

Evaluation des performances techniques de deux torrefacteurs d'amande de karité (*Vitellaria paradoxa*)

R. Ahouansou⁸ et A. SINGBO⁹

Résumé

La pénibilité et la faible productivité de la torréfaction traditionnelle à l'aide de la marmite constituent l'une des contraintes de la technologie artisanale de transformation des amandes de karité en beurre. Cette opération soumet les transformatrices à la chaleur et aux courbatures. La présente étude a pour objectif de mettre au point et d'évaluer les performances techniques du torréfacteur manuel rotatif et du torréfacteur manuel à poêle. Par ailleurs, les performances techniques des deux torréfacteurs manuels comparés à la marmite traditionnelle sont évaluées sur la base des paramètres suivants : capacité horaire des technologies ; capacité technique ; bilan thermique ; temps de travail ; teneur en eau de l'amande de karité ; taux d'extraction. Les résultats ont montré que le torréfacteur rotatif a une capacité horaire de 24,5 kg/h contre 22,3 kg/h pour le torréfacteur à poêle et 9,41kg/h pour la marmite traditionnelle. Le temps de travail pour cuire 25 kg d'amande de karité est de 1,02 homme-Heure (HH) avec le torréfacteur rotatif contre 1,12 HH avec le torréfacteur à poêle et 2,65 HH avec la marmite traditionnelle. La température de torréfaction s'élève à 118 °C dans le torréfacteur à poêle contre 115 °C pour le torréfacteur rotatif et 114 °C pour la marmite traditionnelle. La teneur en eau des amandes torréfiées était de 5,3% avec le torréfacteur à poêle, 5,65% avec le torréfacteur rotatif et 6,03% pour la méthode traditionnelle. Les transformatrices estiment que les torréfacteurs manuels rotatif et à poêle sont performants car ils sont rapides et protègent contre la chaleur et la fumée tandis que scientifiquement, les deux torréfacteurs peuvent être recommandés.

Mots clés : torréfacteur rotatif et à poêle, karité, amande, beurre, Bénin

Technical assessment of two roasters of shea (*Vitellaria paradoxa*) almond

Abstract

Shea butter processing using traditional technology and tools faces several challenges which are among others: physically demanding, low productivity. With respect to that, women are very often subject to heat and pain. The objective of this study is to construct manual rotary roaster and the manual stove roaster and evaluate their technical efficiencies. Technical efficiencies of the two new manual roasters tools compared with the traditional cooking pot are evaluated on the basis of following parameters: hourly capacity; technical capacity; thermal balance; work duration; water content of shea almond; extraction rate. Results showed that the rotary roaster has a throughput of 24.5 kg/h against 22.3 kg/h for the stove roaster and 9.41 kg/h for the traditional cooking pot. The needed time to cook 25 kg shea almond was 1.02 Man-Hour (MH) for the rotary roaster against 1.12 MH for the stove roaster and 2.65 MH for the traditional cooking pot. The roasting temperature reaches 118 °C in the stove roaster against 115 °C in the rotary roaster and 114 °C in the traditional cooking pot. The water content of the roasted almonds was 5.3% for the stove roasters against 5.65% for the rotary roasters. Women who were involved in the experimentation estimate that manual roasters are highly efficient because they are fast and protect against the heat and the smoke.

Key words: rotary and stove roaster, shea tree, almond, butter, Benin.

INTRODUCTION

Le karité est un produit traditionnellement et exclusivement africain. Le Bénin est l'un des seize pays qui produisent du karité en Afrique. Sa production en 2003 représente 2% de la production en Afrique de l'Ouest derrière le Nigeria (57%), le Mali (13%), le Burkina Faso (11%), le Ghana (10%) et la Côte-D'Ivoire (6%); (CNUCED, 2003). Le fruit du karité est souvent consommé frais pour sa pulpe sucrée et comestible, comme remède dans la médecine traditionnelle. Aussi, permet-il surtout de fabriquer le beurre de karité qui est très employé comme matière grasse pour la cuisson des aliments, principalement dans les zones rurales du nord du Bénin. En Europe, il est utilisé dans l'industrie chocolatière. Avec un tonnage de 25000 tonnes, le karité représente le troisième produit d'exportation après le coton et l'anacarde (Agbahungba & Hountondji, 2002). L'essentiel de la production est

⁸ MSc. Ir. Roger AHOANSOU, Programme Technologie Agricole Alimentaire (PTAA), Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), BP 128 Porto-novo, Tél. : (+229)97986253 e-mail : gnankis@yahoo.fr, République du Bénin.

