

Risques liés aux variations de la valeur nutritionnelle des aliments : le cas des tubercules cultivés au Cameroun

Serge TRECHE *

1. INTRODUCTION

Il y a une quinzaine d'années, des agronomes ont collecté sur l'ensemble du territoire camerounais une centaine de variétés cultivées appartenant à huit espèces différentes d'ignames ; pour les espèces les plus importantes, ils ont sélectionné, exclusivement sur des critères agronomiques, des « variétés élites » qu'ils se sont efforcés de multiplier et de vulgariser.

Pour le complexe *Dioscorea Cayenensis* — *Dioscorea rotundata*, ils ont retenu plusieurs variétés produisant en moyenne entre 20 et 25 tonnes de tubercules par hectare. Les déterminations de composition chimique réalisées par la suite (TRECHE et GUION, 1979a ; AGBOR EGBE et TRECHE, 1983) ont révélé que la teneur en eau des tubercules de l'une de ces variétés, « Ex Batibo », s'élevait à 75 % alors que celles des autres variétés ne dépassaient pas 65 %.

Les agriculteurs qui, suivant les conseils des vulgarisateurs, se sont mis à cultiver « Ex Batibo », produisent donc sur une même superficie, avec les mêmes techniques culturales et pour le même travail, 30 % d'énergie métabolisable de moins que ceux qui ont adoptés l'une des autres « variétés élites ».

La culture de la pomme de terre ayant commencé à se répandre sur les hauts plateaux de l'Ouest Cameroun, une étude de l'influence du lieu de culture sur la composition chimique de 17 variétés de pomme de terre a été réalisée (TRECHE et AGBOR EGBE, 1985). Elle a mis en évidence, des différences significatives de teneurs en matière sèche, protéines brutes, amidon, calcium, phosphore, et de contenu énergétique entre des lots de tubercules de poids et l'aspect comparables mais cultivés dans des stations agronomiques d'altitude différente (Tabl. I).

Ainsi, pour une même quantité de tubercules achetée, un consommateur dispose en moyenne de près de 30 % de matière sèche et d'énergie utile en plus si les pommes de terre proviennent de Babungo ou Bambui ; par contre, pour une même quantité de tubercules ingérée, l'apport en calcium, élément minéral

* Nutritionniste ORSTOM, B.P. 181, Brazzaville, Congo.

souvent limitant dans les régimes à base de tubercules, est inférieur d'environ 35 % avec les pommes de terre cultivées à Bambui.

TABLEAU I

Influence du lieu de culture sur la composition chimique de la pomme de terre (moyennes obtenues sur 17 variétés; celles affectées d'aucune lettre commune sont significativement différentes au niveau 5 %)

Stations (altitude)	Befang (700 m)	Babungo (1200 m)	Bambui (1600 m)
Poids moyen d'un tubercule en g.	62,6	70,6	73,9
Teneur en matière sèche	(1) 15,4 a (2) (100)	19,6 b (127)	19,9 b (129)
Teneur en protéines brutes	(1) 1,92 a (2) (100)	2,04 b (106)	1,84 a (96)
Teneur en calcium	(1) 0,055 a (2) (100)	0,052 a (95)	0,035 b (64)
Contenu en énergie	(3) 57,1 a (2) (100)	73,7 b (129)	76,0 b (133)

(1) en g. pour 100 g. de matière brute comestible.

(2) en % de la valeur obtenue dans la station d'altitude la plus basse.

(3) en kilocalories pour 100 g. de matière brute comestible.

Ces deux exemples illustrent l'importance des effets de certaines pratiques culturales sur la valeur nutritionnelle des aliments et les conséquences possibles au niveau des producteurs et des consommateurs. Dans la suite de ce chapitre, on propose de préciser, à partir de données bibliographiques essentiellement relatives à la pomme de terre et de résultats expérimentaux principalement obtenus sur les ignames au Cameroun, l'importance et les causes des variations de la valeur nutritionnelle des tubercules liées aux pratiques culturales. On cherchera ensuite à définir les risques liés à ces variations et à proposer les mesures susceptibles d'en atténuer les effets. Auparavant, le sens donné à quelques termes sera précisé.

2. QUELQUES PRÉCISIONS SUR LES TERMES EMPLOYÉS

Le mot *aliment* est couramment utilisé pour désigner des productions végétales ou animales dont la définition botanique ou zoologique est plus ou moins précise : on parle d'aliment aussi bien à propos des tubercules en général, que des tubercules d'igname, que des tubercules du cultivar « Jakiri » de l'espèce d'igname *D. dumetorum*; plus la place de ces tubercules est imprécise dans la systématique botanique, plus la variabilité d'ordre génétique sur leurs caractéristiques nutritionnelles est importante.

Par ailleurs, pour une production bien définie dans la systématique botanique ou zoologique, le mot aliment est employé pour désigner aussi bien une substance en cours d'ingestion (Ex : l'aliment que je mange est de l'igname) qu'une entité encore inexistante (Ex : je vais cultiver de l'igname car c'est un bon aliment). Entre le moment où sa production est décidée et celui où il est ingéré, l'aliment subit un grand nombre de processus, naturels ou imposés par l'homme, susceptibles de modifier ses caractéristiques.

L'aliment pris dans son sens le plus général est donc soumis à deux types de facteurs de variation : ceux d'ordre génétique et ceux d'ordres environnemental et technologique.

Le terme *valeur nutritionnelle* (VN) sera utilisé pour désigner tout ou partie

des caractéristiques d'un aliment donné susceptibles d'influer sur la satisfaction des besoins de l'organisme auquel il est destiné ; un aliment n'a pas la même VN pour un ruminant que pour un homme, pour un enfant que pour un adulte, pour un homme sain que pour un homme souffrant de certains troubles métaboliques. On se référera ici à un individu standard, défini comme un homme jeune en bonne santé.

La VN d'un aliment prêt à être consommé est caractérisée par sa non toxicité, son acceptabilité, sa composition chimique et la disponibilité de ses nutriments.

Pour un aliment d'origine végétale pris à un stade intermédiaire entre la décision de mise en culture et sa présentation au consommateur, les propriétés physico-chimiques de certains de ses composants constituent également un élément important de sa VN ; dans ce cas il s'agit, en fait, d'une VN potentielle puisque les phases ultérieures de l'élaboration de l'aliment (cycle cultural, stockage, transformation industrielle éventuelle, manutention au cours du circuit de commercialisation, préparation culinaire) sont susceptibles d'influer sur sa VN finale.

Lorsqu'ils dépendent de certaines caractéristiques des aliments, les rendements de certaines transformations technologiques ou culinaires (épluchage, décorticage, lavage, cuisson...) peuvent aussi être considérés comme des composantes de leur VN puisqu'ils déterminent les pertes en matière brute ou en certains nutriments.

Précisons, toutefois, que tous les scientifiques concernés ne donnent pas un sens aussi étendu à la notion de VN des aliments selon qu'ils limitent leur domaine d'investigation à l'interface agriculture-aliment, aux relations socio-culturelles entre l'homme et l'aliment, à la technologie alimentaire ou aux relations aliment-santé : pour ces derniers, le mot aliment désigne un produit prêt à être consommé qui, de ce fait, n'est plus soumis à aucun facteur de variation et dont la VN ne dépend que de son contenu en énergie métabolisable et nutriments disponibles.

La *toxicité* d'un aliment est liée soit à l'action de substances chimiques présentes dans l'aliment par déterminisme génétique ou par suite de réactions, sous l'influence de certains traitements, entre des substances individuellement neutres, soit au développement d'organismes pathogènes lorsque l'aliment est conservé ou préparé dans des conditions défavorables.

On peut distinguer une toxicité aiguë responsable de trouble graves, parfois mortels, qui surviennent après une ingestion unique d'aliment et une toxicité chronique qui se manifeste lorsque, à la suite de consommations répétées, la somme des effets dépasse un certain seuil.

