

Analyse des performances techniques des clarificateurs et déshydrateurs d'huile de palme au Bénin

R.H. Ahouansou^{1,2*}, P.B. Agbobatinkpo^{1,3}, C.H. Sossou² & E.A. Sanya²

Keywords: Palm oil- Throughput- Moisture content- Yield- Clarification- Dehydration- Benin

Résumé

La clarification et la déshydratation sont deux opérations importantes dans la technologie de fabrication de l'huile de palme. Une clarification inefficace et une mauvaise déshydratation peuvent entraîner des pertes importantes d'huile et la détérioration de ses qualités organoleptiques et nutritives. On retrouve au Bénin chez les transformateurs, des clarificateurs et des déshydrateurs artisanaux, semi-artisanaux et des clarificateurs-déshydrateurs. Cette étude vise à évaluer les performances techniques de ces équipements. Les résultats montrent que les clarificateurs artisanaux, semi-artisanaux et les clarificateurs-déshydrateurs ont respectivement une capacité horaire de 23,33 kg/h; 216,66 et 327 kg/h avec la variété de fruit Tenera. Ces équipements permettent d'obtenir des huiles de teneurs en eau résiduelle respective de 1,20%; 1,05% et 1,30%. Les rendements de clarification sont respectivement de 92,90%; 82,4% et 79,8%. Les déshydrateurs artisanaux, semi-artisanaux et le clarificateur-déshydrateur ont réduit de près de 3 à 4 fois les teneurs en eau des huiles obtenues par les clarificateurs. Toutefois, le seuil de 0,1%, adopté pour norme internationale comme celui offrant une bonne conservation de l'huile n'est pas atteint dans la majorité des cas. Pour y parvenir, il faudrait chauffer l'huile à une température de 128 °C.

Summary

Analysis of the Technical Performances of Clarifiers and Palm Oil Dehydrators in Benin

Clarification and dehydration are two important operations in the palm fruit processing technology. Inefficient clarification and a poor dehydration can lead to significant losses of palm oil and damage of organoleptic and nutritive qualities. In Benin, palm oil processors use artisanal and semi-artisanal boilers, dehydrators, and clarifier-dehydrators. The aim of this study is to evaluate the technical performances of these equipments. The results showed that the artisanal, semi-artisanal boilers and clarifier-dehydrators had a hourly throughput respectively of 23.33 kg/h; 216.66 and 327 kg/h with palm variety Tenera. The moisture content of the palm oil obtained with these equipments were respectively 1.20%; 1.05 and 1.3%. The clarification yields were respectively 92.9%; 82.4% and 79.8%. The artisanal, semi-artisanal dehydrator and clarifier-dehydrator reduced the moisture content of the boiled oil by nearly 3 to 4 times. However, the threshold of 0.1%, adopted for international standard offering good conservation of oil, was not reached in the majority of cases. To achieve this, the oil should be heated to a temperature of 128 °C.

¹Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, Programme Technologie Agricole Alimentaire, Cotonou, Bénin.

²Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Appliquée, Cotonou, Bénin.

³Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire des Sciences Alimentaires, Cotonou, Bénin.

⁴Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, Programme analyse de la politique agricole, Cotonou, Bénin.

*Auteur correspondant: Email: gnankis@yahoo.fr

Introduction

L'huile de palme est devenue aujourd'hui le produit oléagineux le plus consommé au monde et elle est à l'origine d'une filière agro-industrielle prospère, dopée par la demande en carburants d'origine végétale (21). Le palmier à huile pousse dans les pays tropicaux humides: le Golfe de Guinée en Afrique d'où il est originaire, l'Amazonie et l'Amérique Centrale et enfin l'Asie du Sud-Est où il est de loin le plus présent aujourd'hui. Quinze millions d'hectares au total sont plantés dans le monde. La moitié des aliments transformés en contiennent ainsi que bon nombre de cosmétiques. Elle est utilisée de plus en plus par les véhicules comme carburant (18, 21). Deux pays, l'Indonésie et la Malaisie produisent presque 87% de la production mondiale (12). Cette huile est utilisée à 80% dans l'agroalimentaire, 19% dans l'oléochimie et 1% pour le biocarburant (14). La variété Tenera est la plus cultivée à cause de sa forte teneur en huile (29). La transformation du palmier permet d'obtenir de l'huile de palme, du savon, du vin de palme, de la vannerie, des fertilisants, des produits de la médecine traditionnelle (racines), du matériel de construction (tronc) (8, 19).

Les plus grands producteurs régionaux sont le Nigeria, la Côte d'Ivoire suivis à un degré moindre du Cameroun, du Ghana, de la Sierra Leone, du Bénin et du Liberia. La production du Bénin en 2013 est estimée à 56.000 tonnes d'huile contre 960.000 tonnes pour le Nigeria et 415.000 tonnes pour la Côte d'Ivoire et 225.000 tonnes pour le Cameroun (11). L'activité de transformation des fruits de palmier en huile apporte aux acteurs d'importants revenus (10). Son importance a amené plusieurs pays à adopter des plans de développement de la filière (18). Au Nigeria, il faut environ 623.650 Naira pour installer une petite unité de transformation des fruits de palmier en huile. La marge brute sur la transformation de 100 régimes de palme est estimée à 44.000 Naira et la marge nette à 14.000 Naira (25). Au Bénin, l'utilisation de la presse Dékanme manuelle permet de dégager une marge nette annuelle de 653.000 FCFA contre 503.430 pour la pratique paysanne. Le seuil de rentabilité de cette presse est de 14,40 tonnes de fruits (1).

La filière palmier à huile demeure l'une des filières dont le développement devient impérieux afin que le Bénin retrouve sa place sur le marché international dans le contexte de la mondialisation et de la crise monétaire et économique sevrant au Nigeria. L'huile produite au Bénin ne peut s'imposer que si elle répond aux normes internationales de qualité admises (3, 28). Les qualités organoleptique et hygiénique de ce produit nécessitent une amélioration pour sa compétitivité sur le plan sous-régional et international (9).

Selon une enquête de la Banque Ouest Africaine de Développement (BOAD) sur comment relancer la filière des oléagineux, l'huile de palme présente les meilleurs atouts pouvant aider les dirigeants africains à résorber le déficit de leurs pays en huile. Cette huile est déjà intégrée dans les habitudes alimentaires des consommateurs de l'espace de l'Union économique et monétaire ouest-africaine (UEMOA) et présente de grandes possibilités de développement notamment dans les pays côtiers: Côte d'Ivoire, Bénin, Togo, etc. (3).

Ces dernières années sont marquées au Bénin par le développement des palmeraies sélectionnées privées avec un besoin de plus en plus croissant en équipements pour la transformation (15). En effet, la méthode traditionnelle d'extraction d'huile ne permet pas de maximiser les marges bénéficiaires. Pour faire face à ce besoin, réduire la pénibilité du travail et améliorer la qualité du produit, différents équipements, notamment les presses à huile, ont été développés au Bénin et dans la sous-région ouest et centre africaine.

