

Influence de la variété et de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage sur l'aptitude à la transformation des racines de manioc

Effects of variety and sequence of performing peeling and retting on cassava root processing

E. AVOUAMPO *, **G. GALLON ****, **S. TRECHE *****

** Département de Transformation Agro-alimentaire, Agricongo, Brazzaville (Congo)*

*** Laboratoire de Nutrition Tropicale (UR 44), Centre ORSTOM, Montpellier (France)*

**** Laboratoire d'Etudes sur la Nutrition et l'Alimentation (UR 44), Centre DGRST-ORSTOM, Brazzaville, Congo.*

- Résumé -

Afin de comparer les aptitudes à la transformation en chikwangué et en farine à fofou de huit variétés de manioc cultivées au Congo, nous avons mesuré, sur des lots de racines épluchées avant ou après rouissage, les durées d'épluchage et les bilans massiques des transformations et comparé les caractéristiques organoleptiques des fofous et chikwangués obtenus.

La durée d'épluchage peut varier du simple au triple selon la variété. Pour trois variétés, l'épluchage était plus rapide lorsqu'il était réalisé après rouissage, mais pour deux autres il s'est avéré plus facile d'éplucher avant rouissage.

Les rendements réels (kg de matière sèche récupérée pour 100 kg de MS comestible) de la transformation en chikwangués varient de 26 à 51 selon les variétés lorsque les racines sont épluchées avant rouissage et de 32 à 61 dans le cas contraire. Pour six variétés sur huit, ce rendement s'est révélé meilleur quand l'épluchage était effectué après rouissage. Les rendements réels de la transformation en fofou sont très nettement supérieurs à ceux de la transformation en chikwangué : ils varient de 56 à 69 lorsque les racines sont épluchées avant rouissage et de 71 à 79 dans le cas contraire.

Pour toutes les variétés, on a pu mettre en évidence un effet favorable, plus marqué pour les fofous que les chikwangués, de l'épluchage avant rouissage sur les caractéristiques organoleptiques des produits transformés.

En définitive, la pénibilité de l'épluchage, le rendement des transformations et la qualité des produits finis varient en fonction des variétés et de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage.

- Abstract -

In order to compare the ability of 8 cassava varieties cultivated in the Congo to be processed into chikwangué and cassava flour, the duration of time used in peeling the roots before or after retting and mass balance during processes were determined and the organoleptic characteristics of fufu and chikwangué obtained from roots peeled before or after retting were compared.

The duration of time used in peeling could vary from once to triple according to the variety. For 3 varieties out of 8, peeling was faster when it was done after retting, but for 2 others it was found to be easier before retting.

The net output (kg dry matter recovered 100g⁻¹ dry edible material) during processing into chikwangué varied from 26 to 51 according to the varieties when the roots were peeled before retting and 32 to 61 when the roots were peeled after. For 6 out of 8 varieties the net output was better when peeling was done after retting. The net outputs during processing into fufu were higher than those of chikwangué : it varied from 56 to 69 when the roots were peeled before retting and from 71 to 79 when they were peeled after.

For most of the varieties, peeling before retting had an positive effect, which was more accentuated for fufou than chikwangué, on organoleptic qualities of processed products.

The duration of time used in peeling, the processing yields and the quality of final products therefore varied as a function of variety and order in which peeling and retting was done. Moreover, certain processing methods were more or less adapted to the type of variety according to the order in which peeling and retting were done.

A strict collaboration between agronomists who select and multiply varieties and food technologists capable of defining their ability to undergo technological processes is therefore indispensable.

Introduction

Le rendement de la transformation des racines de manioc en produits transformés et la qualité de ces derniers dépendent de nombreux facteurs. Parmi ceux-ci l'origine variétale et les modalités de rouissage sont couramment citées par les préparatrices traditionnelles.

Compte tenu de l'existence au Congo de nombreuses variétés de manioc tant dans les stations agronomiques qu'en milieu paysan et compte tenu de la diffusion progressive de la technique d'épluchage des racines après rouissage (Trèche et Massamba, 1995), nous avons étudié l'influence de la variété et de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage sur les durées d'épluchage, les bilans massiques des transformations et les caractéristiques organoleptiques des produits transformés les plus couramment obtenus au Congo : les farines à fougou et les chikwanges (Massamba et Trèche, 1995).

Matériels et méthodes

1. Matériels

Les racines utilisées ont été récoltées 12 mois après leur plantation ; elles proviennent d'essais inter-variétaux de rendement menés en 1989 dans le cadre d'un projet financé par le Fond français d'aide et de coopération (FAC) sur la ferme d'état de Mantsoumba dans la vallée du Niari à 250 km au sud-ouest de Brazzaville.

Huit variétés d'origines locale ou importée ont été comparées : Moudouma (V1), Gantsa (V2), Zanaga 2 (V3), Dikonda (V4), F100 (V5), Pembé (V6), 42M8 (V7) et TMS30507 (V8).

Pour chaque variété, deux tas de racines de 30 à 40 kg ont été constitués aussitôt après la récolte. Le premier a été transformé en farine à fougou sur le site même de Mantsoumba (sauf pour la variété F100 pour laquelle la quantité de racines disponible était insuffisante) ; le second a été transporté jusqu'à la station Agricongo de Kombe (17 km de Brazzaville) dans les 24 heures qui ont suivi la récolte et transformé en chikwange.

Chaque tas a été divisé en deux lots : les racines du premier ont été épluchées avant le rouissage qui a duré 5 jours ; celles du second ont été épluchées après le rouissage qui s'est prolongé pendant 7 jours de façon à obtenir des racines dont l'état de ramollissement était comparable à celui des racines de l'autre lot. A l'exception de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage et de la durée de rouissage, les autres techniques utilisées pour transformer les deux lots de chacune des variétés ont été identiques. Les modes de transformations utilisés tant pour la production de farine que celle de chikwange sont ceux qui mettent en œuvre les procédés et les techniques les plus couramment utilisés au Congo (Trèche et Massamba, 1995).

2. Mesure des durées d'épluchage et bilans massiques

La détermination des durées d'épluchage a été effectuée dans des conditions standardisées sur les lots de racines de 25 à 30 kg ayant servi à la production de chikwanges : 4 ouvrières bénéficiant de temps de repos entre deux mesures ont été chronométrées pendant qu'elles épluchaient les racines en utilisant l'outil de leur choix (couteau ou machette). Le nombre de racines et le poids de chaque lot ont été mesurés de façon à calculer le poids moyen des racines de chaque lot.

