

## **Étude préliminaire d'une technique de rouissage des racines de manioc en sac étanche sans ajout d'eau**

*Preliminary study of a new retting technic in airtight plastic bag  
without any water add*

**A. BRAUMAN \***, **M. MACHICOUT \***, **S. TRECHE \*\***, **E. MIAMBI \***

*\* Laboratoire d'Ecologie-Microbiologie, ORSTOM, Brazzaville (Congo)*

*\*\* Laboratoire de Nutrition Tropicale, (UR44), Centre DGRST-ORSTOM,  
Brazzaville (Congo)*

### **- Résumé -**

Cet article décrit les différentes phases de mise au point d'une nouvelle technique de rouissage des racines de manioc en sac étanche au gaz sans ajout d'eau. L'objectif est de diminuer la consommation en eau nécessaire pour la préparation des deux aliments principaux transformés au Congo, le fofou et la chikwangué. Pour obtenir un rouissage comparable (pH, durée de fermentation, élimination des composés cyanés, évolution de la microflore lactique) à celui effectué par voie traditionnelle (immersion des racines), il est nécessaire de découper les racines de manioc en tranches de 3 cm avant la mise en sac. Dans ces conditions, le rouissage dure 3 jours et les racines sont suffisamment ramollies pour les transformations en chikwangué ou fofou. Cependant, pour l'obtention d'un fofou apprécié par les consommateurs, les racines fermentées doivent être rincées, pour diminuer la concentration en acides organiques. L'eau de rinçage peut être réutilisée 3 fois sans altérer les qualités du produit final. Des études sont en cours pour évaluer les qualités organoleptiques de la chikwangué obtenue avec des racines rouies selon cette technique. Cette nouvelle méthode de rouissage peut être appliquée à des régions où la disponibilité en eau est limitée.

**- Abstract -**

This paper describes the different perfecting step of a new technique of cassava retting in airtight bag without any water added. The aim of this work is to decrease the amount of water need to transform the cassava roots in the two main Congolese staple foods ; foo-foo and chikwangué. With peeled and pre-cut roots in slices of 3 cm, a retting was performed, similar to (pH, retting period, detoxification, lactic bacteria evolution) the traditional retting (soaked roots). With these conditions, the retting last three days and the roots softening is sufficient for the following transformations in chikwangué or foo-foo. However, to obtain an appreciate foo-foo, the retted roots should be rinse with water to reduced the organic acids concentrations. The rinse water could be used three times without any damage on the organoleptic quality of the final product. Studies are undertaken to evaluate the organoleptic quality of the chikwangué obtain with cassava roots fermented with this technic. This new retting technic could be applied in area with low water disponibility.

## Introduction

Le rouissage est une fermentation des racines de manioc largement pratiquée en Afrique Centrale (Trèche et Massamba, 1995). Il constitue l'étape initiale de préparation des deux aliments de base de l'alimentation congolaise ; la chikwangue et le fougou (Massamba et Trèche, 1995). Cette fermentation entraîne un ensemble de changements au niveau de la racine (réduction des teneurs en composés cyanés endogènes, ramollissement, production de composés organiques), largement décrits dans des études récentes (Okafor *et al.*, 1984, Ampe et Brauman, 1994 ; Brauman *et al.*, 1995).

Le rouissage traditionnel consiste en une immersion des racines pratiquée dans des environnements variés : étangs d'eau, rivières et bacs (Trèche et Massamba, 1995). Cette fermentation nécessite donc l'utilisation de quantités considérables d'eau ce qui constitue un handicap pour le développement d'unités semi-industrielles de production et pour les transformateurs ruraux habitant des zones où la disponibilité en eau est limitée (saison sèche). Dans ces zones une forme particulière de rouissage a été développée qui consiste à enfouir les racines non épluchées dans la boue pendant trois jours puis à les immerger dans l'eau pendant une durée moyenne de 4 jours (Gami et Trèche, 1995). En s'inspirant de cette technique, notre travail a porté sur la définition des conditions de fermentation des racines de manioc sans apport initial d'eau en vue de la mise au point d'une technique de rouissage permettant de diminuer, puis à terme de supprimer, la consommation en eau.

## Matériel et méthodes

### 1. Matériel végétal

Les racines de manioc de variété *MPembe*, utilisées ont été récoltées après 18 mois de culture au centre expérimental agricole d'Agricongo.