Depuis 2000, le Programme Technologie Agricole Alimentaire (PTAA) a entrepris des travaux de recherche sur les équipements de transformation du palmier à huile: les presses manuelles (1), les presses motorisées (4, 23), les dépulpeurs (6), les défibreuses (5) et les concasseurs de noix (7). Malgré l'introduction de ces équipements, les performances des unités de transformation restent à optimiser pour améliorer leur niveau de compétitivité. Certains auteurs (2) ont rapporté que les opérateurs doivent adopter de bonnes pratiques de transformation pour utiliser de façon efficace les ressources disponibles. Jusque là aucune étude n'a été réalisée sur les performances techniques des clarificateurs, des déshydrateurs et les clarificateurs-déshydrateurs de sorte que leurs performances réelles soient demeurées inconnues.

L'efficacité technique du clarificateur a une influence sur le taux d'extraction d'huile et le rendement de clarification. Une clarification inefficace entraîne des pertes importantes d'huile et la détérioration de ses qualités organoleptiques et nutritives.

Le déshydrateur opère la réduction du taux d'humidité de l'huile lui conférant ainsi une teneur en eau résiduelle aussi faible qu'il le peut. Une huile ayant une teneur en eau résiduelle relativement élevée se conservera moins bien et des exemples de détérioration de la qualité de l'huile en cours de conservation dans les unités de transformation des Unions Régionales pour l'Aménagement Rural (URCAR) sont fréquents et interpellent les chercheurs et équipementiers.

La présente étude s'est fixée alors comme objectif d'évaluer les performances techniques des équipements de clarification et de déshydratation existant et de faire des recommandations pour leur utilisation optimale.

Matériel et méthodes

Matériel végétal

Les fruits de palmier naturel (*Dura naturel*) et les fruits du palmier sélectionné (*Tenera*) ont été utilisés dans cette étude portant sur pour l'évaluation des clarificateurs et déshydrateurs.

Les tests ont été réalisés sur la ferme de Tovizoukou à Fouditi (Ikpilè; commune de Adja-Ouèrè) au Grand-Agonvi à Ikpinlè et à Avrankou. L'étude a été faite avec le clarificateur simple, le clarificateur semi-artisanal et le clarificateur déshydrateur. Les déshydrateurs simple et semi-artisanal ont été également évalués.

Clarificateur artisanal

Le clarificateur est constitué d'un fût métallique de forme cylindrique ayant une capacité de 200 litres (Photo 1). Le jus brut recueilli après le pressage est versé dans le fût auquel il est ajouté de l'eau dans la proportion de 3 litres de jus brut pour 1 litre d'eau. L'ensemble est chauffé pendant 1 h 30 mn environ. Après le chauffage, la même quantité d'eau y est ajoutée pour accélérer la décantation.

Il est alors obtenu une séparation en différentes couches des produits. On trouve de haut en bas, dans l'ordre: de l'huile propre, les cellules oléifères non rompues, des impuretés, l'eau en excès, le sable et enfin la boue au fond du fût.



Clarificateur semi-artisanal

On distingue deux types de clarificateurs semi-artisanaux: le clarificateur semi-artisanal simple (discontinu) et le clarificateur-déshydrateur (en continu). Le clarificateur semi-artisanal est également réalisé en feuilles de tôle par mécano-soudure.

C'est une cuve cubique d'environ 1,20 m d'arête. Il repose sur des supports en fer cornière de 50 qui déterminent son foyer de combustion. Il est muni d'un entonnoir d'environ 12 cm de diamètre soudé à un tuyau qui descend le long du clarificateur jusqu'à 25 cm environ du fond. Il y est aménagé un robinet de récupération d'huile. Son fonctionnement est identique au précédent, à la seule différence qu'il possède un robinet de récupération d'huile (situé au 1/3 environ de sa hauteur à compter de son bord supérieur) et un robinet de vidange des boues aménagé en sa base.

Clarificateur-déshydrateur

Le clarificateur en continu est réalisé en trois compartiments comprenant un clarificateur, un déshydrateur et une cuve à eau (Photo 2, Figure 1). Le clarificateur est composé d'un premier décanteur 9 placé dans un second 4, d'un déshydrateur 13 et d'un bac à eau 12. Le premier décanteur est muni d'un entonnoir 1 de conduit d'eau. L'huile est totalement clarifiée dans un second décanteur relié au déshydrateur par un tuyau 10 de récupération d'huile. Chacun de ces décanteurs est muni d'un tuyau de vidange 7. Le déshydrateur 13 utilise la chaleur provenant de la canalisation d'évacuation des fumées 16 issues du foyer réalisé de façon combinée au clarificateur. Cette chaleur chauffe l'eau du bac 12.

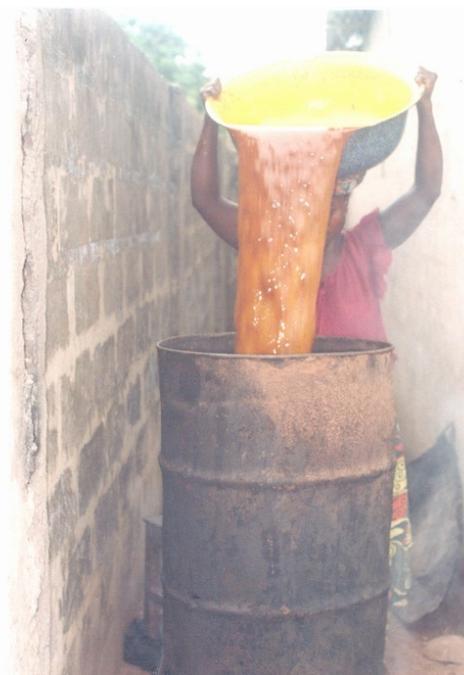
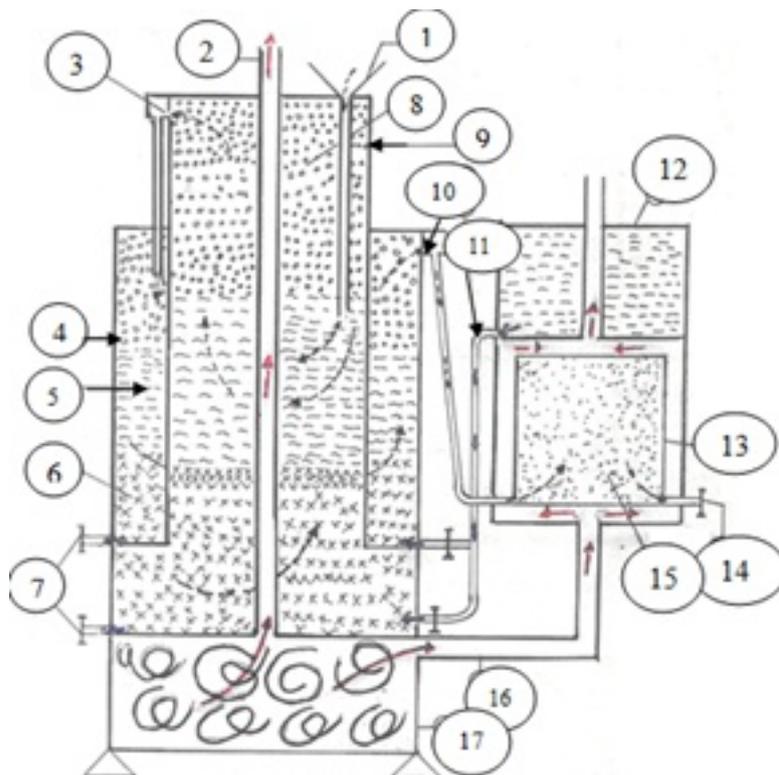


Photo 1: Clarificateur simple artisanal.



