



Évaluation des performances techniques d'un cuiseur amélioré de fruits de palme et qualité de l'huile rouge produite au Bénin

DANSOU Valère^{1, 3}, HOUSSOU Paul Ayihadji Ferdinand¹, HONGBETE Franck³, AGBANGBA David Djivèdè¹, TCHOBO Paul Fdèle²

¹Programme Technologies Agricole et Alimentaire (PTAA) du Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey (CRA-Agonkanmey) de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 01BP 128 Porto-Novo ;

²Département de Génie de Technologie Alimentaire de l'École Polytechnique d'Abomey Calavi de l'Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 2009 Cotonou 01, Bénin ;

³Département de la Nutrition et des Sciences Agroalimentaires de la Faculté des Sciences d'Agronomie de l'Université de Parakou, BP 123 Parakou, Bénin ;

Auteur correspondant : Valère DANSOU, vadansou@gmail.com

Submitted on 1st August 2022. Published online at www.m.elewa.org/journals/ on 30th September 2022
<https://doi.org/10.35759/JABs.177.11>

RÉSUMÉ

Objectif : Évaluer les performances techniques d'un cuiseur amélioré de fruits de palme.

Méthodologie et résultats : Les tests de performance du prototype de cuiseur amélioré ont été réalisés en comparaison avec les cuiseurs existants (cuiseur à vapeur d'eau et cuiseur direct à l'eau) à travers les paramètres tels que la durée de cuisson, le taux d'homogénéité des fruits cuits et le rendement en huile extraite après pressage. La perception des acteurs sur la qualité des fruits cuits et la qualité physico-chimique et sensorielle des huiles ont été évaluées suivant les méthodes standards. Pour 600 kg de fruits traités, la durée de cuisson de fruits avec le cuiseur amélioré (A) (90 ± 5 min) était significativement inférieure à celle du cuiseur à vapeur d'eau ($203 \pm 7,63$ min) et du cuiseur direct à l'eau ($246 \pm 7,63$ min). Le cuiseur amélioré a présenté un rendement d'extraction de l'huile élevé (33,62 %) comparativement aux cuiseurs à vapeur d'eau (27,88%) et direct à l'eau (26,78%). Le nouveau cuiseur a significativement amélioré les teneurs en acidité, en impuretés et l'indice de peroxyde de l'huile respectivement de 7,39 à 14,17 % ; 0,05 à 0,11% et de 0,37 à 0,95 meq O₂/kg. Toutefois, aucune différence significative n'a été observée entre la teneur en eau et la densité des huiles produites avec utilisation des trois cuiseurs testés.

Conclusion et application des résultats : Le nouveau cuiseur développé est performant par rapport aux cuiseurs témoins des fruits les plus utilisés au Bénin. De ce fait, ce nouveau cuiseur peut être vulgarisé auprès des transformateurs surtout à cause de la faible durée de cuisson et de la qualité de l'huile rouge produite.

Mots clés : équipement, transformation, fruit de palm, efficacité, Afrique de l'Ouest

Assessment of technical performance of an improved palm fruit cooker and quality of red palm oil produced in Benin

ABSTRACT

Objective: To evaluate the technical performance of an improved palm fruit cooker.

Methodology and results: The performance tests of the improved cooker prototype were carried out in comparison with existing cookers through parameters such as the cooking time, the degree of homogeneity of the cooked fruits and the yield of oil extracted after pressing. The physicochemical and sensory quality of the oils was assessed using standard methods. On 600 kg of treated fruits, the cooking time of fruits with the improved steam cooker (A) (90 ± 5 min) was significantly lower than that of the steam cooker (203 ± 7.63 min in) and the direct water cooker (246 ± 7.63 min). The improved cooker showed high oil extraction efficiency (33.62%) compared to steam (27.88%) and direct water (26.78%) cookers. The new cooker improved significantly the acidity, impurity and peroxide content of the oil from 7.39 to 14.17%; 0.05 to 0.11% and 0.37 to 0.95 meq O₂/kg respectively. However, no significant difference was observed for the water content and the density of the oils produced with the use of the three cookers tested.

Conclusion and application of results: The new cooker developed is efficient compared to the control cookers of the fruits most used in Benin. This new cooker can be popularized with processors, especially because of the short cooking time and the quality of the red palm oil produced.

Keywords: equipment, processing, palm fruit, efficiency, west Africa.