L'*acceptabilité* est difficile à définir car, plus que les autres composantes de la VN elle dépend de l'organisme auquel est destiné l'aliment : chez l'homme, il est même difficile de définir un individu moyen, car s'il existe des goûts et coutumes alimentaires communs à des groupes d'individus partageant les mêmes valeurs socio-culturelles, on peut mettre en évidence, à l'intérieur même des ces groupes, une importante variabilité individuelle.

Les caractéristiques de l'aliment qui influent sur son acceptabilité sont le plus souvent réunies sous le terme de qualités organoleptiques et concernent quatre des cinq sens de l'homme : la vue (aspect, forme, couleur...), le toucher (la texture, la consistance dans la bouche...), l'odeur et le goût.

De plus l'acceptabilité peut être influencée chez l'homme par des expériences antérieures de consommation de l'aliment (lourdeur d'estomac, flatulence, troubles intestinaux...).

La détermination de la *composition chimique* d'un aliment permet de

connaître les teneurs en différents nutriments (glucides, lipides, protéines, éléments minéraux et vitamines) et, éventuellement, en substances qui ne sont pas absorbées mais qui peuvent influencer sur la physiologie digestive (fibres, antinutriments).

La teneur en eau est le principal facteur de variation de la densité énergétique et de la densité en nutriments des tubercules. Elle détermine, en fonction des particularités anatomiques et physiologiques du tube digestif des consommateurs, les limites des quantités pouvant être ingérées.

La *disponibilité* des nutriments, c'est-à-dire leur aptitude à être absorbés et métabolisés, dépend principalement des combinaisons chimiques dans lesquelles ces nutriments sont engagés, de certains équilibres et interrelations entre eux et de la présence de substances, généralement désignées sous le terme d'antinutriments, qui peuvent perturber leur utilisation digestive et métabolique.

La qualité d'une protéine dépend de la digestibilité de l'azote contenu (rapport : N absorbé/N ingéré) et de sa valeur biologique (rapport : N retenu/N absorbé) ; souvent, elle est estimée par son indice chimique obtenu en calculant le déficit de chacun de ses acides aminés essentiels par rapport à l'acide aminé correspondant d'une protéine de référence et en retenant la valeur obtenue pour celui présentant le plus grand déficit.

Des particularités physiologiques du consommateur peuvent également influencer sur l'utilisation digestive et métabolique d'un nutriment : on parle alors de *biodisponibilité* des nutriments.

Les *propriétés physico-chimiques* que l'on peut considérer comme des éléments importants de la VN des aliments sont, d'une part, les propriétés fonctionnelles qui influent sur leur acceptabilité en modifiant la texture et, d'autre part, les caractéristiques qui déterminent la sensibilité de leurs composants à certains agents chimiques ou physiques.

Les composants des aliments dont les propriétés physico-chimiques jouent les rôles les plus importants sont l'amidon et les protéines, mais certains composants dont les teneurs dans l'aliment sont relativement faibles peuvent avoir un rôle déterminant (substances pectiques, lipides, antioxydants et émulsifiants naturels).

Dans les tubercules, le composant le plus abondant est l'amidon (60 à 90 % de la matière sèche). Les caractéristiques de la structure des grains d'amidon (taille, forme, type d'organisation cristalline...) et des macromolécules constitutives (rapport amylose/amylopectine, taux de ramification de l'amylopectine...) déterminent la plupart des propriétés physico-chimiques qui conditionnent l'acceptabilité (gonflement, solubilité et viscosité dans l'eau en fonction de la température) et l'utilisation digestive (sensibilité aux alpha-amylases).

3. INFLUENCE DES PRATIQUES CULTURALES SUR LA VALEUR NUTRITIONNELLE DES TUBERCULES

Parmi les facteurs de variation intervenant au cours des différentes phases de la culture des tubercules et susceptibles d'influer sur leur VN, on peut distinguer les événements qui échappent à la volonté humaine, principalement d'ordre climatique, et les pratiques culturelles choisies par l'homme.

Les phénomènes à caractère aléatoire ont vraisemblablement une influence notable sur la VN des aliments : des études ont montré que l'année de culture influait sur la composition chimique, sur la taille des grains et la viscosité de l'amidon et sur le délitement après cuisson de la pomme de terre (HUGUES,

1974). Dans le cas de perturbation importantes des conditions climatiques (sécheresse, inondation, températures extrêmes), les effets sont mal connus mais on peut estimer que leur importance relative en regard des autres modifications subies par la plante, en particulier les pertes de rendement, sont probablement faibles. Nous nous limiterons donc à examiner l'influence des pratiques culturales pouvant éventuellement être changées.

3.1. Choix du genre, de l'espèce et de la variété mis en culture

3.1.1. CHOIX DU GENRE (type de tubercules)

Parmi les tubercules et racines couramment cultivés et consommés au Cameroun, on peut citer le manioc (*Manihot utilisima*), les taros (*Colocasia esculenta*) et macabos (*Xanthosoma* spp), les ignames (*Dioscorea* spp), la patate douce (*Ipomea batatas*) et la pomme de terre (*Solanum tuberosum*) auxquels on a coutume d'associer la banane plantain (*Musa paradisiaca*) en raison des similitudes observées dans les modes de consommation.

Les différences d'exigences culturales, d'aptitude à la conservation, et de technologies nécessaires à leur préparation sont généralement bien connues des producteurs et des consommateurs ; par contre les différences de VN potentielle des divers types de tubercules sont moins bien perçues. Le tableau II, qui donne une estimation de la production annuelle camerounaise et des rendements estimés et potentiels en Afrique, met en évidence l'importance de ces différences en ce qui concerne les teneurs en matière sèche et en protéines brutes, le contenu énergétique et l'indice chimique des protéines.

TABLEAU II
Principales caractéristiques des productions considérées

Type de production	Production annuelle moyenne au Cameroun (milliers t)	Rendements moyens en Afrique (t/ha)	Rendements maxima observés dans le monde (t/ha)	Matière sèche g/100 g M. brute	Protéines brutes g/100 g M. brute	Energie métabolisable Kcal/100g M. brute	Indice chimique des protéines
Plantain	2 400	3,7	75	34,6	1,2	135	67
Taro	800	4,8	129	26,9	1,8	102	73
Macabo			36	35,6	2,2	137	58
Manioc	630	6,6	100	38,0	1,2	149	42
Ignames	420	10,0	60	27,1	2,4	111	58 à 85
Patate douce	68	6,1	43	31,2	1,6	121	76
Pomme de terre	26	6,4	34	22,3	1,7	82	-

Sources : BUSSON (1965) ; FAO (1968) ; FLACH (1979) ; Ministère de l'agriculture du Cameroun (1983) ; WESTPHAL (1985).

3.1.2. CHOIX DES ESPÈCES ET DES VARIÉTÉS AU SEIN D'UN MÊME TYPE DE TUBERCULES

Les différences de VN entre les différentes espèces botaniques d'un même type de production végétale ou entre les différentes variétés d'une même espèce sont considérables ; elles sont rarement prises en considération compte tenu du fait que les données rassemblées dans les tables de composition des aliments sont, le plus souvent, des moyennes établies par type de production ou par espèce.

En ce qui concerne la toxicité, de nombreuses études ont mis en évidence la variabilité d'origine génétique des teneurs en glucosides cyanogénétiques chez le manioc, en raphides (cristaux d'oxalate de calcium) chez les taros et macabos et en alcaloïdes chez les ignames et la pomme de terre.

Le choix des espèces et des variétés est également déterminant pour l'acceptabilité puisque la couleur de la chair, la tendance à l'oxydation, la texture et les teneurs en substances volatiles qui déterminent la saveur sont des caractères hautement héréditaires (HOWARD, 1974). Par ailleurs, l'origine botanique des tubercules détermine leur aptitude à la conservation et conditionne de ce fait leur acceptabilité après stockage : alors que l'on reconnaît généralement aux ignames une assez bonne aptitude au stockage, les variétés de l'espèce *D. dumetorum* ont, peu après la récolte, une VN nulle pour la consommation à l'état frais en raison de la survenue du phénomène de durcissement (TRECHE et DELPEUCH, 1982).