⁹ MSc. Ir. Alphonse SINGBO, Programme d'Analyse de Politique Agricole (PAPA), Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), BP 128 Porto-Novo, Tél. (+229)20214160 : e-mail : alphonsesingbo@yahoo.fr, République du Bénin.

exportée brute et juste une infime partie est transformée localement. Ceci occasionne d'importantes pertes en devise pour le pays.

La transformation du karité en beurre se fait au Bénin essentiellement de façon artisanale. Les amandes broyées sont torréfiées et moulues. La pâte subit le barattage et la crème obtenue est purifiée pour donner le beurre. L'une des contraintes à la transformation du karité en beurre au Bénin est la pénibilité de l'opération de la torréfaction. Jusqu'à présent, cette opération se fait à la main, à l'aide de marmite en aluminium. Traditionnellement, il faut 120 Hommes-Heures (HH) pour transformer 100 kg d'amande, contre 57 HH pour la méthode utilisant le broyage et la mouture mécanisée (Ahouansou *et al.*, 2003). Il faut 15 HH pour torréfier 100 kg d'amande. La durée de la torréfaction représente ainsi 26% de tout le processus de transformation artisanale alors que le barattage manuel occupe 32% du temps dans le processus de transformation semi-artisanale contre 4% pour la mouture et 3% pour le broyage (Ahouansou *et al.*, 2003). Ces deux dernières opérations ont connu un début de mécanisation depuis 2001. C'est dire que la mécanisation de l'opération de torréfaction permettra de réduire encore plus, la pénibilité du travail et d'augmenter sa productivité.

La torréfaction manuelle expose les transformatrices à la chaleur et à la fumée. L'optimisation de la technologie semi-mécanisée de production du beurre de karité impose une amélioration des performances de cette opération de torréfaction. Ce besoin est fortement exprimé par les transformatrices à différentes occasions (Godjo et Kruit, 1998). Pour lever la contrainte liée à la pénibilité de la torréfaction des amandes de karité, le Programme Technologie Agricole Alimentaire (PTAA) a conçu en deux types de torrefacteurs manuels. L'un est rotatif et l'autre à poêle. La présente étude se propose de réaliser les deux versions manuelles du torrefacteur conçu et d'évaluer leurs performances techniques. Pour atteindre ces objectifs, les hypothèses suivantes seront testées:

H₁ : L'introduction du torrefacteur permet de réduire au moins de 50% la durée de l'opération de torréfaction traditionnelle.

H₂ : L'introduction du torrefacteur permet de réduire au moins de 50% la consommation en bois.

MATERIELS ET METHODES

Matériels

Le matériel Végétal est constitué des amandes de karité sèches sont utilisées pour évaluer les performances des torrefacteurs. Après le déstockage, elles sont lavées au mortier, séchées au soleil, broyées à l'aide du broyeur COBEMAG avant d'être torréfiées avec les torrefacteurs mis au point. Les équipements utilisés sont le mortier, le broyeur COBEMAG, la marmite traditionnelle de 50 cm de diamètre, la baratte PTAA, le moulin à meules métalliques et les deux torrefacteurs mis au point. Le matériel de laboratoire utilisé est composé d'une balance électronique « Sartorius », d'un peson, d'une étuve « Memmert », d'un thermomètre.

Méthodes

Conception des équipements

La conception des deux torrefacteurs est réalisée au Programme Technologie Agricole et Alimentaire (PTAA) sis à Porto-Novo. La fabrication des maquettes et des prototypes est réalisée à l'atelier BECRREMA de Porto-Novo. Les tests en station sont réalisés au PTAA, au Centre de Recherches Agricoles Nord d'Ina et auprès du groupement des productrices Mero Bissirou de N'Dali. La conception des deux torrefacteurs s'est basée sur les résultats d'une enquête préliminaire ayant permis d'identifier les besoins et préoccupations réels des groupes cibles par rapport au pouvoir d'achat de l'équipement (capacité à acquérir la machine), à ses fonctions, aux sources d'énergie à utiliser (manuel, type motorisé à essence ou à gas-oil), à la taille (dimensions), etc. (Ahouansou *et al.*, 2004). En référence à ces contraintes, le torrefacteur manuel est conçu en deux modèles. Le premier modèle est à poêle et le second rotatif et cylindrique. Les deux modèles de torrefacteurs manuels sont réalisés d'abord sous la forme de maquettes et ensuite sous la forme de prototypes. Les résultats des tests sur les maquettes à l'atelier ont permis la fabrication des deux prototypes qui sont testés en station au PTAA à Porto-Novo et au CRA-Nord à Ina, puis auprès du groupement à N'Dali.

