains cultivars camerounais de *D. alata*, *D. dumetorum* et *D. esculenta* ont néanmoins des teneurs dépassant 10 g/100 gms. Ces glucides solubles sont principalement composés de saccharose (TRECHE, 1989a).

Les teneurs en cellulose et lignine sont 2 à 3 fois plus élevées dans les tubercules de *D. dumetorum* que dans ceux de *D. esculenta* et du complexe *D. cayenensis-D. rotundata*.

Concernant la composition minérale, les résultats publiés mettent en évidence une extrême variabilité

(tableau V). Les valeurs relevées pour une même espèce (*D. cayenensis-D. rotundata*) peuvent varier dans un rapport de 1 à 80 pour le calcium et de 1 à 10 pour le phosphore. Une part importante de cette variabilité est certainement liée aux modalités de dosage suivies par les différents auteurs. Si l'on se réfère aux valeurs obtenues en conditions standardisées sur les cultivars du Cameroun, on observe que les cultivars de l'espèce *D. dumetorum* ont des teneurs en calcium, en phosphore et en fer plus élevées que ceux des autres espèces (AGBOR EGBE et TRECHE, 1995).

Les données bibliographiques relatives à la composition vitaminique des ignames sont beaucoup plus rares. D'après celles reprises dans le tableau VI, les teneurs peuvent varier pour une même espèce dans un rapport de 1 à 21 pour la vitamine A et de 1 à 19 pour l'acide ascorbique. On remarque, par ailleurs, qu'il existe des écarts importants entre les valeurs fournies par les principales tables de composition et les moyennes que l'on peut calculer à partir des données publiées par différents auteurs.

Pour la plupart des nutriments examinés, la variabilité des résultats est donc considérable : les facteurs de cette variabilité sont non seulement d'ordre génétique (espèces, variétés) mais également d'ordre méthodologique (échantillonnage, techniques analytiques) et probablement d'ordre agro-écologique (années et lieux de culture, pratiques culturales). Toutefois, si l'on compare les compositions obtenues dans des conditions standardisées au Cameroun pour les principales espèces alimentaires (AGBOR EGBE et TRECHE, 1995), on peut les répartir en trois groupes sur la base de leurs teneurs moyennes en matière sèche : les espèces à faible teneur en matière sèche (23 à 25 g/100 gms : *D. alata*, *D. dumetorum*) ;

**Tableau IV.** Composition en glucides des principales espèces d'ignames alimentaires.

Espèce	Amidon		Glucides solubles		Saccharose		Cellulose + lignine	
	Nb	g/100 g ms	Nb	g/100 g ms	Nb	g/100 g ms	Nb	g/100 g ms
<i>D. alata</i>	<sup>(1)</sup> 10	76,3 ± 1,7 (68,1 - 83,4)	6	3,3 ± 0,7 (1,2 - 5,2)	4	2,7 ± 0,4 (2,0 - 3,6)	9	4,5 ± 0,9 (2,5 - 10,7)
	<sup>(2)</sup> 23	73,4 ± 1,3 (60,2 - 82,1)	23	4,4 ± 0,7 (0,8 - 18,1)	23	2,8 ± 0,6 (0,1 - 14,7)	23	3,4 ± 0,2 (2,1 - 4,9)
<i>D. bulbifera</i>	<sup>(1)</sup> 7	73,2 ± 4,6 (57,6 - 88,3)	6	1,9 ± 0,5 (0,9 - 3,9)	2	1,9 (1,1 - 2,8)	6	6,7 ± 2,4 (1,9 - 17,1)
	<sup>(2)</sup> 11	72,9 ± 0,8 (69,8 - 78,6)	11	3,9 ± 0,5 (2,5 - 7,2)	11	2,8 ± 0,4 (1,4 - 5,5)	11	3,5 ± 0,2 (3,0 - 5,0)
<i>D. cayenensis-D. rotundata</i>	<sup>(1)</sup> 10	75,3 ± 3,2 (60,8 - 88,0)	5	1,9 ± 0,6 (0,7 - 3,5)	5	1,4 ± 0,6 (0,3 - 3,3)	9	2,7 ± 0,4 (1,2 - 4,9)
	<sup>(2)</sup> 27	80,1 ± 0,6 (75,3 - 85,3)	27	3,5 ± 0,2 (2,0 - 5,5)	27	2,0 ± 0,2 (0,7 - 4,3)	27	2,5 ± 0,1 (1,2 - 2,7)
<i>D. dumetorum</i>	<sup>(1)</sup> 6	71,7 ± 2,5 (67,7 - 83,8)	10	3,8 ± 0,7 (2,9 - 5,1)	2	2,6 (1,8 - 3,4)	5	7,1 ± 1,6 (3,9 - 12,9)
	<sup>(2)</sup> 23	70,5 ± 0,8 (61,7 - 75,5)	23	5,1 ± 0,5 (0,6 - 12,3)	23	3,4 ± 0,5 (0,1 - 9,6)	23	5,5 ± 0,3 (3,4 - 7,6)
<i>D. esculenta</i>	<sup>(1)</sup> 5	76,5 ± 2,8 (70,4 - 86,9)	2	4,8 (2,1 - 7,5)	2	5,3 (3,3 - 7,3)	5	3,5 ± 1,1 (1,9 - 7,8)
	<sup>(2)</sup> 6	70,4 ± 1,2 (66,3 - 73,4)	6	7,5 ± 1,4 (3,2 - 11,6)	6	3,3 ± 0,5 (1,2 - 4,3)	6	2,7 ± 0,1 (2,3 - 3,1)

Nb : nombre de références prises en compte pour (1) et nombre de cultivars analysés pour (2).

(1). Moyenne écart-type de la moyenne (valeurs extrêmes) des valeurs publiées par : EBERHARDT et BLOCH, 1909 ; CLEMENTE, 1918 ; WINTON et WINTON, 1935 *In* OKE, 1972 ; WILDEMAN, 1938 *In* MARTIN, 1976 ; OYENUGA, 1965 *In* COURSEY 1965 ; KETIKU et OYENUGA, 1970 ; 1973a ; OSISIUGU et UZO, 1973 ; ADESIYAN *et al.*, 1975a ; SZYLIT *et al.*, 1977 ; BEWA, 1978 ; CIACCO et d'APPOLONIA, 1978a ; HLADIK *et al.*, 1984 ; BRADBURY *et al.*, 1985 ; BRADBURY et HOLLOWAY, 1988 ; KOUASSI *et al.*, 1988 ; TRECHE, 1989a ; RAJYALAKSHMI et GEERVANI, 1994 ; WANASUNDERA et RAVINDRAN, 1994 ; AGBOR EGBE et TRECHE, 1995.

(2). Moyenne écart-type de la moyenne (valeurs extrêmes) des cultivars du Cameroun (AGBOR EGBE et TRECHE, 1995).

**Tableau V.** Composition minérale des principales espèces d'ignames alimentaires.

Espèce	Calcium		Phosphore		Fer		Zinc	
	Nb	mg/100 gms	Nb	mg/100 gms	Nb	mg/100 gms	Nb	mg/100 gms
<i>D. alata</i>	<sup>(1)</sup> 20	56 ± 10 (10 - 161)	18	139 ± 9 (20 - 180)	15	7,1 ± 3,2 (0,6 - 50,7)	9	1,9 ± 0,3 (1,0 - 3,9)
	<sup>(2)</sup> 23	24 ± 2 (14 - 49)	23	116 ± 5 (68 - 163)	23	4,3 ± 0,8 (0,9 - 17,6)	23	1,5 ± 0,1 (0,8 - 2,5)
<i>D. bulbifera</i>	<sup>(1)</sup> 12	122 ± 28 (23 - 290)	11	209 ± 32 (100 - 440)	8	5,7 ± 1,3 (0,3 - 11,7)	4	1,9 ± 0,2 (1,7 - 2,2)
	<sup>(2)</sup> 11	23 ± 1 (20 - 49)	11	127 ± 6 (100 - 154)	11	4,4 ± 0,5 (2,0 - 7,5)	11	1,8 ± 0,1 (1,4 - 2,1)
<i>D. cayenensis-rotundata</i>	<sup>(1)</sup> 19	76 ± 24 (5 - 415)	19	116 ± 11 (20 - 200)	12	5,2 ± 2,1 (0,5 - 27,1)	9	1,2 ± 0,1 (0,9 - 1,5)
	<sup>(2)</sup> 27	16 ± 1 (8 - 36)	27	93 ± 4 (65 - 125)	27	3,8 ± 0,4 (0,7 - 10,3)	27	1,3 ± 0,1 (0,7 - 2,2)
<i>D. dumetorum</i>	<sup>(1)</sup> 11	107 ± 26 (16 - 270)	10	146 ± 23 (20 - 221)	6	5,4 ± 0,9 (2,9 - 8,5)	5	1,6 ± 0,2 (1,2 - 1,9)
	<sup>(2)</sup> 23	42 ± 3 (23 - 73)	23	161 ± 5 (118 - 201)	23	6,7 ± 0,9 (2,2 - 18,7)	23	1,0 ± 0,1 (0,9 - 3,0)
<i>D. esculenta</i>	<sup>(1)</sup> 14	91 ± 28 (18 - 357)	12	142 ± 15 (22 - 193)	10	3,7 ± 0,5 (1,6 - 6,1)	7	1,8 ± 0,3 (0,9 - 2,8)
	<sup>(2)</sup> 6	25 ± 2 (19 - 32)	6	89 ± 9 (63 - 114)	6	3,0 ± 0,3 (1,7 - 3,8)	6	2,1 ± 0,2 (1,6 - 2,7)
<i>Dioscorea spp.</i>	<sup>(3)</sup> 11	167	9	197	7	2,6	np	np
	<sup>(4)</sup> np	80,4	np	142	np	2,9	np	0,4

Nb : nombre de références prises en compte pour (1) et nombre de cultivars analysés pour (2) et (3). np : non précisé.

(1) Moyenne écart-type de la moyenne (valeurs extrêmes) des valeurs publiées par : CORKILL, 1948 ; BERGERET et MASSEYEFF, 1958 ; BUSSON, 1965 ; MONGODIN et RIVIERE, 1965 ; TOURY *et al.*, 1967 ; WU LEUNG *et al.*, 1970 ; ENDEF, 1972 ; BOURRET *et al.*, 1973 ; FAO, 1976 ; BAQUAR et OKE, 1977 ; BEWA, 1978 ; OBIGBESAN et AGBOOLA, 1978 ; FNRI/NSDB, 1980 ; VANDER ZAAG *et al.*, 1980 ; BELL, 1981 ; 1985 ; HLADIK *et al.*, 1984 ; BRADBURY *et al.*, 1985 ; OLOGHOBO, 1985 ; BRADBURY et HOLLOWAY, 1988 ; SAMARAJEEWA *et al.*, 1988 ; TRECHE, 1989a ; MUZAC-TUCKER *et al.*, 1993 ; RAJYALAKSHMI et GEERVANI, 1994 ; WANASUNDERA et RAVINDRAN, 1994 ; SOUCI *et al.*, 1994 ; AGBOR EGBE et TRECHE, 1995.

(2) Moyenne écart-type de la moyenne (valeurs extrêmes) des cultivars du Cameroun (AGBOR EGBE et TRECHE, 1995).

(3) Table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique (WU LEUNG *et al.*, 1970).

(4) Table de composition de SOUCI *et al.*, 1994.

**Tableau VI.** Composition vitaminique des principales espèces d'ignames alimentaires.

Espèce	Vitamine A		Ac. ascorbique		Thiamine		Riboflavine	
	Nb	ger/100 gms	Nb	mg/100 gms	Nb	g/100 gms	Nb	g/100 gms
<i>D. alata</i>	<sup>(1)</sup> 8	24 ± 13 (4 - 84)	11	34 ± 12 (7 - 131)	8	248 ± 40 (138 - 424)	7	116 ± 16 (80 - 178)
<i>D. esculenta</i>	<sup>(1)</sup> 3	72 ± 2 (70 - 76)	3	55 ± 1 (54 - 57)	5	258 ± 37 (172 - 379)	5	93 ± 18 (38 - 145)
<i>Dioscorea spp.</i>	<sup>(2)</sup> 1	5,4	5	19	5	354	5	65
	<sup>(3)</sup> np	5,4	np	32	np	289	np	96

Nb : nombre de références prises en compte pour (1) et nombre de cultivars analysés pour (2). np : non précisé.

(1) Moyenne écart-type de la moyenne (valeurs extrêmes) des valeurs publiées par : PETERS, 1959 ; TOURY *et al.*, 1967 ; WU LEUNG *et al.*, 1970 ; ENDEF, 1972 ; FAO, 1976 ; STEELE et SAMMY, 1976b ; FNRI/NSDB, 1980 ; BRADBURY *et al.*, 1985 ; BRADBURY et SINGH, 1986 ; BRADBURY et HOLLOWAY, 1988 ; TRECHE, 1989a ; WANASUNDERA et RAVINDRAN, 1994 ; SOUCI *et al.*, 1994.

(2) Table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique (WU LEUNG *et al.*, 1970).

(3) Table de composition de SOUCI *et al.*, 1994.

celles à teneur intermédiaire (28 à 30 g/100 gms : *D. esculenta*, *D. bulbifera*) ; celles à forte teneur en matière sèche (33 g/100 gms : *D. cayenensis-D. rotundata*). Par ailleurs, en comparant les compositions des principales espèces exprimées sur la base de la matière sèche par des méthodes d'analyses statistiques multivariées (TRECHE *et al.*, 1989a ; AGBOR EGBE et TRECHE, 1995), on met en évidence l'existence de différences notables entre espèces et la possibilité de reconnaître, avec un très faible risque d'erreur, l'espèce d'appartenance d'un cultivar donné uniquement à partir de sa composition chimique (figure 1).

Compte tenu de ses teneurs élevées en protéines brutes et en minéraux et de sa composition en acides aminés indispensables, l'espèce *D. dumetorum* apparaît comme l'espèce ayant la valeur nutritionnelle potentielle la plus élevée.