La variabilité d'ordre génétique de la composition chimique est considérable. Les analyses effectuées au Cameroun sur une centaine de variétés appartenant à huit espèces différentes d'ignames (AGBOR EGBE et TRECHE, 1983) ont montré l'existence d'une variabilité intraspécifique souvent aussi importante que la variabilité interspécifique (tabl. III).

TABLEAU III

Comparaison des teneurs moyennes et des coefficients de variation pour quelques éléments importants de la valeur nutritionnelle de 8 espèces d'ignames cultivées au Cameroun (les moyennes affectées d'aucune lettre commune sont significativement différentes au niveau 5 %)

Espèce	Nombre de variétés analysées	Matière sèche g/100g MB	Energie métabolisable Kcal/100g MB	Amidon g/100g MS	Protéines brutes g/100g MS	Calcium g/100g MS
<i>D. alata</i>	23	24,4 a (22)	93,1 a (23)	73,4 abc (9)	8,27 df (38)	24,1 b (40)
<i>D. bulbifera</i>	11	28,8 b (11)	110,2 b (11)	72,9 b (3)	6,29 bc (18)	23,2 b (11)
<i>D. cayenensis</i>	18	32,8 cd (11)	126,8 cd (11)	80,0 d (4)	6,09 ab (23)	14,5 a (37)
<i>D. dumetorum</i>	23	23,2 a (11)	88,3 a (11)	70,5 a (5)	9,64 f (15)	41,8 c (36)
<i>D. esculenta</i>	6	29,6 bc (9)	115,2 bc (10)	70,4 ab (4)	5,16 a (24)	25,2 b (18)
<i>D. rotundata</i>	9	33,4 d (12)	129,0 d (13)	80,2 d (3)	6,94 be (24)	17,7 a (47)
<i>D. schimperiana</i>	6	23,0 a (9)	88,0 a (9)	71,1 ab (11)	7,66 cde (18)	44,8 bc (61)
<i>D. liebrechtsiana</i>	2	36,1 d	142,8 d	80,4 cd	3,17 g	23,0 a
Moyenne des variétés	98	27,3 (21)	105,4 (21)	74,3 (8)	7,61 (33)	27,1 (53)
Moyenne des valeurs par espèce		28,9 (17)	111,6 (18)	74,9 (6)	6,63 (30)	26,8 (40)

MB : matière brute - MS : matière sèche

Pour la pomme de terre, dans les essais multilocaux et intervariétaux réalisés au Cameroun (TRECHE et AGBOR EGBE, 1985), des différences de teneurs en matière sèche, calcium et amidon ont pu être mises en évidence entre certaines des dix-sept variétés étudiées mais la variabilité est moins importante que chez les ignames probablement en raison d'une sélection plus rigoureuse des variétés.

Les propriétés physico-chimiques des amidons extraits de différentes espèces d'ignames, en particulier le gonflement, la solubilité et la viscosité en fonction de la température et la sensibilité à l'action des enzymes et de certains agents chimiques, varient de manière importante en liaison avec des différences de structure des grains d'amidon et des macromolécules constitutives qui sont sous étroit déterminisme génétique (RASPER et COURSEY, 1967 ; DELPEUCH *et al.*, 1978 ; 1980 ; TRECHE et GUION, 1979b).

Ces propriétés déterminent les types de préparations possibles et les technologies culinaires applicables aux tubercules : le manioc, la patate douce, le taro et l'igname *D. dumetorum* ont, à l'inverse de la pomme de terre, des autres espèces d'ignames et du macabo, des amidons susceptibles d'être entièrement digérés sans cuisson ; parmi les différentes espèces d'ignames, les variétés du complexe *D. cayenensis* — *D. rotundata* sont réputées pour donner des fofous ayant une bonne texture alors que celles de *D. dumetorum*, de *D. esculenta* et la plupart des variétés de *D. alata* sont impropres à ce type de préparation fort prisé des consommateurs africains.

Chez les ignames, il existe une variabilité interspécifique importante de la composition en acides aminés et de l'indice chimique des protéines (BUSSON, 1965 ; TRECHE, 1983) et, corrélativement, de la valeur biologique des protéines.

Des études *in vivo* réalisées avec des régimes contenant des farines préparées à partir de tubercules de deux espèces différentes d'ignames démontrent l'importance de l'origine botanique des tubercules sur leur utilisation digestive et métabolique (tabl. IV). Les différences de digestibilité de l'amidon liées aux propriétés physico-chimiques déjà mentionnées ont tendance à se réduire lorsque les tubercules sont cuits, mais les effets sur l'utilisation de l'azote contenu dans des régimes dont la composition en acides aminés essentiels a pourtant été ajustée aux besoins par addition d'acides

TABLEAU IV

Comparaison de l'utilisation digestive et métabolique de farines préparées à partir de *D. dumetorum* (D.d) et *D. rotundata* (D.r)

Sources		SZYLIT et al. (1977)	TRECHE et GUION (1979b)	TRECHE, 1988		TRECHE, 1988	
Sujets d'expérience		Poulets en croissance	coqs	rats en croissance		enfants (6 ans)	
Caractéristi- ques des régimes		granulés, isoazotés, équilibrés en a.a.	granulés, isoazotés, isocaloriques	semi-liquides, isoazotés, isocaloriques, isocellu- losiques, équilibrés en a.a.		farines ingérées sous forme de bouillies et de foufou	
Traitements technologiques appliqués aux ignames		séchage, mouture	séchage, mouture	séchage, mouture	cuisson, à l'eau, séchage, mouture	cuisson à la vapeur, mouture	cuisson à l'eau, séchage, mouture, cuisson de reconstitution
C.E.P. (1)	D.d	2,71	—	3,01	3,87	3,65	—
	D.r	1,08	—	2,12	3,18	3,27	—
C.U.D. amidon (2)	D.d	97,2	99,6	99,7	97,6	97,8	99,8
	D.r	68,6	82,4	42,8	93,9	95,2	99,4
C.R. azote (3)	D.d	50,2	39,4	53,3	64,7	63,1	29,6
	D.r	29,5	28,5	39,0	51,3	59,9	20,6

(1) Coefficient d'efficacité protidique (gain de poids/ingéré protidique).

(2) Coefficient d'utilisation digestive (en pour cent).

(3) Coefficient d'utilisation pratique (N retenu x 100/N ingéré).

aminés de synthèse dans la plupart des essais, subsistent quels que soient les sujets d'expérience et les procédés technologiques utilisés pour la préparation des farines. Cette différence de biodisponibilité de l'azote peut résulter, soit de l'existence d'activités antinutritionnelles que, toutefois, nous n'avons pas pu mettre en évidence, soit d'interactions avec d'autres composants des tubercules ; il est probable que, dans le cas présent, les écarts observés soient liés à des différences dans les modalités des interactions entre glucides et protides au cours de leur digestion et de leur métabolisme.

3.2. Choix du lieu de culture

Selon des études réalisées en zone tempérée sur la pomme de terre, la structure des amidons (en particulier la taille des grains), leurs propriétés physico-chimiques (T° de gélatinisation, viscosité) et, par conséquent, les caractéristiques texturales et l'acceptabilité pourraient varier de façon notable avec le lieu de culture (HOWARD, 1974 ; FAULKS et GRIFFITHS, 1983). L'influence des conditions édapho-climatiques liées à l'altitude des lieux de culture sur la composition chimique de la pomme de terre ressort des résultats du tabl. I.

Pour les tubercules tropicaux, il a été notamment établi que le lieu de culture influait sur les teneurs en amidon et en glucose des racines de manioc ainsi que sur leur teneur en glucoside cyanogénétique.