### 2. Méthodologie expérimentale

#### 2.1. Rouissage en sac

Les racines fraîchement récoltées, lavées et épluchées sont découpées et mises dans des sacs plastiques étanches à l'air (55 × 40 cm) à raison de 2 kg par sac sans apport initial d'eau. Les sacs sont fermés et placés à l'étuve à 32 °C et retournés toutes les 24 heures pendant 3 à 4 jours. Chaque lot est constitué de 10 sacs dont 2 sont retirés tous les jours pour les différentes analyses physico-chimiques et microbiologiques. L'indice de fin de rouissage est obtenu par la

mesure du ramollissement (indice de pénétrométrie supérieur ou égale à 15 mm/5 s) selon le protocole décrit dans Ampe *et al.* (1994). Le fougou a été choisi pour l'appréciation des qualités organoleptiques du produit final, en raison du nombre limité des procédés nécessaires à sa production ; ainsi ses qualités gustatives dépendent directement des modalités de rouissage (Avouampo *et al.*, 1995). Les résultats sont comparés avec ceux obtenus par la méthode traditionnelle de rouissage qui constitue le témoin expérimental.

### **2.2. Rouissage à l'eau (rouissage témoin)**

10 kg de racines fraîches, lavées et épluchées sont immergées pendant 4 jours dans un seau en plastique contenant 15 litres d'eau de puits. Les rouissages sont effectués à température ambiante (27-29 °C).

## **3. Méthodes d'analyses**

### **3.1. index de pénétrométrie**

La pénétrométrie nous a permis de caractériser le ramollissement des racines au cours du rouissage. La mesure est effectuée chaque jour sur 6 échantillons provenant du sac échantillonné quotidiennement. En raison de la surface d'échantillonnage, 6 répétitions sont effectuées par racine découpée en tranches, 2 pour les racines découpées en dès selon le protocole opératoire décrit dans Ampe *et al.* (1994).

### **3.2. pH des racines et de l'eau de rinçage**

Le pH est mesuré à partir de 20 g de racines broyées au Waring Blender et filtrées selon le protocole décrit dans Brauman *et al.* (1995). La mesure du pH du jus de rouissage exsudé dans les sacs est déterminée à l'aide de papier pH. Le pH de l'eau de rinçage est déterminé directement à partir d'un prélèvement de 100 ml d'eau.

### **3.3. Pression d'oxygène dissoute (PO2)**

Cette mesure est effectuée sur l'eau de rinçage des racines selon le protocole décrit dans Brauman *et al.* (1995).

### **3.4. Dosage des composés cyanés**

La mesure de la concentration de la linamarine, des cyanhydrines et des cyanures libres sont déterminés suivant la méthode de Cooke (1978) modifiée selon Giraud *et al.* (1992).

### **3.5. Analyses des métabolites produits**

Le dosage des acides gras volatils, du lactate et de l'éthanol est effectué en chromatographie liquide haute pression (HPLC) avec une colonne échangeuse d'ions (aminex 87H, Biorad, Californie) selon le protocole décrit par Brauman *et al.* (1995).

### 3.6. Préparation du fougou

Après rouissage et enlèvement de la fibre centrale, les racines sont découpées en cossettes qui sont séchées en étuve à 45 °C pendant 72 h puis broyées pour en faire de la farine. Le fougou est préparé en incorporant 100 g de farine à environ 400 ml d'eau bouillante.

### 3.7. Tests organoleptiques

L'influence des différents traitements appliqués est étudiée au cours d'essais comparatifs en unité d'évaluation sensorielle. Douze panélistes ont préalablement été sélectionnées (norme AFNOR NF V09-002). Après un test de différenciation 2/5 (norme AFNOR VO9-001, 1984), les couples de produits sont soumis aux panélistes pour un test de caractérisation, puis pour un test de préférence.

Les caractéristiques comparées au cours des tests de préférence sont la couleur, l'odeur, l'acidité, la consistance dans la main, la consistance dans la bouche et l'impression générale. Au cours d'une autre séance, les produits finis sont soumis à un test de notation (échelle hédonique de 1 à 7) et à un test de classement.

### 3.8. Numération de la microflore totale, des bactéries lactiques et des levures.

Pour chaque prise d'essai, 6 à 10 morceaux de racines sont prélevés au hasard et découpés en petits dés. 60 g de racines ainsi traitées sont broyées dans 540 ml d'eau péptonée stérile à l'aide d'un Waring Blender : ceci constitue la première suspension dilution ( $10^{-1}$ ). Les numérations bactériennes sont effectuées après dilution en série de la suspension mère et inoculation des milieux gélosés suivants : Gélose MRS (De Man *et al.*, 1960), pour la microflore lactique, milieu Potatose Dextrose Agar (PDA, DIFCO laboratory) pour les levures et Plate count agar (PCA) pour la flore mésophile totale.

## Résultats et discussion

### 1. Influence du découpage initial des racines de manioc

Un essai préliminaire de rouissage avec des racines entières en sac (De Labbey, 1989) a montré que ce rouissage est caractérisé par une hétérogénéité, une élimination incomplète des composés cyanés et une durée trop longue du processus (~ 1 mois). Afin d'améliorer l'homogénéité du procédé et de diminuer sa durée, l'influence de la forme de découpe préalable des racines a été étudiée. 3 essais ont été entrepris avec des racines découpées (i) en tranches de 2 cm d'épaisseur (ii) en dés de 2 cm de côté (iii) broyées au hachoir.

