POTENTIALITES A LA TRANSFORMATION DU MANIOC (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) EN AFRIQUE DE L'OUEST

POTENTIAL OF CASSAVA (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) PROCESSING IN WEST AFRICA

Georges AMANI, Charlemagne NINDJIN, Boni N'ZUE, Andres TSCHANNEN, Désiré AKA

Editeurs

Université d'Abobo-Adjamé (UAA) Centre Suisse de Recherches Scientifiques (CSRS) Centre National de Recherche Scientifique (CNRA) Société Ivoirienne de Technologie Tropicale (I2T)

Organisateurs



Nos partenaires





Forum for Agricultural Research in Africa



Agence Universitaire de la Francophonie

Actes du 1^{er} Atelier International Proceedings of the 1st International Workshop

04 - 07 Juin 2007 Abidjan - Côte d'Ivoire

POTENTIALITES A LA TRANSFORMATION DU MANIOC (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) EN AFRIQUE DE L'OUEST

POTENTIAL OF CASSAVA (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) PROCESSING IN WEST AFRICA

Comité d'Edition / Editorial Board

Prof. Georges AMANI, Université d'Abobo-Adjamé (UAA) / Côte d'Ivoire

Dr. Charlemagne NINDJIN, Université d'Abobo-Adjamé (UAA), Centre Suisse de Recherches Scientifiques (CSRS) / Côte d'Ivoire

M. Boni N'ZUE, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) / Côte d'Ivoire

Dr. Andres TSCHANNEN, Centre Suisse de Recherches Scientifiques (CSRS) / Côte d'Ivoire

M. Désiré AKA, Société Ivoirienne de Technologie Tropicale (I2T, Côte d'Ivoire) / Côte d'Ivoire

Secrétariat de rédaction et mise en page / Editing secretariat and lay-out

Dr. Charlemagne NINDJIN, Université d'Abobo-Adjamé (UAA), Centre Suisse de Recherches Scientifiques (CSRS) / Côte d'Ivoire

Actes du 1er Atelier International

Proceedings resulting from the 1st International Workshop

04-07 Juin / June 2007, Abidjan, Côte d'Ivoire

G. Amani, C. Nindjin, B. N'Zué, A. Tschannen, D. Aka (éditeurs), 2007. Potentialités à la transformation du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) en Afrique de l'Ouest, Actes de l'atelier international UAA-CSRS-CNRA-I2T, 4-7 juin 2007, Abidjan, Côte d'Ivoire, 341p.

Comité d'organisation de l'atelier / Organizing Committee of the workshop

UAA CSRS CNRA I2T

Editeurs / Editors

Georges AMANI, Université d'Abobo-Adjamé (UAA)
Charlemagne NINDJIN, Université d'Abobo-Adjamé (UAA), Centre Suisse de Recherches
Scientifiques (CSRS)

Boni N'Zué, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)
Andres Tschannen, Centre Suisse de Recherches Scientifiques (CSRS)
Désiré Aka, Société Ivoirienne de Technologie Tropicale (I2T, Côte d'Ivoire)

Remerciements / Acknowlegments

Cet atelier a pu se tenir grâce au soutien financier des organismes suivants :

Technical Centre for Agricultural and Rural Co-operation (CTA)

Forum for Agricultural Research in Africa (FARA)

Agence Universitaire de la Francophonie (AUF)

L'Association pour le Développement des Cultures Vivrières (ADCVI) en Côte d'Ivoire a mis gracieusement un véhicule à la disposition des organisateurs pour la navette des participants étrangers de l'aéroport à l'hôtel.

Un remerciement particulier aux Directeurs des institutions organisatrices de l'atelier, à tous les participants à l'atelier, aux illustres membres du comité scientifique, au secrétariat, aux responsables des commissions d'activités à l'organisation et leurs membres, ainsi qu'à l'équipe qui a assuré le travail éditorial de cet ouvrage.

Cliché de couverture / Cover picture: M. Boni N'Zué, Dr. Djouldé Darman Impression / Printing: ImprimAP 05 BP 2309 Abidjan 05 Côte d'Ivoire Interprétariat/Traduction Anglais-Français / Interpretership/Translating English-French: Talk International Training 06 BP 2518 Abidjan 06 Côte d'Ivoire

© 2007 Université d'Abobo-Adjamé (UAA), Centre Suisse de Recherches Scientifiques (CSRS), Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Société Ivoirienne de Technologie Tropicale (I2T).