## Utilisation digestive et métabolique

En fonction de l'espèce d'igname incorporée dans des régimes à base de tubercules crus, il a été observé des différences importantes d'efficacité

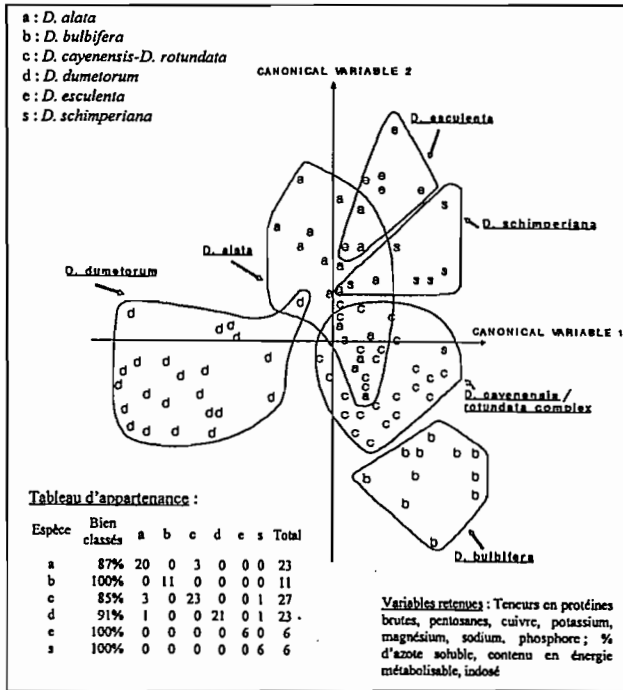


Figure 1. Analyse factorielle discriminante pas-à-pas sur 22 teneurs en nutriments déterminées dans 96 cultivars appartenant à 6 espèces différentes d'ignames cultivées au Cameroun (représentation dans le plan défini par les deux premiers axes canoniques).

nutritionnelle. BEWA *et al.* (1979) ont observé chez le poulet une meilleure croissance et une meilleure utilisation digestive et métabolique de l'énergie et de l'azote avec un régime à base de *D. cayenensis* qu'avec un régime à base de *D. alata* alors que cette dernière espèce serait mieux utilisée que *D. esculenta* (CIAT In GOMEZ et BUITRAGO, 1982). Mais les différences les plus importantes ont été mises en évidence en comparant des régimes à base de *D. dumetorum* et des régimes à base de *D. cayenensis-D. rotundata*, les premiers permettent d'obtenir chez le poulet et le rat une meilleure croissance, une dégradation plus rapide de l'amidon dans le jabot du coq, une meilleure digestibilité de l'énergie et une meilleure rétention de l'azote et de certains minéraux (SZYLIT *et al.*, 1977 ; BEWA *et al.*, 1979 ; TRECHE et GUION, 1982 ; TRECHE, 1989a ; MBOME LAPE et TRECHE, 1994). Ces différences seraient principalement liées au fait que l'amidon natif de *D. dumetorum* est considérablement plus digestible que l'amidon des autres espèces d'ignames en raison de sa structure cristalline proche de celle des amidons de céréales. Les différences observées entre régimes à base de *D. dumetorum* et régimes à base de *D. cayenensis-D. rotundata* persistent après cuisson à l'eau non seulement au niveau de l'efficacité pour la croissance chez le rat mais aussi aux niveaux de la digestibilité de la matière organique et

de la rétention de l'azote chez le rat et l'enfant âgé de 5 à 7 ans (MBOME LAPE et TRECHE, 1994 ; MBOME LAPE *et al.*, 1995).

D'autres études se sont attachées à comparer l'utilisation digestive et métabolique de régimes à base d'ignames à celle de régimes contenant d'autres aliments de base tropicaux.

En comparant les modalités d'utilisation digestive d'un régime à base de *D. cayenensis*, dont l'amidon a un spectre de type B, avec des régimes à base de manioc et de patate douce dont les amidons sont de type A, SZYLIT *et al.* (1978) ont montré que la protéosynthèse microbienne en rumen artificiel est moins importante, la dégradation de l'amidon dans le jabot du coq moins rapide, la croissance des poulets moins forte, la digestibilité de l'amidon et la rétention de l'azote plus faibles avec le régime à base de *D. cayenensis*.

KETIKU et OYENUGA (1973), chez le rat, et FETUGA et OLUYEMI (1976), chez le poulet, ont obtenu des coefficients de rétention de l'énergie (En. métabolisable/En. brute) nettement plus faibles pour des farines d'ignames que pour des farines de manioc (respectivement, 65,4 % et 69,6 % pour *D. rotundata* contre 83,2 % et 89,2 % pour le manioc).

En comparant les effets chez le rat de régimes alimentaires à base de taro, de sorgho, d'igname (*D. dumetorum*) et de banane plantain sur la croissance et la rétention minérale (fer, zinc), BELL et LONNERDAL (1988) ont mis en évidence que le régime à base d'igname avait des effets non statistiquement différents de ceux des régimes à base de taro et de sorgho mais positifs par rapport aux effets du régime à base de plantain.

Par ailleurs, en comparant les effets de régimes contenant 0,5 % de cholestérol, ADAMSON *et al.* (1983) ont observé, chez des rats consommant un régime à base d'ignames d'espèce non précisée, une cholestérolémie plus élevée et des quantités de cholestérol dans le foie et les excréta plus faibles que chez des rats ayant consommé un régime à base de manioc : les fibres contenues dans les ignames semblent moins aptes à contrôler l'hypercholestérolémie que les fibres du manioc.

## Facteurs influençant la valeur nutritionnelle des ignames

### Pratiques culturelles

#### Effets sur les qualités organoleptiques

L'influence des pratiques culturelles sur les qualités organoleptiques des ignames n'ont fait l'objet que



d'un nombre très restreint d'études qui se sont surtout attachées à mettre en évidence l'effet des engrais et du stade de maturité à la récolte.

Les tranches de tubercules de *D. rotundata* ayant bénéficié lors de leur cycle végétatif d'un apport de 30 kg/ha d'un engrais Npk présentent une aptitude au brunissement plus importante que celle de tubercules cultivés sans engrais (ETEJERE *et al.*, 1990).

STEELE et SAMMY (1976b) indiquent que les tubercules immatures sont inaptes à être transformés en flocons acceptables ; RODRIGUEZ *et al.* (1980) ont observé que les tubercules de *D. rotundata* récoltés précocement possèdent une acceptabilité d'ensemble comparable à ceux récoltés plus tardivement mais ont la particularité de ne pas présenter de gradient longitudinal d'acceptabilité : contrairement à ce que l'on observe pour les tubercules récoltés à maturité, la partie proximale des tubercules est jugée aussi bonne que la partie distale.

Au Cameroun, TRECHE *et al.* (1983) ont montré que les qualités organoleptiques de farines préparées à partir de tubercules ayant reçu 0 ou 200 unités/ha d'engrais azoté et/ou 0 ou 240 unités/ha d'engrais potassique n'étaient pas sensiblement modifiées.

Toutefois, il est probable que, comme pour la pomme de terre (GRISON, 1983) et d'autres tubercules, un certain nombre de caractéristiques des tubercules (taille, couleur, teneur en saccharose, texture...), susceptibles d'être influencées par les pratiques culturales, sont des facteurs importants de l'acceptabilité en fonction des préférences des consommateurs.

### Effets sur la composition chimique

Les données disponibles concernant l'effet des pratiques culturales sur la composition chimique des tubercules d'ignames proviennent essentiellement de travaux réalisés au Cameroun avec les espèces *D. rotundata* et *D. dumetorum* (TRECHE, 1989a ; 1989b).

Les variations en fonction de l'année et du lieu de culture qui sont essentiellement liées à des différences de fertilité des sols, de conditions climatiques et d'atteinte par les maladies et les ravageurs, peuvent avoir des conséquences notables sur la valeur nutritionnelle des ignames.

La comparaison des compositions chimiques moyennes de tubercules récoltés à l'issue de cinq essais aux champs effectués au cours d'années et dans des stations agronomiques différentes montre que c'est la teneur en glucides alcoolosolubles, suivie par les teneurs en protéines brutes et en fibres (cellulose + lignine), qui subit les plus grandes variations en fonction de l'année et du lieu de culture.

Les variations relatives de teneur en matière sèche sont deux fois plus élevées pour les tubercules de

*D. dumetorum* que pour ceux de *D. rotundata* : d'un essai à l'autre, une même quantité de tubercules épluchés de *D. dumetorum* peut fournir 27 % de matière sèche, c'est-à-dire d'énergie métabolisable, en plus ou en moins.

La variation relative de la quantité de protéines brutes contenues dans une quantité donnée de farine de l'une ou l'autre des deux espèces peut atteindre 40 % en fonction de l'année et du lieu de culture. Par ailleurs, la comparaison de la composition en acides aminés des échantillons déterminée à l'issue de trois essais différents montre que les écarts relatifs pour un acide aminé donné peuvent atteindre 66 % (arginine dans les protéines de *D. dumetorum*) et sont fréquemment de l'ordre de 40 % (alanine, cystine, tyrosine, isoleucine).

Le poids des semences et le stade de développement des germes ne semblent n'influer significativement que sur la teneur en fibres des tubercules : elle est moins élevée dans les tubercules formés à partir des semences les plus petites (TRECHE et AGBOR EGBE, 1986 ; TRECHE 1989a). Contrairement à ce que l'on observe pour la pomme de terre (GRISON, 1983), la prégermination des semences ne semble pas modifier les teneurs en amidon.

Le tuteurage ne modifie de façon significative ni la teneur en matière sèche de la partie comestible des tubercules, ni les teneurs en protéines brutes et en glucides alcoolosolubles de leur matière sèche comestible. En revanche, pour les tubercules de l'espèce *D. dumetorum*, il est à l'origine d'une augmentation de la teneur en amidon et d'une diminution des teneurs en fibres et en cendres (TRECHE et AGBOR EGBE, 1986 ; TRECHE 1989a). L'effet sur la teneur en amidon pourrait résulter d'une photosynthèse plus importante dans les plantes tuteurées en raison d'une meilleure exposition du feuillage au soleil. Ces résultats seraient néanmoins à confirmer dans des conditions optimales de culture permettant d'obtenir des rendements importants ou à l'inverse dans des contextes infectieux dans lesquels l'absence de tuteurs serait susceptible de favoriser la propagation de certaines maladies (NWANKITI et AHIARA, 1985).

Concernant l'effet de la fertilisation, SOBULO (1972b) a obtenu une augmentation de teneur en protéines de 4,8 à 8,5 g/100 g de matière sèche en appliquant 112 unités d'azote l'hectare ; en revanche, UMANAH (1973) n'a observé aucun effet de la fertilisation azotée sur les teneurs en matière sèche et en amidon. Selon KAYODE (1985), la fumure azotée n'influerait pas sur la teneur en matière sèche, mais 50 kg/ha de phosphore et de potassium la diminuerait. BRADBURY *et al.* (1988) n'ont pas observé d'effet de la fertilisation (NPK) sur les teneurs en matière sèche et en protéines des tubercules de *D. esculenta* au cours d'essais menés en Papouasie-

Nouvelle Guinée. Au Cameroun, différents essais réalisés (TRECHE, 1983 ; 1989a ; TRECHE et GUION, 1983) ont mis en évidence les éléments suivants :

- les teneurs en matière sèche mesurées sur les tubercules de *D. rotundata* ayant bénéficié des doses les plus fortes d'azote (105 unités/ha) sont sensiblement plus faibles que celles des tubercules ayant reçu des apports inférieurs ;
- de forts apports de potassium peuvent diminuer significativement la teneur en matière sèche des tubercules de *D. dumetorum* ;
- une augmentation de la teneur en protéines brutes des tubercules de *D. rotundata* exprimée sur la base du poids sec à mesure que les niveaux d'apport azoté sont plus élevés ;
- une influence relativement faible de la fumure azotée sur la composition en acides aminés de tubercules de *D. rotundata* et de *D. dumetorum* récoltés à maturité ;
- une teneur en calcium 50 % supérieures à celle des tubercules n'ayant pas bénéficié d'épandage d'azote dans les tubercules de *D. rotundata* ayant reçu plus de 60 u/ha d'azote ;
- une teneur en magnésium plus élevée dans les tubercules de *D. dumetorum* ayant reçu des doses d'azote au moins égales à 100 u/ha.

Les études consacrées, par la plupart des auteurs, à l'influence du stade de maturité à la récolte sur la composition chimique des ignames aboutissent sensiblement à des résultats identiques : pendant la période de croissance des organes de réserve, il y a augmentation des teneurs en matière sèche et en amidon et, corrélativement, diminution des teneurs en glucides membranaires, glucides solubles et protéines brutes exprimées sur la base du poids sec (SOBULO, 1972a ; 1972b ; KETIKU et OYENUGA, 1973 ; MARTIN, 1979 ; MESCLÉ et FAVIER, 1973 ; STEELE et SAMMY, 1976b). Les teneurs en lipides (OSAGIE et OPUTE, 1981a), en phosphore et en potassium (SOBULO, 1972b) diminuent en fin de cycle végétatif.

Les travaux menés au Cameroun (TRECHE et GUION, 1979a ; TRECHE *et al.*, 1982 ; TRECHE, 1989a ; TRECHE et AGBOR EGBE, 1996) ont mis en évidence que l'augmentation de la teneur en matière sèche à mesure que la date de récolte se rapproche du stade de maturité était beaucoup plus importante pour les tubercules de *D. rotundata* que pour ceux de *D. dumetorum*. Par ailleurs, ils ont permis d'observer que la teneur en amidon atteint un maximum et que les teneurs en protéines, en glucides membranaires, en glucides alcoolosolubles et en minéraux passaient par un minimum peu avant le stade de maturité.

### Effets sur l'utilisation digestive et métabolique

Une étude menée au Cameroun a comparé l'utilisation digestive et métabolique par le rat de régimes à

base de tubercules de *D. dumetorum* récoltés immatures et matures (TRECHE, 1989a) : aucune différence significative entre les deux régimes n'a été observée aux niveaux de la consommation, du gain de poids, et du coefficient d'efficacité protéique. Avec le régime contenant de la farine de tubercules immatures, on constate, néanmoins, une tendance à obtenir des carcasses ayant accumulé moins d'énergie et plus d'azote. Ces différences se répercutent au niveau de l'utilisation protéique vraie, significativement plus forte pour le régime préparé à partir de tubercules immatures que pour le régime contenant de la farine de tubercules récoltés à maturité. Par ailleurs, les coefficients d'utilisation digestive (Cud) de la matière sèche et de la matière organique du régime contenant la farine de tubercules parvenus à maturité sont significativement plus élevés que ceux du régime à base de farine de tubercules immatures. La rétention du calcium et du magnésium absorbés est significativement plus élevée avec le régime contenant la farine de tubercules récoltés à maturité mais aucune différence significative n'a été observée entre les deux régimes, ni au niveau des Cud des divers minéraux étudiés, ni au niveau de leur rétention lorsqu'elle est exprimée par rapport à l'ingéré.

## Modalités de stockage

### Effets sur les qualités organoleptiques

Plusieurs auteurs ont mis en évidence, au cours de la conservation des tubercules d'ignames, un accroissement de la teneur en polyphénols s'accompagnant d'une aggravation de la tendance à la décoloration des tissus après découpage (MARTIN, 1972 ; MARTIN et RUBERTE, 1976b ; STEELE et SAMMY, 1976b ; IKEDIOBI et OTI, 1983 ; ONAYEMI et IDOWU, 1988).