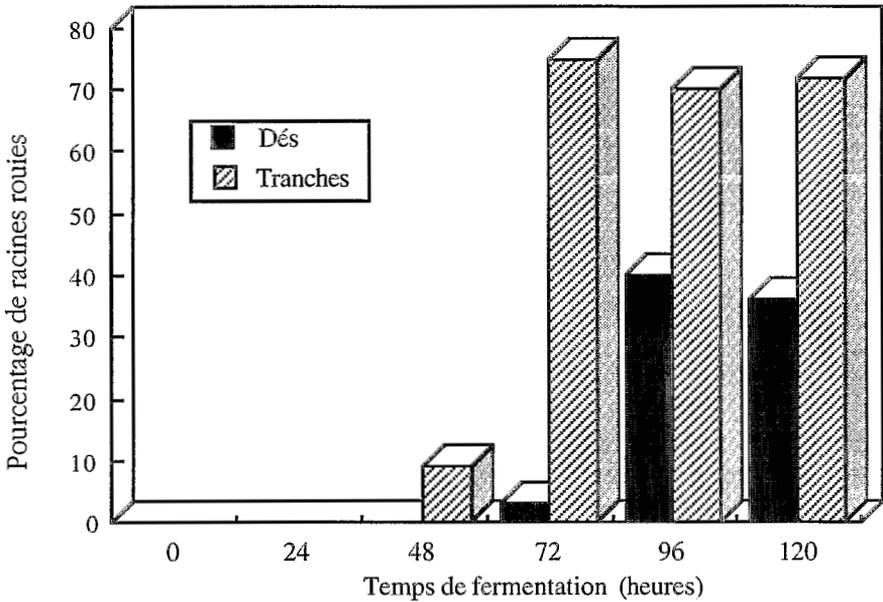


Figure 1  
 Évolution de la proportion des racines rouies au cours du rouissage  
 en fonction de la forme de découpe initial

La forme de découpe des racines influe de manière importante sur l'homogénéité du procédé (figure 1). Ainsi, 75 % des racines de manioc coupées en tranches avaient ramolli après 3 jours de fermentation, contre 40 % pour le cas de celles coupées en dés (figure 1). La fermentation s'est déroulée essentiellement dans les 4 premiers jours car aucune augmentation significative du nombre de racines ramollies n'est observée dans les différents traitements après cette période (figure 1).

La mesure de l'indice de pénétrométrie (figure 2) nous montre que le ramollissement est plus important pour la forme tranche que pour la forme dés, ces derniers n'atteignant pas les valeurs considérées comme significatives de la fin du rouissage (Indice = 15)

Les racines préalablement broyées ne semblent pas subir le rouissage car on constate au microscope aucune dégradation des parois végétales. De plus, l'évolution du pH des racines broyées est beaucoup plus rapide (pH 4,5 en 24 h) que celle des autres formes testées dont le pH se stabilise seulement après 72 h de fermentation (figure 3).