Tous droits réservés / All rights reserved

http://www.csrs.ch/ateliermanioc

Potentialités à la transformation du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) en Afrique de l'Ouest

Potential of Cassava (Manihot esculenta Crantz) Processing in West Africa

Actes du 1er Atelier International

Proceedings resulting from the 1st International Workshop

04-07 Juin / June 2007, Abidjan, Côte d'Ivoire

Organisé par / Organized by

Université d'Abobo-Adjamé (UAA), Côte d'Ivoire Centre Suisse de Recherches Scientifiques (CSRS), Côte d'Ivoire Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Côte d'Ivoire Société Ivoirienne de Technologie Tropicale (I2T), Côte d'Ivoire

avec le concours de / with contribution from

Technical Centre for Agricultural and Rural Co-operation (CTA)
Forum for Agricultural Research in Africa (FARA)
Agence Universitaire de la Francophonie (AUF)

Comité Scientifique / Scientifique Committee

Prof. Alphonse KAMENAN, UFR STA, Université d'Abobo-Adjamé (UAA) / Côte d'Ivoire (Président / Chairman)

Dr. Nicodème ZAKRA, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) / Côte d'Ivoire (Vice-président / Vice-chairman)

Prof. Georges AMANI, UFR STA, Université d'Abobo-Adjamé (UAA) / Côte d'Ivoire

Prof. Joseph HOUNHOUIGAN, CERNA, FSA, Université d'Abomey-Calavi / Bénin

Prof. Narayana MOORTHY, Central Tuber Crops Research Institute (under ICAR) / Indian Council of Agricultural Research / India

Prof. Malachy O. AKORODA, International Institute of Tropical Agriculture Tropicale, IITA, Ibadan / University of Ibadan / Nigeria

Dr. Yéo GUEFALA, Directeur Général, Société Ivoirienne de Technologie Tropicale (I2T), Côte d'Ivoire

Inventaire des équipements de petite et moyenne capacités de production d'amidon de manioc par la voie humide

Inventory of the equipments of small and medium size for cassava starch production by the wet way process

Marouzé C.1, Da G. 1&2, Dufour D. 1&3

¹ Cirad, UMR Qualisud, TA B-95/15 34980 Montpellier Cedex 5 mail : claude.marouze@cirad.fr 2 IPH, HANOI, Vietnam & ENSBANA-UB, 01, Esplanade Erasme 21000 Dijon, 3 CIAT, AA6713, Cali, Colombie

La production à petite échelle d'amidon de manioc à partir des racines nécessite, plusieurs opérations unitaires. Si le procédé reste sensiblement toujours le même (lavage, fragmentation, séparation de l'amidon, réduction de la teneur en eau) de nombreuses variantes ont été apportées de part le monde aux équipements à petite échelle et à leur mode d'utilisation. Un développement d'une production économique et de qualité d'amidon de manioc en Afrique, nécessite une parfaite connaissance de ces différents équipements, de leurs variantes techniques et surtout de leur principe de fonctionnement. La connaissance de leurs avantages et de leurs limites permet de les choisir, les utiliser au mieux, voire, de les modifier pour les adapter aux conditions locales d'utilisation. A partir des réalisations développées dans les différents pays du Sud, l'article propose une présentation détaillée de chaque équipement utilisé pour la production d'amidon de manioc par voie humide. Il s'agit de faire le point sur les acquis en matière de recherche et de développement d'équipements de production d'amidon et de proposer un support pour un échange d'expérience entre les participants de l'atelier.

Mots clefs: Amidon de manioc, Equipements, Principes de fonctionnement, Procédés.

1 INTRODUCTION

La production à petite et moyenne échelles d'amidon de manioc à partir des racines nécessite plusieurs opérations unitaires et de nombreuses variantes ont été apportées aux équipements et à leur mode d'utilisation pour assurer une production dans les différentes régions du monde. Une connaissance de ces équipements, de leurs variantes techniques et surtout de leur principe de fonctionnement est nécessaire pour assurer une production de qualité d'amidon de manioc en Afrique. La connaissance de leurs avantages et de leurs limites permet de les choisir, de les utiliser au mieux, voire, de les modifier pour les adapter aux conditions locales d'utilisation.