Une augmentation de la saveur sucrée avec la durée de stockage a été signalée pour *D. rotundata* (ABE, 1973 ; UGOCHUKWU *et al.*, 1977 ; ONAYEMI et IDOWU, 1988). Selon RIVERA *et al.* (1974a ; 1974b), le « curing » permettrait de conserver une saveur à peu près constante au cours du stockage de tubercules de *D. alata*. L'irradiation serait à l'origine d'une légère diminution de la qualité gustative juste après traitement, mais après 6 mois, les tubercules irradiés sont jugés meilleurs que des témoins non traités.

Concernant l'évolution de la texture, peu d'informations sont disponibles, hormis les résultats obtenus sur *D. dumetorum* (TRECHE et DELPEUCH, 1979 ; 1982 ; BRILLOUET *et al.*, 1981 ; SEALY, 1982 ; TRECHE, 1989a) mettant en évidence l'impossibilité de consommer les tubercules de cette espèce après stockage en raison d'un phénomène de durcissement.

Au Cameroun, les qualités organoleptiques de plats préparés à partir de farines de tubercules fraîchement récoltés et de farines de tubercules ayant subi un stockage préalable ont été comparées (TRECHE *et al.*, 1983). En testant 14 plats différents à base de *D. dumetorum* (cossettes réhydratées, *foufou* ou bouillies), un jury de 12 panélistes a permis de mettre en évidence une différence de couleur entre les plats préparés à partir de tubercules fraîchement récoltés et ceux élaborés à partir de tubercules stockés pendant 10 semaines ; en revanche, aucune différence significative n'a été relevée au niveau des autres caractéristiques organoleptiques étudiées.

### Effets sur la composition chimique

Différentes observations effectuées sur des tubercules de *D. alata* et de *D. trifida* (CZYHRINCIW et JAFFE, 1951), de *D. cayenensis-D. rotundata* (COURSEY, 1961 ; STEELE et SAMMY, 1976b) et de *D. dumetorum* (SEALY, 1982 ; TRECHE et GUION, 1979b ; TRECHE, 1989a ; RAVINDRAN et WANASUNDERA, 1992 ; TRECHE et AGBOR EGBE, 1996) ont mis en évidence une augmentation des teneurs en matière sèche, avec la durée de stockage ; cette tendance serait plus ou moins accentuée selon les espèces et serait moins forte pour les tubercules ayant subi, préalablement au stockage, un « curing » (GONZALEZ et COLLAZO de RIVERA, 1972 ; RIVERA *et al.*, 1974a) ou une irradiation par des rayons X (RIVERA *et al.*, 1974b).

Plusieurs auteurs ont signalé, au cours de la conservation des tubercules d'ignames, une diminution de la teneur en amidon qu'elle soit exprimée sur la base du poids sec ou sur la base du poids frais (SEALY, 1982 ; IKEDIOBI et OTI, 1983 ; RAVINDRAN et WANASUNDERA, 1992 ; TRECHE et AGBOR EGBE, 1996). Cette diminution serait responsable d'une augmentation passive des teneurs en la plupart des autres nutriments. Par ailleurs, ADESIYAN *et al.* (1975b) ont montré que la pourriture sèche et la pourriture humide pouvaient s'accompagner d'une réduction de 50 à 65 % de la teneur en amidon des tubercules et d'une augmentation importante des teneurs en sucres réducteurs.

Dans les tubercules sains ayant atteint leur maturité, l'augmentation des teneurs en sucres solubles, en particulier en sucres réducteurs, ne dépasserait pas 10 % après 20 semaines de stockage pour STEELE et SAMMY (1976b), mais serait supérieure à 30 % pour KOUASSI *et al.* (1990). Au Cameroun, il a été observé une augmentation sensible des teneurs en glucides solubles dans les tubercules de *D. cayenensis* et de *D. rotundata* mais peu de variations dans ceux de *D. dumetorum* (TRECHE et GUION, 1979b).

Selon STEELE et SAMMY (1976b), la teneur en fibres augmenterait après 20 semaines de stockage, respec-

tivement, de 5 %, 75 % et 2 % dans les tubercules de *D. alata* récoltés immatures, matures et en surmaturité. Dans les essais menés au Cameroun, elle a augmenté de manière beaucoup plus importante dans les tubercules de *D. dumetorum* que dans ceux de *D. rotundata* (BRILLOUET *et al.*, 1981 ; SEALY, 1982 ; TRECHE 1989a ; TRECHE et AGBOR EGBE, 1996). Ce comportement particulier observé pour les tubercules de *D. dumetorum* se traduit par un épaississement des parois cellulosiques directement responsable du phénomène de durcissement signalé pour cette espèce (TRECHE et DELPEUCH, 1979 ; 1982).

A l'exception de ONAYEMI (1986) et de RAVINDRAN et WANASUNDERA (1992), la plupart des auteurs s'accordent pour indiquer une légère augmentation de la teneur en protéines brutes non seulement lorsqu'elle est exprimée par rapport à la matière brute (UGOCHUKWU *et al.*, 1977 ; DIOPOH et KAMENAN 1981), mais aussi lorsqu'elle est rapportée à la matière sèche (STEELE et SAMMY, 1976b ; IKEDIOBI et OTI, 1983 ; TRECHE et AGBOR EGBE, 1996). D'après KOUASSI *et al.* (1988), la teneur en acides aminés totaux diminuerait lentement au cours d'un stockage prolongé mais leur composition ne varierait pas de manière significative.

Les seules données disponibles concernant l'évolution des teneurs en éléments minéraux au cours du stockage proviennent du Cameroun (TRECHE, 1989a ; TRECHE et AGBOR EGBE, 1996). Elles mettent en évidence une diminution notable de la teneur en fer, mais peu de variation pour les autres éléments.

Plusieurs auteurs ont mis en évidence une diminution de la teneur en acide ascorbique pendant le stockage : selon COURSEY et AIDOO (1966), les pertes seraient limitées lorsque les tubercules sont sains. Pour ONAYEMI (1986), la diminution relative se situerait entre 12 et 17 % après trois mois pour *D. cayenensis-D. rotundata* et *D. alata*. Pour CZHRINCIW et JAFFE (1951), la teneur pourrait être divisée par 2 ou par 3 en 3 semaines pour *D. alata* et *D. trifida*. Pour RAVINDRAN et WANASUNDERA (1992) la teneur serait divisée par 2 après 3 mois de stockage ; la diminution serait néanmoins faible, même après 6 mois, lorsque les tubercules subissent, avant le stockage, un « curing » (RIVERA *et al.*, 1974a) ou une irradiation (RIVERA *et al.*, 1974b).

D'autres facteurs de variation de l'acceptabilité des tubercules d'ignames après stockage ont été signalés : la température (BOOTH, 1974) ; la germination (OLORUNDA et MACKLON, 1976) ; le stade de maturité à la récolte (MARTIN et RUBERTE, 1976b ; RODRIGUEZ *et al.*, 1980).

### Effets sur l'utilisation digestive et métabolique

Au Cameroun, l'utilisation digestive et métabolique chez le rat d'un régime préparé à partir d'une farine

de tubercules de *D. dumetorum* stockés pendant 4 mois a été comparée à celle d'un régime contenant des tubercules fraîchement récoltés ; les farines n'avaient pas subi de cuisson et les régimes étaient iso-azotés, isoaminés et isoénergétiques (TRECHE, 1989a).

Il n'a pas été observé de différences significatives entre les deux régimes aux niveaux de la consommation, du gain de poids, du coefficient d'efficacité protéique, du Cud de l'amidon et de la composition et du contenu des carcasses en protéines et en énergie. En revanche, les Cud de la matière sèche, de la matière organique, de l'azote, des lipides, du calcium et de l'énergie brute et l'utilisation protidique nette sont significativement plus élevés pour le régime contenant la farine de tubercules fraîchement récoltés que pour celui contenant la farine de tubercules stockés.

Il existe donc des différences significatives au niveau de l'utilisation digestive de la plupart des constituants entre un régime contenant une farine de tubercules matures fraîchement récoltés et un régime contenant une farine de tubercules stockés 4 mois. Les écarts observés sont à relier aux différences notables de teneurs en glucides membranaires existant entre les deux farines, mais pourraient également résulter d'une évolution des caractéristiques de certaines fractions, notamment les protéines ou l'amidon.

## Transformations technologiques

### Effets sur les qualités organoleptiques

Les effets des transformations technologiques sur les qualités organoleptiques des ignames peuvent être considérables : des traitements inadaptés peuvent provoquer l'apparition de couleurs ou de goûts indésirables et d'une texture non conformes aux habitudes alimentaires.

L'épluchage à la soude ne semble pas avoir de répercussions au niveau des caractéristiques organoleptiques des tubercules (STEELE et SAMMY, 1976a ; TRECHE *et al.*, 1983 ; ONAYEMI, 1985).

La durée de cuisson dans l'eau en vue d'une consommation des tubercules en morceaux est un facteur déterminant pour leur texture, mais la durée optimale est extrêmement variable selon les cultivars et les espèces. D'après OKOLI *et al.* (1985), le temps nécessaire pour cuire une tranche de 10 mm d'épaisseur pourrait varier de 5 à 360 minutes. Selon LONGE (1984), chez *D. rotundata*, la capacité de fixation d'eau des composants pariétaux serait presque doublée par la cuisson.

Pour TRECHE *et al.* (1983) et ONAYEMI (1986), les effets des procédés permettant une transformation en produits déshydratés dépendraient à la fois de l'es-

èce et des procédés utilisés : l'effet favorable d'une précuisson avant séchage serait plus important pour les tubercules de *D. rotundata* que pour ceux de *D. dumetorum*. Mais pour KAMENAN *et al.* (1987), les procédés utilisés pour préparer des farines d'ignames (précuisson ou non, séchage solaire, en étuve ou sur cylindres) ne modifieraient pas notablement leurs propriétés physico-chimiques. Lors de la préparation de flocons d'ignames, la durée d'un éventuel blanchiment (RODRIGUEZ-SOSA *et al.*, 1974) et la pression utilisée pour la cuisson (AYERNOR, 1976) influent sur les proportions d'amidon solubilisé, sur la courbe de sorption de l'eau des flocons après réduction en farine et sur les propriétés rhéologiques des produits reconstitués. Les qualités organoleptiques des flocons et des farines dépendent de la durée et des modalités de leur stockage : après 6 mois, AFABLE (1971) a constaté une décoloration des farines préparées à partir de tubercules de *D. alata*. ONAYEMI et POTTER (1974) ont mis en évidence l'influence de la température et de l'humidité au cours du stockage sur les modifications de couleur et de flaveur dans les farines. STEELE et SAMMY (1976b) ont montré que les qualités organoleptiques des flocons conservés dans des récipients en verre étaient davantage préservées que celles des flocons placés dans des sacs en polyéthylène de 120 microns d'épaisseur.

### Effets sur la composition chimique

Parmi les nombreux traitements utilisés pour transformer les ignames en vue d'une consommation immédiate ou différée, c'est surtout l'épluchage, la cuisson et le bilan de la transformation sous forme de farine qui ont retenu l'attention des chercheurs.

Les différences de composition chimique entre tubercules entiers et tubercules épluchés ont été étudiées par BELL (1981 ; 1985) : pour les trois espèces prises en compte, les teneurs en lipides, fibres, cendres, phosphore, fer et niacine sont plus faibles dans les tubercules épluchés ; en ce qui concerne les autres nutriments, l'importance et le sens des écarts varient selon les espèces. Par ailleurs, plus le rendement à l'épluchage est élevé, plus la teneur en matière sèche est faible dans les tubercules de *D. rotundata* et plus la teneur en fibres est élevée pour *D. dumetorum* et *D. rotundata* (TRECHE, 1989a). TRECHE *et al.* (1984) ont montré que les tubercules épluchés par frottement sous un courant d'eau après immersion dans la soude bouillante présentent un déficit notable en protéines, cendres, phosphore et calcium par rapport aux tubercules épluchés manuellement.

Au cours d'une cuisson dans l'eau bouillante, les tubercules peuvent non seulement perdre certains nutriments par solubilisation dans l'eau, mais aussi être contaminés par d'autres en provenance de l'eau ou des récipients métalliques (TRECHE, 1989a). Par

ailleurs, en provoquant une dispersion partielle de l'amidon, la cuisson favorise son hydrolyse enzymatique au début ou après la cuisson. Enfin la température peut causer la destruction de composés thermolabiles, notamment certaines vitamines.

Pour la plupart des espèces, la teneur en eau des tubercules d'ignames augmente au cours de la cuisson (BELL, 1981 ; BELL et FAVIER, 1982) ou même au cours d'un simple blanchiment (AJIBOLA *et al.*, 1988). Toutefois, une diminution a été observée dans des tubercules de *D. dumetorum* ayant une faible teneur en matière sèche avant cuisson (TRECHE, 1989a).

Au cours de la cuisson dans l'eau, une partie des matières azotées est perdue par solubilisation. Selon BELL (1981), la teneur en protéines brutes des tubercules d'ignames cuits serait de 6 à 11 % inférieure à celle des tubercules crus. SPLITTSTOESSER (1976 ; 1977) estime que, selon les espèces considérées, 25 à 59 % des acides aminés non contenus dans les protéines passeraient dans l'eau au cours d'une cuisson de 25 min dans l'eau bouillante. L'azote contenu dans les acides aminés après cuisson ne correspondrait en moyenne qu'à 87 % de l'azote total des tubercules crus, ce qui conduit SPLITTSTOESSER à préconiser l'emploi du facteur 5,44 au lieu de 6,25 pour estimer les acides aminés totaux dans les tubercules d'ignames au moment de leur consommation. Pour BOULTER et HARVEY (1985), les teneurs en azote total et en acides aminés dans les tubercules cuits de *D. rotundata* représentent, respectivement, 88 % et 89 % des valeurs correspondantes dans les tubercules crus. Les acides aminés les plus facilement solubilisés seraient l'alanine, la serine, l'arginine et l'acide glutamique ; en revanche, moins de 10 % des acides aminés essentiels seraient perdus.

Pour la plupart des espèces d'ignames, les teneurs en minéraux diminuent au cours de la cuisson dans l'eau (TRECHE *et al.*, 1984 ; BELL, 1985 ; BRADBURY *et al.*, 1988 ; WANASUNDERA et RAVINDRAN, 1992).

En ce qui concerne les variations de teneur en acide ascorbique, les données bibliographiques sont très variables : selon COURSEY et AIDOO (1966), 65 à 95 % de cette vitamine seraient retenus à la cuisson alors que pour LE BERRE *et al.* (1969), la destruction après cuisson prolongée atteindrait 91 %. Dans des plats préparés à base d'ignames, UMOH et BASSIR (1977) ont mesuré des diminutions de teneurs sur la base du poids sec, de l'ordre de 25 % pour la vitamine A, de 68 % pour l'acide ascorbique, de 30 % pour la thiamine et la riboflavine, de 20 % pour la niacine et de 4 % pour la pyridoxine.

Les variations de composition chimique au cours de la cuisson à l'eau sont plus ou moins importantes selon que les tubercules sont épluchés avant ou après

cuisson, selon la taille et la forme des morceaux mis à cuire et selon l'origine botanique des tubercules.