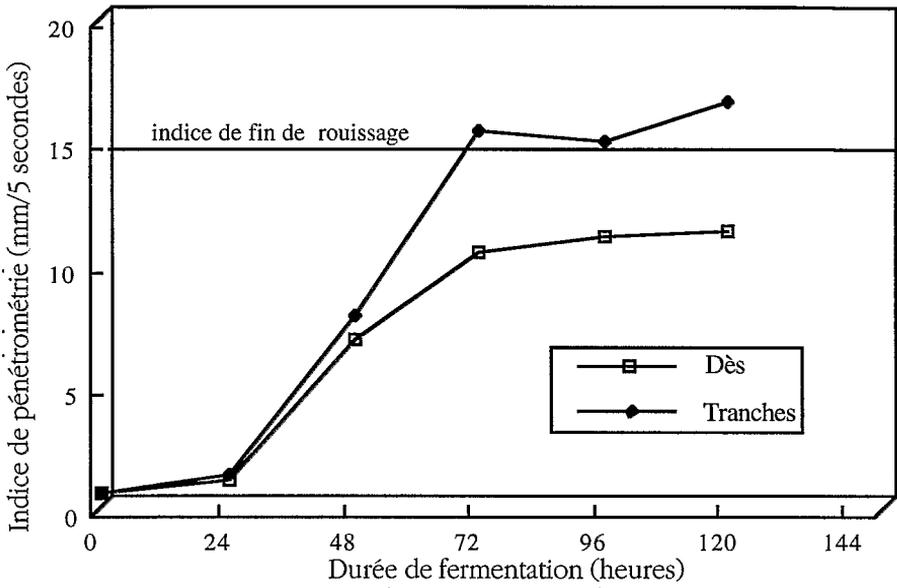


Figure 2

Évolution de l'indice de pénétrométrie au cours du rouissage à sec

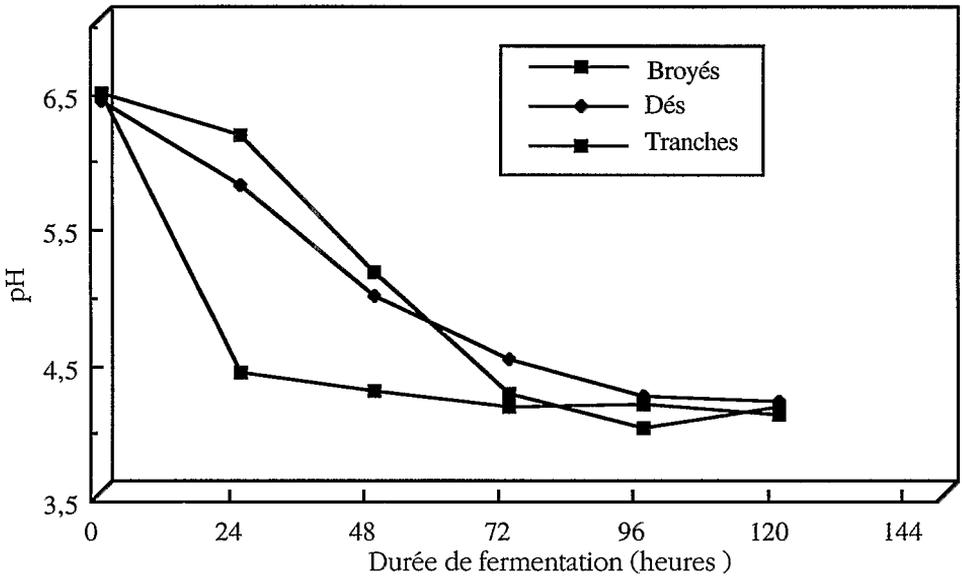
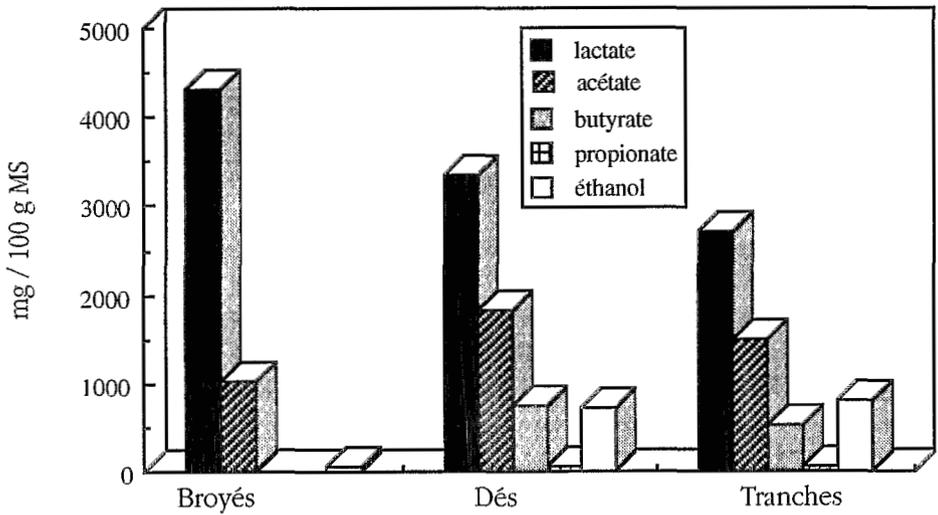


Figure 3

Évolution du pH au cours du rouissage des racines

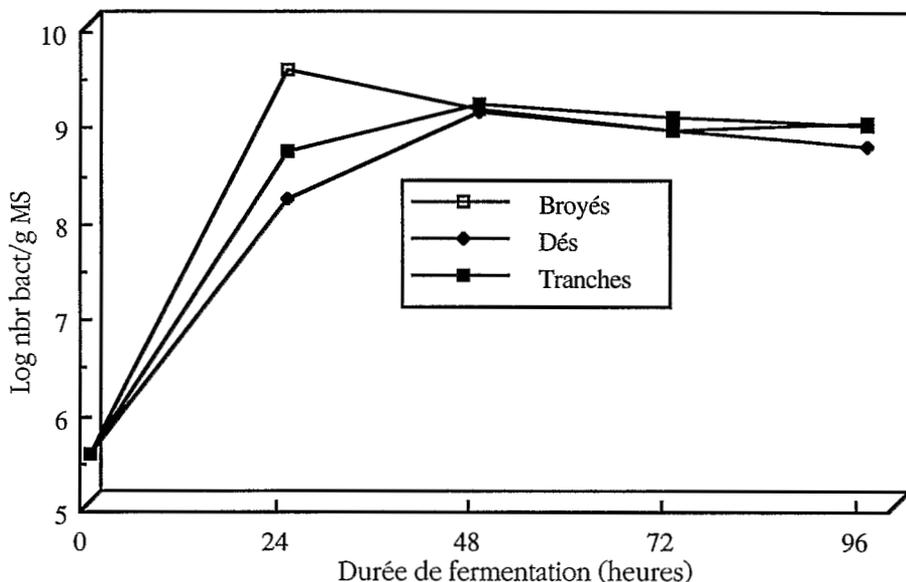
L'acidification observée dans le cas du broyage préalable des racines semble due à une production rapide de lactate (4,5 g/100g M.S ; figure 4), deux fois plus importante que celle observée pour la fermentation des tranches de manioc (2,7 g/100 g M.S). De plus, aucune production de butyrate ni de propionate, produits importants pour les qualités organoleptiques du produit final, n'est observée au cours de la fermentation des racines broyées. Cette absence peut provenir de l'inhibition, par la baisse de pH rapide, des clostridies, à l'origine de la production de ces acides gras volatils dans le rouissage (Brauman *et al.*, 1995). Le profil des métabolites produits au cours de la fermentation des racines broyées (figure 4) (forte production de lactate, faible production d'acétate et d'éthanol ainsi que la baisse importante et rapide du pH) est caractéristique des fermentations homolactiques. Le broyage des racines induit donc un profil fermentaire similaire à celui observée pour la production de gari (Akinrele, 1964 ; Okafor, 1977). Ce résultat était prévisible car le broyage est comparable au râpage des racines, étape préalable à la mise en sac étanche des racines dans la fermentation du manioc pour la production de gari (Nago, 1995).