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est un bloc de Fisher complètement randomisé à 3 traitements et 6 répétitions. Les traitements suivants sont réalisés pour l'évaluation des torrefacteurs. Il s'agit de :

- Traitement T0 : Torréfaction artisanale (traditionnelle)
- Traitement T1 : Torrefacteur manuel à poêle

- Traitement T2 : Torréfacteur manuel rotatif.

Par site, six répétitions sont réalisées pour chaque traitement. Un échantillon de 50 kg d'amandes est utilisé par répétition. Des prélèvements d'amandes sont effectués après le broyage et après la torréfaction pour la détermination de la teneur en eau. Ces échantillons sont conservés au laboratoire à l'abri de l'humidité avant l'analyse. Les amandes issues de chaque type de traitement ont suivi le procédé de transformation des amandes en beurre. Le diagramme technologique de la figure 1 illustre le processus de la transformation des amandes en beurre de karité.

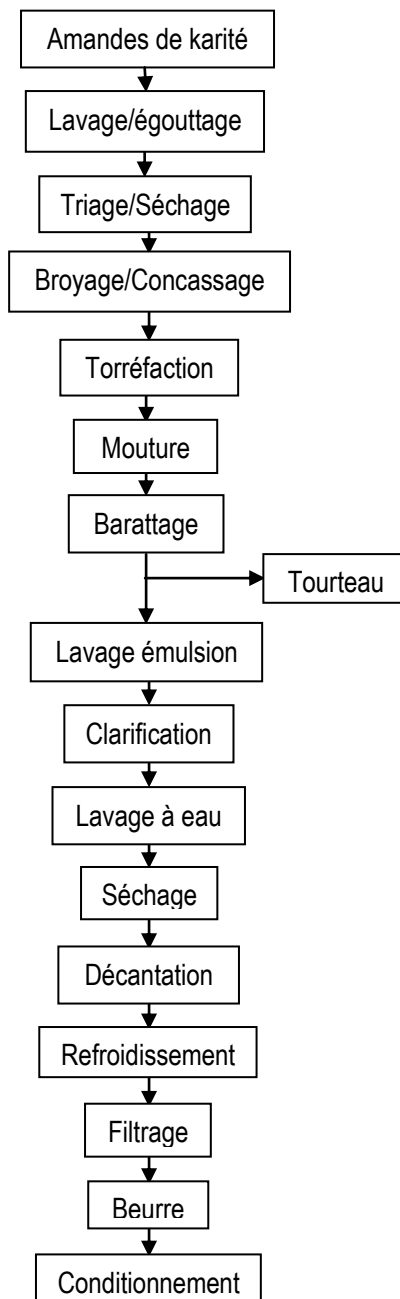


Figure 1. Schéma de transformation du karité en beurre

Les amandes déstockées, sont lavées à l'eau au mortier, égouttées, triées puis séchées au soleil. Elles sont ensuite broyées à l'aide du broyeur à marteau COBEMAG entraîné par le moteur IMEX. Le broyage consiste en effet à émietter les amandes destinées à la transformation afin de faciliter la torréfaction et la mouture. Les amandes broyées sont ensuite torréfiées. La torréfaction quant à elle, est une opération sensible dont le but est de libérer l'huile des autres composantes cellulaires (protéines, amidon). Une bonne torréfaction conditionne le rendement d'extraction. La torréfaction traditionnelle consiste à griller les amandes broyées dans la marmite en aluminium sous un feu modéré.

Dans le cadre de la présente étude, en dehors de la torréfaction traditionnelle, il est réalisé la torréfaction à l'aide des deux modèles de torréfacteurs mis au point. Le processus de torréfaction est suivi par les transformatrices ayant une expérience au moins de dix (10) ans dans l'activité, qui ont indiquées le temps d'arrêt de l'opération au niveau de chaque équipement. La mouture des amandes torréfiées est réalisée avec le moulin à meules métalliques. La mouture permet de réduire les amandes en de fines particules prêtes à libérer la matière grasse. La finesse est déterminante pour la quantité du beurre à obtenir. La pâte obtenue après la mouture subit ensuite l'opération de barattage qui consiste à malaxer la pâte jusqu'à la levée du beurre (obtention de la blancheur de la pâte). Le barattage est réalisé avec la baratte PTAA du Complexe karité "Alafia". La crème obtenue après le barattage est lavée puis clarifiée dans une marmite. L'huile obtenue est lavée à l'eau pour être débarrassée des impuretés. Cette huile est remise ensuite sur un feu doux pour être déshydratée pendant environ 30 mn. Elle est ensuite refroidie, décantée, filtrée avec de la toile à mailles très fines puis conditionnée.