Photo 2: Clarificateur-déshydrateur.



1- Entonnoir, 2- Cheminée centrale, 3- Orifice sortie huile pré clarifiée, 4- Deuxième décanteur, 5- Eau, 6- Boue, 7- Robinet de vidange, 8- Huile 1ère clarification, 9- Premier décanteur, 10- Orifice sortie huile clarifiée, 11-Robinet d'apport d'eau chaude, 12- Bac d'eau chaude, 13- Déshydrateur, 14- Robinet récupération huile finie, 15- Huile déshydratée, 16- Cheminée secondaire, 17- Foyer

Circuit de la fumée (flèches continues rouges)

Circuit de l'eau (flèches continues noires)

Circuit de l'huile (flèches discontinues noires)

Figure 1: Coupe transversale du clarificateur-déshydrateur.

L'eau contenue dans le premier décanteur rempli au quart, est chauffée à ébullition. Le jus brut issu du pressage des fruits y est introduit par l'entonnoir pour y être mélangé avec l'eau bouillante. Après 40 à 45 mn de chauffage, le robinet de la cuve est ouvert pour y introduire l'eau chaude venant de la cuve 12. En ce moment précis, l'huile surnageant ainsi l'eau et la boue, déborde le premier décanteur pour se déverser dans le second par l'orifice 10. À ce niveau, l'huile est de nouveau cuite environ 30 mn, de l'eau chaude y est introduite une deuxième fois à partir du bac 12. Par le même procédé l'huile déborde et découvre un orifice et le canal lié qui l'achemine jusqu'au déshydrateur 13. Dans ce dernier, la chaleur provenant de canalisation d'évacuation des fumées permet d'éliminer les traces d'eau encore présentes dans l'huile clarifiée. L'ouverture du robinet de récupération située à la base de l'appareil permet de recueillir l'huile déshydratée.

Les déshydrateurs

Le déshydrateur artisanal est une marmite en aluminium (Photo 3). L'huile clarifiée y est versée et chauffée pendant 30 mn. Ce qui permet à l'opératrice (transformatrice) de réduire sensiblement la teneur en eau résiduelle de l'huile clarifiée. Le chauffage se fait sous un feu relativement doux.

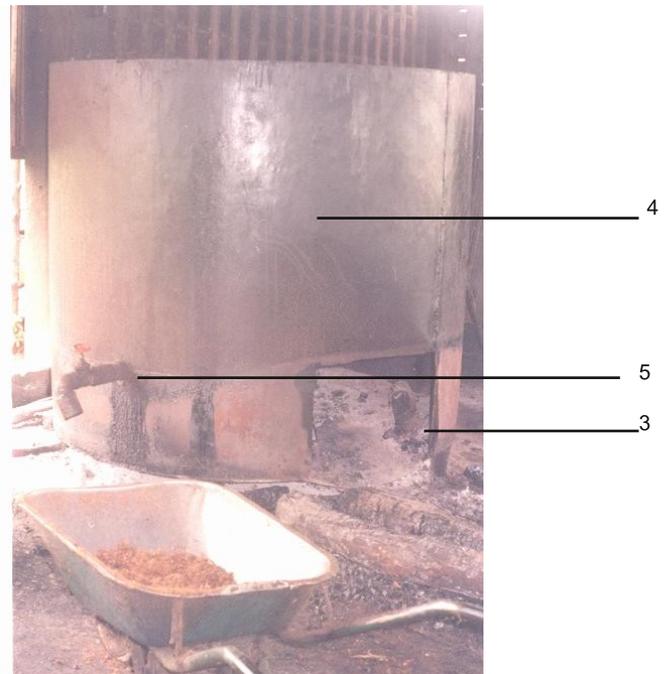
Le déshydrateur semi-artisanal ou déshydrateur simple de forme cylindrique, est réalisé en mécano-soudure. L'huile clarifiée y est versée et est chauffée. Il est également muni à sa partie inférieure d'un robinet de récupération d'huile. Le tableau 1 donne les caractéristiques dimensionnelles des différents clarificateurs et déshydrateurs ainsi décrits et testés dans la présente étude.

Procédé de transformation

Deux procédés de transformation des fruits du palmier à huile ont été utilisés dans le cadre de cette étude (Figure 2). Le premier dit "Procédé artisanal" est fait pour caractériser les clarificateurs et déshydrateurs artisanaux. Le second dit "procédé semi-artisanal" est utilisé pour évaluer les performances des clarificateurs et déshydrateurs semi-artisanaux. Ainsi, le jus brut obtenu à l'issue du dépulpage et lavage de la pâte huileuse ou par pressage est clarifié avec le clarificateur approprié puis l'huile obtenue est déshydratée.



1 —
2 —



4 —
5 —
3 —

1: Marmite de séchage en aluminium 2 : Foyer en terre de barre; 3: Robinet de récupération de l'huile; 4: Tank de séchage; 5: Chambre de combustion.

Photo 3: Déshydrateur artisanal (marmite chauffés).

Tableau 1
Caractéristiques techniques des clarificateurs et déshydrateurs.

Types d'équipements		Dimensions (en cm)	Volume (l)
Clarificateur artisanal (fût)		Hauteur: 93; rayon: 29,50	229
Clarificateur semi-artisanal simple (discontinu)		Hauteur: 120,5; Longueur: 122; largeur: 121	1601
Clarificateur-déshydrateur Semi-artisanal en continu	1 ^{er} décanteur	Hauteur: 136; rayon: 60	1385
	2 ^e décanteur	Hauteur: 100; rayon: 85	2044
	Séchoir	Hauteur: 74; rayon: 38	302
	Cuve à eau	Hauteur: 8 ; rayon: 38	327
Déshydrateur artisanal (Marmite en aluminium)		Diamètre: 30	250
Déshydrateur semi-artisanal		Hauteur: 120; Diamètre: 120	1350