Les bilans massiques sur la base de la matière brute (rendements bruts) ont été réalisés en pesant à 10 g près les produits finis et les produits intermédiaires à différentes étapes des transformations : racines épluchées, rouies et égouttées dans des conditions standards pour les deux modes de transformation ; farines dans le cas de la transformation des racines en farine à fougou ; pâte défibrée et égouttée, d'une part, et chikwanges, d'autre part, dans le cas de la transformation des racines en chikwange.

Des déterminations de teneur en matière sèche dans les produits intermédiaires et les produits finis ont permis de calculer des rendements réels qui ramènent la quantité de matière sèche encore disponible à la quantité de matière sèche comestible contenue dans les racines brutes.

3. Préparation et prélèvement des échantillons

Tant dans les lots de racines restés à Mantsoumba que dans ceux transportés à Brazzaville, 6 racines ont été prélevées au hasard pour détermination de leur teneur moyenne en matière sèche.

Par ailleurs, des échantillons représentatifs ont été prélevés aux niveaux des produits intermédiaires et des produits finis aux différentes étapes des transformations précisées dans le paragraphe précédent.

Les farines prélevées ont fait, en outre, l'objet de déterminations du pH, de l'acidité totale et de teneurs en protéines, fibres, cendres et cyanures totaux.

4. Analyses chimiques

Les teneurs en matière sèche ont été déterminées par dessiccation à l'étude à 105 °C pendant 48 heures de prises d'essais d'environ 50 g.

La détermination de la composition chimique des 14 farines obtenues a été réalisée selon les méthodes suivantes :

- les protéines brutes par la méthode Kjeldahl ($N \times 6,25$) ;
- les cendres par incinération au four à 540 °C ;
- les fibres (cellulose + lignine) par la méthode au détergent acide de Van Soest (1963) ;
- les composés cyanés totaux par la méthode de Cooke (1979) ;
- le pH et acidité totale par mesures au pHmètre et titrimétrie effectuées en double sur une solution obtenue après filtration de suspension de 10 g de farine dans un volume final de 100 ml.

5. Tests d'évaluation sensorielle

Ces tests ont été réalisés dans l'unité d'évaluation sensorielle installée sur la station Agricongo de Kombe en utilisant 12 panélistes entraînés.

Les farines ont été comparées après préparation, selon les techniques traditionnelles, sous forme de fofous. Ceux-ci ont été obtenus en jetant les farines dans de l'eau bouillante, en remuant énergiquement sur le feu pendant une quinzaine de minutes et en rajoutant éventuellement un peu d'eau pour amener les fofous à la consistance désirée. Les fofous testés ont eu une teneur en matière sèche moyenne de 35,7 g/100 g MS (de 31,3 à 39,1). Les chikwanges ont été découpées en morceaux de taille comparable à ceux distribués dans les assiettes lors des repas pris dans les ménages.

Les tests ont consisté en des épreuves de notation. A l'occasion de plusieurs séances et dans un ordre aléatoire pour éviter la fatigue des panélistes, les portions de fofou (14 fofous différents) ou les morceaux chikwanges (16 chikwanges différentes) correspondant à chaque variété et à chaque ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage ont été présentés à deux reprises aux 12 panélistes entraînés. Les panélistes devaient donner des appréciations qui étaient ensuite transformées en notes allant de 1 (très mauvais) à 7 (très bon) pour la couleur, son élasticité et l'impression générale laissée par le produit.

Les notes ont ensuite été comparées par analyse de variance en utilisant le logiciel STATITCF : le dispositif utilisé pour la comparaison des fofous est un dispositif factoriel $2 \times 7 \times 12$ (ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage ; variété ; panéliste) en 2 blocs correspondant à la première et à la seconde fois que chaque produit était présenté aux panélistes ; celui ayant servi à la comparaison des chikwanges est un dispositif factoriel $2 \times 8 \times 12$ en 2 blocs.

Résultats

1. Durée et rendement de l'épluchage

Les durées moyennes (\pm écart-type de la moyenne) d'épluchage sont, respectivement, pour les racines épluchées avant et après rouissage de 194 ± 21 et 151 ± 23 secondes/Kg. Bien que relativement importante, cette différence n'est pas significative (test de Student sur valeurs appariées) dans la mesure où il existe une grande variabilité entre variétés (de 106 à 270 s/kg lorsque les racines sont épluchées avant ; de 87 à 298 s/kg lorsqu'elles sont épluchées après) et que pour 2 d'entre elles (V2 et V8), l'épluchage avant rouissage s'est révélé plus rapide que l'épluchage après (figure 1).

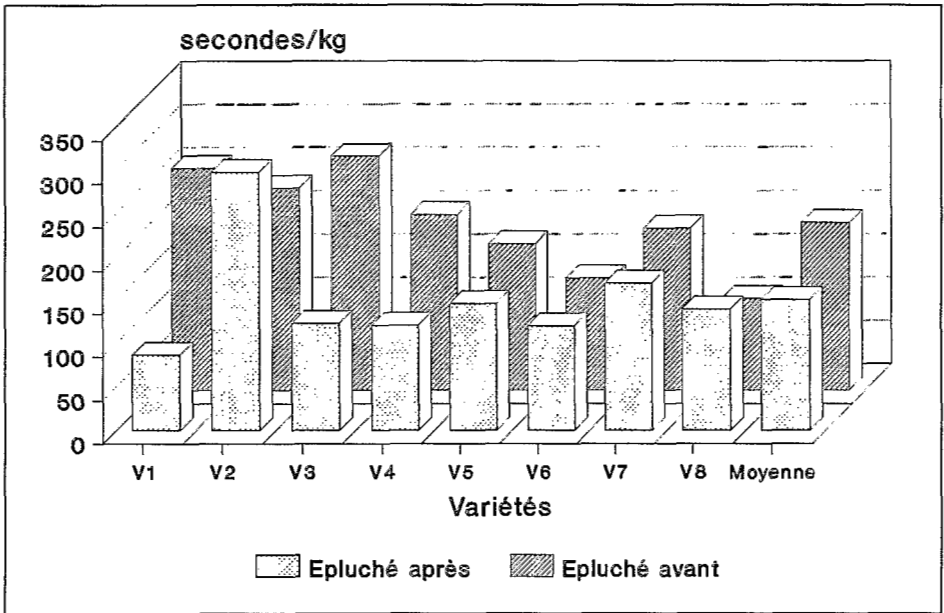


Figure 1

Variation de la durée d'épluchage des racines en fonction de la variété et de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage.