**Figure 4**  
*Concentration en acides organiques et éthanol en fin de rouissage pour les différents traitements.*

L'évolution de la flore lactique totale (figure 5) est plus rapide dans les racines broyées (~ 10<sup>9</sup> bact/g MS en 24 h) que pour les autres traitements (~ 10<sup>9</sup> bact/g MS en 48 h). Le broyage (comme le râpage pour le gari) permet une libération plus rapide

des sucres fermentescibles, substrat des bactéries lactiques acidifiantes ce qui provoque la croissance rapide de bactéries homolactiques qui, en abaissant le pH, inhibe la croissance de toutes les autres microflore associées à la racine.



**Figure 5**

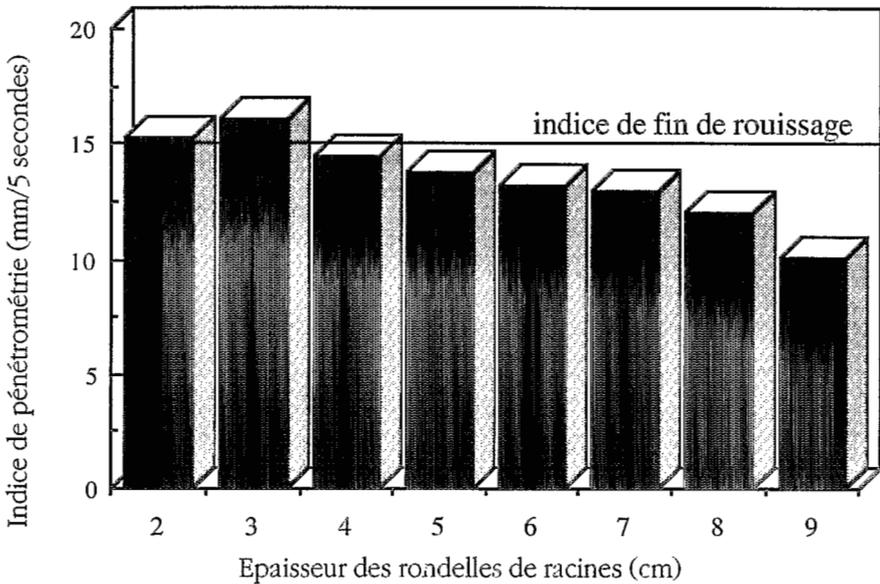
*Évolution de la microflore lactique au cours du rouissage en sac*

Les teneurs en cyanures totaux (linamarine, cyanhydrines et cyanures libres) en fin de rouissage sont élevées dans les racines broyées (57 ppm) et se trouvent essentiellement sous forme de cyanhydrines (38 ppm). Ceci est due à l'inhibition à des pH inférieurs à 5,5 de la dissociation de la cyanhydrine en cyanures libres (Cooke, 1978). Les teneurs en cyanures totaux sont beaucoup plus faibles dans les deux autres traitements (~ 17 ppm).

Par rapport à l'essai entrepris avec des racines entières, le découpage préalable des racines a permis l'augmentation de la surface accessible aux microorganismes. Ceci s'est traduit par une amélioration des performances de la fermentation, notamment en ce qui concerne le ramollissement, l'élimination des composés cyanés des racines et la réduction de la durée de la fermentation. Cependant, le broyage des racines induit une fermentation plus rapide, homolactique proche de celle du gari. Seul parmi les traitements étudiés, le découpage initial des racines de manioc en tranches permet d'obtenir un ramollissement suffisant pour la réalisation des étapes de transformation nécessaires à la fabrication de la chikwangue ou du foufou.