Figure 2. Méthode traditionnelle de torréfaction

Méthode d'analyse

Collecte des données primaires

Les données primaires sont collectées suivant les paramètres que sont : durée de chaque opération (broyage, torréfaction, barratage, clarification, etc.) ; quantité et coût des intrants (amande, eau, bois, de carburant), état phytosanitaire des amandes et la quantité du beurre et du tourteau par traitement. Un accent particulier est mis sur le coût du bois utilisé pour la torréfaction des amandes. Les données sur : les équipements (poids, dimensions principales, transmission, capacité de la cuve, matériaux de base), le nombre d'opérateurs utilisé pour chaque opération, la température de torréfaction et des autres opérations de même que les appréciations des transformatrices ayant observé les essais ont également été collectées.

Expression des résultats et analyse des données techniques

L'analyse des performances des torréfacteurs est faite à partir des paramètres tels que : la Capacité horaire (kg/h) ; la Capacité Technique (Kg/an) ; le Taux d'extraction (%).

- Capacité horaire C_h (Kg/h)

La capacité horaire détermine la quantité de matière première (amande broyée) traitée par l'équipement en une heure. Elle est déterminée par la formule :

$$C_h = \frac{m_e}{T_e} \text{ (Kg/h), avec } m_e = \text{masse de l'échantillon (kg) et } T_e = \text{durée de torréfaction (heure)}$$

- Capacité technique (kg/an)

Le calcul de la capacité technique a pris en compte les résultats de l'enquête préliminaire précédemment réalisée en 2004 et qui indique que le torréfacteur fonctionne pendant 4 jours par semaine pendant six mois; soit 144 jours par an à raison de 4 heures de travail par jour. Ainsi, la capacité technique de l'extracteur est calculé à partir de la formule :

$K = C_h \times N \times m \times n$ (kg/an), avec : C_h : capacité horaire de la machine ; N : nombre de jour de travail dans le mois (24 jours) ; m : nombre de mois de travail ; n : nombre d'heure de travail par jour

- Taux d'extraction (%)

Le taux d'extraction se calcule en ramenant la masse de matière grasse extraite à celle des amandes. Il s'exprime par le rapport entre la quantité de beurre obtenue après extraction et la quantité de matière première utilisée. Il est calculé à partir de la formule :

$$T = \frac{M_H}{M_f} \times 100, \text{ avec : } M_f \text{ la masse d'amande travaillée et } M_H \text{ la masse de beurre obtenu.}$$

Analyses statistiques

Les analyses de variance (ANOVA) des données techniques sont réalisées avec le logiciel SPSS 9.0 afin de tester la variation de ces paramètres techniques. La comparaison des moyennes est faite par le test de Tukey.