En moyenne, les rendements à l'épluchage sont significativement ($P < 0,01$) plus élevés lorsque les racines sont épluchées avant rouissage ($80,5 \pm 1,4$) qu'après un rouissage de 7 jours ($73,6 \pm 1,3$), mais pour une variété (V5) sur les 8 étudiées l'inverse a été observé (figure 2). Toutefois, les rendements mesurés avant et après rouissage sont difficilement comparables dans la mesure où, même si les rendements mesurés après rouissage correspondent au rapport entre le poids des racines épluchées et celles des racines rouies égouttées, l'état d'hydratation superficielle des racines est différent de celui des racines épluchées avant rouissage. Il est cependant probable que, pour la plupart des variétés, l'écorce interne se détache plus facilement du cylindre central lorsque la racine est ramollie.

Pour des modalités de rouissage identiques, le rendement peut varier de façon relativement importante selon la variété puisque les valeurs calculées s'échelonnent entre 71,9 et 84,0 pour les racines épluchées avant rouissage et entre 69,8 et 79,4 pour les racines épluchées après.

Si l'on recherche les liaisons existant entre la durée d'épluchage, le rendement à l'épluchage et le poids moyen des racines, les seules corrélations significatives mises en évidence sont une corrélation négative ($-0,66$) entre la durée d'épluchage et le poids moyen des racines lorsqu'elles sont épluchées avant rouissage et une corrélation négative entre la durée d'épluchage et le rendement à l'épluchage lorsqu'elles sont épluchées après rouissage. Il semble donc que les racines non rouies sont d'autant plus longues à éplucher qu'elles sont plus petites et que les rendements à l'épluchage après rouissage sont d'autant plus faibles que les racines sont plus longues à éplucher.

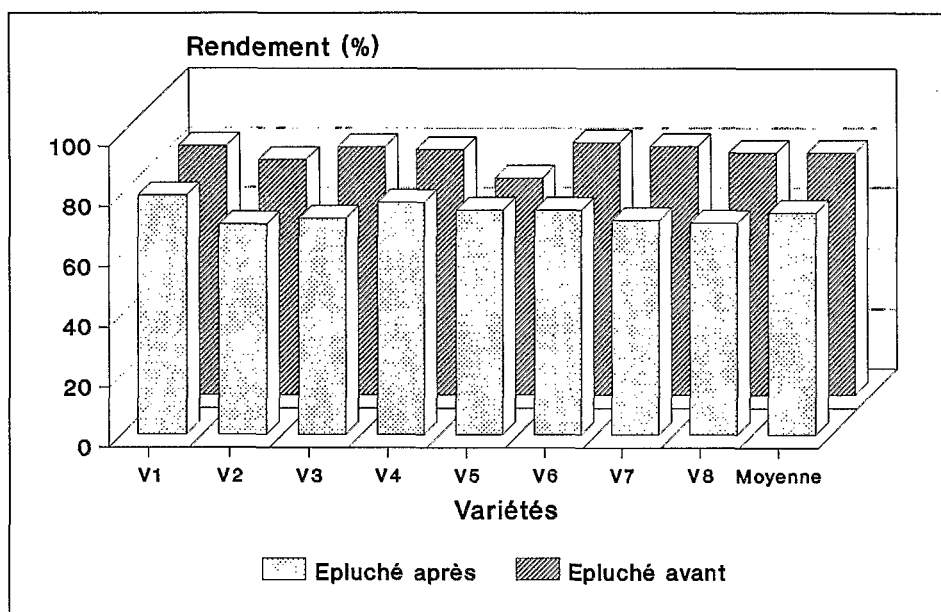


Figure 2

Variation du rendement à l'épluchage des racines en fonction de la variété et de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage.

2. Bilans massiques

2.1. Transformation en chikwangue

Les rendements bruts de la transformation des racines en chikwangue sont significativement plus élevés lorsque les racines sont épluchées après rouissage (tableau 1 ; figure 3). On constate que les rendements de la phase d'épluchage et de rouissage sont identiques mais que les opérations ultérieures (défibrage et cuissons/malaxages) semblent occasionner pour la plupart des variétés moins de pertes lorsque les racines ont été épluchées après 7 jours de rouissage que lorsqu'elles ont été épluchées avant un rouissage de 5 jours.

Les différences observées entre les différentes variétés sont beaucoup plus importantes au niveau de la phase de défibrage/égouttage que pendant celle de rouissage/épluchage et elles se répercutent au niveau du bilan global de la transformation : celui ci varie de 24,8 à 42,5 lorsque les racines sont épluchées avant rouissage et de 28,1 à 50,0 lorsqu'elles sont épluchées après (figure 3).

Les teneurs en matière sèche des racines brutes, des racines rouies et égouttées, des pâtes défibrées et égouttées et des chikwangues sont peu différentes les unes des autres et ne varient pas significativement avec l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage (tableau 1). En fonction de la variété, elles varient dans les racines brutes entre 35,8 (V8) et 41,5 (V1) g/100 g de racines.

Moyenne \pm écart-type de la moyenne.

Nds : niveau de signification.