3.3. Choix des techniques culturales

3.3.1. PRÉPARATION DU SOL ET DES SEMENCES, PLANTATION ET TUTEURAGE

Bien que peu d'études aient été consacrées à l'influence des techniques culturales, autres que la fertilisation sur la VN des tubercules, plusieurs effets ont été mis en évidence : la profondeur du labour influe sur la teneur en acide cyanhydrique des racines de manioc ; la densité de plantation des semences de pomme de terre, en faisant varier le calibre des tubercules récoltés, modifie leurs teneurs en azote, phosphore et potassium ; l'irradiation et la prégermination des semences de pomme de terre provoquent dans les tubercules récoltés, respectivement, une augmentation des teneurs en sucres réducteurs et une variation de la teneur en amidon ; la culture en mélange de variétés de pomme de terre de précocité différente influe sur leur teneur en matière sèche.

Au Cameroun, pour l'igname *D. dumetorum*, des essais ont montré que les tubercules provenant de plantes tuteurées ont des teneurs en matière sèche et en amidon légèrement supérieures à celles des tubercules des plantes cultivées sans tuteurs, mais que l'âge physiologique et la grosseur des semences semblaient sans effet sur la composition chimique des tubercules fils (TRECHE et AGBOR EGBE, 1986).

3.3.2. FERTILISATION

La plupart des résultats disponibles concernant l'influence de la fertilisation sur la VN des tubercules ont été obtenus sur la pomme de terre ; ils ne peuvent pas être généralisés de façon systématique à tous les tubercules tropicaux mais ils permettent de formuler des hypothèses qui, le plus souvent, restent à vérifier.

La fertilisation azotée peut entraîner une diminution des teneurs en matière sèche et en amidon et une augmentation de la teneur en azote total et en vitamine C des tubercules ; elle pourrait modifier la composition de la fraction azotée en provoquant une augmentation des proportions d'acides aminés libres et d'acides aminés non essentiels qui serait indirectement responsable d'une diminution de l'indice chimique des protéines (PION *et al.*, 1971). Des augmentations de teneur en vitamine C ont été observées consécutivement à des apports d'engrais phosphaté ; les apports de potassium pourraient en augmenter ou diminuer la teneur selon que l'épandage se fait sous forme de sulfate ou de chlorure (FAO, 1970).

La fertilisation influencerait sur les propriétés physico-chimiques des amidons en faisant varier le rapport amylose/amylopectine et la taille des grains.

Pour la pomme de terre, l'apport de magnésium diminue significativement la tendance à la décoloration du parenchyme cortical et les teneurs en composés phénoliques ; par contre, la fertilisation azotée provoque une augmentation des composés phénoliques et du brunissement enzymatique ; les apports d'azote et de potassium ont une action sur le délitement, la farinosité, la tendreté, la couleur et la décoloration des tubercules après cuisson.

Des tests *in vitro* ont mis en évidence que la fertilisation azotée pouvait être à la fois responsable d'une augmentation de la digestibilité et d'une diminution de la valeur biologique des protéines des tubercules.

En ce qui concerne les tubercules tropicaux, il a été constaté, chez la patate douce, que la fumure azotée était responsable d'une augmentation des teneurs en matière sèche, protéines et caroténoïdes (précurseurs de la vitamine A) et d'une diminution de la teneur en fibres ; la fumure potassique diminue la teneur en matière sèche et un apport combiné de phosphore et de potassium réduit la teneur en protéines.

Par ailleurs, la fertilisation azotée serait un facteur de variation de la teneur en acide cyanhydrique des racines de manioc.

Au Cameroun, dans un premier essai effectué sur l'igname *D. rotundata* (TRECHE et GUION, 1983), il a été observé que la fumure azotée pouvait provoquer une diminution significative des teneurs en matière sèche et en amidon et une augmentation des teneurs en protéines brutes et en calcium exprimées par rapport à la matière sèche. Dans une seconde série d'essais (TRECHE, 1988) effectués avec *D. dumetorum* et *D. rotundata* et au cours desquels étaient combinés trois niveaux d'apports d'azote et de potassium, aucun effet significatif, sauf un effet dépressif du potassium sur la teneur en matière sèche des tubercules de *D. dumetorum*, n'a pu être mis en évidence.

Les résultats des essais de fertilisation sont, en fait, largement influencés par la nature des sols sur lesquels ils sont menés et ne sont pas toujours répétables. Il n'en reste pas moins que, dans certaines conditions qu'il faudrait s'attacher à définir, l'épandage d'engrais est susceptible de modifier notablement la VN des tubercules.

3.4. Choix du stade de maturité à la récolte

Concernant l'influence sur les substances toxiques, plusieurs travaux ont montré que la teneur en acide cyanhydrique des racines de manioc diminuait fortement avec l'âge de la plante.

La maturité de la plante à la récolte influe sur l'acceptabilité des tubercules fraîchement récoltés en faisant varier les teneurs en saccharose responsable du goût sucré et celles en sucres réducteurs susceptibles d'interférer avec d'autres substances à l'occasion de certains traitements technologiques ; elle modifie

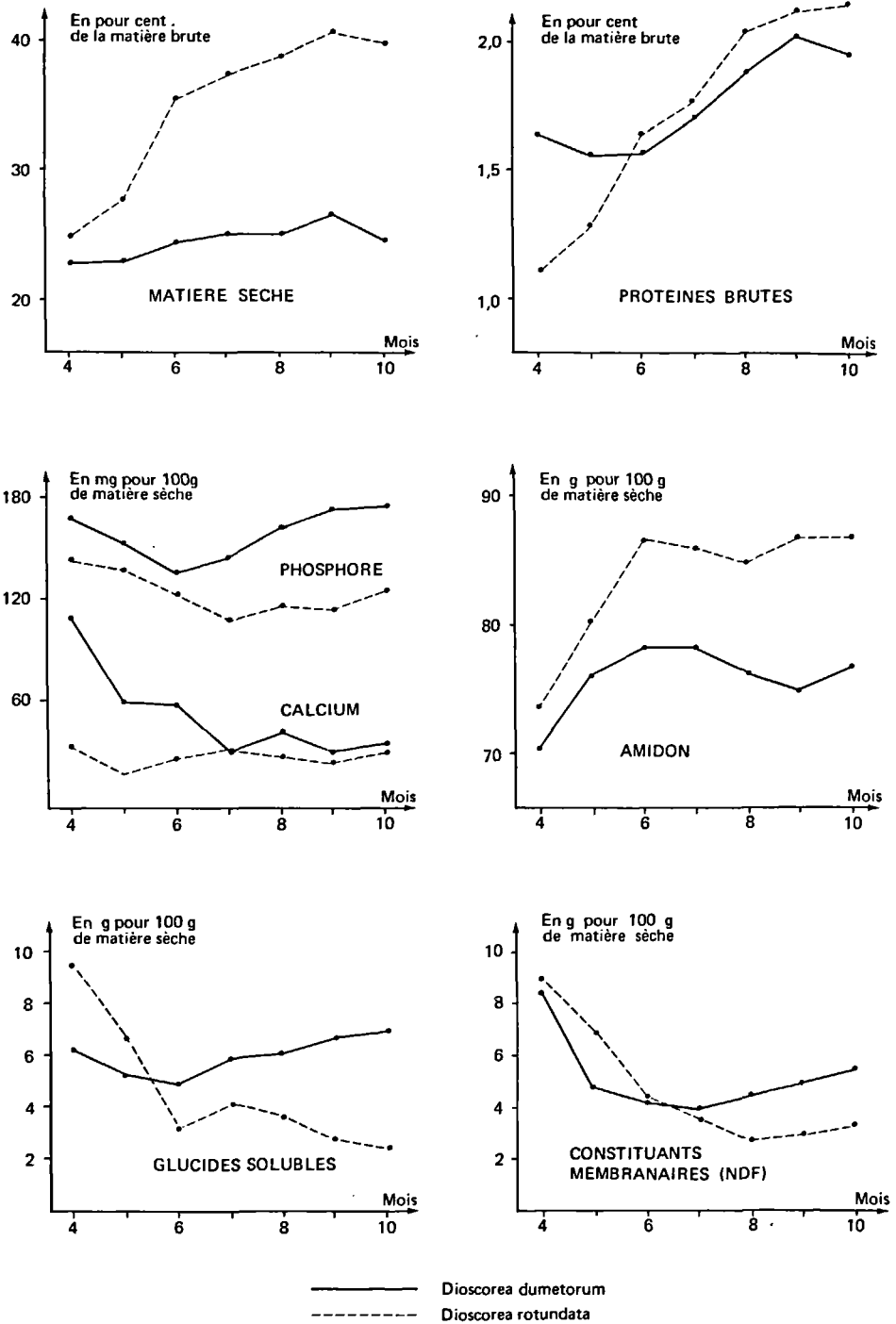


FIG. 1. — Évolution de la composition chimique des tubercules de deux espèces d'ignames en fonction de la longueur du cycle végétatif (exprimée en mois entre le stade de 50 % de levée et la récolte)

l'acceptabilité des tubercules stockés en influant principalement sur leur vitesse de déshydratation et leur intensité respiratoire.