RESULTATS ET DISCUSSION

Description et mode de fonctionnement des torrificateurs mis au point



Figure 3. Torrificateur rotatif

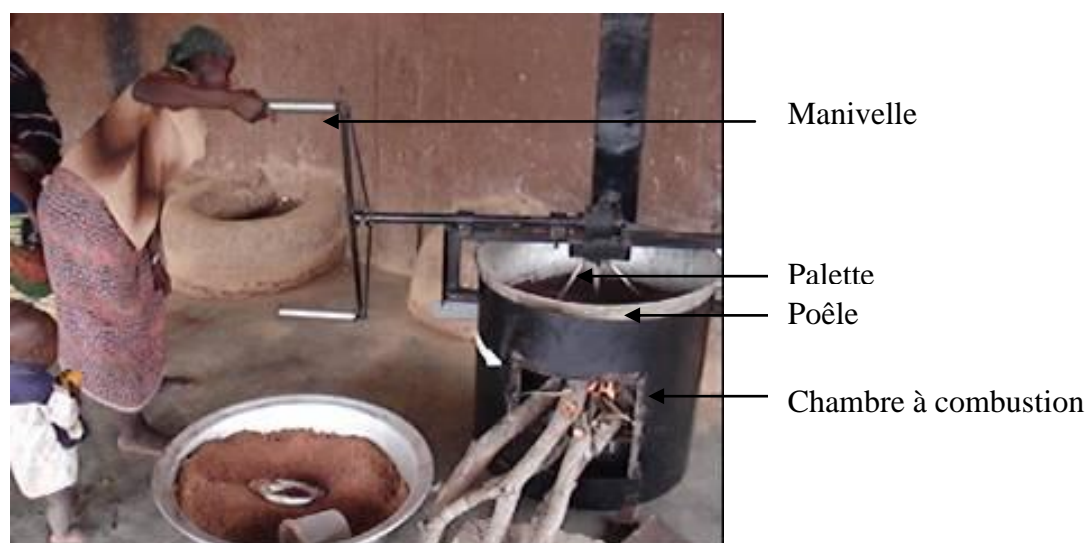


Figure 4. Torrificateur à poêle

Le torréfacteur rotatif (Figure 3) est constitué d'une trémie qui reçoit les amandes précédemment broyées, d'un tambour cylindrique dans lequel se déroule l'opération de torréfaction proprement dite, de la chambre de combustion constituée d'isolants thermiques permettant de réduire les pertes en chaleur. Le tambour est muni d'un d'axe central portant des palettes destinées à brasser les amandes broyées. A l'extrémité de l'axe, est fixée une manivelle qui sert de levier pour tourner les palettes. Le bois ou le charbon de bois porté à combustion dans la chambre de combustion permet de chauffer l'intérieur du tambour. La chaleur du tambour est transmise aux amandes introduites par la trémie qui sont progressivement grillées. Le tambour peut contenir 15 kg d'amande à la fois. Environ chaque deux minutes, la manivelle est tournée par l'opératrice pour homogénéiser le grillage. Le niveau du grillage est vérifié à travers l'ouverture de contrôle. Lorsque la torréfaction est parfaite (brunissement des amandes), les amandes sont récupérées à chaud à travers l'ouverture de récupération.

Le torréfacteur à poêle (Figure 4) comprend une cuvette (poêle) dans laquelle les amandes sont torréfiées, deux palettes, une transmission et une chambre de combustion. La chambre de combustion, de forme cylindrique est constituée de paroi métallique et d'isolant thermique pour éviter la dispersion de la chaleur. La combustion du bois ou du charbon de bois produit de la chaleur qui chauffe les parois de la poêle d'une capacité de 15 kg d'amande. Cette chaleur est transmise aux amandes broyées contenues dans la poêle qui progressivement sont grillées. La rotation périodique de la manivelle imprime aux palettes un mouvement de rotation qui permet d'assurer le grillage uniforme des amandes.

Capacité horaire et technique des équipements

Concernant, les performances des torréfacteurs mis au point par rapport à la méthode traditionnelle de torréfaction à l'aide de la marmite en aluminium (tableau 1), il ressort que le torréfacteur rotatif présente la meilleure capacité horaire (24,5 kg/h) suivi de celle du torréfacteur à poêle (22,3 kg/h). On note une différence significative au seuil de 5% entre les capacités horaires des deux torréfacteurs. Ainsi, l'utilisation du torréfacteur à tambour favorise l'augmentation de la capacité horaire de 160% par rapport à la méthode traditionnelle contre une augmentation de 136% avec le torréfacteur à poêle. Le système mécanique de brassage des amandes pendant la torréfaction qui a remplacé la tige de bois de la transformatrice traditionnelle (photo 1), la contenance de la poêle et du tambour (15 kg par chargement) et le principe de conception de la chambre à combustion qui favorise une meilleure conservation de la chaleur expliquent cette amélioration de la capacité horaire des équipements par rapport à la méthode traditionnelle. La capacité horaire du torréfacteur rotatif est supérieure à celle du torréfacteur à poêle de 9,85%. La forme cylindrique du tambour du torréfacteur rotatif lui confère une meilleure capacité d'accumulation de la chaleur, c'est ce qui explique ce résultat contrairement à la poêle qui par sa forme ouverte, favorise des pertes de chaleur plus importantes. La même tendance est observée au niveau de la capacité technique. Le torréfacteur rotatif présente la capacité technique la plus élevée suivi de celle du torréfacteur à poêle puis de la méthode traditionnelle. La source d'énergie étant du bois, sa qualité peut influencer la combustion et par conséquent la capacité horaire. Ceci explique la valeur des écart-types observés.

Tableau 1. Capacité horaire et technique des équipements

Type de torréfacteur	Capacité horaire (kg/heure)	Capacité technique (kg/an)
Traditionnel	9,41 ± 2,8 (a)	5423 ± 106 (a)
Torréfacteur rotatif	24,5 ± 1,3 (b)	14100 ± 51(b)
Torréfacteur à poêle	22,3 ± 1,35 (c)	12897 ± 61 (c)

Les valeurs moyennes par une même colonne avec des lettres différentes sont statistiquement différentes au seuil de probabilité de 5%. Les valeurs moyennes de la même ligne portant en indice les lettres différentes sont statistiquement différentes au seuil de probabilité de 5%.