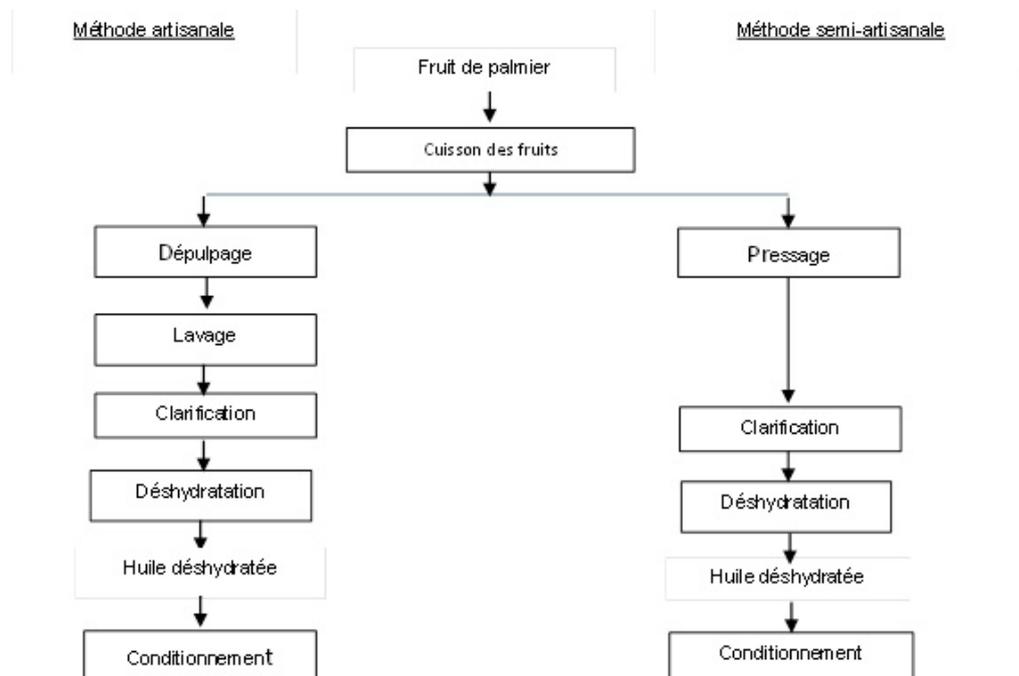


Figure 2: Processus comparatifs de transformation en huile des fruits de palmier par les méthodes artisanale et semi-artisanale.

Dispositif expérimental

Dans la présente étude, les traitements suivants ont été réalisés :

- Traitement T₀: Clarificateur artisanal+ déshydrateur artisanal;
- Traitement T₁: Clarificateur semi-artisanal+ déshydrateur semi-artisanal;
- Traitement T₂: Clarificateur-déshydrateur.

Chaque traitement est réalisé avec les variétés de fruits naturelles et sélectionnées. Six répétitions sont effectuées par essai et par variété à raison de 100 kg de fruits par répétition pour la technologie artisanale et 500 kg de fruits pour la technologie semi artisanale en raison de la capacité de cette dernière.

A chaque répétition, les données suivantes ont été collectées: masse de fruit; durée de cuisson; durée de pressage; durée de clarification; durée de séchage; masse d'huile finie; masse des noix palmistes et masse des fibres; nombre de personnes ayant réalisé chaque opération; quantité d'eau (en cuisson et clarification).

Des prises d'échantillons de fruits et des tourteaux découlant ont été effectuées au cours des essais pour les analyses de leurs teneurs en huile rémanente mais également des échantillons d'huiles clarifiées pour la détermination de leurs teneurs en eau résiduelle au laboratoire, autant de paramètres qui complètent ceux énumérés précédemment.

Caractérisation des clarificateurs et déshydrateurs

Les performances des clarificateurs ont été évaluées à travers les paramètres tels que: la Capacité horaire, le Rendement d'extraction et la Teneur en eau de l'huile en sortie.

Quant aux déshydrateurs, leurs performances ont été évaluées à travers leur Capacité horaire et la Teneur en eau de l'huile déshydratée. Une courbe caractéristique du déshydrateur semi-artisanal a été établie également.

La Capacité horaire (C_h) correspond à la quantité d'huile clarifiée (resp. déshydratée) par le clarificateur (resp. le déshydrateur) en une heure. Elle est déterminée par la formule I.

$$C_h = m_e / T_e \text{ (kg/h)} \quad (I)$$

Avec m_e la masse d'huile (kg) et T_e la durée de clarification ou de déshydratation (heure).

Le rendement de clarification (R_c) mesure la part d'huile extraite qui est effectivement récupérée après la clarification. Pour y arriver, Il faut d'abord calculer la masse d'huile extraite des fruits cuits et ensuite y rapporter à celle de l'huile effectivement trouvée à la fin du traitement de clarification appliqué. Elle est déterminée par la formule II.

$$R_c = (M_{h2} / M_{jb}) = (M_{h2}) / r M_f \quad (II)$$

Avec :

M_{h2} : masse de l'huile finie extraite (kg); r : rendement d'extraction juste après pressage ou lavage (%); M_f : masse des fruits cuits (kg) et M_{jb} : masse du jus brut (kg).

Le rendement d'extraction r est déterminé par la méthode de Fournier *et al.* (15).

En effet, soit T_1 (%) la teneur en huile des fruits; N_1 : le pourcentage de noix contenus dans les fruits cuits, T_2 (%): le pourcentage d'huile dans les tourteaux et N_2 : le pourcentage de noix contenues dans les tourteaux. Le rendement d'extraction r se calcule par la formule de Fournier *et al.* (15) (Equation III).

$$r = 1 - (T_2 / N_2) / (T_1 / N_1) \quad (III)$$

La teneur en eau de l'huile a été déterminée suivant la norme ISO-662-1998. Pour chaque test effectué, l'échantillon d'huile finie est introduit dans un flacon préalablement taré et pesé. L'ensemble est porté à l'étuve à 105 °C pendant 3 h et pesé après refroidissement au dessiccateur pendant 15 mn. Le taux d'humidité représente la portion d'eau perdue par l'échantillon traité.

Cinétique de séchage de l'huile : Six cent cinquante (650) litres d'huile sont chauffée dans le déshydrateur semi-artisanal muni d'un agitateur et d'un thermomètre. Trois prélèvements d'huile chauffée de 200 g sont effectués par intervalles de 10 °C à partir de 50 °C. Les teneurs en eau des échantillons prélevés sont déterminées au laboratoire du Programme Technologie Agricole Alimentaire (PTAA).

Analyses statistiques

Toutes les données ont été collectées au moins en trois répétitions. Les valeurs acquises pour les différents paramètres mesurés ont été ensuite traitées, à travers les calculs des valeurs moyennes, d'écart types et de fréquences, avec le logiciel SPSS 12.0. Les données ne vérifiant pas les tests de normalité de Ryan-Joiner et d'homogénéité de variance de Levene, sont soumises à ceux non paramétriques de Kruskal-Wallis. Celles vérifiant les tests de normalité et d'homogénéité sont soumises au test de Student-Newman-Keuls. Les différentes courbes découlant sont réalisées sous le logiciel MS Excel 2010 également utilisé pour indiquer les équations de tendance et les coefficients de corrélation des modèles mathématiques (16, 17).