A partir des réalisations développées dans différents pays tropicaux, l'article propose une présentation détaillée de chaque équipement utilisé pour la production d'amidon de manioc par voie humide. Les équipements sont étudiés par rapport à leurs apports fonctionnels pour la production d'amidon.

2. MATERIELS ET METHODES

La production d'amidon à petite échelle, est toujours réalisée par une séparation physique de l'amidon de la fibre. Deux voies sont envisageables pour l'obtention de l'amidon : la voie sèche par tamisage de farine obtenue par broyage au moulin à marteaux de cossettes séchées au soleil et la voie humide par

tamisage de la pulpe de manioc, obtenue après épluchage des racines et râpage sous filet d'eau courante.

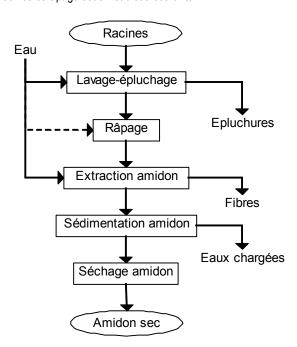


Fig. 1 : Diagramme général de production d'amidon de manioc à petite

échelle par voie humide.

La voie humide (voir figure 1) est la voie la plus généralement utilisée car elle permet d'obtenir des amidons de pureté supérieure. Les grains de silice pouvant être présents dans les racines étant éliminés par différence de densité, les protéines et métabolite solubles éliminés par lavage à l'eau.

Une présentation détaillée des équipements généralement utilisés pour la production d'amidon à partir de racines de manioc par voie humide est proposée ainsi que leur variante et leur principe de fonctionnement (Guesdon, 2002).

3 PRESENTATION DES EQUIPEMENTS ET DES TECHNOLOGIES

3.1. Lavage et épluchage des racines

L'épluchage peut être fait de manière totalement manuelle à l'aide de couteaux ou machettes. Le cortex et le phelloderme sont éliminés sur les racines brutes. Les racines épluchées (parenchyme) sont immergées dans l'eau afin de procéder au lavage et à l'élimination de toute trace de terre ou de silice en vue de diminuer significativement la teneur en cendres dans l'amidon final produit. Dans certains cas, les racines sont immergées et foulées aux pieds pour éliminer grossièrement les écorces.

Les éplucheuses les moins sophistiquées sont des fûts de récupération dans lesquels sont réalisés des incisions, afin de permettre un épluchage partiel. Le fut est mis en rotation sur un axe horizontal sous un courant d'eau. La friction des racines entre elles et sur les aspérités du fût permet un épluchage et un lavage simultanés. L'eau de lavage permet essentiellement d'entraîner les éléments étrangers grossiers (terre, cailloux).

Au Vietnam, des cages hexagonales réalisées en barres métalliques misent en rotation autour d'un axe horizontal sous un flux d'eau, éliminent la terre par friction avec un épluchage partiel. Un ajout d'eau est réalisé par l'axe central ou depuis l'extérieur du cadre du cylindre. Le chargement et le déchargement sont réalisés grâce à un panneau grillagé amovible.

En Colombie, des éplucheuses batch et des éplucheuses en continu sont réalisées dans des cylindres métalliques perforés en rotation autour d'un axe horizontal (Rivier, Moreno et al., 2001). L'effet de friction des racines entre elles et surtout sur le cylindre et l'effet d'un ajout d'eau suffisent à obtenir un épluchage suffisant pour la production d'amidon. L'alimentation et la vidange des racines sont réalisées par chacune des extrémités du cylindre.

Au Brésil, les laveuses éplucheuses en continu sont formées d'un auget demi circulaire avec un axe muni de bras disposés en hélice assurant un déplacement axial des racines qui poussent les racines d'un bout à l'autre de la laveuse. Elles fonctionnent avec une phase de friction en sec suivi d'une friction en humide dans une deuxième partie (Méot, 1996). Les machines brésiliennes sont horizontales. Au Vietnam, le même principe est utilisé mais l'auget est incliné pour alimenter en continu la râpe extracteur ou constituer un tas de racines lavées



Photo 1 : Lavage avec les pieds des racines de manioc (Vietnam)



Photo 2 : laveuse de type cage hexagonale (Vietnam)



Photo 3: Laveuse en continu avec arbre et vis sans fin (Vietnam)