Les résultats du tableau 2 montrent que, traditionnellement, une femme met environ 2,65 heures pour torréfier un wénééré (25 kg)* d'amande de karité broyée. C'est dire qu'il faut par transformatrice environ 63 mn pour torréfier 10 kg d'amande karité soit 10h30mn pour torréfier 100 kg d'amande. Ce résultat est légèrement supérieur à celui trouvé au Burkina Faso où il faut environ 50mn pour la torréfaction de la même quantité d'amande (CNUCED, 2000). La qualité du bois utilisé, la vitesse de combustion entretenue par la transformatrice pourraient expliquer cette différence. L'introduction des équipements permet un gain de temps de 1,63 HH pour le torréfacteur à tambour et 1,53 HH avec le torréfacteur à poêle. Les résultats obtenus sur les deux équipements sont meilleurs à ceux obtenus au Burkina Faso où l'utilisation de torréfacteur manuel rotatif induit un gain de temps de 1,04 HH par rapport à la

méthode traditionnelle. Ainsi, l'introduction des torrificateurs dans le processus de transformation du karité en beurre, permet de réduire le temps de travail de 57% à 61% par rapport à la méthode traditionnelle permettant de confirmer l'hypothèse de départ qui prévoyait une réduction de 50%. De même, l'utilisation des torrificateurs induit une réduction de la consommation en bois de 50%. Ce résultat montre l'impact positif sur l'environnement que pourra avoir l'utilisation à grande échelle des torrificateurs. Elle favorisera la baisse de la consommation en bois, et de la forte pression sur les parcs et forêts.

Temps de travail et Consommation en bois

Tableau 2. Temps de travail pour la torrification de 25 kg d'amande et Consommation en bois

Type de torrificateur	Temps de travail (HH)	Consommation en bois (FCFA)
Traditionnel	2,65 (a)	100
Torrificateur rotatif	1,02 (b)	50
Torrificateur à poelle	1,12 (b)	50

Les valeurs moyennes par une même colonne avec des lettres différentes sont statistiquement différentes au seuil de probabilité de 5%.

Bilan thermique

Le processus traditionnel de transformation du karité en beurre est caractérisé par un important transfert de chaleur entre le produit de transformation et le milieu extérieur (Figure 5).