INTRODUCTION

L'huile de palme est reconnue comme une huile de haute qualité dans les pays en développement (Mohammad *et al.*, 2021). Sa production mondiale a connu un engouement ces dernières années et est passée de 58,856 millions en 2016 à 72,944 millions de tonnes en 2020 avec un rendement moyen de production estimé à 3,8 t. ha⁻¹ (Corley et Tinker, 2016 ; Paterson *et al.*, 2021). Selon FAO (2018), 84% de la production mondiale proviennent essentiellement de deux pays asiatiques tels que l'Indonésie (57%) et la Malaisie (27%) suivies de la Thaïlande (3,89%), la Colombie (2,28%) et le Nigéria (1,47%). Au Bénin, la production de l'huile rouge s'élève à 75.000 tonnes en 2013 (PNDF-PH, 2020) et n'a cessé d'augmenter en raison de la demande de plus en plus croissante en huile. La transformation de fruits de palme en huile rouge constitue une véritable activité génératrice de revenus au Bénin (Fournier *et al.*, 2001). Sa composition en acides gras est d'environ 45 à 55 % d'acides gras saturés (39 à 47 % acide palmitique) et 45 à 55 % d'acide gras insaturé (36 à 44 % d'acide oléique et 9-12 % d'acide

linoléique. En dépit de ses potentiels nutritionnels, les qualités des huiles produites au Bénin et dans la sous-région varient et ne répondent pas toujours aux exigences du marché (Onwuika et Akaerue, 2006 ; PNDP-PH, 2020). Houssou *et al.* (2020) ont rapporté que la mauvaise qualité de l'huile produite par les unités de transformation des fruits de palme au Bénin est liée entre autres à la variété des fruits, aux procédés et la faible performance des équipements notamment les cuiseurs qui sont pour la plupart traditionnels. En effet, la transformation des fruits de palme en huile rouge comprend quatre (04) principales opérations à savoir la cuisson, le dépulpage des fruits, l'extraction de l'huile et la clarification. Plusieurs auteurs ont rapporté que la cuisson des fruits constitue une opération critique de prétraitement de fruits qui impacte significativement le rendement d'extraction et la qualité de l'huile de palme rouge produite (Vincent *et al.*, 2014 ; Kumaradevan *et al.*, 2015 ; Pakdeechot *et al.*, 2020). Vincent *et al.* (2014) ont rapporté que le procédé de cuisson des fruits de palme est

une étape cruciale pour l'extraction et la production de l'huile de bonne qualité. Ce procédé permet d'inactiver les enzymes en particulier les lipases, responsables de l'hydrolyse des triglycérides, ce qui induit une réduction de l'acidité de l'huile (Lecerf, 2013). Tang *et al.* (2017) en évaluant l'effet des procédés de cuisson des fruits sur la qualité de l'huile ont rapporté que plusieurs méthodes de cuisson sont utilisées pour la stérilisation des fruits de palme. Ces auteurs ont montré que la cuisson directe des fruits de palme dans l'eau augmente significativement la teneur en acides gras libres (52,42%) (Fournier *et al.*, 2001). Cette forte proportion pourrait s'expliquer par l'hétérogénéité des fruits de palme cuits, car la vapeur d'eau libérée n'atteint pas les couches supérieures des fruits dans le cuiseur, ne favorisant pas ainsi l'inactivation des enzymes, responsables de l'hydrolyse des triglycérides (Houssou *et al.*, 2021). Ces auteurs ont aussi montré que les cuiseurs utilisés pour la cuisson des fruits sont

fabriqués en tôles noires oxydables qui se détériorent sous l'effet de la chaleur laissant des dépôts de fer, ce qui affecte la qualité des huiles produites. C'est dans ce cadre que Houssou *et al.* (2020) ont réalisé une enquête dans les localités d'Ouémé et de Plateau auprès des producteurs et transformateurs de fruits de palme. Les données relatives aux performances des cuiseurs de fruits de palme les plus utilisés et aux contraintes liées à la méthode de cuisson collectées ont permis à l'Unité de Recherche et de Formation en Machinisme Agricole (URFMA) du Programme Technologies Agricole et Alimentaire (PTAA) de l'Institut National des Recherches Agricole du Bénin (INRAB) de développer un nouveau cuiseur à vapeur comportant plusieurs diffuseurs de vapeur. L'évaluation des performances techniques de ce cuiseur et de la qualité de l'huile en comparaison à ceux existants s'avère donc nécessaire en vue d'améliorer le rendement et la qualité de l'huile produite.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Zone d'étude : Les tests de performance des trois cuiseurs ont été réalisés dans une unité pilote de production d'huile rouge de palme sise dans la commune de Sakété au Sud-Bénin. En effet, Sakété est l'une des grandes zones de production et de transformation des fruits de palme au Sud-Bénin (PNDF, 2020). De plus, les trois modèles de cuiseurs à tester sont disponibles sur l'unité pilote choisie à Sakété. Cette unité de transformation est aussi l'une des six unités qui présentent les technologies les plus prometteuses

identifiées selon les travaux de Houssou *et al.* (2021).