Photo 4 : Laveuse en continu, vue côté sortie (Colombie)

3.2. Râpage

Cette opération a pour objectif de produire une pulpe à partir des racines entières. La granulométrie de la pulpe, c'est-à-dire la taille de particules élémentaires conditionne le bon déroulement de l'opération suivante : la séparation de l'amidon et des fibres. Le râpage doit être suffisamment fin pour libérer les granules d'amidon contenus dans les cellules du parenchyme de la racine. De plus, les particules doivent être obtenues par arrachement et non par coupe pour éviter une découpe des fibres et un endommagement de l'amidon qui rendraient plus difficile l'opération de séparation. Manuellement, l'opération est réalisée en frottant les racines sur une surface rugueuse plane (Amazonie, Afrique). La râpe mécanique est généralement constituée :

- d'un ensemble de tôles ou trémie qui assurent le guidage des racines vers le rotor;
- un rotor tournant à vitesse élevée muni d'aspérités qui arrachent des particules aux racines. Ce rotor est généralement cylindrique (tambour). Parfois, il a la forme d'un disque (Vietnam).

Les aspérités sont réalisées :

soit, par des lames métalliques avec un profil dentelé.
 C'est la technique utilisée industriellement mais aussi sur quelques petites machines, particulièrement au Brésil. Les dents dépassent d'environ un (1) millimètre du rotor cylindrique (en bois, métal ou plastique). Les lames sont maintenues en place par les flasques de chaque coté du cylindre. Ce dispositif ainsi que la réalisation des fentes

dans le cylindre sont souvent complexes. Par contre, avec l'utilisation d'acier à haute résistance, la durée de vie des lames est importante ;

- soit, par des aspérités d'une tôle métallique fine (8/10 ou 10/10ème de mm), réalisées par percussions de cette tôle à l'aide d'un clou puis par enroulement de cette tôle sur un cylindre en bois. Cette technologie est bien adaptée à la fabrication dans des ateliers rustiques mais la durée de vie des aspérités est faible. La tôle est régénérée par une nouvelle percussion ou remplacée par une nouvelle tôle perforée;
- soit par des extrémités de clous sans tête plantés ou bouts de câbles métalliques dans un tambour en bois d'une variété d'arbre compatible avec l'usage (bois ne se fendant pas, Bois « Xa Cu»). Cette technologie est courante dans le Nord du Vietnam. La régénération de rotor est réalisée en plantant une nouvelle rangée de clous.

Les racines tombent sur le tambour. La gravité et l'effort d'entraînement créés par le tambour sur les racines contribuent à les maintenir en place dans l'espace convergeant entre le rotor et la trémie. Quand la trémie ne comporte pas de partie verticale, les racines peuvent être poussées manuellement par un opérateur. Ce qui contribue à augmenter le débit de la râpe mais cette opération est dangereuse. Quelques machines disposent d'un piston presseur avec un mouvement alternatif d'avant en arrière qui comprime les racines sur le tambour lors de son déplacement avant. Ce piston entraîne un râpage séquentiel et une demande de puissance variant fortement en fonction du déplacement du piston.

A la sortie de la râpe la pulpe sort sous la forme d'une pâte. L'ajout d'eau à l'entrée des racines est parfois utilisé et assure une meilleure évacuation de la pulpe. Dans ce cas, la pulpe est beaucoup plus fluide et peut être transférée par gravité ou par pompage. L'ajout d'eau est à éviter si la pulpe doit être déplacée ou transportée manuellement. Les quantités d'eau utilisée sont au moins de 1m³/tonne de racines (Rivier, Moreno et al., 2001).

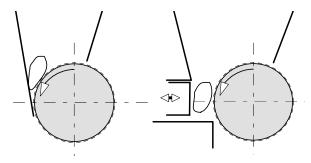


Fig. 1 : Schéma de râpes classique et à piston

Le tableau 1 montre les principales caractéristiques de quelques râpes à manioc utilisées pour la production d'amidon. La vitesse linéaire des éléments abrasifs est toujours élevée car il faut enlever de petites particules à chaque passage d'aspérités.