Pour *D. rotundata*, la cuisson avant épluchage s'accompagne d'une augmentation de la teneur en glucides alcoolosolubles et d'une diminution de la teneur en amidon plus importantes que la cuisson après épluchage (TRECHE *et al.*, 1984) ; seulement 5 % au lieu de 35 % du contenu en acide ascorbique des tubercules d'ignames seraient perdus lorsque les tubercules sont pelés après cuisson (DEGRAS, 1971).

Contrairement à ce qui a été observé pour l'espèce *D. rotundata*, la teneur en eau des tubercules de *D. dumetorum* diminue d'autant plus que la grosseur des morceaux de tubercules mis à cuire est plus faible (TRECHE, 1989a). Par ailleurs la quantité d'azote solubilisée pendant la cuisson est beaucoup plus importante pour *D. dumetorum* que pour *D. rotundata*.

Concernant les autres modes de cuisson, BELL (1981) et BELL et FAVIER (1982) ont observé que la cuisson sur braise provoque une augmentation notable de teneur en matière sèche et une diminution des teneurs en protéines brutes, minéraux et vitamines plus importante que dans les tubercules cuits l'eau. La cuisson à la vapeur sous pression a des effets comparables à la cuisson à l'eau. Elle serait à l'origine d'une perte de 33 % de l'acide ascorbique dans les tubercules de *D. rotundata* (ONAYEMI et POTTER, 1974).

Les différences de composition chimique entre les tubercules crus et les farines produites à partir de ces tubercules dépendent du choix des procédés à chaque étape de leur élaboration.

Pour des farines préparées sans cuisson avant séchage, KETIKU et OYENUGA (1970) observent des modifications importantes à l'intérieur de la fraction glucidique : diminution de la teneur en amidon ; augmentation de la teneur en sucres solubles ; augmentation, au sein de la fraction des glucides alcoolosolubles, de la proportion de sucres non identifiés aux dépens de la proportion de saccharose.

Pour des farines ayant subi un simple lavage à l'eau bouillante avant séchage au soleil, BELL (1981) et BELL et FAVIER (1982) ont mis en évidence l'influence des modalités de mouture, au mortier ou dans un moulin à moteur, sur les teneurs en protéines et en vitamines des farines et sur la composition des refus de tamisage. Les teneurs en minéraux sont peu différentes de celles des tubercules bruts sauf celle du fer qui est notablement plus élevée, probablement en raison de contaminations par de la poussière lors du séchage au soleil (BELL, 1985). Le séchage au soleil pourrait être préjudiciable aux vitamines photosensibles notamment la riboflavine (BELL, 1981).

Par ailleurs, TRECHE *et al.* (1984) ont montré que l'influence du séchage sur la composition de

cossettes est fonction de leur épaisseur et de leur pré-cuisson éventuelle : contrairement à ce qui est observé pour les cossettes cuites, on constate dans les cossettes crues après séchage au soleil une augmentation des teneurs en glucides alcoolosolubles, fibres et protéines brutes qui est d'autant plus importante que les cossettes sont plus épaisses.

Il existe donc des interactions entre les procédés choisis à des étapes différentes des transformations (TRECHE, 1989a). Concernant la composition glucidique, c'est l'existence ou non d'une cuisson avant séchage qui détermine l'ampleur des variations au sein des fractions glucidique et protidique.

### Effets sur l'utilisation digestive et métabolique

L'action de la vapeur d'eau pendant 90 secondes suivie d'un broyage et d'une granulation en presse provoque une légère amélioration de l'indice de consommation et de la croissance ainsi qu'une nette augmentation de la digestibilité de l'amidon et de la rétention de l'azote pour des régimes à base de *D. cayenensis* chez le poulet (ATINKPAHOUN, 1972 ; SZYLIT *et al.*, 1978).

Selon CERNING-BEROARD et LE DIVIDICH (1976), une simple cuisson dans l'eau bouillante pendant 30 minutes, pour des régimes à base de *D. alata* distribués à des rats, n'améliore de façon significative ni la croissance, ni l'indice de consommation, ni la digestibilité apparente de l'azote ; toutefois, le coefficient d'utilisation pratique de l'azote passe de 23,0 % pour le régime à base de tubercules crus à 31,2 % pour celui à base de tubercules cuits.

GOMEZ et BUITRAGO (1982) rapportent des résultats sensiblement différents obtenus au Ciat en Colombie : la cuisson dans l'eau augmente considérablement le gain de poids, l'indice de consommation et la digestibilité de la matière sèche de régimes à base de *D. alata* et de *D. esculenta* chez le porc et le rat.

Par ailleurs, PANIGRAHI et FRANCIS (1982) ont obtenu, après cuisson de tubercules dans l'eau pendant 30 min, une augmentation de la digestibilité de la matière sèche et de l'azote, de la valeur biologique et du coefficient d'utilisation pratique de l'azote pour des régimes à base de *D. alata* distribués à des rats.

Quelle que soit l'espèce considérée, la cuisson des farines avant incorporation dans les régimes améliore le coefficient d'efficacité protéique et l'utilisation digestive et métabolique de l'azote. Pour la plupart des autres critères étudiés, l'importance des différences existant entre régimes contenant des farines crues et cuites varie en fonction de l'espèce.

La comparaison de l'influence de la cuisson à l'eau et de la cuisson à la vapeur de tubercules de *D. rotundata* et *D. dumetorum* permet de mettre en évidence que, s'il n'existe aucune différence significative au

niveau des critères de croissance, de digestibilité et d'utilisation métabolique en fonction du mode de cuisson pour les régimes à base de *D. dumetorum*, en revanche, les valeurs du gain de poids, des coefficients d'utilisation digestive de la matière sèche, de l'amidon, et de l'azote, et de l'utilisation protéique nette obtenues pour le régime *D. rotundata* cuit à la vapeur sont légèrement supérieures à celles calculées pour le régime *D. rotundata* cuit à l'eau (TRECHE, 1989 a; MBOME LAPE et TRECHE, 1994).

Il ressort donc que les traitements hydrothermiques provoquent, pour les régimes à base d'amidon peu digestible à l'état natif et de spectre de diffraction de type B (pomme de terre, banane, *D. alata*, *D. cayenensis*), une amélioration de l'utilisation digestive et métabolique relativement beaucoup plus importante que celle observée pour les régimes à base d'amidon facilement digestible à l'état natif et de spectre de diffraction de type A (maïs, manioc, patate douce, taro) ou proche de A (macabo). Cependant, malgré les traitements hydrothermiques subis, l'efficacité pour la croissance et l'utilisation digestive et métabolique des nutriments, en particulier de l'azote, reste généralement plus élevée pour les régimes dont l'amidon possède un spectre de type A.

## Autres sources de variabilité

### Variabilité liée aux caractéristiques morphologiques des tubercules

En dehors des facteurs de variation précédemment répertoriés, dont les effets et les interactions sur la Vn des ignames peuvent le plus souvent être pris en compte par des choix appropriés, il existe d'autres sources de variation plus difficiles à cerner. Une part de la variabilité résiduelle dont elles sont responsables peut être reliée à certaines caractéristiques morphologiques et anatomiques des ignames.

#### POIDS DES PIEDS ET TAILLE DES TUBERCULES

La comparaison de la composition chimique de pieds d'ignames répartis en trois classes de poids (petit, moyen, gros) met en évidence une influence, plus ou moins marquée selon les espèces, du poids des pieds sur les teneurs en certains composants (TRECHE *et al.*, 1989a). Pour *D. dumetorum*, les pieds les plus petits ont des teneurs en glucides alcoolosolubles significativement plus faibles et des teneurs en matière sèche légèrement plus élevées que les pieds plus gros. Pour les cultivars de *D. cayenensis*-*D. rotundata*, on relève des teneurs en matière sèche plus élevées et des teneurs en protéines brutes plus faibles dans les tubercules les plus gros. Par ailleurs, il existe pour *D. dumetorum* une corrélation négative entre la teneur en protéines brutes exprimées sur la base du poids sec et le poids des pieds. Il semble

donc que les teneurs en protéines brutes soient d'autant plus élevées que les pieds sont moins gros.

La taille des tubercules influe également sur leur composition chimique : les tubercules de *D. dumetorum* de taille moyenne ont une teneur en matière sèche et une teneur en protéines brutes plus élevées que les tubercules plus petits ou plus gros. Pour *D. rotundata*, on constate seulement que les teneurs en fibres sont plus faibles dans les tubercules les plus gros.

#### EXISTENCE DE GRADIENTS INTERNES AUX TUBERCULES

Dans la plupart des cas, on peut considérer que les tubercules ont la forme d'un cylindre, plus ou moins déformé, arrondi aux deux extrémités et dont la hauteur est extrêmement variable. On peut donc distinguer deux séries d'axes pour l'étude d'éventuels gradients : ceux parallèles à la hauteur du cylindre aux extrémités desquels on trouve, d'un côté, la partie proximale du tubercule reliée à la tige et, de l'autre côté, la partie distale qui est la plus récemment formée ; ceux correspondant aux diamètres du cylindre sur lesquels il est possible de distinguer les zones internes, médianes et périphériques. Les gradients longitudinaux et les gradients radiaux s'exercent, respectivement, sur les premières et les secondes séries de ces axes.

A l'intérieur des tubercules de la plupart des espèces, des gradients longitudinaux de teneurs existent pour la matière sèche et pour la plupart des nutriments. Les parties proximales, plus anciennement formées, ont généralement des teneurs plus élevées en matière sèche et en protéines brutes, amidon, cellulose et calcium même lorsque ces dernières sont exprimées sur la base du poids sec. En revanche, les parties distales ont des teneurs plus fortes en sucres solubles, hémicelluloses, phosphore, potassium et calcium (COURSEY, 1961 ; WAITT, 1963 ; MARTIN, 1979 ; TRECHE, 1989a ; AKANBI *et al.*, 1996). Les gradients observés pour les glucides digestibles sont à relier aux résultats de PASSAM et NOON (1977) selon lesquels l'intensité respiratoire à la récolte est plus élevée dans les parties distales que proximales.

Les consommateurs préfèrent généralement les parties distales des tubercules d'ignames (PASSAM et NOON, 1977) probablement en raison de leur moins grande dureté (KETIKU et OYENUGA, 1973). Par ailleurs, ONAYEMI (1986) a mis en évidence que les teneurs en polyphénols et la tendance à la décoloration des tissus dans les tubercules de *D. alata* et de *D. cayenensis*, étaient plus élevées, d'une part, dans les parties proximales que dans le reste des tubercules et, d'autre part, dans les parties distales que dans les parties médianes.

L'existence de différences importantes de composition chimique entre la peau et le reste du tubercule d'ignames a été mise en évidence par FERGUSON

*et al.* (1980) et OLOGHOBBO (1985), mais leurs résultats sont contradictoires en ce qui concerne la localisation des plus fortes teneurs pour la matière sèche et les protéines brutes ; ils ne s'accordent que sur l'existence de plus fortes teneurs en la plupart des minéraux dans la peau.

MARTIN et THOMPSON (1971), après avoir analysé séparément trois zones concentriques représentant chacune environ un tiers de la masse des tubercules, observent, sur 26 cultivars de *D. alata*, une tendance non significative à une diminution de la teneur en protéines lorsque l'on va de l'intérieur vers l'extérieur du tubercule.

Pour *D. dumetorum*, un gradient radial croissant de teneur en matière sèche de l'intérieur vers l'extérieur des tubercules a été mis en évidence. Les parties situées sous le périoderme ont des teneurs en matière sèche significativement plus élevées que les portions plus internes. Pour les tubercules de *D. rotundata*, on constate l'existence de gradients croissants de l'intérieur vers l'extérieur pour les teneurs en protéines brutes et des gradients décroissants de l'intérieur vers l'extérieur pour les teneurs en matière sèche et en amidon (TRECHE, 1989a).

#### Interactions entre facteurs de variation intervenant au cours de phases différentes de l'élaboration de produits comestibles

Nous rappellerons brièvement ici l'existence d'interactions entre le génotype et certaines pratiques culturales, le stockage et certains procédés technologiques mises en évidence dans les paragraphes précédents et nous soulignerons l'existence d'interactions entre les effets de certains traitements intervenant au cours de phases différentes de la chaîne de production-stockage-transformation.

On peut considérer qu'il y a interaction entre le génotype et un facteur de variation lorsque l'effet de ce facteur sur la Vn des ignames est différent selon la nature de la variété ou de l'espèce.

En ce qui concerne les pratiques culturales, il a été observé que le niveau de fertilisation azotée et potassique n'influe pas de la même manière sur les caractéristiques organoleptiques des farines reconstituées sous la forme de bouillie et de *foufou* selon qu'elles sont préparées à partir de tubercules de *D. dumetorum* ou de *D. rotundata* (TRECHE, 1989a). Par ailleurs, l'évolution des teneurs en certains composants au cours du cycle végétatif n'est pas la même dans les tubercules des deux espèces précitées (TRECHE et AGBOR EGBE, 1996).

Les interactions existant entre le génotype et la durée de stockage sont particulièrement fortes : les différences observées au niveau de la vitesse de déshydratation entre les tubercules de différentes espèces (TRECHE et GUION, 1979b ; TRECHE et AGBOR

EGBE, 1996) et les variations des teneurs en glucides membranaires liées au phénomène de durcissement observé pour les tubercules de *D. dumetorum* traduisent des aptitudes au stockage très différentes (BRILLOUET *et al.*, 1981 ; TRECHE et DELPEUCH, 1982).

Des différences notables de comportement entre *D. rotundata* et *D. dumetorum* au cours des transformations ont pu être observées (TRECHE *et al.*, 1983 ; 1984 ; TRECHE, 1989a). La cuisson avant séchage, le mode de séchage, le mode et la forme de reconstitution finale n'influent pas de manière identique sur certaines caractéristiques organoleptiques. Pendant une cuisson dans l'eau, les cossettes de *D. rotundata* fixent de l'eau et, par conséquent, gagnent du poids tandis que celles de *D. dumetorum* se déshydratent légèrement, ce qui accentue les pertes de poids occasionnées par ailleurs, par la solubilisation de certaines substances. Des différences persistent après cuisson au niveau de l'utilisation digestive et métabolique des régimes contenant des farines de *D. dumetorum* et *D. rotundata* bien que leur amélioration soit proportionnellement plus importante dans les régimes *D. rotundata* que dans les régimes *D. dumetorum*.

Concernant l'influence des pratiques culturales sur l'aptitude au stockage, une interaction significative entre les niveaux de fertilisation azotée et potassique et la durée de stockage avant transformation en farines a été mise en évidence sur les qualités organoleptiques des *foufous* et bouillies (TRECHE, 1989a).