L'influence du stade de maturité à la récolte sur la composition en nutriments, illustrée par les résultats obtenus sur deux espèces d'ignames au Cameroun (fig. 1 ; TRECHE *et al.*, 1982 ; TRECHE, 1983), est sensiblement la même pour tous les tubercules et racines envisagés : pendant la période de croissance des organes de réserve, il y a augmentation des teneurs en matière sèche, en amidon et en protéines brutes lorsqu'elles sont exprimées par rapport à la matière brute et diminution des teneurs en glucides membranaires, glucides solubles et en certains éléments minéraux exprimées par rapport à la matière sèche ; néanmoins, les courbes d'évolution ont tendance à s'infléchir ou s'inverser dès que la plante approche de sa maturité : les pratiques qui consistent à laisser dans le sol après maturité les tubercules des espèces qui ne se conservent pas (manioc, igname *D. dumetorum*) et qui permettent ainsi d'étaler leur période de consommation, s'accompagnent, en fait, de pertes notables de rendements en énergie et nutriments par rapport aux récoltes effectuées aux stades optimaux (TRECHE et GUION, 1979a). La date de récolte doit donc être soigneusement choisie en fonction des objectifs recherchés.

Sur les même espèces d'igname, on constate, lorsqu'on se rapproche du stade de maturité (tabl. V ; TRECHE, 1988) une augmentation importante du gonflement à 75 et 95 °C pour les deux espèces et de la taille des grains d'amidon pour *D. rotundata* ; les caractéristiques des courbes d'alpha-amylolyse évoluent également mais d'une manière plus complexe. Compte tenu de l'importance des variations observées, en particulier pour le gonflement, on peut s'attendre à des différences de comportement très marquées lors de l'application de certains procédés culinaires ou de traitements technologiques plus élaborés.

TABLEAU V

Influence du stade de maturité à la récolte des tubercules d'ignames sur quelques caractéristiques et propriétés physico-chimiques de leur amidon

	Durée du cycle végétatif en mois	Longueur du grand axe des grains en micron	Gonflement en g d'eau fixées pour 1g d'amidon		Caractéristiques des courbes d'alpha-amylolyse	
			75 °C	95 °C	V _i (1)	V _f (2)
<i>Dioscorea rotundata</i>	4	35,5	10,4	19,1	1,35	0,30
	5	38,2	12,0	24,1	1,30	0,23
	6	40,7	14,9	25,2	1,27	0,19
	7	47,5	19,2	36,1	1,56	0,17
	8	48,2	20,3	37,5	1,43	0,11
	9	48,4	23,8	37,3	1,44	0,15
	10	45,3	25,0	34,5	1,46	0,14
<i>Dioscorea dumetorum</i>	4	-	6,1	26,2	2,90	2,05
	5	-	9,5	28,0	2,81	2,30
	6	-	11,1	30,5	2,58	2,33
	7	-	12,7	34,9	2,37	3,17
	8	-	14,7	39,5	2,54	3,06
	9	-	18,6	38,8	2,56	2,93
	10	-	18,7	39,1	3,08	2,54

(1) Vitesse initiale en pour cent d'amidon dégradé après 5 minutes.

(2) Vitesse finale en pour cent d'amidon dégradé en une heure pendant la phase linéaire de la courbe.

L'indice chimique des protéines varie de 75 à 91 pour *D. dumetorum* et de 77 à 97 pour *D. rotundata* quand les récoltes s'échelonnent entre le cinquième et le dixième mois après la levée (TRECHE, 1983). Par contre, il n'y a pas, chez le rat en croissance, de différence de digestibilité ou de valeur biologique des protéines entre des régimes isoazotés, isocaloriques, équilibrés en acides aminés lorsqu'ils sont préparés à partir de tubercules de *D. dumetorum* récoltés, pour l'un, immatures et, pour l'autre, à maturité (TRECHE, 1988).

4. NATURE ET INTENSITÉ DES RISQUES LIÉS AUX VARIATIONS DE LA VALEUR NUTRITIONNELLE DES ALIMENTS

Bien que les mécanismes par lesquels les pratiques culturelles influent sur la VN des aliments ne soient pas tous parfaitement connus, leurs effets sont, pour ceux qui s'en préoccupent, le plus souvent prévisibles. Dès lors, le caractère aléatoire de leurs effets étant pratiquement inexistant, on peut se demander s'il est justifié de faire appel à la notion de risque à propos des variations de la VN des aliments.

En fait, les risques ne sont pas, à proprement parler, liés aux modifications envisagées jusqu'ici, mais plutôt à la méconnaissance ou à la non prise en considération de leurs conséquences au moment des prises de décision. Toute décision, si on néglige d'en envisager au préalable les effets et de la moduler en conséquence, peut avoir des effets positifs, négatifs ou nuls : c'est là qu'apparaît le caractère aléatoire et que résident les risques.

Le choix des pratiques culturelles est, en dernier ressort, l'apanage de l'agriculteur, mais celui-ci peut être influencé par les recommandations des vulgarisateurs issues des résultats de la Recherche ou contraint par des accords passés avec les acheteurs de la production. Selon le cas, l'apparition éventuelle des risques pourra être la conséquence d'un manque d'information, de négligence ou de la recherche du profit immédiat.

Pour définir les risques liés aux variations de la VN des aliments, il est nécessaire de préciser les identités des décideurs, responsables éventuels, et des victimes possibles ainsi que la nature et l'intensité des dommages éventuels.

Ces dommages, qui sont en réalité les effets des risques, peuvent être regroupés en trois catégories.

4.1. Risques de toxicité

Les consommateurs ont appris à éliminer, le plus souvent par des procédés culinaires appropriés, les substances toxiques contenues dans de nombreuses racines ou tubercules tropicaux. Toutefois, que les teneurs en ces substances auxquelles les consommateurs sont habitués à faire face viennent à changer dans des proportions importantes, ou que les procédés traditionnelles de détoxification soient abandonnés au profit de technologies nouvelles sans que soit prise en compte la variabilité des teneurs en substances toxiques, et des risques de toxicité apparaissent.

L'exemple des risques liés à la présence dans les racines de manioc de linamarine, glucoside se dégradant en acide cyanhydrique après la récolte, permet d'illustrer le problème.

Pour les consommateurs de manioc, non seulement il existe des risques d'intoxication aiguë suite à l'ingestion en une seule fois de quantité importante de cyanure mais on soupçonne aussi des effets secondaires liés à l'ingestion

régulière de faible quantité d'acide cyanhydrique ; en particulier, le manioc favoriserait l'apparition du goitre (BOURDOUX *et al.*, 1980).

Parmi les variétés de manioc, on distingue les variétés amères à teneur élevée en linamarine et les variétés douces où les teneurs sont faibles au point que les racines sont parfois consommées crues. Traditionnellement, la linamarine des variétés amères est en grande partie éliminée par le rouissage (fermentation pendant 3 à 6 jours dans de l'eau stagnante) lors de la fabrication de farine ou de « bâton », par cuisson et lavage prolongé pour la consommation à l'état frais ou par une série de procédés (pulpage, fermentation, égouttage et chauffage) dans le cas de l'élaboration du « gari ». L'efficacité de ces différents procédés est variable et, de plus, la limite entre les variétés amères et douces n'est pas nette.