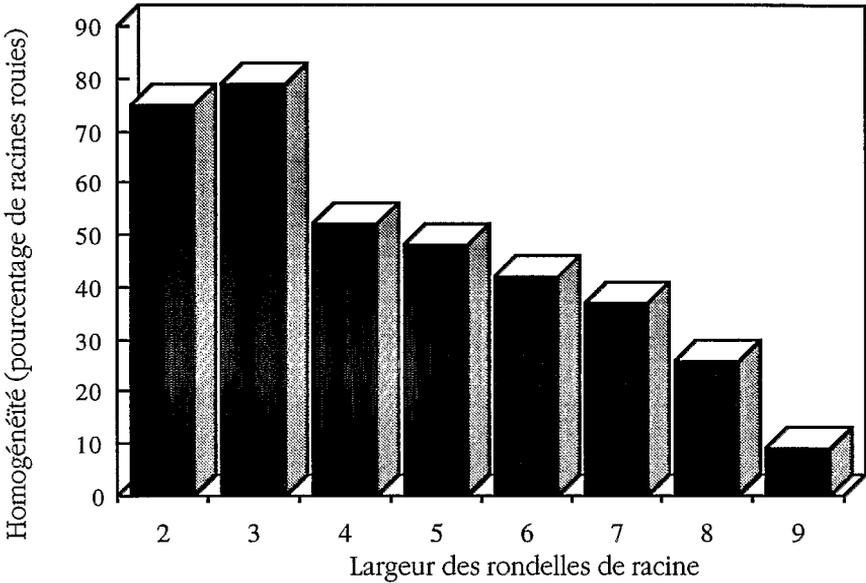
**2. Influence de la taille initiale des tranches des racines de manioc**

L'objectif de cette expérience est de déterminer la taille optimale des tranches permettant une amélioration sensible de l'homogénéité du ramollissement pendant le rouissage. Les expérimentations sont effectuées selon le même protocole de rouissage sur des racines de manioc coupées en tranches dont l'épaisseur variait de 2 à 9 cm.



**Figure 6**  
*Évolution de l'indice de pénétrométrie  
 en fonction de l'épaisseur des tranches après rouissage*

Le ramollissement semble inversement proportionnel à la taille des tranches de manioc (figures 6 et 7). Ainsi, après 3 jours de fermentation, seules les racines de manioc coupées en tranche de 2 à 4 cm présentent un indice de pénétrométrie acceptable pour les transformations ultérieures (figure 6). Cependant le ramollissement le plus homogène est obtenu avec les tranches de 3 cm (figure 7). Si l'épaisseur de 3 cm est optimale pour la production de racines très ramollies, il faut cependant, relativiser ce résultat par rapport au produit final désiré. En effet, seule la production de chikwangue nécessite un ramollissement très important des racines, en particulier pour l'opération de défibrage. La préparation du fofou s'accommode des degrés de ramollissement obtenus avec des rondelles dont l'épaisseur est comprise entre 4 et 8 cm.



**Figure 7**

*Mesure du degré d'homogénéité des racines en fonction de l'épaisseur des tranches après rouissage*

### 3. Test organoleptique du fougou obtenue par rouissage en sac des racines de manioc coupées en tranches de 3 cm.

Les tests organoleptiques révèlent que le fougou fabriqué à partir des racines de manioc rouie en sac est considéré comme moins bon que le fougou fabriqué après fermentation traditionnelle (tableau 1).

**Tableau 1**

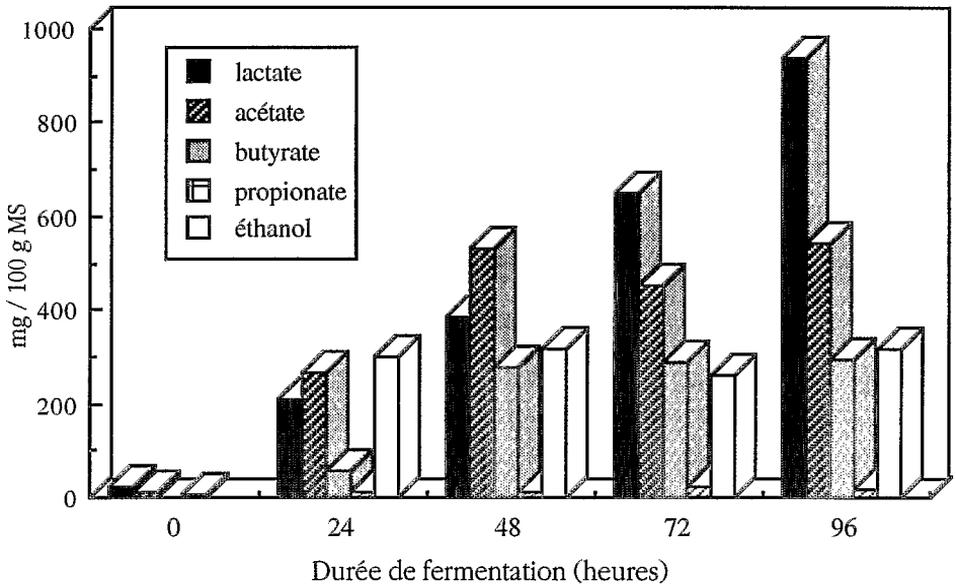
*Résultats des tests organoleptiques effectués sur les différents échantillons de farine de manioc.*