Résultats et discussions

Capacité horaire des clarificateurs

Le tableau 2 présente les capacités horaires des différents clarificateurs d'huile de palme testés avec les fruits naturels de la variété locale et les fruits sélectionnés de la variété Tenera. Le clarificateur-déshydrateur présente la plus grande capacité en huile. Ceci explique aisément la raison pour laquelle elle est adoptée par les grandes unités de transformation telles que les Unions Régionales des Coopératives d'Aménagement Rural (URCAR).

Le clarificateur semi-artisanal simple est surtout plus utilisé par les grands groupes privés de transformation de fruits de palmiers des zones de Pobè, Ikpinlè et Sakété dans le Département du Plateau au Bénin. Une différence significative est observée entre les capacités des différents types de clarificateurs en fonction de la variété de fruits de palmiers (naturels ou sélectionnés). Cela s'explique par la forte teneur en huile des fruits des palmiers de la variété sélectionnée Tenera (35-45%) contre 12-17% pour les fruits de la variété naturelle.

Une unité de transformation des fruits de palme en huile comprend normalement un cuiseur, une presse ou un dépulpeur, un clarificateur et un déshydrateur. On pourra conseiller la presse Dékanme, de capacité horaire de 653 kg/h et de taux d'extraction de 22-27 % sur fruit sélectionné Tenera; (13, 15), couplé au clarificateur semi-artisanal aux petits et moyens transformateurs. Par contre, la presse Tovitech, de capacité horaire 950-1.000 kg/h et de taux d'extraction de 25-30 offrant ainsi des performances relativement plus élevées, est recommandée pour accompagner le clarificateur-déshydrateur.

Le dépulpeur de fruits, de capacité horaire 348 kg/h et de taux d'extraction de 26,60% (6), est plus adapté, dans son utilisation optimale, au clarificateur semi-artisanal.

Teneur en eau de l'huile des clarificateurs

Le tableau 3 montre les valeurs de la teneur en eau des huiles issues des différents systèmes de clarification. Les huiles obtenues à partir des différents systèmes de clarifications ont une Teneur en eau supérieure à la norme. La plupart des valeurs obtenues sont 3 à 11 fois supérieures à la norme qui est de 0,10%. Les mêmes tendances sont obtenues par Fournier *et al.* (15) qui rapportent des teneurs en eau comprises entre 0,10 et 0,60%. Ces valeurs sont aussi supérieures à la norme. C'est dire que les huiles obtenues des différents systèmes de clarifications et conditionnées sans un séchage préalable se conserveront moins bien car l'eau est le catalyseur de la réaction d'acidification de l'huile.

C'est malheureusement le cas chez les femmes transformatrices du secteur artisanal qui n'ont pas intégré l'opération de séchage dans leur procédé d'extraction-clarification d'huile de palme. En réalité, ces dernières ne la trouvent pas importante, mais la considèrent plutôt contraignante et consommatrice de bois.

Aussi faudrait-il mentionner le fait que les prix, sur le marché des huiles séchées et non séchées, ne se distinguent pas, d'où les dépenses supplémentaires pour le séchage s'avèrent pour elles inopportunes. Selon les actrices transformatrices de fruits de palmiers en huile du secteur artisanal, elles ne trouvent pas de raison de sécher l'huile car seulement 43,75% d'entre elles arrivent à peine à stocker une partie de leur production (30). Selon cette même source 71,43% des productrices d'huile de palme estiment avoir des besoins constants de liquidité financière. De sorte que, l'huile produite est aussitôt vendue aux grossistes qui, quant à eux, en constituent des stocks attendant la hausse des prix pour les écouler. L'huile stockée subit alors des altérations dues à l'augmentation du taux d'acidité (31), au rancissement et à la prolifération des microorganismes. Fournier *et al.* (15) ont rapporté des taux d'acidité des huiles obtenues des différents systèmes artisanaux compris entre 5,30% et 16%. D'autres auteurs (24, 33) ont également révélé la présence des microorganismes (les *Pseudomonas*, les *Lactococcus* et les *Bacillus*) dans l'huile de palme et la charge de ces microorganismes augmente avec la durée de stockage (33). Ces commerçantes masquent souvent la détérioration de l'huile par un réchauffage et/ou un mélange avec de l'huile fraîche avant juste de les soumettre à la vente. Les conséquences réelles de telles pratiques sur la santé humaine sont très peu connues. L'absence de déshydratation de l'huile a également été observée dans la sous-région (2, 23).

Le manque d'un dispositif adapté et peu contraignant pourrait expliquer la faible motivation des artisanes pour adopter le séchage dans leur procédé de production d'huile de palme. En effet, l'opération de séchage est délicate parce qu'elle exige non seulement un taux d'humidité acceptable mais aussi une parfaite maîtrise de la part de l'opératrice-manipulatrice notamment pour éviter le blanchiment et la calcination de l'huile. La conception d'un déshydrateur performant et adapté aux petites unités transformatrices pourra alors contribuer à motiver cette catégorie d'actrices du secteur qui produisent 75% de l'huile de palme au Bénin à adopter le séchage de l'huile comme une opération incontournable de la technologie. Un tel équipement pourra être utile aussi aux transformatrices du karité en beurre ou de l'arachide en huile.

Tableau 2
Capacités horaires des clarificateurs d'huile de palme testés.

Equipements	Capacité horaire (kg/h)	
	Fruits naturels	Fruits sélectionnés (Tenera)
Clarificateur artisanal	16,66 ± 0,48 a	23,33 ± 0,65 a
Clarificateur semi-artisanal	158 ± 13 b	216,66 ± 18,61 b
Clarificateur-déshydrateur	220 ± 20,9 c	327 ± 16,45 c

Tableau 3
Teneur en eau de l'huile à la sortie du clarificateur.

Equipements	Teneur en eau (%)	
	Fruits naturels	Fruits sélectionnés (Tenera)
Clarificateur artisanal	0,97 ± 0,24 a	1,20 ± 0,43 a
Clarificateur semi-artisanal	1,21 ± 0,22 a	1,05 ± 0,13 a
Clarificateur-déshydrateur	1,25 ± 0,27 a	1,30 ± 0,29 a
Norme	<0,1	<0,1

Rendement de clarification

Les résultats des études de rendement de la clarification effectuées en fonction des types d'équipements (artisanal, semi-artisanal et clarificateur-déshydrateur) et de la variété de palmiers (naturelle ou sélectionnée) sont portés sur la figure 3. La figure 3 montre que les clarificateurs artisanaux présentent les rendements de clarification les plus élevés indépendamment de la variété de fruit contrairement au clarificateur-déshydrateur qui affiche les plus faibles rendements.