L'influence de la durée du cycle végétatif sur l'aptitude au stockage se manifeste à plusieurs niveaux. Pour deux variétés de *D. cayenensis-D. rotundata* étudiées au Cameroun (TRECHE et GUION, 1979c), l'augmentation de teneur en matière sèche au cours du stockage est d'autant plus importante que les tubercules sont récoltés plus tardivement : il semble donc que la déshydratation des tissus soit davantage dépendante de l'âge physiologique des tubercules que de la durée effective de leur stockage. En comparant les teneurs en nutriments, après 8 semaines de stockage, dans des tubercules récoltés à des âges physiologiques différents, on observe que les teneurs en glucides alcoolosolubles ne varient pas dans le même sens selon le degré de maturité des tubercules à la récolte, que les variations observées aux niveaux des teneurs en glucides membranaires sont notablement plus importantes lorsque les tubercules sont récoltés immatures et que le stade de maturité à la récolte peut modifier le sens des variations de la teneur en protéines brutes au cours du stockage des tubercules (TRECHE, 1989a).

Concernant l'influence du stockage sur l'aptitude à la transformation, la comparaison de la composition chimique de produits dérivés de tubercules durcis et non durcis de *D. dumetorum*, à différentes étapes de leur transformation en vue d'une reconstitution sous forme

de *foufou*, montre que les différences de teneurs, qui existent pour la plupart des constituants au niveau des produits bruts ou des produits avant séchage, s'estompent au cours des différentes étapes de leur transformation et ne se rencontrent plus que pour les teneurs en insoluble formique et en cendres dans les produits prêts à être consommés (TRECHE *et al.*, 1984).

Au niveau des caractéristiques organoleptiques, on a observé que les produits reconstitués à partir de tubercules de *D. dumetorum* durcis après 10 semaines de stockage sont jugés significativement inférieurs pour tous les critères étudiés, sauf l'odeur, aux produits préparés à partir de tubercules fraîchement récoltés (TRECHE *et al.*, 1983). Cette détérioration n'est pas forcément imputable au phénomène de durcissement car plusieurs auteurs ont également souligné, pour d'autres espèces, une diminution de l'acceptabilité des produits dérivés de tubercules stockés préalablement à leur transformation (RODRIGUEZ *et al.*, 1980 ; MARTIN et RUBERTE, 1976b).

Le nombre et l'importance des interactions existant entre le génotype et la plupart des autres facteurs de variation, auxquels sont soumis les ignames au cours des différentes phases de leur élaboration, montrent qu'il est dangereux de généraliser à l'ensemble des espèces les effets observés sur un cultivar donné. L'importance des interactions entre le stade de maturité à la récolte et la durée de stockage fait ressortir la nécessité de préciser les conditions de culture des tubercules d'un cultivar donné pour juger de leur aptitude au stockage. D'une manière générale, l'existence d'interactions entre les facteurs de variation des potentialités nutritionnelles des ignames, même lorsque ces facteurs varient à l'intérieur de limites relativement étroites, montre que les effets de chacun d'entre eux ne peuvent être décrits qu'en faisant référence au génotype et à l'histoire culturale et technologique des produits étudiés.

## Contraintes et perspectives pour l'utilisation des ignames en alimentation humaine

### Aptitude des ignames à couvrir les besoins nutritionnels de l'homme

En l'absence de données plus fiables, les compositions chimiques prises en compte pour comparer la Vn des ignames à celle des autres aliments de base africains seront, d'une part, les valeurs moyennes données pour les espèces tubercules de *D. alata*, *D. dumetorum* et *D. rotundata* cultivés au Cameroun (tableaux I à VI) et, d'autre part, les valeurs relevées



dans la table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique (WU LEUNG *et al.*, 1970) pour les autres aliments.

On constate que seuls les tubercules de *D. rotundata* permettent, pour une même quantité de partie comestible consommée, un pourcentage de couverture des besoins énergétiques se rapprochant de celui estimé pour le manioc, le macabo, la patate douce et la banane plantain (figure 2) ; les tubercules de *D. dumetorum* et *D. alata*, en raison de leur forte teneur en eau, n'autorisent des pourcentages de cou-

verture qu'à peine supérieurs à ceux estimés pour la pomme de terre.

En revanche, les trois espèces d'ignames permettent une couverture des besoins protéiques de l'homme adulte plus élevée que celle susceptible d'être obtenue avec la plupart des autres racines, tubercules ou fruits féculents. La supériorité des ignames sur les autres plantes amylacées pour la couverture des besoins protéiques est encore plus nette chez les enfants que chez les adultes en raison des valeurs élevées des indices chimiques des protéines

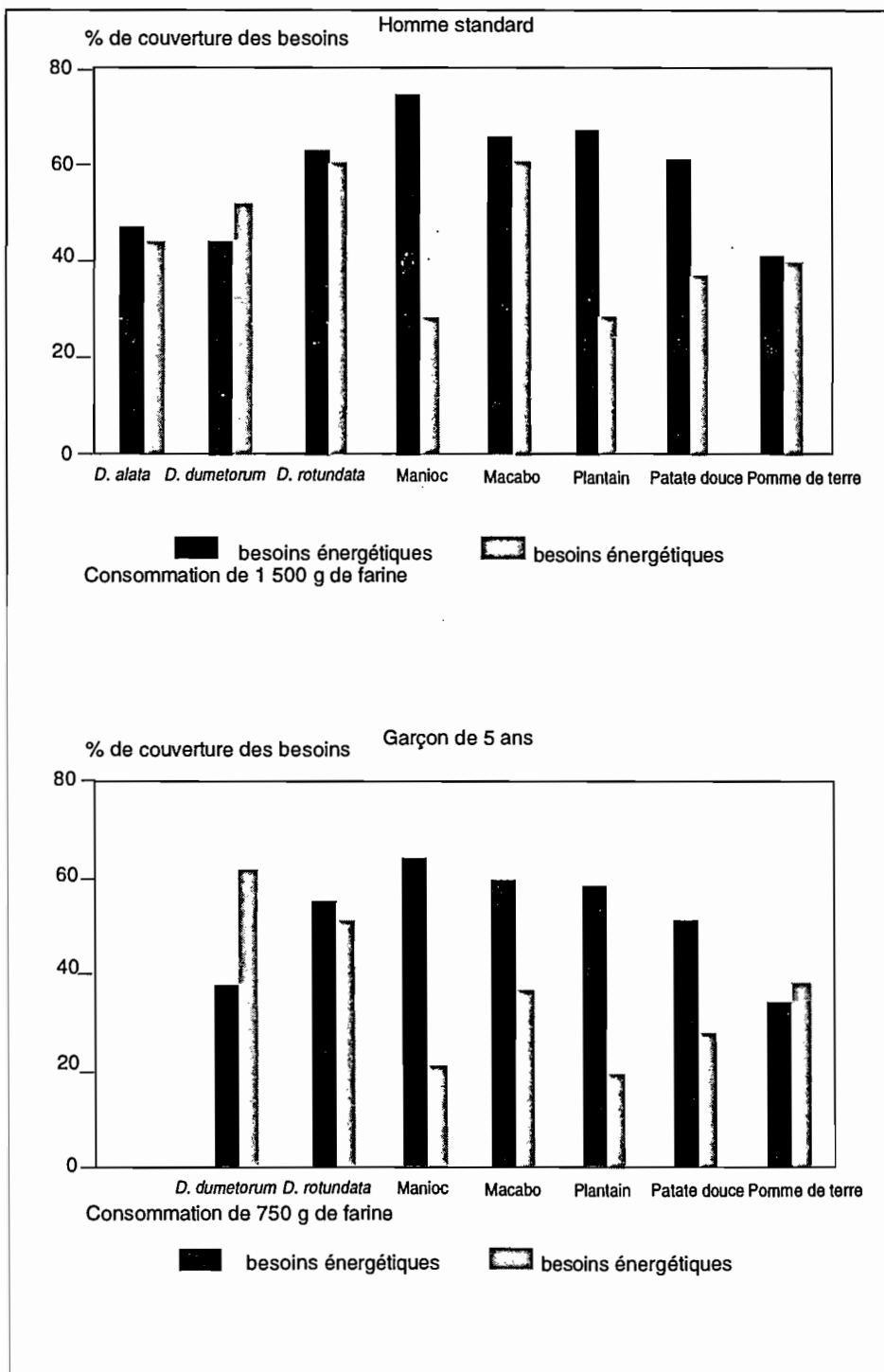


Figure 2. Pourcentages de couverture des besoins énergétiques et protéiques chez l'homme standard et l'enfant d'âge préscolaire par la consommation de, respectivement, 1 500 g et 750 g de matière brute comestible de racines, tubercules et fruits féculents d'origines botaniques différentes.

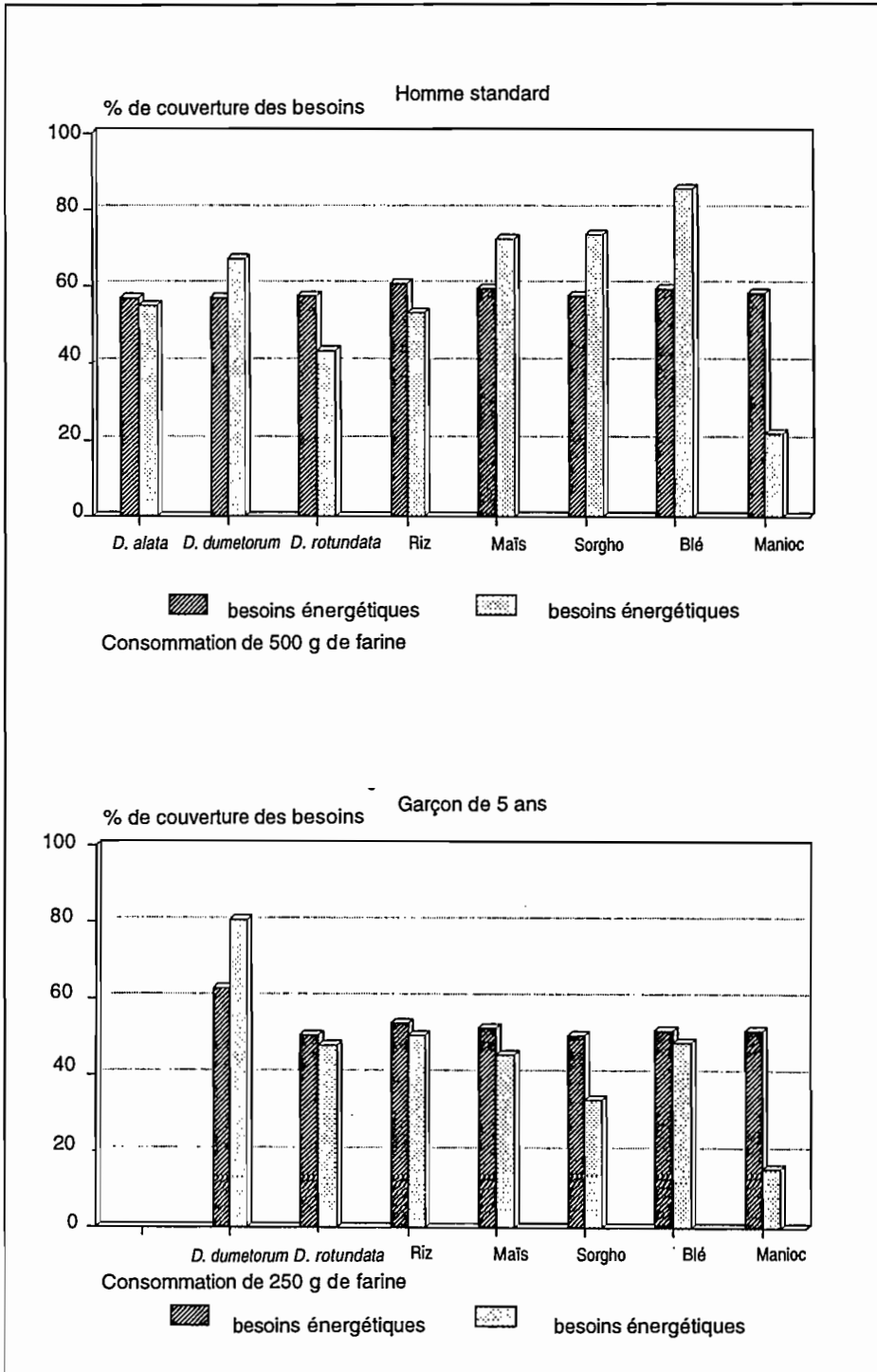


Figure 3. Pourcentages de couverture des besoins énergétiques et protéiques chez l'homme standard et l'enfant d'âge préscolaire par la consommation de, respectivement, 500 g et 250 g de farines (90 % de teneur en matière sèche) élaborées à partir d'aliments amylicés d'origines botaniques différentes.

d'ignames calculées par référence à la structure postulée pour les enfants d'âge préscolaire (FAO/OMS/UNU, 1985).

La comparaison des pourcentages de besoins nutritionnels couverts par la consommation de mêmes quantités de farines par un homme adulte (500 g) et par un garçon de 5 ans (250 g) permet de constater que s'il n'y a pas de différence notable pour les besoins énergétiques entre les différentes farines de céréales et de tubercules prises en compte, il n'en est

pas de même pour les besoins protéiques (figure 3). Pour l'homme adulte, les farines de maïs, sorgho ou blé permettent une meilleure couverture des besoins protéiques que les farines de tubercules d'ignames, quelle que soit l'espèce considérée. Parmi les farines de céréales, seule celle de riz est, sur ce point, légèrement inférieure à celles de *D. dumetorum* et de *D. alata*. Pour l'enfant, toujours en raison de valeurs élevées des indices chimiques, la couverture des besoins protéiques à partir de 250 g de farines d'ignames est comparable (*D. rotundata*) ou plus

importante (*D. dumetorum*) que celle permise par la consommation d'une quantité équivalente de farine de céréales.

Des calculs comparables réalisés pour les besoins en la plupart des minéraux et des vitamines permettaient de mettre en évidence que la Vn des ignames est supérieure à celle des autres racines et tubercules et, généralement comparable ou supérieure, après transformation en farines, à celles des céréales les plus courantes.

Après transformation en farines, certaines ignames, en particulier les variétés de *D. dumetorum* existant au Cameroun, pourraient, d'un point de vue nutritionnel, constituer une solution intéressante pour servir de base à l'alimentation des jeunes enfants notamment lorsqu'elles sont préparées sous forme de bouillies (MARTIN *et al.*, 1984 ; GWANGWA'A *et al.*, 1986 ; MBOME LAPE et TRECHE, 1986 ; TRECHE, 1989a ; FOTSO *et al.*, 1995 ; MBOME LAPE *et al.*, 1995).

## **Risques liés aux variations de la valeur nutritionnelle des ignames**

Les risques liés aux variations de la valeur nutritionnelle des ignames résultent principalement de la méconnaissance ou de la non-prise en considération des conséquences possibles de ces variations au moment des prises de décision. Ces risques sont à prendre en compte à trois niveaux (TRECHE, 1989b).