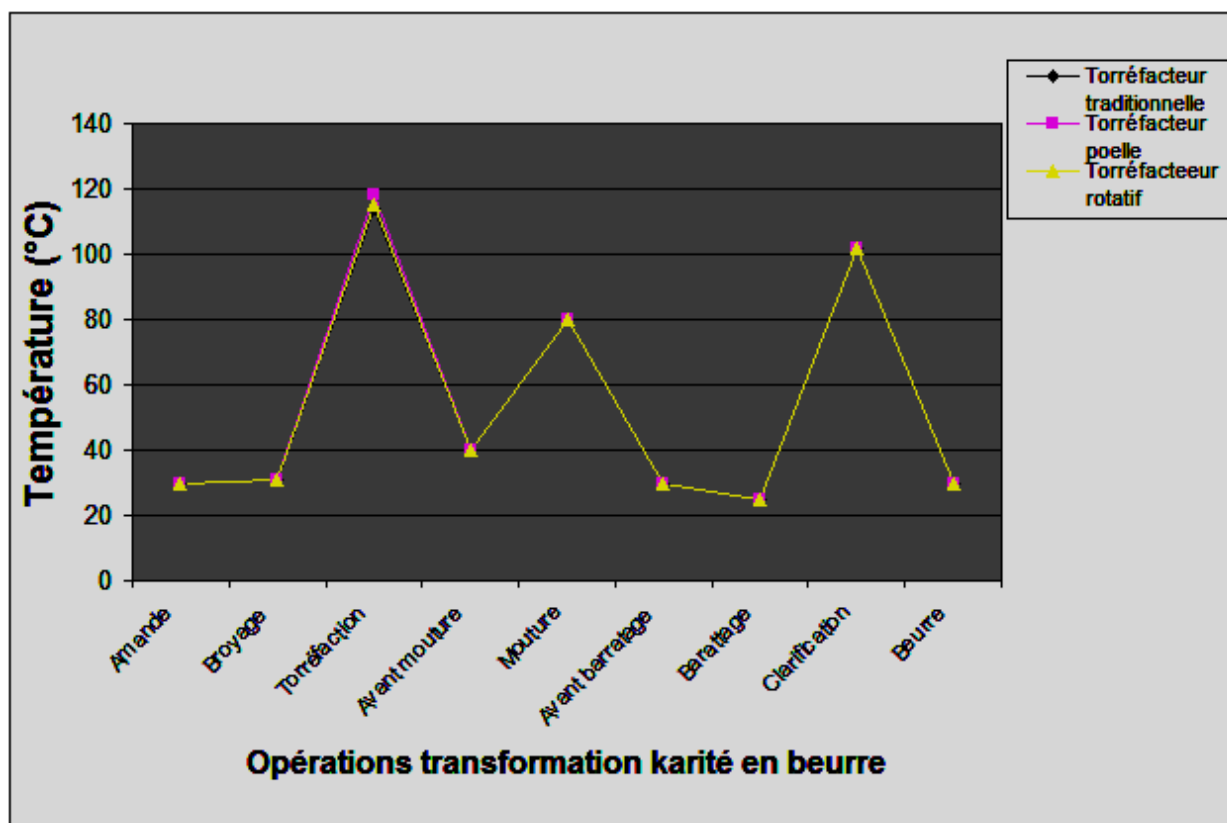


Figure 5. Variation de la température du produit pendant le processus de transformation des amandes de karité en beurre

L'analyse est faite suivant les opérations de broyage, de torrification, de mouture et de clarification (figure 5). Pour le broyage, l'amande introduite dans le broyeur à une température de 30 °C, en ressort à 32 °C. Cette légère augmentation de la température est due au choc entre les marteaux du broyeur et les amandes qui en ressortent émiéttées en fraction de 2 à 8 mm de diamètre. La torrification des amandes est réalisée à la température de 115 °C pour la méthode traditionnelle et le torrificateur rotatif et à 118 °C pour le torrificateur à poelle. Cet important transfert de chaleur de la source d'énergie qu'est le bois vers les amandes émiéttées est nécessaire pour réduire la teneur en

eau des amandes et accroître la fluidité de l'huile. L'augmentation de la chaleur favorise aussi l'accroissement de la plasticité des amandes, la coagulation des fractions de protéine et la désactivation des enzymes thermo-sensibles (Karleskind, 1992). Ce traitement thermique permet la rupture des parois de cellules oléifères, la stérilisation et la destruction des substances toxiques thermolabiles.

Après la torréfaction, les amandes sont récupérées dans des bassines, ce qui favorise la diminution de la température à 40 °C. Les amandes torréfiées introduites dans le moulin, en ressortent sous forme de pâte fluide à la température de 80 °C. La mouture est réalisée par le frottement des meules qui soumettent les amandes torréfiées à un traitement mécanique (frottement et pression) et un traitement thermique qui parachève le processus de brisure des cellules oléifères commencé pendant la torréfaction. Après la mouture, la pâte obtenue est refroidie à une température de 30 °C. Cette température est nécessaire pour le bon déroulement du processus d'extraction du beurre. L'extraction du beurre est réalisée en trois temps successifs bien qu'imbriqués, font qu'une observation superficielle ne permet pas d'identifier la physico-chimie du comportement (FAO, 1991). La première manipulation consiste à incorporer de l'eau tiède à la pâte préparée la veille. L'opération qui s'apparente à un pétrissage a pour effet d'hydrater les constituants hydrophiles de la masse pour provoquer la synérèse qui décrochera la matière grasse. La deuxième opération qui s'apparente à un barattage vise à rassembler puis à laver les agglomérats de beurre pour éliminer les substances qui conserveraient à la pâte sa cohésion. Au cours de cette opération, de l'eau chaude puis froide est ajoutée par apports successifs pour baisser la température très progressivement au dessous du point de fusion des graisses qui est de 25 °C (Karleskind, 1992). La clarification de la crème est faite à la température de 102 °C. Les agents émulsifiants coagulent. Certains remontent pour former une écume brunâtre qui sera enlevée à l'écumoire. Les particules d'amandes, farine et semoules ayant échappé au lavage se décrochent de la graisse en fusion et s'accroissent sur le fond du chaudron. Le beurre récupéré est refroidi à la température ambiante de 30 °C.

Effet du mode de torréfaction sur la teneur en eau des amandes, le taux d'extraction et la durée de la mouture

Tableau 3. Effet du mode torréfaction sur la teneur en eau des amandes, le taux d'extraction et la durée de la mouture

Type de torréfacteur	Teneur en eau des amandes torréfiées (%)	Taux d'extraction (%)	Durée de mouture des amandes (mn)
Traditionnel (marmite en aluminium)	6,03 ± 0,01 (b)	33,61 ± 0,01 (a)	18 (a)
Torréfacteur à poelle	5,30 ± 0,35 (a)	34,96 ± 0,01 (b)	16 (b)
Torréfacteur rotatif	5,65 ± 0,05 (ab)	34,85 ± 0,05 (b)	16,5 (b)

Les valeurs moyennes par une même colonne avec des lettres différentes sont statistiquement différentes au seuil de probabilité de 5%.