L'introduction de variétés nouvelles et le choix de techniques culturales défavorables peuvent, comme nous l'avons vu, modifier considérablement les teneurs en linamarine et, par conséquent, les teneurs en acide cyanhydrique si les procédés traditionnels de détoxification s'avèrent insuffisants.

Par ailleurs, un procédé récemment mis au point (PHAN et MERCIER, 1984) qui consiste à ajouter des substances contenant des monoglycérides à la farine de manioc, permet la préparation de fofous présentant une bonne texture en évitant l'étape du rouissage. Utilisé pour des farines de manioc doux dans des unités de transformation industrielle comme le préconise ses auteurs, ce procédé présente de nombreux avantages car le rouissage est long et provoque des pertes importantes en nutriments ; la vulgarisation de ce procédé si elle est généralisée, devra, néanmoins, s'accompagner d'un contrôle sévère des variétés utilisées et, pour les variétés considérées comme douces mais à teneur limite en linamarine, des techniques culturales employées afin d'éviter les cas d'empoisonnement.

Les risques de toxicité étant principalement liés aux changements susceptibles d'être introduits dans les habitudes culturelles et de consommation, la responsabilité directe en incombe le plus souvent aux vulgarisateurs.

4.2. Risques de modification du comportement de l'aliment au cours des traitements technologiques. Influence sur l'acceptabilité

Certaines pratiques culturelles ont une influence importante sur les propriétés physico-chimiques qui conditionnent le comportement d'un aliment vis-à-vis des technologies qui lui sont appliquées, et, d'une manière plus générale, sur l'ensemble des qualités organoleptiques dont dépend l'acceptabilité de l'aliment.

Un mauvais choix des variétés, une récolte trop précoce peuvent rendre les tubercules d'igname 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 en diminuer considérablement l'acceptabilité.

Les dommages encourus seront principalement d'ordre économique et le plus souvent résulteront de décisions prises par l'agriculture. Dans le cas de projets ou de réalisations à grande échelle, en particulier pour la fabrication de farine de tubercules, une attention particulière est nécessaire car des modifications du déroulement des transformations technologiques ou des qualités organoleptiques des produits finis peuvent avoir des répercussions financières très importantes.

4.3. 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 les particularités physiologiques du consommateur, de certaines caractéristiques de l'aliment : 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 certains procédés culinaires peuvent être influencés par certaines pratiques culturelles mais la part la plus importante de leur variabilité est liée aux conditions de réalisation des traitements eux-mêmes.

Les effets des variations de composition en nutriments sont nettement plus importants. À partir des résultats obtenus au Cameroun, il est possible de faire des estimations des variations relatives du contenu énergétique et des teneurs en protéines et calcium consécutives aux choix des pratiques culturelles (tabl. VI). Ces variations, qui ne sont pas obligatoirement des variations maxima, mais qui sont celles observées dans nos essais, s'élèvent jusqu'à 30 % pour le contenu énergétique et presque 50 % pour les teneurs en protéines brutes et calcium.

En ce qui concerne la disponibilité des nutriments, les variations notables de l'indice chimique des protéines en fonction de l'espèce, de la fertilisation et

TABLEAU VI

Estimations des variations relatives du contenu en énergie, protéines et calcium d'une même quantité de matière brute comestible en liaison avec le choix des pratiques culturelles

Sources	Facteur de variation	Termes de la comparaison	Variations du contenu en : (1)		
			Energie	Protéines	Calcium
ACBOR EGBE et TRECHE (1983)	Choix de l'espèce d'ignames	a : Moyenne D. alata b : Moyenne du complexe D. cay.-D. rot.	+ 37%	+ 5 %	- 13%
	Choix de la variété pour D. cay.-D. rot.	a : Variété ex baribo b : Moyenne des autres variétés du complexe	+ 31%	- 5%	+ 35%
TRECHE et ACBOR EGBE (1985)	Lieu de culture pour la pomme de terre	a : 700 m d'altitude b : 1600 m d'altitude	+ 33%	- 4%	- 36%
TRECHE et GUION (1983)	Fertilisation azotée pour D. rotundata	a : 0 unité/ha b : 100 unités/ha	- 6%	+ 14%	+ 49%
TRECHE et GUION (1979 a)	Durée du cycle D. rotundata	a : 7 mois b : 10 mois	+ 14%	+ 48%	+ 9%
	Durée du cycle D. dumetorum	a : 7 mois b : 10 mois	+ 5%	+ 34%	- 24%
	Durée du cycle (macabo)	a : 7 mois b : 10 mois	+ 12%	+ 17%	n.d.

(1) valeur de $(b - a) \times 100/a$

de la date de récolte ont été signalées. Par ailleurs, 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 (tabl. IV). Les conséquences pratiques de tels écarts sont difficiles à évaluer mais il est probable que des différences apparaîtraient dans l'état nutritionnel de jeunes enfants en fonction du type de farine consommé si des quantités tout juste suffisantes pour couvrir leurs besoins théoriques en acides aminés indispensables leur étaient distribuées sur une longue période.

À 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. Ces estimations se font plus ou moins consciemment et de manière plus ou moins rigoureuse.

La personne qui ingère sa portion d'aliment de base, l'agriculteur qui prélève sur sa récolte ce qu'il juge nécessaire pour l'autoconsommation de sa famille, la ménagère qui fait son marché, 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 de référence, il y a risque de surestimation des potentialités nutritionnelles de l'aliment.

Le planificateur qui fixe les objectifs de production ou contrôle l'approvisionnement des grandes villes, le diététicien qui recommande les quantités à consommer et établit des menus, le chercheur qui, pour la réalisation d'études qui serviront par la suite à orienter les politiques agricole et sanitaire, a besoin de connaître les quantités de nutriments ingérées par un groupe de population, utilisent des tables de composition chimique ; ces tables donnent des valeurs moyennes qui ne permettent pas de prendre en compte la totalité des facteurs de variation de la VN des aliments et peuvent être à l'origine d'erreurs importantes.

Les risques liés aux modifications du contenu en énergie et en nutriments disponibles des aliments bruts peuvent avoir des effets plus ou moins importants selon les situations dans lesquelles ils se manifestent.

En zone rurale où l'autoconsommation reste la règle, les régimes sont souvent peu diversifiés et, comme le montrent les résultats des enquêtes de MASSEYEFF *et al.* (1958) au Cameroun, de IDUSOGIE et OLAYIDE (1937) au Nigeria et de CRESTA (1984) au Congo, un seul type de tubercules peu fournir plus de 80 % des apports énergétiques. Toute diminution de la VN de l'aliment de base, suite à un changement de variété ou de techniques culturales, est alors susceptible d'avoir des effets notables sur l'état nutritionnel. Une simple augmentation de la teneur en eau peut, compte tenu des limites aux possibilités d'ingestion des consommateurs, avoir des répercussions importantes. Ce type d'effet se manifeste principalement à un niveau individuel ou familial.

Dans le cas de régimes plus diversifiés, en particulier en zone urbaine où les vivres consommées sont le plus souvent achetées 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 certaines vivres proposées aux consommateurs peut se trouver abaissé ; les effets seront notables lorsque plusieurs productions seront affectées simultanément ou lorsque la réduction de la VN de l'aliment se manifesterait dans des situations où les disponibilités alimentaires sont limitées : des différences de contenu en

énergie et nutriments disponibles de l'ordre de 10 à 20 % peuvent, si elles ne sont pas compensées par une augmentation des quantités ingérées, faire basculer les couches les plus vulnérables d'une population d'un état nutritionnel satisfaisant dans un état de sous-nutrition chronique ou de sub-carence spécifique en certains nutriments.