### **Risques de toxicité**

Les consommateurs de tubercules tropicaux ont appris à éliminer, le plus souvent par des procédés culinaires appropriés, les substances toxiques contenues dans leurs aliments de base. Toutefois, que les teneurs auxquelles les consommateurs sont habitués à faire face viennent à augmenter dans des proportions importantes, ou que les technologies traditionnelles soient modifiées sans que l'efficacité des effets détoxifiants des technologies améliorées n'ait été vérifiée, et des risques de toxicité apparaissent.

Pour les ignames, les risques restent limités étant donné que la plupart des variétés consommées sont réputées non toxiques. Plusieurs auteurs, néanmoins, ont attiré l'attention sur la toxicité de certains cultivars largement répandus (RAO et BERI, 1953 ; MARTIN, 1979 ; 1980), et certains effets observés au niveau du foie des rats ayant consommé de la farine crue de *D. dumetorum* confirment la nécessité de contrôle dans ce domaine (TRECHE, 1989a).

## **Risques de modification de l'aptitude des aliments à subir certains traitements technologiques**

Certaines pratiques utilisées au cours des phases de production et de stockage d'un aliment peuvent avoir une influence notable sur ses propriétés physico-chimiques qui conditionnent son aptitude à subir les technologies susceptibles de lui être appliquées ultérieurement et, d'une manière plus générale, sur l'ensemble des qualités organoleptiques dont dépendra son acceptabilité.

Un mauvais choix des variétés, une récolte trop précoce, un stockage prolongé peuvent modifier les propriétés fonctionnelles des amidons et rendre les tubercules d'ignames inaptes à certains modes de préparation. Compte tenu des exigences généralement très strictes des consommateurs africains pour leurs aliments de base, de faibles modifications d'aspect ou de texture sont suffisantes pour diminuer considérablement leur acceptabilité.

## **Risques de variation des potentialités de couverture des besoins nutritionnels par une quantité donnée d'aliment brut**

Le taux de couverture des besoins nutritionnels à partir d'une quantité donnée d'aliment brut dépend, outre des particularités physiologiques du consommateur, de certaines de ses caractéristiques : rendement de certaines transformations nécessaires à sa préparation, composition en nutriments au moment de son ingestion, disponibilité de ces nutriments.

Dans le cas des tubercules, le rendement à l'épluchage et les pertes en nutriments au cours de l'application de la plupart des procédés culinaires sont non seulement largement dépendants des conditions de réalisation des traitements eux-mêmes, mais aussi influencés par certaines pratiques culturelles ou modalités de conservation.

Comme le montrent les études réalisées au Cameroun (TRECHE, 1989a), les variations de composition en nutriments peuvent, en fonction des différents facteurs de variation intervenant au niveau de la chaîne de production, stockage et transformation, s'élever à plus de 30 % pour la teneur moyenne en matière sèche, donc pour le contenu énergétique, et à plus de 25 % pour la teneur en protéines brutes exprimée sur la base du poids sec.

En ce qui concerne la disponibilité des nutriments, les variations de composition des protéines en acides aminés en fonction de l'espèce et, à un moindre degré, en fonction de la fertilisation et de la date de récolte se répercutent sur l'indice chimique donc sur la valeur biologique des protéines. Par ailleurs, nous avons observé que, selon l'origine botanique de la farine d'igname, le coefficient d'utilisation pratique

de l'azote des régimes peut varier de l'ordre de 20 % chez l'enfant et de 25 % chez le rat.

A tous les niveaux et quotidiennement, des décisions sont prises à partir d'estimations des potentialités de couverture des besoins nutritionnels par une quantité donnée d'aliment. La personne qui ingère sa portion d'aliment de base, la ménagère qui fait son marché, l'agriculteur qui prélève sur sa récolte ce qu'il juge nécessaire pour l'autoconsommation de sa famille ou le planificateur qui fixe les objectifs de production ou contrôle l'approvisionnement des grandes villes se réfèrent, pour estimer les quantités nécessaires à la satisfaction de leurs besoins, à l'expérience acquise à l'occasion de consommations antérieures : si les caractéristiques nutritionnelles de l'aliment considéré sont différentes de celles des aliments qui leur servent, plus ou moins consciemment, de référence, il y a risque de surestimation des potentialités nutritionnelles de l'aliment.

Les modifications du contenu en énergie ou des teneurs en nutriments disponibles des aliments bruts peuvent avoir des conséquences plus ou moins graves selon les situations dans lesquelles elles se manifestent. En zone rurale où l'autoconsommation reste la règle, les régimes sont souvent peu diversifiés et un seul type de tubercules peut fournir plus de 80 % des apports énergétiques. Toute diminution de la valeur nutritionnelle de l'aliment de base, suite à un changement de variétés ou de techniques culturales, est alors susceptible d'avoir des effets notables sur l'état nutritionnel. Dans le cas de régimes plus diversifiés, en particulier en zone urbaine où les vivres consommés sont le plus souvent achetés sur des marchés dont l'approvisionnement est fait à partir de plusieurs zones de production, les effets seront plus limités. Toutefois, à la suite de choix effectués par les agronomes, les planificateurs, les sociétés de développement ou les responsables de l'approvisionnement des centres urbains, le contenu en nutriments de certains vivres proposés aux consommateurs peut se trouver notablement abaissé.

## Conclusion

Les différences de valeur nutritionnelle observées entre les principales espèces d'ignames alimentaires et, à l'intérieur d'une même espèce, entre les différentes variétés cultivées, sont souvent plus importantes que celles qui existent entre les diverses espèces et variétés de céréales cultivées en zones tropicales. Par ailleurs, le nombre et les effets des facteurs de variation auxquels la valeur nutritionnelle d'une variété donnée est soumise sont beaucoup plus importants que ceux qui affectent la plupart des autres aliments de base des zones tropicales. Il est

donc difficile de tirer des conclusions générales sur l'intérêt nutritionnel d'utiliser les ignames en alimentation humaine. On retiendra seulement que plusieurs espèces ont une valeur nutritionnelle supérieure à la plupart des autres plantes à racines et tubercules et que certaines espèces après transformation en farine ont une valeur nutritionnelle comparable à beaucoup de farines de céréales.

Par ailleurs, la variabilité importante observée au niveau de la valeur nutritionnelle des ignames peut dans certains cas être considérée comme un facteur de risques et il doit en être tenu compte dans les choix qui seront faits, tant au niveau des programmes de recherche et de développement qu'au niveau des pratiques quotidiennes dans la chaîne de production, stockage et transformation. Cette variabilité s'observe non seulement au niveau de la valeur nutritionnelle *sensu stricto* mais également au niveau de propriétés fonctionnelles, en particulier celles liées aux caractéristiques physico-chimiques des amidons et au niveau des rendements des différentes étapes de l'élaboration de l'aliment. Il serait donc nécessaire que soient pris simultanément en compte les aspects qualitatifs et quantitatifs au moment des choix.

Jusqu'à la fin des années 80, le développement de l'utilisation des ignames, en particulier en Afrique était limité par l'inadéquation des formes traditionnelles de consommation aux contraintes de la vie urbaine. Avec l'apparition récente de nouveaux modes de transformation et de nouvelles formes de consommation, ces contraintes tendent à disparaître et des perspectives nouvelles apparaissent concernant le développement de la consommation et, par conséquent, de la production des ignames.

L'utilisation de plus en plus fréquente de cossettes et de farines permet d'envisager la fabrication de farines composées rendant ainsi possible la préparation d'aliments nutritionnellement plus équilibrés, en particulier pour les jeunes enfants. Dans cette perspective, certaines variétés, comme les cultivars camerounais de *D. dumetorum* à haut rendement, dont la culture présente par ailleurs l'avantage d'être mécanisable mais dont l'utilisation était jusqu'alors limitée par leur inaptitude au stockage, pourraient, compte tenu de leur valeur nutritionnelle élevée, se révéler particulièrement intéressantes.

## Références bibliographiques

- ABE M.O., 1973. Adaptability of potato drying to yam processing. *J. Milk Food Technol.* 36 : 456-462.
- ADAMSON I., ABIGOR R., 1980. Transformation associated with catecholase in *Dioscorea alata* during storage. *Phytochemistry* 19 : 1593-1595.

- ADAMSON I., EASTWOOD M., BRYDON W.G., 1983. Comparison of the effect of yam, cassava and alfalfa on cholesterol metabolism in the rat. *Nut. Rep. Int.* 27 : 551-560.
- ADESIYAN S.O., ODIHIRIN R.A., ADENIJI M.O., 1975a. Histopathology studies on the yam tuber (*Dioscorea rotundata* Poir) infected with *Scutellonema bradys* (STEINER & LE HEW). *Int. Biodetn. Bull.* 11 : 48-55.
- ADESIYAN S.O., ODIHIRIN R.A., ADENIJI M.O., 1975b. Changes in carbohydrate constituents induced in the yam tuber (*Dioscorea rotundata* Poir) by a plant parasitic nematode *Scutellonema bradys*. *Int. Biodetn. Bull.* 11 : 124-126.
- AFABLE L.A., 1971. The preparation of ubi powder. *Philippine J. Plant Indus.* 35 : 19-25.
- AGBOR EGBE T., TRECHE S., 1995. Evaluation of the chemical composition of cameroonian yam germplasm. *Journal of food composition and analysis* 8 : 274-283.
- AJIBOLA O.O., ABONYI B.I., ONAYEMI O., 1988. The effect of some processing variables on the dehydration of pregelled yam pieces. *J. Fd. Sci. Technol.* 25 (3) : 117-120.
- AKANBI C.T., GUREJE P.O., ADEYEMI I.A., 1996. Effect of heat-moisture pre-treatment on physical characteristics of dehydrated yam. *Journal of Food Engineering* 28 : 45-54.
- ATINKPAHOUN H., 1972. Contribution à l'étude de la valeur nutritionnelle pour le poulet de trois plantes tropicales : *Manihot utilissima*, *Hypomoea batatas* et *Dioscorea cayenensis*. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Paris VI, France, 60 p.
- AYERNOR G.S., 1976. Particulate properties and rheology of pregelled yam (*Dioscorea rotundata*) products. *J. Food Sci.* 41 : 180-182.
- BAQUAR S.R., OKE O.L., 1977. Mineral constituents of Nigerian yams. *Nut. Rep. Int.*, 15 : 265-272.
- BELL A., 1981. Influence des transformations technologiques traditionnelles sur la valeur nutritive des ignames (*Dioscorea* spp.) du Cameroun. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, université Paris VI, France, 89 p.
- BELL A., 1985. Teneurs en minéraux des tubercules d'igname crus, cuits l'eau et sous forme de farine. In *Plantes-racines tropicales : culture et emplois en Afrique*, TERRY E.R., DOKU E.V., ARENE O.B. et MAHUNGU N.M. (Ed.) Idrc- 221f, Ottawa, Canada, p. 160-163.
- BELL A., FAVIER J.C., 1982. Influence des transformations technologiques traditionnelles sur la valeur nutritive de l'igname au Cameroun. In *Plantes-racines tropicales : stratégies de recherches pour les années 80* : TERRY E.R., ODURO K.A. et CAVENESS F., (Ed.) Idrc-163f, Ottawa, Canada, p. 225-234.
- BELL A., LONNERDAL B., 1988. Mineral absorption from cameroonian diets. In *Proceedings of the VII<sup>th</sup> International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops*. Paris, France, Inra, p. 921-939.
- BERGERET B., MASSEYEFF R., 1958. Composition chimique de quelques aliments peu connus du Cameroun. *Qualitas plantarum et materiae vegetabiles* 3 : 202-209.
- BEVAN C.W.L., HIRST J., 1958. A convulsant alkaloid of *Dioscorea dumetorum*. *Chem. Ind.* 25 : 103.
- BEWA H., 1978. Amidons de tubercules tropicaux. Efficacité nutritionnelle pour le poulet. Thèse de docteur-ingénieur, Paris VI, France.
- BEWA H., CHARLET-LERY G., SZYLIT O., 1979. Rôle de la microflore digestive et de la structure cristalline de l'amidon dans la digestion et l'utilisation des régimes chez le poulet. *Etude des tubercules tropicaux*. *Ann. Nutr. Alim.* 33 : 213-231.
- BOOTH R.H., 1974. Post-harvest deterioration of tropical root crops : losses and their control. *Trop. Sci.* 16 : 49-63.
- BOULTER D., HARVEY P.J., 1985. Accumulation, structure and utilisation of tuber storage proteins with particular reference to *Dioscorea rotundata*. *Physiol. Vég.* 23 : 61-74.
- BOURRET D., BIDEAU J., MAIGROT M., NICOLI J., 1973. Données analytiques sur les tubercules de *Dioscoreaceae* alimentaires de Nouvelle-Calédonie. *Médecine tropicale* 33 : 617-619.
- BRADBURY J.H., BEATTY R.E., BRADSHAW K., HAMMER B., HOLLOWAY W.D., JEALOUS W., LAU J., NGUYEN T., SINGH U., 1985. Chemistry and nutritive value of tropical root crops in the South Pacific. *Proc. Nutr. Soc. Aust.* 10 : 185-188.
- BRADBURY J.H., HOLLOWAY W.D., 1988. Chemistry of tropical root crops: significance for nutrition and agriculture in the Pacific. Canberra, Australie, Australian Centre for International Agricultural Research, 201 p.
- BRADBURY J.H., SINGH U., 1986. Ascorbic acid and dehydroascorbic acid content of tropical root crops from the South Pacific. *Journal of Food Science* 51 (4) : 975-978.
- BRILLOUET J.M., TRECHE S., SEALY L., 1981. Alterations in cell wall constituents of yams *Dioscorea dumetorum* and *D. rotundata* with maturation and storage conditions. Relation with post-harvest hardening of *D. dumetorum* yam tubers. *Journal of Food Science* 46 (6) : 1964-1965 & 1967.