Tableau 1
Influence de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage sur les rendements de la transformation des racines en chikwangu

	Epluchage/ rouissage	Rouissage/ épluchage	Nds
Rendements bruts			
Epluchage + rouissage	68,4 \pm 1,4	67,7 \pm 0,8	ns
Défibrage + égouttage	52,4 \pm 5,0	57,8 \pm 3,9	ns
Cuissons + malaxages	90,6 \pm 2,5	92,9 \pm 2,8	ns
Global	32,0 \pm 2,8	36,6 \pm 3,2	p < 0,01
Teneur en matière sèche			
racines brutes	38,6 \pm 0,7	-	
racines rouies, égouttées	40,2 \pm 0,4	39,9 \pm 1,0	ns
pâte défibrée, égouttée	40,9 \pm 1,7	39,7 \pm 1,1	ns
chikwangu	39,4 \pm 0,6	39,2 \pm 0,4	ns
Rendements réels			
Epluchage + rouissage	88,1 \pm 2,9	87,0 \pm 2,5	ns
Défibrage + égouttage	53,9 \pm 5,5	57,4 \pm 3,1	ns
Cuissons + malaxages	87,4 \pm 3,1	92,8 \pm 3,7	p < 0,05
Global	40,5 \pm 3,2	46,3 \pm 3,7	p < 0,05

Les différences observées au niveau des rendements réels des transformations sont comparables à celles observées au niveau des rendements bruts (tableau 1 ; figure 3). Compte tenu des faibles variations des teneurs en matière sèche, les valeurs observées ne sont qu'environ 20 % supérieures au rendements bruts ce qui correspond aux pertes à l'épluchage. En fonction des variétés, le bilan réel global varie de 25,5 (V2) à 51,6 (V3) lorsque les racines sont épluchées avant rouissage et de 32,5 à 61,3 lorsqu'elles sont épluchées après (figure 4).

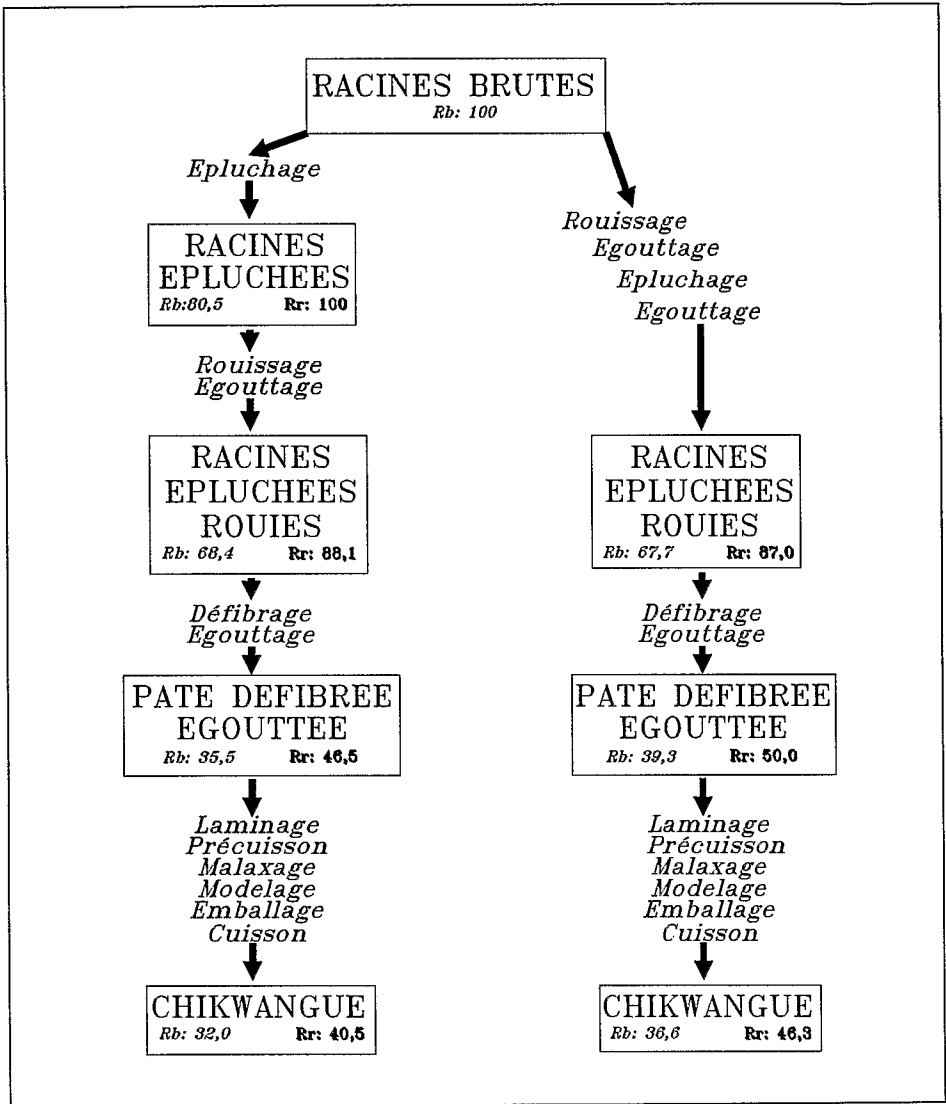


Figure 3
Bilan massique de la transformation des racines en chikwangue.