L'analyse des résultats du tableau 3 montre que le rôle de la torréfaction est de réduire autant que possible le taux d'humidité des amandes. Cette teneur en eau doit être comprise entre 3-5% (Karleskind, 1992). Les amandes du torréfacteur à poelle présentent la valeur la plus faible avec une teneur en eau de 5,3%. Celles du torréfacteur rotatif ont une teneur en eau 5,65%. Le torréfacteur traditionnel présente une teneur en eau plus élevée malgré un séjour plus long au feu. L'utilisation des torréfacteurs rotatif et à poelle permet d'augmenter le taux d'extraction de 4% par rapport au torréfacteur traditionnel à marmite. Ce résultat s'explique par le fait que l'utilisation des torréfacteurs favorise une rotation régulière du produit et la distribution uniforme de la chaleur. Ceci favorise un meilleur accroissement de la plasticité des amandes, la rupture des parois de cellules oléifères, la stérilisation, toute chose qui explique cette légère augmentation du taux d'extraction. Une bonne torréfaction implique une bonne tenue de la mouture. L'utilisation des torréfacteurs favorise une diminution du temps de mouture de 8,33% pour le torréfacteur rotatif et 11,11% pour le torréfacteur à poelle.

Appréciations des transformatrices

Les tests en station sont réalisés en présence des transformatrices qui ont assuré la manipulation des équipements et réalisé la torréfaction à la marmite. Selon elles, l'utilisation des torréfacteurs permet de réduire la durée de la torréfaction. Elles estiment en outre qu'elles ne sont plus exposées au feu, à la chaleur et que le travail est plus facile. L'amande torréfiée est de bonne qualité et la cuisson est uniforme. Elles attestent que la consommation en bois est réduite et confirment qu'elles sont prêtes à utiliser ces équipements, mais elles ont accordé leur préférence au torréfacteur à poelle car selon elles, ce torréfacteur permet de voir le produit et donc en suivre la cuisson. Elles ont proposé de

changer la position de la manivelle du torrificateur à poelle, de motoriser les deux torrificateurs et d'augmenter la pente de récupération du produit cuit. Ces équipements éviteront aux transformatrices les coups de fatigue et de courbature dûs à la chaleur et à la fumée.

CONCLUSION

L'étude a permis la mise au point de deux torrificateurs. L'évaluation technique des deux équipements a montré qu'ils sont performants par rapport à la marmite traditionnellement utilisée. Les facteurs qui militent en faveur de cette performance sont notamment la réduction du temps de travail, l'augmentation de la température de cuisson. L'utilisation de ces torrificateurs favorise une baisse de la teneur en eau des amandes et une augmentation du taux d'extraction. Mais le torrificateur rotatif, a montré les performances les plus intéressantes. Cependant, les transformatrices ont porté leur préférence sur le torrificateur à poelle. Les tests en milieu réel devront permettre de collecter les données économiques et d'évaluer l'efficacité économique des torrificateurs. Aussi, des tests sont-ils nécessaires pour préciser le temps nécessaire de torrification qui permet d'obtenir une teneur en eau de l'amande torrifiée comprise entre 3 et 5%.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Agbahoungba, A.G., Hountondji ., 2002 : Observations préliminaires sur la croissance en pépinière des sauvageons et des semis directs de karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn. F.) à la station forestière de Toui au Centre du Bénin. Acte de l'atelier Scientifique 1 Centre. Pp. 280-286.

Ahouansou, R., Singbo, A., 2003 : Etude technique des équipements de transformation du karité en beurre. Acte de l'Atelier Scientifique post-récolte, Bohicon, 2003. Pp. 134-147.

Ahouansou, R.; Singbo, A., Dossa, C., 2004 : Evaluation des besoins des transformatrices pour la mise au point de torrificateur d'amande de karité –Rapport Technique PTAA. 20 p.

CNUCED (Centre des Nations Unies pour le Commerce et le Développement). 2000. Informations de marché dans le secteur des produits de base. Informations sur le karité. Disponible sur <http://r0.unctad.org/infocomm/francais/karite/culture.htm#rendements>

CNUCED (Centre des Nations Unies pour le Commerce et le Développement). 2003. Informations de marché dans le secteur des produits de base. Informations sur le karité. Disponible sur <http://r0.unctad.org/infocomm/francais/karite/culture.htm#rendements>

FAO (Food and Agriculture Organisation). 1991 : Amélioration des procédés traditionnels de transformation de certains oléagineux et du manioc au Bénin. Rapport. 42 p.

Godjo, T., Kruit, F., 1998 : Enquête diagnostique sur la transformation des produits vivriers au Bénin. Rapport. 38 p.

Karleskind, A., 1992. Manuel des corps gras. Tome 1; édition Lavoisier. 250 p.