La faible capacité des clarificateurs artisanaux combinée au savoir-faire des transformatrices, leur confère une maîtrise favorisant l'extraction de la majorité de l'huile surnageant. Ceci confirme les résultats de Fournier *et al.* (15) qui indiquent que lorsque l'on considère les pourcentages d'huile extraite, on constate une supériorité sur le plan technique des procédés artisanaux, utilisant le lavage ou le pressage, ce qui va à l'encontre d'une idée reçue fortement diffusée selon laquelle les procédés artisanaux sont peu efficaces et peu efficaces (15). Au prix d'une productivité horaire très basse, les artisanes réussissent en fait à extraire autant d'huile que le feraient des machines. La complexité de la manipulation du clarificateur-déshydrateur associée à son utilisation par les hommes moins habitués aux opérations de transformation, expliquent le faible rendement de clarification. L'huile résiduelle est récupérée dans le bac florentin dans lequel est rejetée la boue après la clarification. Cette huile résiduelle est récupérée le lendemain après refroidissement et recuite pour être vendue comme huile de seconde qualité aux producteurs de savon.

L'amélioration du savoir-faire et le degré de technicité des ouvriers pourraient permettre d'améliorer ce résultat. Ces résultats montrent aussi, que des travaux de recherche pour améliorer les performances de l'équipement sont nécessaires. Ces travaux d'adaptation pourraient aller dans le sens de l'amélioration de l'ergonomie (Photo 2).

Teneurs en eau des huiles sorties des déshydrateurs

Le tableau 4 présente les valeurs moyennes et écarts-types des teneurs en eau résiduelle des huiles obtenues en sortie des différents déshydrateurs. De l'analyse de ces résultats, il ressort que l'adoption du séchage final dans le procédé de transformation des fruits de palmiers en huile de palme permet de réduire environ de 3 à 4 fois la teneur en eau par rapport à celle de l'huile non séchée. Les analyses statistiques ne montrent pas de différences significatives au seuil de 5% entre les différents taux enregistrés. Cependant, il est noté une certaine efficacité des séchoirs. Mais cette efficacité est relative car les teneurs en eau de l'huile finie restent supérieures de 2 à 4 fois à la valeur normative admise qui est de 0,10%. Ces résultats confirment ceux rapportés au Nigeria (27) où des teneurs en eau résiduelle des huiles de palme dans la région d'Ibadan se situaient entre 0,53 et 0,73%. Ces valeurs sont supérieures à la teneur en eau de 0,29% recommandée au Nigeria par les organismes compétents (22, 24, 32).

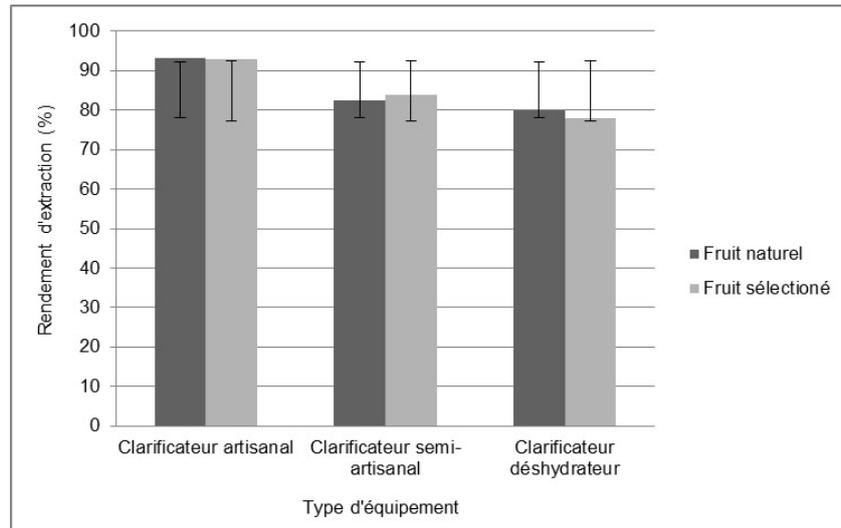


Figure 3: Rendements de clarification en fonction des types de clarificateurs.

Ces auteurs ont indiqué que les huiles produites dans la région d'Ibadan, ne respectent pas les normes microbiologiques et hygiéniques établies par le Nigeria Agency For Food and Drug Administration Council (NAFDAC) tout en rajoutant que les conséquences d'une telle situation pourraient bien affecter la santé des consommateurs.

Le clarificateur-déshydrateur fournit le plus mauvais résultat avec l'obtention d'huiles de teneurs en eau résiduelle plus élevées (de 0,38 à 0,43%) que celles des autres équipements testés là où la norme exige une valeur inférieure à 0,10%. Il est vrai que le clarificateur et le séchoir sont combinés en un seul. Cela a certainement eu des effets néfastes sur l'efficacité du séchage conduisant ainsi à des teneurs en eau résiduelle élevées. Toutes choses qui pourraient être à la base de l'altération de l'huile de palme produite dans les grandes unités comme celles de l'URCAR.

Pour remédier à cette situation, Il est souhaitable de séparer le séchage de la clarification. C'est cette solution qui est d'ailleurs actuellement adoptée par l'unité de transformation de l'URCAR du Grand Agony de nos analyses, la principale difficulté de cette opération est celle de la maîtrise du régime de séchage.

Généralement, les opérateurs ne savent pas à quel moment devrait être arrêté le séchage afin d'obtenir une teneur proche de la valeur normalisée. Pour répondre à leur préoccupation, la courbe de séchage d'huile de palme par le déshydrateur semi-artisanal a été tracée et présentée à la figure 4.

Cette courbe montre l'évolution de la teneur en eau en fonction de la température de l'huile. D'une teneur en eau initiale de 1,18%, la valeur indiquée par la norme de 0,10% est atteinte à la température de 128 °C. C'est à dire que pour une bonne conduite du séchage, l'huile de palme doit être portée à la température de 128 °C. Cette température est deux fois inférieure au point de fumée de l'huile qui est de 230-240 °C (26). Certains travaux ont montré que la dégradation de la vitamine E dans l'huile est provoquée quand elle est chauffée à une température comprise entre 210 °C et 278 °C (20).

C'est à dire que le chauffage de l'huile à 128 °C assure une teneur en eau résiduelle respectant les normes, élimine les microorganismes responsables de la dégradation de la qualité (27), mais aussi, préserve la vitamine E, recherchée dans l'huile de palme (20).

Tableau 4
Teneur en eau de l'huile à la sortie du déshydrateur.