5. RÉPONSES AUX RISQUES

Si l'on admet que les risques liés aux modifications de la VN des aliments apparaissent au moment des prises de décision, il suffit, pour les réduire, de faire en sorte que les décideurs, à tous les niveaux, soient informés des conséquences possibles de ces variations et fortement encouragés à en tenir compte :

— Les agronomes qui sélectionnent des variétés, déterminent les taux optima d'engrais ou comparent les effets des techniques culturales ne doivent pas considérer uniquement les caractéristiques purement agronomiques : le critère de rendement en produit brut à l'hectare doit être remplacé par le rendement en matière sèche comestible ou en énergie à l'hectare et, lorsque les productions étudiées sont destinées à couvrir une part importante des besoins en certains nutriments, le rendement de ce nutriment à l'hectare (protéines, éléments minéraux). Le calcul de ces critères, pour les tubercules, nécessite la mesure des rendements bruts à l'hectare, du rendement l'épluchage, de la teneur en matière sèche et éventuellement des teneurs en nutriments intéressants. Des équations de régression comme celles que nous avons établies au Cameroun permettent de calculer l'énergie métabolisable (En) en kilocalories pour 100 g. de matière brute comestible de tubercules connaissant leur teneur en matière sèche (Ms) exprimée en g. pour 100 g. de matière brute :

* pour la pomme de terre : $En = 4,068 Ms - 6,01$ ($r = 99,7$)

* pour les ignames : $En = 4,000 Ms - 4,32$ ($r = 99,8$)

Par ailleurs les agronomes doivent veiller à ce que les variétés sélectionnées et les techniques culturales proposées aboutissent à des produits dont les caractéristiques soient compatibles avec les technologies traditionnelles où s'intéresser, en collaboration avec les spécialistes des sciences des aliments, à définir les conditions du transfert ou de l'élaboration de technologies nouvelles adaptées aux produits et permettant la mise à disposition des consommateurs d'aliments conformes à leurs habitudes alimentaires.

Dans leurs programmes de sélection, les Centres Internationaux de Recherche Agronomique s'intéressent de plus en plus à l'acceptabilité et à la toxicité éventuelle des productions végétales, mais ils ne considèrent plus l'amélioration des teneurs en protéines et de la qualité des ces protéines comme des objectifs prioritaires (RYAN, 1984). Cette décision paraît justifiée lorsque la faible héritabilité des caractères et la prépondérance des facteurs environnementaux sur les facteurs génétiques rendent les résultats illusoires, que les efforts nécessaires sont incompatibles avec une sélection axée sur d'autres caractères importants ou que les productions considérées sont destinées à être consommées dans des régimes très diversifiés (BRESSANI, 1984). Toutefois, des vérifications du contenu en nutriments doivent être faites régulièrement : le premier exemple donné en introduction est là pour le rappeler.

— Les planificateurs, les éducateurs et, en général, tous ceux qui utilisent les données des tables de composition des aliments élaborées jusqu'à maintenant pour prendre des décisions ou formuler des recommandations,

doivent adopter une attitude critique vis-à-vis de ces données, intégrer le maximum d'information permettant de prendre en compte la variabilité de la VN des aliments et prévoir des marges de sécurité dans le calcul des quantités d'aliments nécessaires pour atteindre les objectifs nutritionnels fixés. À chaque fois que cela est possible, les paramètres utilisés pour les comparaisons d'ordre économique (prix de revient, durée de travail nécessaire...) devraient être calculés par rapport aux quantités d'énergie ou de nutriments disponibles dans les aliments produits et non pas par rapport à leurs poids bruts.

— Les agriculteurs doivent être informés des conséquences de toutes les modifications des pratiques culturales et contraints de préciser les conditions de production de leurs récoltes commercialisées lorsque les pratiques culturales utilisées sont susceptibles de faire varier sensiblement la VN des aliments.

Comme dans les pays industrialisés où les produits agricoles sont de plus en plus standardisés (calibrage et utilisation spécifique des variétés dans le cas de la pomme de terre) et normalisés (indication des teneurs maxima ou minima en certains nutriments et en différentes substances), il est souhaitable qu'une législation soit élaborée pour fixer des normes nutritionnelles à certaines productions tropicales (teneurs maxima en eau, minima en protéines... dans le cas des tubercules) et que l'on cherche à diminuer leur variabilité. Des normes relatives à certaines composantes de leur VN ont déjà été élaborées pour la farine de manioc et pour certaines céréales africaines par diverses institutions encouragées par les organismes internationaux comme la FAO et l'OMS. Il est souhaitable que cette initiative soit généralisée aux principaux produits vivriers et que ces normes, après avoir été reconnues internationalement, soient effectivement utilisées.

Des services de contrôle de la VN des aliments doivent être créés non seulement pour dépister les pratiques frauduleuses mais surtout pour permettre de se rendre compte rapidement des modifications de la VN des aliments susceptibles d'avoir des répercussions sur l'état nutritionnel et, de manière plus générale, sur la santé des consommateurs.

La diversification de l'alimentation est, sans doute, la réponse la plus sûre ; mais elle est probablement la plus difficile à mettre en œuvre car elle suppose des possibilités d'échanges de vivres entre différentes zones écologiques, une amélioration des conditions de stockage des aliments et surtout un changement dans les habitudes de consommation de populations qui sont généralement très attachées à leur aliment de base.

6. CONCLUSION

Il est généralement reconnu que, dans la plupart des pays à la recherche de leur indépendance alimentaire, la sécurité alimentaire passe, actuellement, avant tout par une augmentation de la production vivrière globale et par une meilleure répartition géographique et sociale de cette production. Mais il ne faudrait pas considérer uniquement les aspects quantitatifs de la production et de la répartition des aliments et s'intéresser également aux aspects qualitatifs : la fonction première d'un aliment n'est pas de figurer dans des statistiques de production ou de consommation mais plutôt de couvrir les besoins en énergie et en nutriments des consommateurs en respectant leurs particularités physiologiques et leurs habitudes de consommation.

En dépit des efforts des pays concernés, il existe actuellement des situations où les disponibilités alimentaires sont quantitativement limitées ; à l'avenir il

est probable que dans certaines régions, l'augmentation de la production par extension des surfaces cultivées ou amélioration des rendements bruts se révèle illusoire en raison de la dégradation des sols, de la détérioration des conditions climatiques, de la généralisation des guerres et des désordres socio-économiques ou, insuffisante en face de l'expansion démographique. Le contrôle et l'amélioration de la VN des aliments s'avéreront alors le complément indispensable à l'augmentation des productions pour maintenir et accroître la disponibilité en énergie et en nutriments per capita.

Dans les zones tempérées, un long effort de Recherche a permis de maîtriser et améliorer conjointement les rendements bruts des pommes de terre et leurs qualités technologique, culinaire et nutritionnelle et a abouti à une standardisation et une normalisation de leur production (GRISON, 1983). En Afrique où les modes de production sont restés traditionnels, les caractéristiques agronomiques et alimentaires des tubercules continuent à présenter une grande variabilité.

En raison des changements de modes de vie lui accompagnent l'urbanisation, il est à prévoir que les exigences des consommateurs africains concernant les qualités des aliments se feront de plus en plus précises : afin d'éviter les pertes de temps et d'argent, ils demanderont à ce que les aliments proposés sur les marchés présentent les caractéristiques optimales pour la réalisation de leurs plats traditionnels ; une standardisation des différentes productions sera alors indispensable ce qui aura l'avantage de faire disparaître la plupart des risques envisagés.

Les pratiques culturales ne sont pas les seuls facteurs de variation de la VN des tubercules : les conditions de stockage et les transformations technologiques peuvent être à l'origine de modifications encore plus fortes. Il existe, par ailleurs, des interactions importantes entre tous ces facteurs de variation : l'origine botanique détermine le comportement des tubercules depuis la mise en culture jusqu'à l'utilisation métabolique de ses nutriments ; les techniques culturales influent fortement sur l'aptitude à la conservation ; le comportement des tubercules au cours des procédés technologiques dépend pour beaucoup des propriétés physico-chimiques des amidons elles-mêmes largement influencées par l'histoire culturale et les conditions de stockage des tubercules. Malheureusement, les études effectuées jusqu'à maintenant sur les facteurs de variation de la VN des tubercules sont encore incomplètes et le plus souvent menées isolément ce qui ne permet pas d'envisager les interactions entre les effets des différents facteurs de variation.