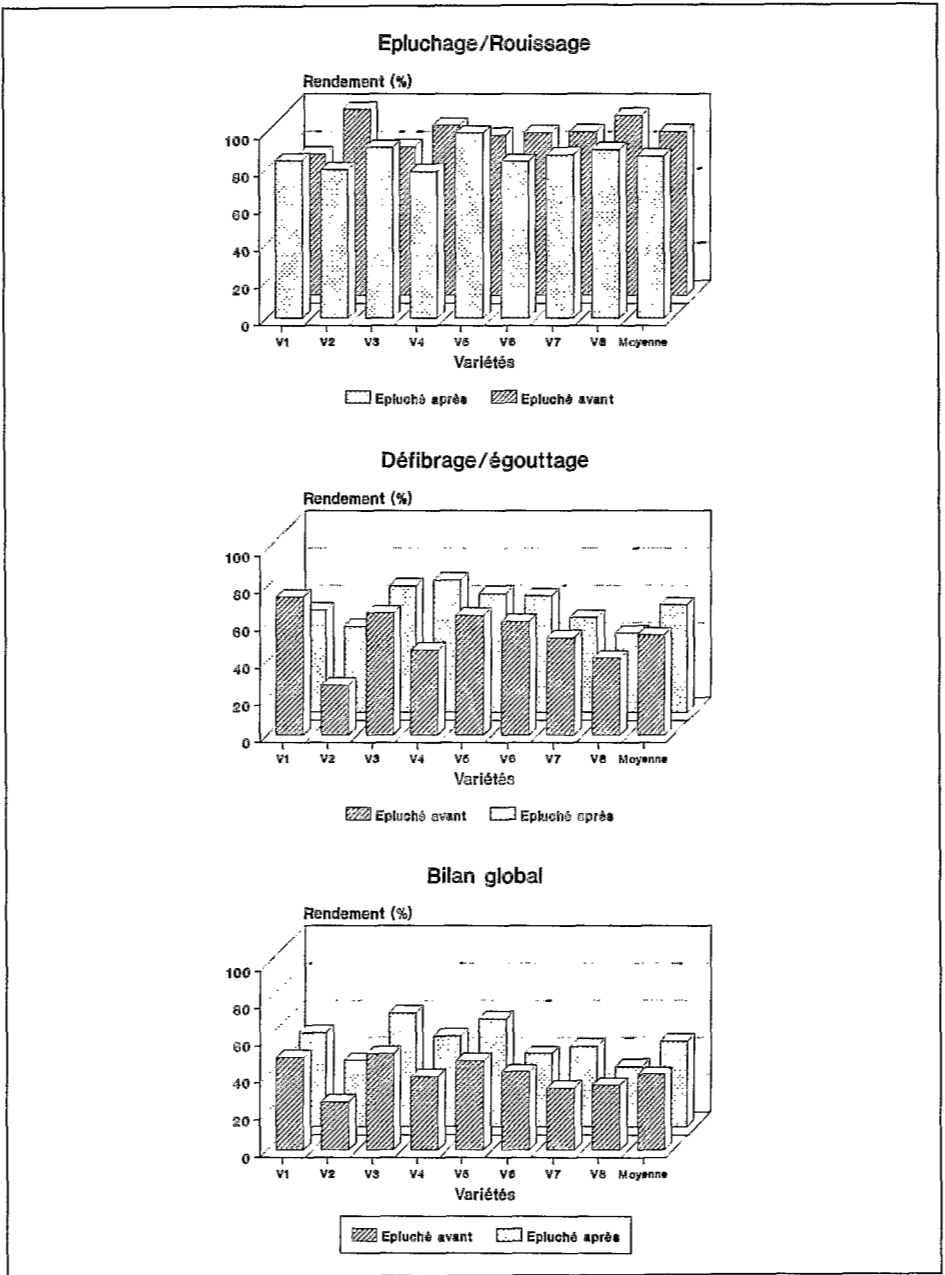


Figure 4

Influence de la variété sur les rendements réels de l'épluchage/rouissage, du défibrage/égouttage et de l'ensemble de la transformation en chikwangué.

2.1. Transformation en farines à fofou

Les rendements bruts et réels de la transformation des racines en farines sont significativement plus élevés lorsque les racines sont épluchées après rouissage (tableau 2 ; figure 5). En raison des très importants écarts de teneur en matière sèche entre les racines et les farines, les rendements réels après la phase de séchage sont, contrairement à ce que nous avons observé pour les chikwanges, deux à trois fois plus élevés que les rendements bruts.

Tableau 2
Influence de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage sur les rendements de la transformation des racines en farine

	Epluchage/ rouissage	Rouissage/ épluchage	Nds
Rendements bruts :			
Epluchage + rouissage	72,3 ± 2,6	65,8 ± 0,6	p < 0,05
Séchage + broyage	32,0 ± 0,8	40,4 ± 0,8	ns
Global	23,2 ± 1,1	26,7 ± 0,7	p < 0,05
Teneur en matière sèche :			
racines brutes	37,7 ± 1,8	-	
racines rouies, égouttées	32,6 ± 0,8	37,1 ± 0,6	p < 0,01
farine	85,5 ± 0,4	85,6 ± 0,2	ns
Rendements réels :			
Epluchage + rouissage	78,5 ± 3,1	81,3 ± 1,6	ns
Séchage + broyage	82,5 ± 2,3	93,4 ± 1,4	p < 0,001
Global	64,6 ± 2,5	75,9 ± 1,1	p < 0,01

Moyenne ± écart-type de la moyenne.

Nds : niveau de signification.

Si l'on observe séparément ce qui se passe au cours de la phase d'épluchage/rouissage et au cours de la phase de séchage/broyage, on constate que :

- les rendements bruts des procédés utilisés au cours de la phase d'épluchage/rouissage sont significativement plus élevés lorsque les racines sont épluchées avant rouissage, mais dans la mesure où il existe des différences importantes de teneur en matière sèche au niveau des racines en fonction de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage, cette différence ne se retrouve pas au niveau des rendements réels ;
- tant au niveau des rendements bruts que des rendements réels, il existe des différences importantes au niveau des rendements du séchage/broyage en fonction

de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage : il semblerait que les cossettes provenant de racines épluchées après rouissage se broient plus facilement que celles préparées à partir de racines épluchées avant et que, par conséquence leur passage au moulin occasionne moins de pertes.