Types de rouissages	Critères	
	Couleur	Impression générale
Sac	3,83	4,33
eau	6,25	6,03

Notation de 1 (très mauvais) à 7 (très bon)

Cependant, du point de vue de l'acidité et de la consistance le fofou ne présente pas de différence significative avec celui fabriqué de manière traditionnelle (résultat non montré).

Cette différence peut être expliquée par les teneurs finales élevées en acides organiques mesurées à la fin de la fermentation, notamment en lactate, acétate et butyrate (figure 8). En effet, le rouissage en sac ne permet pas la dilution des acides organiques produits dans le jus de rouissage. Ces teneurs élevées ont également des conséquences négatives sur l'odeur, composante importante de la qualité organoleptique du produit.



**Figure 8**  
*Évolution des acides organiques et de l'éthanol au cours du rouissage en sac.*

#### 4. Influence du rinçage à l'eau des racines de manioc en fin de fermentation à sec

Afin de réduire les teneurs finales en acides organiques et d'obtenir un produit fini de qualité organoleptique acceptable, nous avons effectué un rinçage des racines de manioc après la fermentation en sac. Après 72 heures de fermentation, elles ont été retirées des sacs plastiques puis rincées avec de l'eau (2 l/kg de racines).

**Tableau 2**  
*Résultats des tests organoleptiques (notation) des fougous  
 en fonction des modalités de rouissage*

Types de fougou	couleur	impression générale
Rouissage en sac + rinçage	6,36	6,03
Rouissage témoin (eau)	6,28	6,14

Notation de 1 (très mauvais) à 7 (très bon)

Le fougou obtenu après rinçage est considéré comme très bon (groupe A) comme celui fabriqué après fermentation traditionnelle (tableau 2). Le rinçage à l'eau permet donc d'améliorer significativement les qualités organoleptiques du produit final. Cette amélioration des qualités gustatives du produit provient de la diminution de la concentration en acides organiques et éthanol due au rinçage des racines (tableau 3). L'éthanol, le butyrate et l'acétate sont les trois produits les plus volatils et sont donc éliminés préférentiellement (tableau 3). Cependant, c'est la diminution de la concentration en butyrate, responsable de l'odeur forte des racines rouies en sac, qui semble la plus significative pour les qualités organoleptiques de l'aliment final.

Composés organiques (mg/100 g MS)	rouissage en sac	rouissage en sac + rinçage	% d'élimination
lactate	940	606	36
acétate	626	347	45
propionate	13	12	8
butyrate	352	199	44
éthanol	318	90	72

**Tableau 3**  
*Concentrations en acides organiques et éthanol dans les racines  
 après les différents traitements*

Le rinçage permet également une meilleure élimination des cyanures endogènes de la racine ; les concentrations après rinçage sont en effet très proches de celles mesurées après rouissage traditionnel (figure 9).