- BUSSON F., 1965. Plantes alimentaires de l'ouest africa *In* étude botanique, biologique et chimique. Leconte Ed., Marseille, France, 568 p.
- CERNING-BEROARD J., LE DIVIDICH J., 1976. Valeur alimentaire de quelques produits amylicés d'origine tropicale : étude *in vitro* et *in vivo* de la patate douce, de l'igname, du malanga, du fruit pain et de la banane. *Ann. Zootech.* 25 : 155-168.
- CHEVALIER A., 1936. Contribution à l'étude de quelques espèces africaines du genre *Dioscorea*. *Bulletin du Muséum* 2<sup>e</sup>, 8 : 520-551.
- CIACCO C.F., D'APPOLONIA B.L., 1978. Baking studies with cassava and yam flour. Biochemical composition of cassava and yam flour. *Cereal Chem.* 55 : 402-411.
- CLEMENTE L.S., 1918. A study of *Dioscorea* with starch determination and cooking tests. *Philippine Agriculturist and Forester* 6 : 230-246.
- CORKILL N.L., 1948. The poisonous wild cluster yam, *Dioscorea dumetorum* Pax, as a famine food in the anglo-egyptian Sudan. *Ann. Trop. Med. Parasit.* 42 : 278- 287.
- COURSEY D.G., 1961. The magnitude and origins of storage losses in Nigerian yams. *J. Sci. Fd Agric.* 12 : 574-580.
- COURSEY D.G., 1965. The role of yams in West African food economies. *World Crops* 17 : 74-82.
- COURSEY D.G., 1972. The civilizations of the yam : interrelationships of man and yams in Africa and the indo-pacific region. *Archaeol. Phy. Anthropol. Oceania* 7 : 215-233.
- COURSEY D.G., AIDOO A., 1966. Ascorbic acid levels in ghanaiian yams. *J. Sci. Fd Agric.* 17 : 446-449.
- CZYHRINCIW N., JAFFE W., 1951. Modificaciones químicas durante la conservación de raíces y tuberculos. *Archivos venezolanos de nutrición*, 2 : 49-67.
- DEGRAS L., 1971. Données sur la valeur alimentaire de quelques productions végétales des Antilles. *Parallèles* 38 : 9-14.
- DEGRAS L., ARNOLIN R., POITOUT A., SUARD C., 1977. Quelques aspects de la biologie des ignames (*Dioscorea* spp). I. Les ignames et leur culture. *Annales de l'Amélioration des Plantes* 27 : 1-23.
- DELAROSA L., EMIOLA L., 1980. Characteristics of *Dioscorea rotundata* poly-phenoloxidase. *Journal of applied Biochemistry* 2 : 100-110.
- DIOPOH J., KAMENAN A., 1981. Distribution de l'amylase, de la phosphorylase et de la phosphatase acide dans quelques dioscoréacées (Ignames) de Côte d'Ivoire. *Physiologie Végétale* 19 : 401-405.
- EBERHARDT P., BLOCH M., 1909. Les ignames en Annam et au Tonkin. Leur valeur nutritive. *Bull. des Sciences Pharmacologiques* 9 : 509-515.
- ENDEF, 1977. Tabelas de composicao dos alimentos. *Estodo Nacional da Despesa Familiar*, Rio de Janeiro, Brésil.
- ETEJERE E.O., AJIBADE C.A., FAWOLE M.O, 1990. Influence of fertilizer application on browning and polyphenol oxidase activity in cut tubers of yam. *Turrialba* 40 (4) : 449-502.
- FABOYA O.O.P., 1981. The fatty acid composition of some tubers grown in Nigeria. *Food Chemistry* 7 : 151-154.
- FAO, 1970. Teneur des aliments en acides aminés et données biologiques sur les protéines. *Fao*, Rome, Italie, 285 p.
- FAO, 1976. Table de composition des aliments à l'usage de l'Asie de l'Est. *Fao*, Rome, Italie, 368 p.
- FAO, 1991. Racines, tubercules, plantains et bananes dans la nutrition humaine. *Collection Fao : alimentation et nutrition*, n° 24, 196 p.
- FAO, OMS, UNU, 1985. Energy and protein requirements. *Tech. Rep. Ser. N° 724*, Oms, Genève, Suisse.
- FERGUSON T.U., HAYNES P.H., SPENCE J.A., 1980. Distribution of dry matter and mineral nutrients in tubers of two cultivars of *Dioscorea alata* L. *Trop. Agric. (Trinidad)* 57 : 61-67.
- FETUGA B.L., OLUYEMI J.A., 1976. The metabolizable energy of some tropical tuber meals for chicks. *Poultry Science* 55 : 868-873.
- FNRI/NSDB, 1980. Food composition tables recommended for use in the Philippines, 5<sup>th</sup> revision.
- FOTSO M., MBOME LAPE I., TRECHE S., 1995. Amélioration de la qualité nutritionnelle des *foufous* et bouillies à base de maïs, manioc et igname par supplémentation avec du soja. *Cahiers Agricultures* 3 (6) : 369-375.
- FRANCIS B.J., HALLIDAY D., ROBINSON J.M., 1975. Yams as a source of edible protein. *Trop. Sci.* 17 : 103-111.
- GOMEZ G.G., BUITRAGO J.A., 1982. Effects of processing on nutrient content of feeds : root crops. *In* Handbook of nutritive value of processed food. II. Animal feedstuffs, RECHICGL M., Ed. *Crc Press Inc.*, Boca Raton, Florida, USA, p. 221-237.
- GONZALEZ M.A., COLLAZO de RIVERA A., 1972. Storage of fresh yam (*Dioscorea alata* L.) under controlled conditions. *J. Agric. Univ. P.R.* 56 : 46-56.
- GRAMSHAW J.W., OSINOWO F.A.O., 1982. Volatile components of cooked tubers of the water yam (*Dioscorea alata*). *J. Sci. Fd Agric.* 33 : 71-80.

- GRISON C., 1983. La pomme de terre : caractéristiques et qualités alimentaires, Association pour la promotion industrie-agriculture, Paris, France.
- GWANGWA'A S., MARTIN G., RIKONG H., TRECHE S., ADA V., 1986. The effect of soya enriched sweet yam on growth of underweight children. *Revue Science et Technique (Sci. Santé)* 3 (1-2) : 61-74.
- HLADIK A., BAHUCHET S., DUCATILLION C., HLADIK C.M., 1984. Les plantes tubercules de la forêt dense d'Afrique centrale. *Rev. Ecol. (Terre Vie)* 39 : 248-290.
- IKEDIOSI C.O., OTI E., 1983. Some biochemical changes associated with post-harvest storage of white yam (*Dioscorea rotundata*) tubers. *J. Sci. Fd Agric.* 34 : 1123-1129.
- JARMAI S., MONTFORD L.C., 1968. Yam flour for the production of fufu. *Ghana J. agric. Sci.* 1 : 161-163.
- KAMENAN A., BEUCHAT L.R., CHINNAN M.S., HEATON E.K., 1987. Composition and physico-chemical properties of yam (*Dioscorea* species) flour prepared using different processes. *Journal of Food Processing and Preservation* 11 : 299-308.
- KAYODE G.O., 1985. Effects of NPK fertilizer on tuber yield, starch content and dry matter accumulation of white guinea yam (*Dioscorea rotundata*) in a forest Alfisol of South Western Nigeria. *Expl Agric.* 21 : 389-393.
- KETIKU A.O., OYENUGA V.A., 1970. Preliminary report on the carbohydrate constituents of cassava root and yam tuber. *Nigerian Journal of Science* 4 : 25-30.
- KETIKU A.O., OYENUGA V.A., 1973. Changes in the carbohydrate constituents of yam tuber (*Dioscorea rotundata*, Poir) during growth. *J. Sci. Fd Agric.* 24 : 367-373.
- KOUASSI B., DIPOH J., FOURNET B., 1988. Soluble sugars from yam and changes during tuber storage. *Phytochemistry* 29 (4) : 1069-1072.
- KOUASSI B., DIPOH J., LEROY Y., FOURNET B., 1988. Total amino acids and fatty acids composition of yam (*Dioscorea*) tubers and their evolution during storage. *Journal of Food Science and Agriculture* 42 : 273-285.
- LE BERRE S., GALLON G., TABI B., 1969. Teneur en vitamine C dans les tubercules et le plantain du Cameroun avant et après cuisson. *Ann. Nutr. Alim.* 23 : 31-45.
- LONGE O.G., 1984. Water-holding capacity of some african vegetables, fruits and tubers measured *in vitro*. *J. Food Sci.* 49 : 762-764.
- MARTIN F.W., 1972. Yam production methods. Production Research Report n° 147, USDA, Washington, USA.
- MARTIN F.W., 1977. A collection of west african yams. Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Symp. Trop. Root Crops, Ibadan, Nigeria, 1973. In C.L.A. LEAKEY (ed). ISTRC-IITA, Ibadan, Nigeria, p. 23-27.
- MARTIN F.W., 1974. Tropical yams and their potential. Part 1. *Dioscorea esculenta*. Agriculture Handbook n° 457, USDA, Washington, USA.
- MARTIN F.W., 1976. Tropical yams and their potential. Part 3. *Dioscorea alata*. Agriculture Handbook n° 495, USDA, Washington, USA.
- MARTIN F.W., 1979. Composition, nutritional value and toxic substances of the tropical yams. In Tropical Foods : chemistry and nutrition, INGLET G.E. et CHARALAMBOUS G., Eds. Academic Press, New-York, USA, p. 249-263.
- MARTIN F.W., 1980. The question of toxicity of edible yams. Les colloques de l'Inra. L'igname. Séminaire international, Pointe-à-Pitre, 28 juillet-2 août 1980, Inra, Paris, France, p. 31-39.
- MARTIN F.W., DELPIN H., 1978. New, superior varieties of *Dioscorea alata*, the Asian greater yam. *J. Agric. Univ. P.R.* 62 : 64-75.
- MARTIN F.W., RUBERTE R., 1975a. Bitterness of *Dioscorea cayenensis*. *J. Agric. Food Chem.* 23 : 1218-1219.
- MARTIN F.W., RUBERTE R., 1975b. Carotenoid pigments of *Dioscorea cayenensis*. *Ann. appl. Biol.* 80 : 317-322.
- MARTIN F.W., RUBERTE R., 1976a. The polyphenols of *Dioscorea alata* (yam) tubers associated with oxidative browning. *J. Agric. Food Chem.* 24 : 67-70.
- MARTIN F.W., RUBERTE R., 1976b. Changes in the quality of yams in storage. *Tropical Root and Tuber Crops Newsletter* 9 : 40-51.
- MARTIN F.W., SADIK S., 1977. Tropical yams and their potential. Part 4. *Dioscorea rotundata* and *Dioscorea cayenensis*. Agriculture Handbook n° 502, USDA, Washington, USA.
- MARTIN F.W., SPLITTSTOESSER W.E., 1975. A comparison of total protein and amino acids of tropical roots and tubers. *Tropical Root and Tuber Crops Newsletter*, 8 : 7-14.
- MARTIN F.W., THOMPSON A.E., 1971. Crude protein content of yams. *HortScience* 6 : 545-546.
- MARTIN G.E., TRECHE S., NOUBI L., AGBOR EGBE T., GWANGWA'A S. 1984. Introduction of flour from *Dioscorea dumetorum* in a rural area. In Tropical Root Crops : production and uses in Africa, TERRY

- E.R., DOKU E.V., ARENE O.B., MAHUNGU N.M., Eds. Ottawa, Canada, Idrc-221e, p. 161-163.
- MBOME LAPE I., AGBOR EGBE T., TRECHE S., 1995. Digestibility and metabolism of flour from two yam species (*Dioscorea dumetorum* and *D. rotundata*) in school age children. *Ecology of food and Nutrition* 34 : 217-225.
- MBOME LAPE I., TRECHE S., 1994. Nutritional quality of yam (*Dioscorea dumetorum* and *D. rotundata*) flours for growing rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 66 : 447-455.
- MBOME LAPE I., TRECHE S., 1986. Measurement of the protein quality of soybean-enriched flour mixtures in growing rats. *Revue Science et Technique (Sci. Santé)* 3 (3-4) : 31-37.
- MESCLE J.F., FAVIER J.C., 1973. Recherche d'un test de maturité de quelques tubercules tropicaux d'après l'évolution de leur composition chimique et de leur valeur nutritionnelle. Document Orstom, Yaoundé, Cameroun.
- MIEGE J., 1982. Etude chimiotaxonomique de dix cultivars de Côte d'Ivoire relevant du complexe *Dioscorea cayenensis-D. rotundata*. In *Yams-Ignames*, MIEGE J. et LYONGA S.N., Eds., Clarendon Press Oxford, UK, p. 197-231.
- MONGODIN B., RIVIERE R., 1965. Valeurs bromatologiques de 150 aliments de l'Ouest africain. Institut d'élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux, Maisons-Alfort, France.
- MUZAC-TUCKER I., ASEMOTA H.N., AHMAD M.H., 1993. Biochemical composition and storage of Jamaican yams (*Dioscorea* sp.). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 62 : 219-224.
- NWANKITI A.O., AHIARA I.U., 1985. Le temps de tuteurage et ses effets sur le développement de l'antracnose de l'igname d'eau. In *Plantes-racines tropicales : culture et emplois en Afrique*, TERRY E.R., DOKU E.V., ARENE O.B. et MAHUNGU N.M., Eds. Idrc-221f, Ottawa, Canada, p. 142-144.
- OBIGBESAN G.O., AGBOOLA A.A., 1978. Uptake and distribution of nutrients by yams (*Dioscorea* spp.) in western Nigeria. *Expl Agric.* 14 : 349-355.
- OKE O.L., 1965. Nutritional studies on Nigerian tubers. *West African Pharmacist*, Novembre 109-110 & 113.
- OKE O.L., 1972. Yam. A valuable source of food and drugs. *World Review of Nutrition and Dietetics* 15 : 156-184.
- OKOLI B.E., GREEN B.O., 1987. Histochemical localization of calcium oxalate crystals in starch grains of yams. *Ann. Botany* 60 (4) : 391-394.
- OKOLI O.O., 1982. Paramètres pour la sélection de parents destinés à l'hybridation de l'igname. In *Plantes racines tropicales : stratégies de recherches pour les années 80*, TERRY E.R., ODURO K.A. et CAVENESS F., Eds. Idrc-163f, Ottawa, Canada, p. 173-176.
- OKOLI O.O., NWOKOYE J.U., UDUGWU C.C., 1985. Indices économiques pour la sélection de clones et le croisement d'ignames. In *Plantes-racines tropicales : culture et emplois en Afrique*, TERRY E.R., DOKU E.V., ARENE O.B. et MAHUNGU N.M., éd. Idrc-221f, Ottawa, Canada : 127-130.
- OLOGHOBHO A.D., 1985. Biochemical assessment of tubers of nigerian *Dioscorea* species (yams) and yam peels. *Trop. Agric. (Trinidad)* 62 : 166-168.
- OLORUNDA A.O., MACKLON A.E.S., 1976. Effects of storage at chilling temperature on ion absorption, salt retention capacity and respiratory pattern in yam tubers. *J. Sci. Fd Agric.* 27 : 405-412.
- OMOLE A., ADEWUSI S.A., ADEYEMO A., OKE O.L., 1978. The nutritive value of tropical fruit and root crops. *Nut. Rep. Int.* 17 : 575-580.
- ONAYEMI O., 1985. Sensory texture profile of african foods made from yam and cassava. *J. Texture Studies* 16 : 263-269.
- ONAYEMI O., 1986. Some chemical factors affecting the quality of processed yam. *J. Food Sci.* 51 : 161-164.
- ONAYEMI O., IDOWU A., 1988. Physical and chemical changes in traditionally stored yam tubers. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 36 : 588-591.
- ONAYEMI O., POTTER N.N., 1974. Preparation and storage properties of drum dried white yam (*Dioscorea rotundata* Poir) flakes. *J. Food Sci.* 39 : 559-562.
- OPUTE F.I., OSAGIE A.U., 1978. Fatty acid composition of total lipids from some tropical storage organs. *J. Sci. Fd Agric.* 29 : 959-962.
- OSAGIE A.U., MOLOGOHME A.O., OPUTE F.I., 1982. Effect of extractable lipid on the viscosity characteristics of yam tubers flours. *Journal of Food Science* 47 : 1378-1381.
- OSAGIE A.U., OPUTE F.I., 1981a. Major lipid constituents of *Dioscorea rotundata* tuber during growth and maturation. *Journal of Experimental Botany* 32 : 737-740.
- OSAGIE A.U., OPUTE F.I., 1981b. Total lipid and fatty acid composition of tropical tubers. *Nig. J. Nutr. Sci.* 2 : 39-46.
- OSAGIE A.U., OPUTE F.I., 1982. Composition of lipids in *Dioscorea* tubers. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 30 : 993-996.