3.3. Extraction ou séparation de l'amidon et des fibres

L'opération d'extraction vise à séparer les granules d'amidon des fibres accompagné d'un lessivage des substances hydrosolubles (sucres, protéines, métabolites, minéraux). Cette opération est le plus souvent réalisée en faisant passer les granules au travers d'une toile filtrante alors que la toile retient les fibres. Deux actions sont conjuguées pour réaliser cette séparation, d'une part, un flux d'eau dilue et entraîne l'amidon pour constituer le lait d'amidon et d'autre part, un brassage mécanique de la pulpe facilite la libération des granules de la masse de pulpe. Il existe une grande diversité de principes pour mettre en œuvre cette séparation.

Cette opération est réalisée traditionnellement à la main. Un tissu est soit suspendu soit disposé dans un panier au dessus d'un bac d'eau. La pulpe est malaxée manuellement avec un ajout d'eau ou un trempage dans l'eau, les granules sont entraînés par le flux d'eau. Le bac sert de récipient au lait d'amidon.

L'équipement le plus simple est constitué d'un cadre tamis horizontal (80 mesh), rectangulaire, légèrement incliné et souvent animé d'un mouvement horizontal alternatif. La pulpe diluée dans un flux d'eau arrive sur le tamis qui retient les fibres. Le lait est récupéré sous le tamis dans un bac (Balagopalan, Padmaja et al., 2000).

Dans l'extracteur en demi auge, le tamis à une forme demi cylindrique. Un rotor muni de bras radiaux (brosses ou balais) assure un brassage de la pulpe avec un fonctionnement en batch (I2T). Dans une autre version anciennement utilisée au Brésil, il s'agit d'un ensemble de balais disposé en hélice qui assure un déplacement axial de la pulpe et un fonctionnement en continu (Méot. 1996).

Un autre type d'extracteur est la coladoras ou tambour tamiseur (Rivier, Moreno et al., 2001). La virole d'un tambour à axe horizontal est constituée d'une tôle perforée revêtue intérieurement d'une toile. 8 pales radiales sont fixées à la périphérie et l'intérieur du tambour. La pulpe est alimentée par une ouverture centrale sur l'une des faces du tambour. Avec la rotation du tambour, des paquets de pulpe sont relevés par des pales puis ils tombent diamétralement. Le malaxage de la pulpe sous l'effet de ce mouvement et l'ajout d'eau provoque un lavage de l'amidon, le lait d'amidon passe au travers de la toile. Le principe fonctionne en batch et l'opération est arrêtée quand le lait devient plus clair.

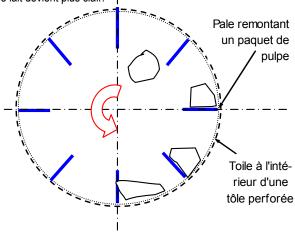


Fig. 2 : Schéma de l'extracteur tambour fonctionnant en batch (Colombie).

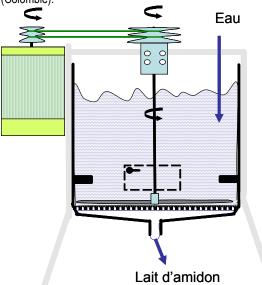


Fig. 3 : Schéma de l'extracteur batch (Vietnam)

L'extracteur batch consiste en un réacteur cylindrique vertical ouvert au sommet afin de charger la pulpe en début de batch et d'alimenter celui-ci en eau de manière discontinue. Le fond de la cuve est la surface de tamisage constituée d'une tôle perforée sur laquelle est tendu un tissu (80 mesh). La pulpe est entraînée par des pâles montées sur l'axe verticale et placées au-dessus de la surface de tamisage. L'extraction est terminée quand la phase liquide sortante (ou lait d'amidon) devient plus claire, puis, l'opérateur évacue la phase solide (fibres) par une trappe placée au-dessus de la surface du tamisage. Ce type d'extracteur est utilisé au Nord Vietnam (Da, 2006).

La râpe-extracteur verticale fonctionnant en batch comprend deux compartiments superposés: le compartiment supérieur assurant le râpage humide des racines lavées sur un disque couvert de clous; le compartiment inférieur où la pulpe broyée est agitée à l'aide de pâles situées au-dessus d'une surface de tamisage. Deux arrivées d'eau (solvant) assurent ces deux opérations. Un seul axe entraîne le disque de râpage et les pâles d'agitation. Comme dans le cas de l'extracteur batch, le tamisage est assurée par un tissu (80 mesh) tendu sur une tôle perforée de larges trous. La fin de l'extraction terminée est indiquée par la couleur de la phase liquide sortante (ou lait d'amidon), puis, l'opérateur évacue la phase solide (fibres) par une trappe placée au-dessus de la surface du tamisage (Da, 2006).