La connaissance et la maîtrise de la VN des principaux produits vivriers africains sera donc, à l'avenir, nécessaire non seulement pour rendre moins aléatoire la couverture des besoins quantitatifs en énergie et en nutriments, mais aussi pour répondre aux aspirations des consommateurs concernant la qualité de leurs aliments traditionnels.

Le développement des recherches pour la maîtrise des facteurs de variation de la VN des aliments tropicaux, en particulier des tubercules, nécessite une concertation entre différentes disciplines et entre organismes répartis dans plusieurs zones écologiques afin de pouvoir confronter les résultats obtenus sur du matériel végétal diversifié et dans différentes conditions de production. Par ailleurs, pour être pleinement valorisés, les résultats devront être rassemblés dans des banques de données permettant aux utilisateurs de tenir compte, pour chacune des composantes de la VN des informations qu'ils auront pu recueillir sur les modes de production, de conservation et de consommation.

Ne pas donner un développement suffisant à ce type de recherches et à la vulgarisation de leurs résultats ferait courir le risque d'être privé, à terme, d'un

outil nécessaire à la maîtrise de la sécurité alimentaire de populations qui resteront, pour des raisons écologiques mais aussi historiques, affectives et culturelles, dépendantes de leurs aliments traditionnels.

BIBLIOGRAPHIE

- AGBOR EGBE (T.) et TRECHE (S.), 1983. — Variability in the chemical composition of yams grown in Cameroon, *Proc. 2nd triennial Symp. ISTRC-AB*, Douala, Cameroun, IDRC-221^e : 153-156.
- BOURDOUX (P.), DELANGE (F.), GERARD (M.), MAFUTA (M.), HANSON (A.) et ERMANS (A. M.), 1980. — Antithyroid action of cassava in humans, in : *Role of cassava in the ethiology of endemic goitre and cretinism*, IDRC-136^e, Ermans, Mbulamoko, Delange et Ahluwalia ed. Ottawa : 61-68.
- BRESSANI (R.), 1984. — Incorporating nutritional concerns into the specification of desired changes in commodity characteristics in international agricultural research, in : *International Agricultural Research and Human Nutrition*, IFPRI, Pinstrip-Andersen, Berg et Forman ed. Washington : 245-264.
- BUSSON (F.), 1965. — Plantes alimentaires de l'ouest africain, Leconte ed. Marseille, 568 p.
- CRESTA (M.), 1983. — La consommation alimentaire en milieu rural : résultats des enquêtes dans les districts d'Ewo et de Kindamba, communication présentée au séminaire régional sur l'alimentation et la nutrition, Brazzaville, Congo.
- DELPEUCH (F.) et FAVIER (J. C.), 1980. — Caractéristiques des amidons de plantes alimentaires tropicales : action de l'alpha-amylase, gonflement et solubilité, *Ann. Technol. Agric.* XXIX : 53-57.
- DELPEUCH (F.) FAVIER (J. C.) et CHARBONNIÈRE (R.), 1978. — Caractéristiques des amidons de plantes alimentaires tropicales, *Ann. Technol. Agric.*, XXVII : 809-826.
- F.A.O., 1968. — Food composition table for use in Africa, Rome, Italie, 306 p.
- F.A.O., 1970. — Effets des engrais sur la qualité des pommes de terre et des plantes racines, *E.C.A.* : 17/70, n° 9, 34 p.
- FAULKS (R. M.) et GRIFFITHS (N. M.), 1983. — Influence of variety, site and storage on physical, sensory and compositional aspects of mashed potatoes, *J. Sci. Food Agric.*, XXXIV : 979-986.
- FLACH (M.), 1979. — Écological competition among the main moisture rich starchy staples in the tropics and subtropics, *Proc. 5th Int. Symp. Trop. Root Crops*, Manille Philippines : 345-375.
- GRISON (C.), 1983. — La pomme de terre. Caractéristiques et qualités alimentaires, APRIA ed. Paris, 292 p.
- HOWARD (H. W.), 1974. — Factors influencing the quality of ware potatoes. 1. The genotype, *Potato Res.*, XVII : 490-511.
- HUGUES (J. C.), 1974. — Factors influencing the quality of ware potatoes. 2. Environmental factors, *Potato Res.*, XVII : 512-537.
- IDUSOGIE (E. O.) et OLAYIDE (S. O.), 1973. — Role of roots and tubers in nigerian nutrition and agricultural development, *Proc. 3rd Int. Symp. Trop. Root Crops*, Ibadan, Nigeria : 177-186.
- MASSEYEFF (R.), PIERME (M. L.) et BERGERET (B.), 1958. — Enquêtes sur l'alimentation au Cameroun. II. Subdivision de Batouri, *document multigraphié* Orstom, 181 p.
- Ministère de l'Agriculture, République du Cameroun, 1983. — Annuaire de statistiques agricoles 1981-1982.
- PHAN (T. H.) et MERCIER (C.), 1984. — Amélioration de la composition et de la texture du plat traditionnel africain le fofou par addition de monoglycérides au manioc, *Sci. Aliments*, IV : 109-120.
- PION (R.), HALGA (P.) et COIC (Y.), 1971. — Influence de la fertilisation azotée sur la composition en acides aminés du tubercule de pomme de terre, rapp. commun de la station d'études des métabolismes (CRVZ, Theix) et de la station de Physiologie végétale (CNRA, Versailles) de l'INRA, France, 22 p.
- RASPER (V.) et COURSEY (D. G.), 1967. — Properties of starches of some west african yams, *J. Sci. Food Agric.*, XVIII : 240-244.
- RYAN (J. G.), 1984. — The effects of the International agricultural research centers on human nutrition. Catalog and commentary, in : *International Agricultural Research and Human Nutrition*, IFPRI, Pinstrip-Andersen, Berg et Forman ed. Washington : 199-223.
- SZYLIT (O.), BORGIDA (L. P.), BEWA (H.), CHARBONNIÈRE (R.) et DELORT-LAVAL (J.), 1977. — Valeur nutritionnelle, pour le poulet en croissance, de cinq amylacés tropicaux en relation avec quelques caractéristiques physicochimiques de leur amidon, *Ann. Zootech.*, XXVI : 547-564.

- TRECHE (S.), 1983. — Évolution 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), n° 4-5 : 63-75.
- TRECHE (S.), 1988. — Contribution à l'étude des potentialités nutritionnelles des ignames (*Dioscorea* spp.). Thèse de Doctorat es-sciences, Université des Sciences et Techniques du Languedoc.
- TRECHE (S.) et AGBOR EGBE (T.), 1985. — Influence du lieu de culture et de la variété sur la valeur nutritionnelle de la pomme de terre au Cameroun, *Revue Science et Technique* (Sci. Santé), tome 2, n° 1-2 : 21-31.
- TRECHE (S.) et AGBOR AGBE (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), Tome 3, n° 1-2 : 147-158.
- TRECHE (S.) et DELPEUCH (F.), 1982. — Le durcissement de *Dioscorea dumetorum* au Cameroun, in : Yams — Ignames, Miegé et Lyonga ed. Clarendon Press Oxford : 294-311.
- TRECHE (S.), GALLON (G.) et JOSEPH (A.), 1982. — Évolution 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), n° 3 : 69-79.
- TRECHE (S.) et GUION (P.), 1979a. — Étude des potentialités nutritionnelles de quelques tubercules tropicaux au Cameroun, *Agron. Trop.*, XXXIV : 127-156.
- TRECHE (S.) et GUION (P.), 1979b. — Nutritional repercussions of the differences in physicochemical characteristics of starches of two yam species grown in Cameroon, in : *Proc. 5th Int. Symp. Trop. Root Crops*, Manille, Philippines : 259-279.
- TRECHE (S.) et 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), n° 4-5 : 77-92.
- WESTPHAL (E.), 1985. — Cultures vivrières tropicales avec référence spéciale au Cameroun, prudoc ed. Wageningen.