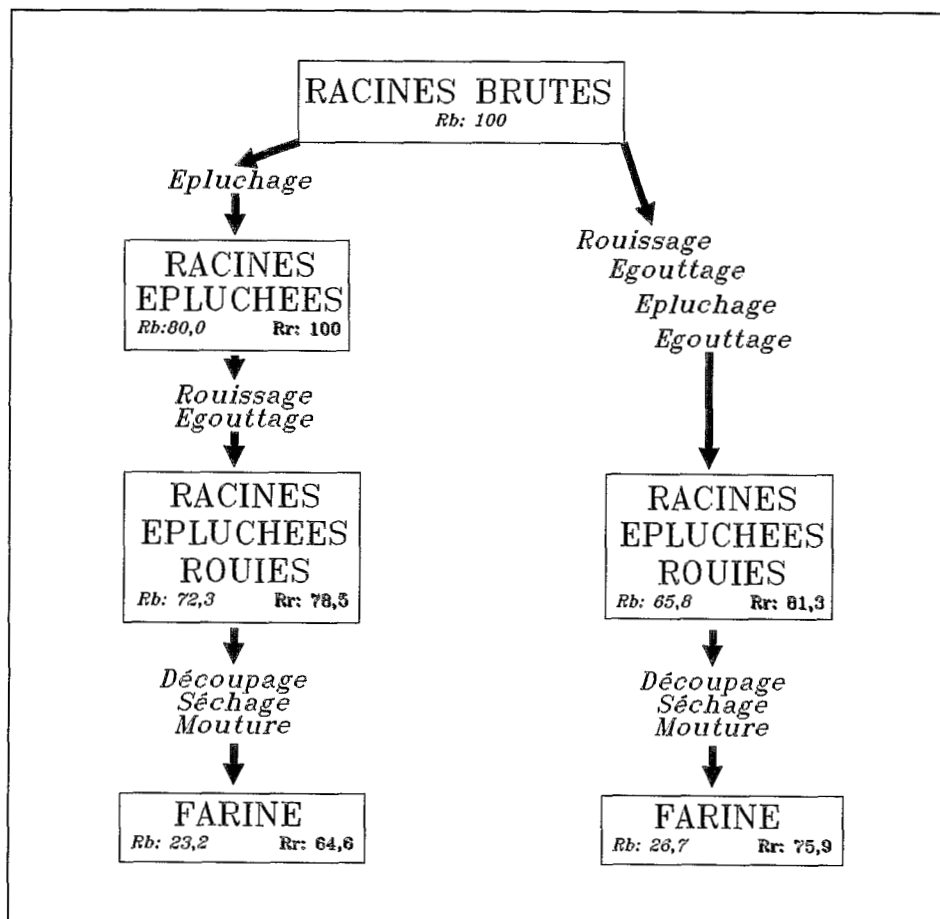


Figure 5

Bilan massique de la transformation des racines en fougou.

Les différences de rendements entre les différentes variétés sont relativement moins importantes que celles observées pour la transformation en chikwangue (figure 6). Les rendements réels varient, respectivement pour les racines épluchées avant et après rouissage, entre : 70,1 et 90,0 % et 75,2 et 88,1 % pour les opérations d'épluchage et de rouissage ; 77,7 et 90,6 % et 87,7 et 96,8 % pour les opérations de séchage et de broyage ; 55,7 et 72,3 % et 71,4 et 78,9 % pour l'ensemble de la transformation.

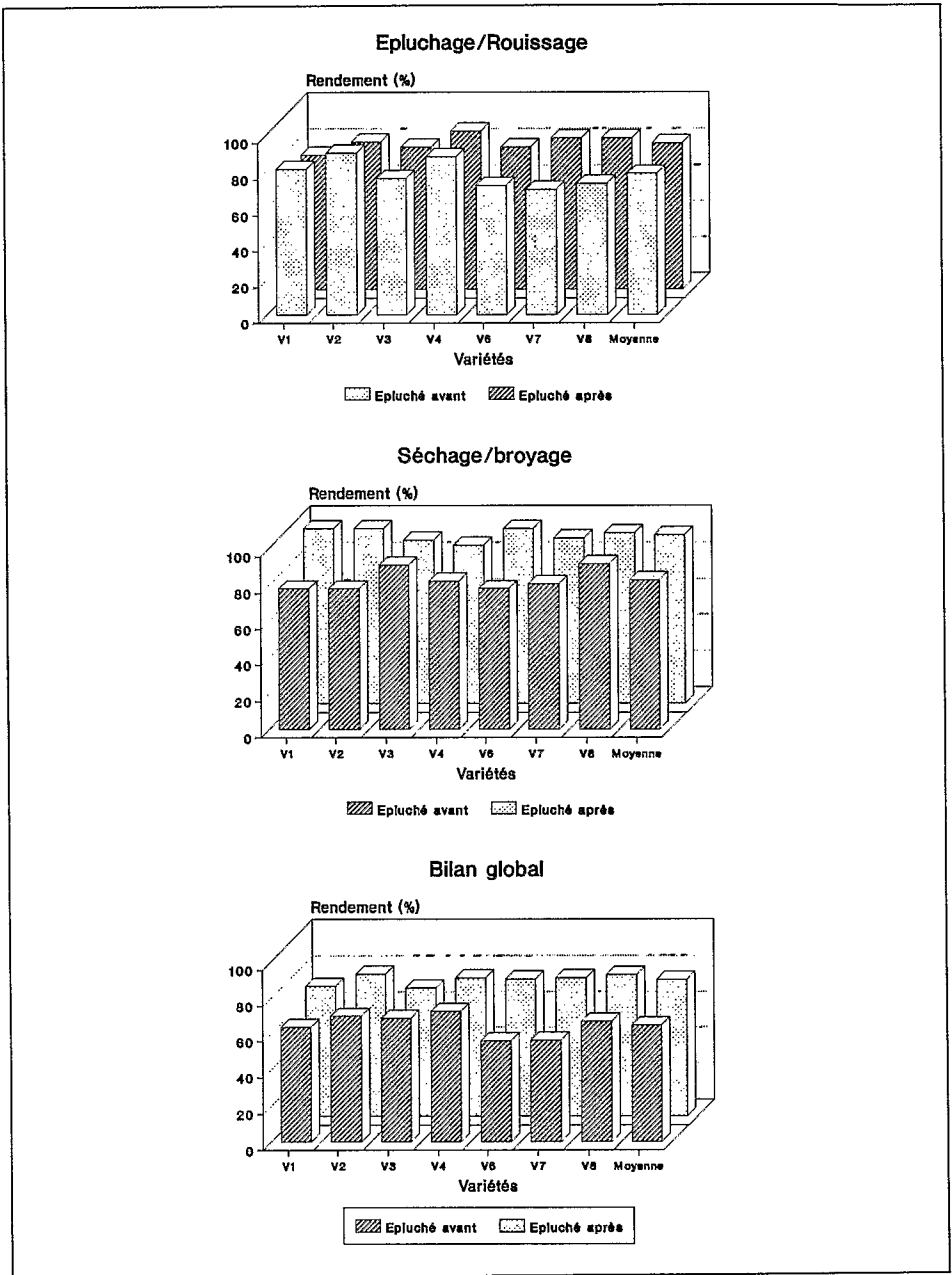


Figure 6

Influence de la variété sur les rendements réels de l'épluchage/rouissage, du séchage/broyage et de l'ensemble de la transformation en fufou.

3. Composition chimique des farines

La composition chimique moyenne des farines est donnée dans le tableau 3. On constate que les teneurs en protéines brutes sont significativement plus faibles lorsque les racines sont épluchées avant rouissage. Par ailleurs, les farines produites à partir de racines rouies entières sont plus acides que celles provenant de racines épluchées avant rouissage.

Tableau 3
Influence de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage sur la composition chimique des farines.