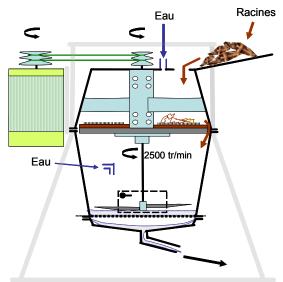


Fig. 4 : Schéma de la râpe extracteur (Vietnam).

Le séparateur centrifuge est un cône en tôle perforée revêtue intérieurement d'une toile fine tournant rapidement autour d'un axe horizontal. La pulpe est alimentée au fond du cône. L'eau passe au travers de la toile en entraînant l'amidon alors que les fibres sont retenues. Elles glissent sur la virole sous l'effet de jets d'eau complémentaires. Au brésil, dans les unités de taille moyenne ou petite, deux de ces machines sont montées en série (Vilpoux and Perdrix, 1995). Elles sont largement utilisées dans les unités industrielles.

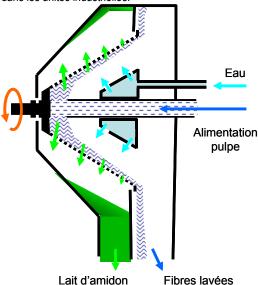


Fig.5 : Schéma du séparateur centrifuge (d'après Alpha-Laval) En conclusion, l'extraction de l'amidon par voie humide est toujours réalisée par un lavage à l'eau avec différents dispositifs de brassage plus ou moins énergiques de la pulpe. Cette intensité de brassage influe directement sur l'efficacité de l'extraction. Dans tous les cas, la quantité d'eau utilisée est importante.

3.4. Séparation de l'amidon et de l'eau

Il s'agit à partir du lait d'amidon d'éliminer la plus grande quantité d'eau pour récupérer de l'amidon qui devient solide à une humidité entre 45 à 50 % b.h. La séparation est réalisée essentiellement par sédimentation, c'est-à-dire par une précipitation sélective des particules sous l'effet de la gravité.

Pour les plus petites capacités, le lait d'amidon provenant de l'extracteur est déversé dans des bacs de sédimentation le plus souvent en béton avec un revêtement intérieur de protection (carrelage). L'amidon se dépose en couche épaisse au fond du bac au bout de 9 à 14 heures. L'eau surnageante est vidangée et la fraction d'amidon riche en protéines (localement appelée amidon noir au Vietnam ou mancha en Colombie) qui s'est déposée au dessus de la couche d'amidon sédimenté est éliminée. Puis l'amidon sédimenté est ressuyé durant quelques heures. Celui-ci peut ensuite être découpé en blocs qui sont retirés de la cuve.

Pour les unités plus importantes, les canaux de sédimentation peuvent être utilisés. Il s'agit de canaux de quelques dizaines de centimètres de large et de hauteur et d'une longueur allant jusqu'à une centaine de mètres. Ces canaux sont disposés en zigzag pour limiter leur encombrement. Le lait est alimenté à une extrémité et s'écoule vers l'autre extrémité en couche mince. L'amidon est récupéré tous les jours ou au bout de plusieurs jours.

Pour réduire les quantités d'eau utilisée, la concentration du lait par hydrocyclone a aussi été testée à petite échelle (Trim and Marder, 1995) (Manickavasagan and Thangavel, 2006). C'est une technique issue du milieu industriel. L'eau récupérée à la sortie de l'hydrocyclone est réutilisée dans le procédé d'extraction alors que le lait concentré est sédimenté.

3.5. Séchage

Pour cette opération, il existe toute une palette de solutions et d'équipements développés pour les produits du manioc ou pour d'autres produits tropicaux. Par conséquent, nous ne traiterons pas cette opération qui nécessite un article à elle seule.



Fig. 5 : Utilisation de la gravité dans les unités de production d'amidon aigre en Colombie.