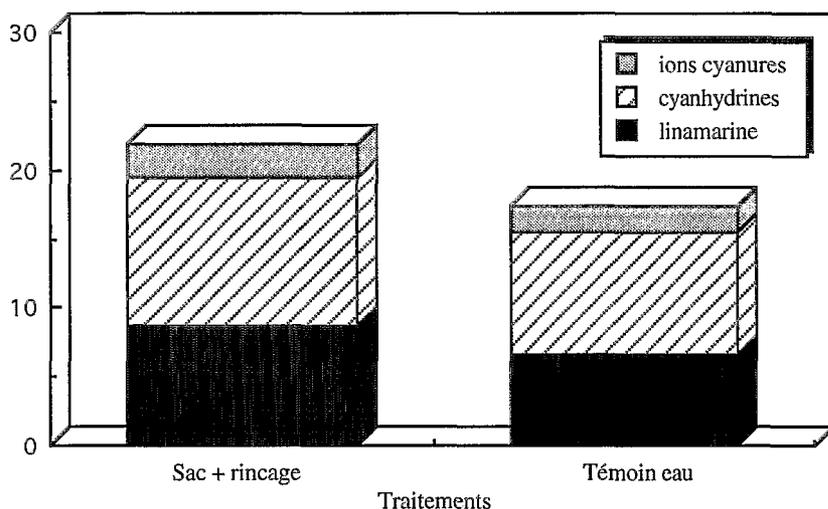


Figure 9

Concentration en composés cyanés dans les racines en fonction des traitements

## Conclusion

Cette étude montre que le rouissage de racines de manioc préalablement découpées en tranche et mises à fermenter en sac, sans apport initial d'eau est réalisable. Elle permet d'obtenir des racines suffisamment ramollies pour subir les transformations en chikwangué ou fofou. La fermentation est rendue possible grâce à l'eau endogène des racines de manioc qui est exsudée au cours du rouissage et aux conditions anoxiques dues à l'étanchéité à l'air du sac. L'oxygène résiduel est consommé rapidement par la microflore aérobie épiphyte de la racine. Cette fermentation est comparable, en terme de mécanismes biologiques (profil fermentaire, évolution du pH et de la flore lactique) et de durée, à une fermentation de racines réalisée de manière traditionnelle (rouissage en fût, Brauman *et al.*, 1995). Cependant, dans les conditions expérimentales décrites, le fofou obtenu n'est apprécié par les consommateurs que si les racines rouies subissent un rinçage préalable à la transformation en farine de manioc. Un essai préliminaire a montré que l'eau de rinçage peut être réutilisée trois fois sans altérer les qualités organoleptiques du fofou, cependant des recherches complémentaires sont nécessaires pour définir la quantité minimum d'eau à rajouter afin d'obtenir un fofou de bonne qualité organoleptique. Ce procédé décrit permet au transformateur local d'effectuer sur place un rouissage sans eau, qui rend les racines de manioc stockables et transportables jusqu'à un lieu de rinçage.

Pour des raisons, liées au contexte local (destruction du laboratoire, cf. note des éditeurs), nous n'avons pas pu tester les qualités organoleptiques de la chikwangue obtenue avec des racines fermentées en sac. Il semble cependant (de Labbey, 1989) que les nombreuses étapes de transformation, dont le malaxage, le laminage et la double cuisson dans l'eau (Trèche et Massamba, 1995) permettraient une diminution significative des composés organiques volatils, sans rinçage préalable des racines rouies et rendrait le produit final consommable. Des études sont actuellement en cours pour valider cette hypothèse.

## Bibliographie

AFNOR, 1984 - « Agro Alimentaire - Analyse sensorielle » In *Recueil de norme française*, AFNOR.

AMPE (F.), BRAUMAN (A.), TRECHE (S.), AGOSSOU (A.), 1994 - The fermentation of cassava : optimization by the experimental research methodology. *J. Sci. Food. Agric.* 65 : 355-361.

AMPE (F.), BRAUMAN A (1995) - Enzymatic origin of detoxification and root softening in cassava retting. *World.J.of Microbio. Biot.* in press

AVOUAMPO (E.), GALLON (G.), TRECHE (S.), 1995 - « 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 » In Agbor-Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Treche (S.) éd. : *Transformation Alimentaire du Manioc*. Paris. Orstom : sous presses.

AKINRELE (I.A.) 1964 - Fermentation of cassava. *J. Sci. Food. Agric.*, 15 : 589-594

BRAUMAN, (A.), KÉLÉKÉ (S.), MAVOUNGOU, (O.), AMPE (F.), MIAMBI, (E.), (1995) - « Etude cinétique du rouissage traditionnel des racines de manioc en Afrique Centrale (Congo) ». In Agbor-Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.) éd. : *Transformation Alimentaire du Manioc*. Paris. Orstom : sous presses.

COOKE (R.D), 1978 - An enzymatic assay for the total cyanide content of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz). *J. Sci. Food Agric.* 29 :345-352.

DE MAN (J.C.), ROGOSA (M.), SHARPE (M.E.), 1960 - A medium for the cultivation of lactobacilli. *J. Appl. Bacteriol.* 23 :130.

DE LABBEY (B.) 1989 - *Fermentation et détoxification au cours du rouissage du manioc au Congo*. Mémoire de diplôme d'ingénieur ENS/BANA (Dijon). France.

FOMUNYAN (R. T.), ADEGBOLA (A. A.), OKE (O. L.), 1985 - The stability of cyanohydrins. *Food Chemistry*, 17, 221-225.

GAMI (N.), TRECHE (S.) 1995 - « Le rouissage sous terre des racines de manioc : une technique spécifique au plateau Kukuya (Congo) ». In Agbor-Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.) éd. : *Transformation Alimentaire du Manioc*. Paris. Orstom : sous presses.

GIRAUD (E.), GOSSELIN (L.), RAIMBAULT (M.), 1992. Degradation of the cassava linamarin by lactic acid bacteria. *Biotech. letters*, 14, (7) : 593-598

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. Orstom : sous presses.

NAGO (M.C.), 1995 - « la préparation artisanale du gari au Benin : aspects technologiques et physico-chimiques » In Agbor-Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.) éd. : *Transformation Alimentaire du Manioc*. Paris. Orstom : sous presses.

OKAFOR (N.), IJIOMA (B.), OYOLU (C.), 1984 - Studies on the microbiology of cassava retting for foo-foo production. *J. Appl. Bacteriol.* 56 : 1-13.

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. Orstom : sous presses.