	Epluchage/ rouissage	Rouissage/ épluchage	Nds
Teneur en :			
Protéines brutes (1)	1,52 ± 0,10 (1,24 – 1,97)	1,70 ± 0,09 (1,28 – 1,92)	p < 0,05
Fibres (1)	2,11 ± 0,09 (1,77 – 2,50)	2,42 ± 0,26 (1,89 – 3,89)	ns
Cendres (1)	1,20 ± 0,06 (1,00 – 1,38)	1,22 ± 0,06 (1,09 – 1,47)	ns
Cyanures totaux (2)	7,94 ± 0,50 (6,6 – 10,2)	7,64 ± 0,33 (6,7 – 8,9)	ns
Acidité totale (3)	0,56 ± 0,19 (0,0 – 1,53)	1,81 ± 0,37 (0,37 – 3,41)	p < 0,01
pH	7,83 ± 0,27	6,64 ± 0,29	p < 0,01

Moyenne ± écart-type de la moyenne (valeurs extrêmes).

Nds : niveau de signification.

(1) en g/100 gMS - (2) en mg/kgMS - (3) en mmole/100 gMS

Les différences entre variétés sont plus importantes pour les fibres que pour les autres constituants. On note également des différences d'acidité relativement importantes.

4. Caractéristiques organoleptiques

4.1. Chikwangués

Les résultats de l'épreuve de notation montrent que, quelle que soit la variété considérée, l'impression générale laissée par les chikwangués produites à partir de racines épluchées avant rouissage s'est révélée significativement plus élevée que celle laissée par les chikwangués provenant de racines épluchées après rouissage (tableau 4). On constate en outre que l'effet favorable de l'épluchage préalable des racines se manifeste significativement pour quatre variétés sur huit au niveau de la couleur et pour cinq variétés sur huit au niveau de l'élasticité.

Par ailleurs, on observe un effet variétal et une interaction entre le facteur variétal et le facteur ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage hautement significatifs ce qui signifie que certaines variétés permettent la production de chikwangués qui sont mieux appréciées que d'autres et que l'ordre de préférence n'est pas le même selon que les racines sont épluchées avant ou après rouissage. Lorsque les racines sont épluchées avant rouissage, ce sont les variétés V8 et à un moindre degré V7 et V4 qui se sont révélées les meilleures tandis que c'est la variété V2 suivie de V3, V4 et V7 qui ont été les plus appréciées lorsque l'épluchage a eu lieu après rouissage.

4.2. Farines

Que ce soit au niveau de la couleur, de l'élasticité ou de l'impression générale et quelle que soit la variété considérée, les fofoufous préparés à partir de racines épluchées avant rouissage ont toujours été significativement mieux appréciés que ceux produits à partir des racines épluchées après rouissage (tableau 5).

Les niveaux de signification de l'effet variétal et de l'interaction entre le facteur variétal et le facteur ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage sont hautement significatifs ce qui signifie que les différentes variétés ne sont pas appréciées de la même manière après transformation en fofoufous et que l'ordre de préférence n'est pas le même selon que les racines ont été épluchées avant ou après rouissage. Lorsque les racines sont épluchées avant rouissage, ce sont les variétés V6, V2, V3 et V7 qui sont les plus appréciées alors que les variétés jugées comme les meilleures sont V4 et V7 lorsque les racines sont épluchées après rouissage.

On constate par ailleurs que les variétés les plus appréciées lorsqu'elles sont préparées sous forme de fofoufou ne sont pas les mêmes que celles qui ont été préférées lorsqu'elles sont transformées en chikwangué.

Tableau 4
Influence de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage et de la variété sur les caractéristiques organoleptiques des chikwanges.

Variétés	Couleur			Elasticité			Impression générale		
	E/R	R/E	Nds	E/R	R/E	Nds	E/R	R/E	Nds
V1	5,17 ^{ab}	3,13 ^a	1 %	4,71 ^{abc}	3,75 ^r	1 %	4,71 ^c	3,50 ^r	1 %
V2	4,71 ^{bc}	4,04 ^p	NS	4,63 ^{abc}	4,04 ^r	NS	4,67 ^c	4,13 ^p	1 %
V3	4,29 ^{bc}	4,42 ^p	NS	4,13 ^c	3,79 ^r	NS	4,25 ^d	3,71 ^{qr}	1 %
V4	3,88 ^c	3,08 ^a	NS	5,08 ^b	4,04 ^{qr}	1 %	5,25 ^b	3,96 ^{qr}	1 %
V5	5,17 ^{ab}	4,13 ^p	1 %	4,58 ^{bc}	2,54 ^s	1 %	4,58 ^c	2,33 ^t	1 %
V6	4,58 ^{bc}	2,08 ^r	1 %	4,29 ^c	5,29 ^p	1 %	4,71 ^c	2,29 ^t	1 %
V7	4,75 ^{bc}	4,25 ^p	NS	4,83 ^{abc}	4,04 ^{qr}	NS	5,17 ^b	3,71 ^{qr}	1 %
V8	5,79 ^a	3,13 ^p	1 %	5,46 ^a	3,00 ^s	1 %	5,71 ^a	2,67 ^s	1 %
Total	4,79	3,53	1 %	4,71	3,81	1 %	4,79	3,53	1 %
Nds des effets	variété : P < 0,0001 ordre R/E : P < 0,0001 Interaction : P < 0,0001			variété : P < 0,0001 ordre R/E : P < 0,0001 Interaction : P < 0,0001			variété : P < 0,0001 ordre R/E : P < 0,0001 Interaction : P < 0,0001		

Nds : niveau de signification - NS : non significatif - E/R : épluché avant rouissage

- R/E : épluché après rouissage

Dans chaque colonne, les valeurs non suivies par une même lettre sont significativement différentes au niveau 5 %

Conclusion

Les rendements bruts de la transformation des racines de manioc en chikwange et farine sont, respectivement, de l'ordre de 35 et 25 kg de produit transformé pour 100 kg de racines brutes. Compte tenu des états d'hydratation très différents de ces deux produits et de l'existence de pertes obligatoires constituées par l'écorce interne et l'écorce externe des racines, il est préférable de réaliser les comparaisons à l'aide du rendement réel des transformations qui peut se définir

Tableau 5

*Influence de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage
et de la variété sur les caractéristiques organoleptiques des fougous.*