Equipements	Teneur en eau (%)	
	Fruits naturels	Fruits sélectionnés (Tenera)
Clarificateur artisanal	0,20 ± 0,12 c	0,29 ± 0,2 b
Clarificateur semi-artisanal simple	0,32 ± 0,15 b	0,34 ± 0,17 b
Clarificateur-déshydrateur	0,38 ± 0,27 a	0,43 ± 0,29 a
Norme	<0,1	<0,1

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

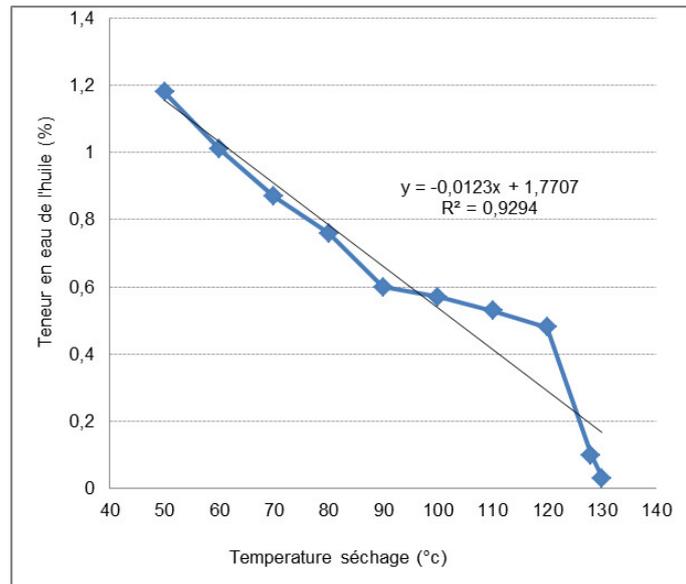


Figure 4: Courbe de séchage du déshydrateur sémi-artisanal.

Le modèle mathématique, capable de décrire convenablement l'évolution des données recueillies sur la teneur en eau résiduelle de l'huile de palme (H en %) en fonction de sa température (T en °C) est de tendance quasi linéaire et d'équation (IV).

$$H = -0,00123T + 1,7707 \quad (IV)$$

Avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0,929$. Les déshydrateurs devront être dotés de thermomètre et d'agitateur afin de contrôler la température de l'huile et d'en éviter la calcination des fractions solides. Le clarificateur-déshydrateur est constitué d'une cheminée centrale 2 (Figure 1) destinée à drainer les fumées issues de la chambre de combustion. Cette cheminée est conçue pour être en contact avec les différents produits (jus brut, huile, eau et boue) présents dans le premier décanteur 5 et ainsi permettre d'utiliser la chaleur perdue dans la cheminée pour chauffer ces différents produits. Cependant, l'adoption d'une telle disposition de la cheminée induit quelques conséquences sur la qualité de l'huile. En effet le contact de la cheminée avec les différents produits de la clarification exige son nettoyage permanent conformément aux règles d'hygiène. Mais l'exiguïté de l'espace se trouvant entre la cheminée et la paroi du premier décanteur ne favorise pas cet entretien. En conséquence, cette importante action est souvent négligée par les opérateurs qui abandonnent ladite cheminée dans un état de saleté indescriptible. Aussi, la cheminée est-elle réalisée en tôle noire qui se rouille sous l'effet des fumées chaudes et de l'humidité. L'état avancé de la corrosion de la cheminée provoque des perforations de sa paroi par lesquelles la fumée, de façon diffuse, migre à l'intérieur de l'huile du premier

décanteur pour provoquer l'altération de la qualité de l'huile reconnaissable par l'odeur des fumées. Enfin, la position centrale de la cheminée rend très difficile son remplacement en cas de détérioration avancée sous l'action de la corrosion.

Suite à cette analyse diagnostique, il est recommandé l'adoption d'un positionnement latéral de la cheminée qui favorise son changement en cas de rouille sans grande difficulté. Ce choix évitera le contact de la cheminée avec les différents produits et faciliterait l'entretien du premier décanteur tout en améliorant la qualité du produit au détriment bien évidemment du chauffage qu'elle procurait. L'URCAR du Grand Agonvy a sollicité l'appui du PTAA pour l'amélioration de la qualité de l'huile produite dans son unité de transformation. En effet l'huile produite par cette unité se conserve moins bien (elle rancie vite) et dégage une odeur de fumée, toutes choses qui diminuent sa valeur marchande obligeant l'unité à liquider le produit à bas prix. Près de 45% d'huile produite par cette unité se détériore et est vendue comme une huile de deuxième qualité avec des pertes de 100 CFA par litre d'huile.

Aux niveaux des unités artisanale ou semi-artisanale, les huiles clarifiées et déshydratées sont généralement stockées à température ambiante dans des bidons en plastique de 20-25 litres ou des tonneaux de 120 litres ou 200 litres. Ils sont fermés hermétiquement pour éviter l'entrée de l'air humide qui est une source d'oxydation de l'huile (11). Dans certains cas, les bidons sont ensuite disposés sur des palettes sinon, la fraîcheur due à la remontée capillaire pourrait provoquer la dégradation de l'huile. Des renforcements de capacité doivent être organisés au profit des acteurs de la filière afin que les bonnes pratiques de stockage et conservation soient adoptées. Cela devrait leur permettre d'améliorer le niveau de compétitivité de l'huile produite localement.

Conclusion

La présente étude a permis d'évaluer les performances techniques des clarificateurs et déshydrateurs artisanaux, semi-artisanaux simples de même que les clarificateur-déshydrateurs. L'étude a montré que les clarificateurs ont un effet limité sur la réduction de la teneur en eau de l'huile. Les clarificateurs testés permettent d'obtenir une huile dont la teneur en eau varie entre 0,90% et 1,30%. Ces valeurs obtenues sont 9 à 11 fois supérieures à la norme internationale fixée à 0,10%. D'où la nécessité d'intégrer des séchoirs au procédé de transformation de fruits de palmiers en huile. Les séchoirs testés dans les présents travaux de recherche permettent une réduction sensible de la

teneur en eau résiduelle de l'huile: jusqu'à 0,20 à 0,40% sans toutefois atteindre la valeur normalisée de 1% favorisant une bonne conservation de l'huile dans la majorité des cas. L'analyse de la cinétique de séchage de l'huile a montré que la teneur en eau normalisée ne pourrait être atteinte qu'à la température de 128 °C. Des améliorations dans la fabrication du clarificateur-déshydrateur sont proposées. Pour améliorer la qualité de l'huile, la cheminée du clarificateur-déshydrateur devra être supprimée de la partie centrale et placée de façon latérale.

De plus, il faudrait séparer la clarification du séchage pour une amélioration de l'efficacité des deux opérations.