On note une grande diversité de technologies pour la production d'amidon de manioc à petite échelle. Cette diversité résulte de divers facteurs. Elle provient : soit de la créativité (locale, individuelle), soit de transferts depuis l'industrie du manioc (lames de râpe, extracteurs centrifuge) ou d'autres secteurs (extracteur batch et râpe-extracteur). L'utilisation de la gravité pour le déplacement de produit dans les unités de production d'amidon aigre en Colombie est un exemple de transfert depuis l'industrie de matériaux.

Les différents résultats montrent l'importance d'avoir une bonne maîtrise de chaque opération pour avoir le meilleur rendement final d'extraction et de différents apports successifs. Il est important de bien comprendre les principes de fonctionnement mis en jeu pour utiliser pour les utiliser au mieux et surtout les faire évoluer.

CONCLUSION

Tabl. 1 : Caractérisation de quelques râpes à manioc utilisées pour la production d'amidon

Equipement, pays, références	Forme du rotor	Elément abrasif	Dia- mètre (mm)	Ajout d'eau	Vitesse de rotation (tr/min)	Vitesse linéaire (m/s)
Râpe, Colombie	Cylindrique	Tôle percutée	280	Oui	1800	26
Râpe, Côte d'Ivoire (Bietrix, 1996)	Cylindrique + Piston	Tôle percutée	210	Non	3800	42
Râpe (Minas Gérais Brésil) (Perdrix, 1994)	Cylindrique	Lames à dents	300	Oui	2000	31
Râpe cylindrique Vietnam (Da, Dufour et al., 2006)	Cylindrique	Clous	225	Non	4400	52
Râpe-extracteur Vietnam (Da, Dufour et al., 2006)	Plateau	Clous	520	Oui	2363	48 ¹³

 $^{^{13}}$ Vitesse linéaire calculée aux $\mbox{\em 3}\mbox{\em 4}$ du rayon, zone principale de râpage.

REFERENCES

- Da, G., D. Dufour, C. Marouzé, Mai Le Thanh, P.A. Maréchal et Trinh Thi Phuong Loan (2006). <u>Cassava Starch Processing at Small-Scale in North Vietnam (Hoai Duc district, Ha Tay Province). Impact of technology on efficiency and effluent management.</u> 14th TRIENNIAL SYMPOSIUM OF INTERNATIONAL SOCIETY FOR TROPICAL ROOT CROPS, 20 - 26 November, 2006 Central Tuber Crops Research Institute, Sreekariyam, Thiruvananthapuram - 695 017, Kerala.
- Manickavasagan, A. et K. Thangavel (2006). "Single Hydrocyclone for Cassava Starch Milk." <u>AMA Vol. 37 N°1. Agricultural Mechanisation in Asia, Africa and Latin America. Tokyo.</u> Japon.
- Guesdon, C. (2002). Conception d'une ligne de production d'amidon natif de manioc. Stage de fin d'études de l'EMAC, février - juin 2002 effectué au CIRAD-Montpellier et I2T-Abidjan. Cirad-Amis n°49/2002.
- Rivier, M., M.A. Moreno, F. Alarcon, R. Ruiz et D. Dufour (2001).

 <u>Amidon aigre de manioc en Colombie. Tome 2, Unité de production: Description et plans des équipements.</u>
- Balagopalan, C, G Padmaja, S K Nanda et S N Moorthy (2000).
 <u>Cassava in Food, Feed, and Industry</u>. Boca Raton, Florida, CRC Press.
- Bietrix, P. (1996). Procédé de fabrication de l'amidon fermenté de manioc en Côte d'Ivoire et utilisation du produit en panification I2T Abidjan / <u>Industries agroalimentaires des régions chaudes</u> ENSIA-SIARC Montpellier
- Méot, J.M. (1996). Compte rendu de mission Brésil du 1 au 19 octobre 1996. Cirad-SAR n° 146/96.
- Trim, D, S et R Marder, C (1995). "Investigations of hydrocyclones for concentration of cassava starch milk." <u>Starch/Stärke</u> 47(8): 439-449.
- Vilpoux, O et E. Perdrix (1995). "Une agro-industrie rurale en mutation. La fabrication d'amidon fermenté de manioc au Brésil. Document de travail Cirad-Sar N°5."
- Perdrix, E. (1994). Etudes de cas d'entreprises semi-industrielles d'amidon aigre de manioc dans l'état du minas gerais (Brésil). <u>Industries agroalimentaires des régions chaudes</u>. Montpellier, ENSIA-SIARC.