Variétés	Couleur			Elasticité			Impression générale		
	E/R	R/E	Nds	E/R	R/E	Nds	E/R	R/E	Nds
V1	5,29 ^{bc}	4,58 ^p	1 %	4,33 ^c	2,67 ^u	1 %	4,92 ^d	3,08 ^s	1 %
V2	5,50 ^b	4,38 ^q	1 %	4,96 ^b	3,67 ^r	1 %	5,46 ^b	3,25 ^{rs}	1 %
V3	5,33 ^{bc}	3,83 ^r	1 %	5,46 ^a	3,42 ^s	1 %	5,33 ^b	3,42 ^r	1 %
V4	5,29 ^{bc}	3,54 ^s	1 %	5,21 ^a	4,79 ^p	1 %	5,13 ^c	4,83 ^p	1 %
V6	5,75 ^a	4,33 ^q	1 %	5,42 ^a	3,13 ^t	1 %	5,63 ^a	3,25 ^{rs}	1 %
V7	5,00 ^d	3,50 ^s	1 %	4,08 ^c	3,79 ^r	1 %	5,42 ^b	3,83 ^q	1 %
V8	5,08 ^{cd}	3,58 ^s	1 %	4,88 ^b	4,13 ^q	1 %	5,17 ^c	3,42 ^r	1 %
Total	5,32	3,96	1 %	4,90	3,65	1 %	5,29	3,58	1 %
NdS des effets	variété : P < 0,0001 ordre R/E : P < 0,0001 Interaction : P < 0,0001			variété : P < 0,0001 ordre R/E : P < 0,0001 Interaction : P < 0,0001			variété : P < 0,0001 ordre R/E : P < 0,0001 Interaction : P < 0,0001		

Nds : niveau de signification - NS : non significatif - E/R : épluché avant rouissage

- R/E : épluché après rouissage

Dans chaque colonne, les valeurs non suivies par une même lettre sont significativement différentes au niveau 5 %

comme le rapport de la quantité de matière sèche contenue dans un produit après transformation sur la quantité de matière sèche comestible contenue dans les racines avant transformation. On constate alors que le rendement réel de la transformation en fougou (65 à 75 %) est très nettement supérieur à celui de la transformation en chikwangou (40 à 45 %). Ces rendements varient en fonction de la variété et de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage : pour les deux modes de transformation, l'épluchage après rouissage, qui a par ailleurs tendance à diminuer la durée de l'épluchage et à limiter les pertes en certains nutriments, permet de récupérer en moyenne de 10 à 20 % de matière comestible de plus que l'épluchage avant rouissage.

Concernant l'influence sur les qualités organoleptiques des produits transformés, l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage est un facteur hautement déterminant. Quelle que soit la variété étudiée, l'épluchage avant rouissage permet d'obtenir des produits davantage appréciés que l'épluchage après rouissage ; les effets sont significatifs pour les deux types de produits transformés mais plus marqués pour le fofou que pour la chikwangué, probablement en raison d'un nombre d'opérations postérieures au rouissage plus faible dans le cas de la préparation de farines. La nature de la variété influe également significativement sur les qualités organoleptiques des produits mais de manière plus confuse dans la mesure où les variétés les plus appréciées ne sont pas les mêmes selon le type de produit transformé considéré et selon l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage.

Comme d'autres essais l'ont montré (Ampe *et al.*, 1994 ; 1995), l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage joue donc un rôle prépondérant sur la qualité des produits transformés. L'ordre adopté par les transformatrices dépend de la réponse qu'elles donnent au dilemme suivant : produire plus vite et avec de meilleurs rendements des produits de moins bonne qualité ou privilégier la qualité aux dépens des efforts à fournir. Dans la réalité, il semble que la première alternative soit de plus en plus adoptée aux alentours des villes par les transformatrices qui commercialisent la plus grande partie de leur production.

S'il est indéniable que les différentes variétés que nous avons prises en compte ont présenté dans nos essais, tant au niveau des rendements des transformations que de la qualité des produits, des aptitudes différentes aux deux modes de transformation étudiés, il est néanmoins difficile de désigner les variétés les plus appropriées pour tel ou tel mode de transformation dans la mesure où les procédés et techniques utilisés ont été identiques et n'ont pas tenu compte des particularités éventuelles de certaines variétés : en particulier, une durée de rouissage, plus ou moins longue selon les variétés, aurait probablement permis d'obtenir pour certaines variétés à la fois des rendements de transformation plus élevés et des produits finis de meilleure qualité. Quoiqu'il en soit, compte tenu de l'influence des facteurs variétaux sur les rendements des transformations et sur la qualité des produits transformés, une collaboration étroite entre agronomes qui sélectionnent et multiplient les variétés et technologues capables de définir leurs aptitudes à subir les traitements technologiques est indispensable.

Remerciements

Les recherches ayant permis la rédaction de cet article ont été financées pour partie par la DG XII de la CEE dans le programme STD2 « sciences et technique au service du développement » (contrat n° TS2A-0226) et par le fonds français d'Aide et de Coopération (FAC).

Références

AMPE (F.), AGOSSOU (A.), TRECHE (S.), BRAUMAN (A.), 1995 - « Etude des facteurs influençant la durée du rouissage et la qualité du fofou en Afrique Centrale ». In Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Editions ORSTOM. sous presse

AMPE (F.), BRAUMAN (A.), TRECHE (S.), AGOSSOU (A.), 1994 - Cassava retting : optimisation of a traditional fermentation by an experimental research methodology. *J. Sci. Food Agric.*, 65 : 355-361.

COOKE (R.D.), 1985 - « Les incidences du traitement du manioc sur le cyanure résiduel ». In Delange (F.), Ahluwalia (R.), éd : *La toxicité du manioc et la thyroïde : recherches et questions de santé publique*, Ottawa, IDRC-207f : 151-155.

MASSAMBA (J.), TRECHE (S.), 1995 - « La consommation du manioc au Congo ». In Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Paris, Editions ORSTOM. sous presse

TRECHE (S.), MASSAMBA (J.), 1995 - « Les modes de transformation traditionnels du manioc au Congo ». In Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Paris, Editions ORSTOM.

VAN SOEST (P.S), 1963 - Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. of Assoc. Offic. Anal. Chem.*, 46 : 829-835.