Références bibliographiques

- Adégbola P.Y., Singbo A.G., Ahouansou R. & Savi M-C, 2003, Analyse socio-économique de la presse manuelle à huile de palme «Dékanmé». *Bull. Recherche Agron. Bénin*, **40**, 1-9.
- Adeniyi O.R., Ogunsola G.O. & Oluwusi D. 2014, Methods of Palm Oil Processing in Ogun state, Nigeria: A Resource Use Efficiency Assessment., *Am. Int. J. Contemporary Res.*, **4**, 8, 173-179.
- Agbokou, 2016, Benin, Que faire pour développer la filière palmier à huile ; [https:// louisagbokou.com / 2016 / 07/07/ benin](https://louisagbokou.com/2016/07/07/benin).
- Ahouansou R.H., Adégbola P.I., Houssou P., Ahounou J.L., Akplogan F., Savi M-C., Singbo A., Olou D., Monhouanou J. & Mensah G.A., 2011, *Fiche technique: Technologies améliorées de transformation des fruits de palme à petite échelle au Bénin*, ISBN: 978-99919-868-1-4.
- Ahouansou R.H., Amonsou E. & Senou I., 2010, Mise au point et évaluation technique de défibreuse de tourteau de palme. *Bull. Recherche Agron. Bénin*, **60**, 43-49.
- Ahouansou R.H., Monhouannou J., Savi M.C., Akplogan F. & Djossou P., 2008, Evaluation des performances technique et économique d'un dépulpeur de fruits de palme au Bénin. *Bull. Recherche Agron. Bénin*, **60**, 43-49.
- Ahouansou R., Houssou P. & Singbo A., 2006. Mise au point et évaluation technique de concasseur de noix palmiste. *Bull. Recherche Agron. Bénin*, **51**, 20-27.
- Carrere R., 2010. *Oil palm in Africa: Past, present and future Scenarios*. World Rainforest Movement Series on tree plantations 15. December, Montevideo.
- DANA, 2002, *Méthodes appropriées pour l'amélioration de la qualité de l'huile de palme produite au Bénin*. Document DANA, PTAA. 33p .
- Ezealaji N.L.O. 2011, Economics of Palm oil storage and marketing in Imo State, Nigeria. *Afr. J. Market. Manage.*, **3**, 10, 253- 260.
- FAO, 2011, *The State of Food and Agriculture - Food and Agriculture Organization*. [www.fao.org /docrep /013/i2050e/i2050e.pdf](http://www.fao.org/docrep/013/i2050e/i2050e.pdf).
- FAO 2016, Huile de palme-Pays producteurs; [https:// fr.actualitix.com/pays/wld/huile-de-palme-pays-producteurs.php](https://fr.actualitix.com/pays/wld/huile-de-palme-pays-producteurs.php); .
- Fassinou A., 2002, *Etude comparative des presses à huile de palme OPC, Dekanme et Colin*. Mémoire du Diplôme d'Etudes Agricoles Tropicales, LAMS/MESRS/Bénin, 41 p.
- FFAS, Fonds Français pour l'Alimentation et la Santé, 2012, *L'huile de palme, aspect nutritionnels, sociaux et environnementaux, Etats des lieux*. 20 p.
- Fournier S., Ay P., Jannot C., Okounlola-Biaou A. & Pédé E., 2001, *L'huile de palme au Bénin et au Nigeria: Dynamiques des systèmes artisanaux*. CERNA, CIRAD, SRPH/INRAB/MAEP/Bénin, 134 p.
- Glele Kakai R, Sodjinou E. & Fonton N., 2006, Conditions d'application des méthodes statistiques paramétriques: applications sur ordinateur. Bibliothèque Nationale, Bénin.
- Glèlè Kakai R. & Kokode G., 2004, *Techniques statistiques univariées et multivariées: applications sur ordinateur*. Bibliothèque Nationale, Bénin.
- Hoyle D. & Levang P., 2012, *Oil palm development in Cameroon. Ad hoc Working Paper. World Wide Fund for Nature WWF*, Institut de Recherche pour le développement (IRD), Center for International Forestry Research (CIFOR), Yaoundé, Cameroon.
- Ibitoye O.O., Akinsorotan A.O., Meludu N.T. & Ibitoye B.O., 2011, Factors affecting oil palm production in Ondo state of Nigeria. *J. Agr. Soc. Res.*, **11**, 1.
- Kuppithayanant N., Hosap P. & Chinnawong N., 2014, The effect of heating on vitamin E decomposition in edible palm oil. *Int J. Env Rural. Dev.*, **5-2**, 121-125.
- Michiels C., 2011, *L'huile de palme dans les échanges mondiaux: enjeux stratégiques et sujets de polémiques*. Rapport technique CTB, 32 p.
- NIS, 1992, Nigerian Industrial Standards for Edible vegetable oil, 5-12.

23. Nchanji Y. K., Tataw O., Nkongho R. N. & Levang P., 2013, *Artisanal Milling of Palm Oil in Cameroon*. Working Paper 128. Bogor, Indonesia: CIFOR.
24. Ohiman E.I., Emeti C.I., Sylvester C., Izah S.C. & Eretinghe D.A., 2014, Small-Scale Palm Oil Processing Business in Nigeria; Feasibility Study. *Greener J. Bus. Manag. Studies*, **4**, 070-082.
25. Ohimain E.I., Daokoru-Olukole C., Izah S.C. & Alaka E.E., 2012, Assessment of the quality of crude palm oil produced by smallholder processors in Rivers State, Nigeria. *Nigerian J. Agr. Food Environ.*, **8**, 28-34.
26. Ollé M., 2002, *Analyse des corps gras, Techniques de l'Ingénieur, Traité Analyse et Caractérisation*, **3**, 325.
27. Onifade D.A. & Bolarinwa O.O., 2016, Microbiological and Physicochemical Analysis of Palm oil Sold in Ibadan, Nigeria. *Sc. Engineering Perspectives*, **1**, 33-41.
28. PASREA, 2012, *Projet de Sécurisation des Revenues des Exploitants agricoles*, Rapport d'évaluation final, MAEP, 60 p.
29. Rieger M., 2012, Oil Palm Taxonomy. www.fruitcrops.com.
30. Savi M.C., Adégbola P.Y., Singbo A.G. & 2002, *Typologie des unités de transformation des fruits de palme en huile*. Rapport technique PAPA/CRA-Agonkanmey/INRAB/MAEP. 19-20.
31. Soumanou M., 1986, *Influence du mode de préparation sur la qualité et la stabilité de l'huile de palme*. Mémoire de fin d'études, FSA/UNB, Abomey-Calavi, Bénin, 98p.+annexes.
32. SON, 2000, Standard Organization of Nigeria. *Standards for edible refined palm oil and its processed form*. 2-5.
33. Tagoe S.M.A., Dickinson, M.J. & Apetorgbor M.M., 2012, Factors influencing quality of palm oil produced at the cottage industry level in Ghana. *Int. Food Res. J.*, **19**, 1, 271-278.

R.H. Ahouansou , Béninois, PhD, Enseignant-Chercheur, Institut National des Recherches Agricoles du Benin, Programme Technologie Agricole Alimentaire, Cotonou, Bénin; Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Appliquée, Cotonou, Benin.

P.B. Agbatinkpo, Beninois, PhD, Enseignant-Chercheur, Institut National des Recherches Agricoles du Benin, Programme Technologie Agricole Alimentaire, Cotonou, Bénin; Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire des Sciences Alimentaires, Cotonou, Bénin.

C.H. Sossou, Béninois, PhD, Chercheur, Institut National des Recherches Agricoles du Benini, Programme analyse de la politique agricole, Cotonou, Benin.

E.A. Sanya, Béninois, Professeur, PhD, Enseignant-Chercheur, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Appliquée, Cotonou, Benin.