- OSISIOGU I.U.W., UZO J.O., 1973. Industrial potentialities of some nigerian yam and cocoyam starches. *Trop. Sci.* 15 : 353-359.
- OZO O.N., CAYGILL J.C., 1985. Some characteristics and a comparison of the activities of o-dihydroxyphenoloxidase activity from five yam (*Dioscorea* spp.) species. *J. Sci. Fd Agric.* 36 : 973-979.
- OZO O.N., CAYGILL J.C., 1986. O-dihydroxyphenoloxidase action on natural polyhydric phenolics and enzymic browning of edible yams. *J. Sci. Fd Agric.* 37 : 283-288.
- OZO O.N., CAYGILL J.C., COURSEY D.G., 1984. Phenolics of five yam (*Dioscorea*) species. *Phytochemistry* 23 : 329-331.
- PANIGRAHI S., FRANCIS B., 1982. Digestibility and possible toxicity of the yam *Dioscorea alata*. *Nut. Rep. Int.* 26 : 1007-1013.
- PASSAM H.C., NOON R.A., 1977. Deterioration of yams and cassava during storage. *Annals of applied Biology* 85 : 436-440.
- PETERS F.E., 1959. La composition chimique des aliments du pacifique sud. *Qualitas Plantarum et materiae vegetabiles* 5 : 313-343.
- RAJYALAKSHMI P., GEERVANI P., 1994. Nutritive value of the foods cultivated and consumed by the tribals of South India. *Plant Foods for Human Nutrition* 46 : 53-61.
- RAO P.S., BERI R.M., 1952. Tubers of *Dioscorea hispida* Dennst. *Indian Forester* 78 : 146-152.
- RAO P.S., BERI R.M., 1953. Non-cereal foods : tubers of *Dioscorea* species. *Indian Forester* 79 : 568-571.
- RASPER V., COURSEY D.G., 1967. Anthocyanins of *Dioscorea alata* L. *Experientia* 23 : 611-617.
- RASPER V., MacGREGOR D., 1969. Starchy 'root' crops in the ghanaiian diet and aspects of their industrial utilisation. *Gordian* 69 : 47-50.
- RAVINDRAN G., WANASUNDERA J.P.D., 1992. Chemical changes in yam tubers (*Dioscorea alata* and *D. esculenta*) during storage. *Trop. Sci.* 33 : 57-62.
- RIVERA J.R., GONZALEZ M.A., COLLAZO DE RIVERA A., CUEVAS-RUIZ J., 1974a. An improved method for storing yam (*Dioscorea alata*). *J. Agric. Univ. P.R.* 58 : 456-465.
- RIVERA J.R., GONZALEZ M.A., CUEVAS-RUIZ J., 1974b. Sprout inhibition in yam by gamma irradiation. *J. Agric. Univ. P.R.* 58 : 330-337.
- RODRIGUEZ H., 1983. Intérêt d'une variété d'igname portoricaine en Côte d'Ivoire : la Florido. *L'agronomie Tropicale* 38 : 154-157.
- RODRIGUEZ E.J., PARSİ-ROS O., GONZALEZ M.A., 1980. Storage of Habanero (*D. rotundata*) yam. *J. Agric. Univ. P.R.* 64 : 50-57.
- RODRIGUEZ-SOSA E.J., GONZALEZ M.A., PARSİ-ROS O., 1974. Effect of precooking on the quality of instant flakes from florido yam (*Dioscorea alata* L.). *J. Agric. Univ. P.R.* 58 : 317-321.
- RUBERTE R., 1975. Carotenoid pigments of *Dioscorea alata*. *Tropical Root and Tuber Crops Newsletter* 8 : 23-24.
- SAMARAJEWA, U., SUFFIYAN M.I., GUNASENA, H.P.M., 1988. Minerals and sapogenins of some yam species. *ASEAN Food Journal* 4 (1) : 38-40.
- SEALY L.H., 1982. Etudes ultrastructurale et biochimique du phénomène de durcissement post-récolte du tubercule de l'igname *Dioscorea dumetorum* (Kunth) Pax var. ex Jakiri. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, université de Nantes, tome I-tome II, 68 p.
- SHARMA K.K., PATTABIRAMAN T.N., 1982. Natural plant inhibitors. Purification and properties of an amylase inhibitor from yam (*Dioscorea alata*). *J. Sci. Fd Agric.* 33 : 255-262.
- SOBULO R.A., 1972a. Studies on white yam (*Dioscorea rotundata*). I. Growth analysis. *Expl Agric.* 8 : 99-106.
- SOBULO R.A., 1972b. Studies on white yam (*Dioscorea rotundata*). II. Changes in nutrient content with age. *Expl Agric.* 8 : 107-115.
- SOUCI S.W., FACHMANN W., KRAUT H., 1994. Food composition and nutrition tables. Stuttgart, Allemagne, Medpharm/Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo Crc Press, 1091 p.
- SPLITTSTOESSER W.E., 1976. Protein and total amino acid content before and after cooking of yams (*Dioscorea* spp.). *HortScience* 11 : 611.
- SPLITTSTOESSER W.E., 1977. Protein quality and quantity of tropical roots and tubers. *HortScience* 12 : 294-298.
- SPLITTSTOESSER W.E., MARTIN F.W., RHODES A.M., 1973a. The nutritional value of some tropical root crops. *Proceedings of the tropical Region agriculture society for Horticultural science* 17 : 290-294.
- SPLITTSTOESSER W.E., MARTIN F.W., RHODES A.M., 1973b. The amino acid composition of five species of yams (*Dioscorea*). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98 : 563-567.
- STEELE W.J.C., SAMMY G.M., 1976a. The processing potentials of yams (*Dioscorea* spp.). I. Laboratory studies on lye peeling of yams. *J. Agric. Univ. P.R.* 60 : 207-214.

- STEELE W.J.C., SAMMY G.M., 1976b. The processing potential of yams (*Dioscorea* spp.). II. Precooked drum dried flakes-Instant yams. J. Agric. Univ. P.R. 60 : 215-223.
- SULIT J.I., 1967. Processing and utilization of nami (*Dioscorea hispida* Dennst.) tubers. Araneta Journal of Agriculture 14 : 203-221.
- SZYLIT O., BORGIDA L.P., BEWA H., CHARBONNIERE R., DELORT-LAVAL J., 1977. Valeur nutritionnelle, pour le poulet en croissance, de cinq amylopectines tropicaux en relation avec quelques caractéristiques physico-chimiques de leur amidon. Ann. Zootech. 26 : 547-564.
- SZYLIT O., DURAND M., BORGIDA L.P., ATINKPAHOUN H., PRIETO F., DELORT-LAVAL J., 1978. Raw and steam-pelleted cassava, sweet potato and yam *cayenensis* as starch sources for ruminant and chicken diets. Animal Feed Science and Technology 3 : 73-87.
- TOURY J., GIORGI R., FAVIER J.C., SAVINA J.F., 1967. Aliments de l'Ouest africain, Tables de composition. Orana, Dakar, Sénégal, 54 p.
- TRECHE S., 1980. Evolution au cours de la conservation des potentialités nutritionnelles de quelques espèces d'ignames cultivées au Cameroun. In La conservation des denrées alimentaires cultivées en climat chaud et humide, n° spécial de la revue Culture Technologique : 247-273.
- TRECHE S., 1983. Evolution de différentes fractions azotées au cours de la maturation et de la conservation des tubercules d'ignames (*Dioscorea dumetorum* et *D. rotundata*). Incidences nutritionnelles. Revue Science et Technique (Sci. Santé) 4-5 : 63-75.
- TRECHE S., 1989a. Potentialités nutritionnelles des ignames (*Dioscorea* spp.) cultivées au Cameroun. Paris, France, Orstom, 595 p.
- TRECHE S., 1989b. Risques liés aux variations de la valeur nutritionnelle des aliments : le cas des tubercules cultivés au Cameroun. In ELDIN M., MILLEVILLE P., Eds : Le risque en agriculture, Paris, Orstom, collection A travers champs, p. 375-394.
- TRECHE S., AGBOR EGBE T., 1986. Influence du tuteurage et de l'état des semences sur les potentialités nutritionnelles de l'igname *Dioscorea dumetorum*. Revue Science et Technique (Sci. Santé) 3 (1-2) : 147-158.
- TRECHE S., AGBOR EGBE T., 1996. Biochemical changes occurring during growth and storage of two yam species. International Journal of Food Science and Nutrition 47 (2) : 93-102.
- TRECHE S., AGBOR EGBE T., MBOME LAPE I., MBA MEZOUIC., 1983. Essais d'adaptation de procédés technologiques à la fabrication de produits séchés à partir d'ignames cultivées au Cameroun (*Dioscorea dumetorum* et *D. rotundata*). Revue Science et Technique (Sci. Santé) 6-7 : 7-32.
- TRECHE S., DELPEUCH F., 1979. Mise en évidence de l'apparition d'un épaissement membranaire dans le parenchyme des tubercules de *Dioscorea dumetorum* au cours de la conservation. Comptes-rendu de l'Académie des Sciences de Paris (série D) 288 : 67-70.
- TRECHE S., DELPEUCH F., 1982. Le durcissement de *Dioscorea dumetorum* au Cameroun. In MIEGE J., LYONGA S.N., Eds : Yams. Ignames, Clarendon Press Oxford, Grande-Bretagne, p. 294-311.
- TRECHE S., GALLON G., JOSEPH A., 1982. Evolution des teneurs en éléments minéraux au cours de la maturation et de la conservation des tubercules d'ignames (*Dioscorea dumetorum* et *D. rotundata*). Incidences nutritionnelles. Revue Science et Technique (Sci. Santé) 3 : 69-79.
- TRECHE S., GUION P., 1979a. Etude des potentialités nutritionnelles de quelques tubercules tropicaux au Cameroun. I. Influence de la date de récolte. L'agronomie Tropicale 34 (2) : 127-137.
- TRECHE S., GUION P., 1979b. Etude des potentialités nutritionnelles de quelques tubercules tropicaux au Cameroun. II. Aptitude à la conservation des tubercules récoltés après maturité. L'agronomie Tropicale 34 (2) : 138-146.
- TRECHE S., GUION P., 1979c. Etude des potentialités nutritionnelles de quelques tubercules tropicaux au Cameroun. III. Influence de la maturité à la récolte sur l'aptitude à la conservation. L'agronomie Tropicale 34 (2) : 147-156.
- TRECHE S., GUION P., 1982. Nutritional repercussions of the differences in physicochemical characteristics of starches of two yam species grown in Cameroon. In Proceedings of the V<sup>th</sup> International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops, E.L. BELEN and M. VILLANUEVA Eds. Manila, Philippines, Pcarrrd/Visca, p. 259-279.
- TRECHE S., GUION P., 1983. Influence d'apports modérés d'engrais azoté sur la valeur nutritionnelle de tubercules de *Dioscorea rotundata*. Revue Science et Technique (Sci. Santé) 4-5 : 77-92.
- TRECHE S., MBOME LAPE I., AGBOR EGBE T., 1984. Variation de la valeur nutritionnelle au cours de la préparation de produits séchés à partir d'ignames cultivées au Cameroun (*Dioscorea dumetorum* et *D. rotundata*). Revue Science et Technique (Sci. Santé) 1 (1-2) : 7-22.
- UDOESSIEN E.I., IFON E.T., 1992. Chemical evaluation of some antinutritional constituents in four species of yams. Trop. Sci. 32 : 115-119.

- UGOCHUKWU E.N., ANOSIKE E.O., AGOGBUA S.I.O., 1977. Changes in enzyme activity of white yam tubers after prolonged storage. *Phytochemistry* 16 : 1159-1162.
- UMANAHA E.E., 1973. Effects of different rates of NPK fertilizers on yield and storage properties of white yam. *Proceedings, 3<sup>rd</sup> International Symposium. Trop. Root Crops, Ibadan, Nigeria*, p. 359-361.
- UMOH I.B., BASSIR O., 1977. Nutrient changes in some traditional Nigerian foods during cooking. Part 1, Vitamins changes. *Food Chemistry* 2 : 155-160.
- VANDER ZAAG P., FOX R.L., KWAKYE P.K., OBIGBESAN G.O., 1980. The phosphorus requirements of yams (*Dioscorea* spp.). *Trop. Agric.* 57 : 97-106.
- WAITT A.W., 1963. Yams, *Dioscorea* species. *Field crop abstracts* 16 : 145-157.
- WALKER A. (Abbé), 1952. Les *Dioscorea* du Gabon. *Rev. Bot. Appl. Agric. Trop.* 32 : 191-193.
- WANASUNDERA J.P.D., RAVINDRAN G., 1994. Nutritional assessment of yam (*Dioscorea alata*) tubers. *Plant Foods for Human Nutrition* 46 : 33-39.
- WATT B.K., MERRILL A.L., 1963. *Composition of foods : Raw, processed, prepared*. Agriculture Handbook n° 8, USDA, Washington, USA.
- WEBSTER J., BECK W., TERNAI B., 1984. Toxicity and bitterness in Australian *Dioscorea bulbifera* L. and *Dioscorea hispida* Dennst. from Thailand. *J. Agric. Food Chem.* 32 : 1087-1090.
- WOMACK M., MARTIN F.W., VAUGHAN D.A., 1976. Toxicity of some edible yams to rats. *Tropical Root and Tuber Crops Newsletter* 9 : 27-32.
- WU LEUNG W.T., BUSSON F., JARDIN C., 1970. *Table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique*. U.S. Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service (Bethesda, USA) et Food and Agriculture Organization, Rome, Italie.

Trèche Serge. (1997)

Valeur nutritionnelle des ignames

In : Berthaud Julien (ed.), Bricas N. (ed.), Marchand J.L. (ed.)  
L'igname, plante séculaire et culture d'avenir = Yam, old plant  
and crop for the future

Montpellier : CIRAD, 305-331. L'igname, Plante Séculaire et  
Culture d'Avenir : Séminaire International, Montpellier (FRA),  
1997/06/03-06. ISBN 2-87614-313-5