Matériel végétal : Le matériel végétal utilisé est constitué de fruits de palme de la variété *Tenera* (Figure 1) récoltés à maturité et utilisés pour les essais à cause de sa teneur élevée en huile. Les grappes de fruits utilisés ont été obtenues de la ferme expérimentale affiliée au Centre de Recherches Agricoles Plante Pérenne de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin. Les fruits récoltés ont été traités après maturation (9 jours) dans les mêmes conditions.






Figure 1 : Photo de la variété de fruits Tenera

Équipements utilisés : Sur la base des résultats de l'enquête diagnostique réalisée par Houssou *et al.* (2020), un cuiseur amélioré dénommé "Cuiseur A" en tôle d'acier inoxydable comportant des diffuseurs de vapeur a été développé (Zannou *et al.*, 2021) par l'Unité de Recherche et de Formation en Machinisme Agricole basé à Niaouli (URFMAN) du Programme

Technologies Agricole et Alimentaire du Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey (CRA-Agonkanmey) de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB). Les caractéristiques de ce cuiseur à vapeur d'eau et des deux autres prototypes utilisés dans le cadre de cette étude sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Cuiseur amélioré et les prototypes de cuiseurs témoin utilisés par les acteurs au Bénin

Désignation	Description	Caractéristique technique
<p data-bbox="472 272 629 300">Cuiseur A</p> <div data-bbox="212 341 450 715">  </div> <div data-bbox="546 341 815 628">  </div>	<p data-bbox="1182 236 1346 263">Description</p> <p data-bbox="922 309 1608 751">Le cuiseur à vapeur d'eau amélioré mis en point est un cuiseur de forme cylindrique fabriqué en tôle d'acier inoxydable. Il dispose à l'intérieur d'un séparateur en plateau perforé en trou de Ø 8 mm. Le plateau perforé est placé à une hauteur de 20 cm afin de créer deux parties distinctes. Sur le plateau perforé est installé trois tuyaux perforés de trou Ø 8 mm d'une hauteur de 70 cm et de diamètre 10 cm. La vapeur produite dans la séparation inférieure est répartie sur les fruits de palme se trouvant dans la chambre de cuisson à travers le plateau perforé et les tuyaux.</p>	<p data-bbox="1659 236 2011 263">Caractéristique technique</p> <p data-bbox="1666 309 2002 635">Hauteur de la chambre de vapeur : 20 cm Hauteur de la chambre de cuisson : 100 cm Diamètre : 110 cm Volume de la chambre de vapeur : 189,9 L Volume de la chambre de cuisson : 949,8 L</p>
<p data-bbox="479 759 622 786">Cuiseur B</p> <div data-bbox="376 828 721 1337">  </div>	<p data-bbox="943 834 1592 1161">Ce cuiseur à vapeur d'eau est un cuiseur de forme cylindrique fabriqué en tôle d'acier ordinaire. Il dispose à l'intérieur d'un séparateur en plateau perforé en trou de Ø 8 mm. Le plateau perforé est placé à une hauteur de 30 cm afin de créer deux parties distinctes. La vapeur produite dans la séparation inférieure est répartie sur les fruits de palme se trouvant dans la chambre de cuisson à travers le plateau perforé.</p>	<p data-bbox="1666 834 2002 1161">Hauteur de la chambre de vapeur : 22 cm Hauteur de la chambre de cuisson : 101 cm Diamètre : 109 cm Volume de la chambre de vapeur : 187,9 L Volume de la chambre de cuisson : 939,5 L</p> <p data-bbox="1720 1342 1951 1369">Hauteur : 115 cm</p>

Cuiseur C



Le cuiseur direct à eau est un cuiseur de forme cylindrique en tôle d'acier oxydable. La cuisson dans ce type de cuiseur nécessite l'immersion des fruits directement dans l'eau.

Diamètre : 111 cm
Volume : 938.4 L

Évaluation des performances des cuiseurs de fruits de palme : Des essais de cuisson ont été réalisés avec la participation de dix (10) transformateurs bien expérimentés. Les trois cuiseurs testés, cuiseur à vapeur d'eau amélioré (Cuiseur A), cuiseur traditionnel à vapeur d'eau (Cuiseur B) et cuiseur direct à l'eau (Cuiseur C) ont été remplis à leur pleine

capacité respectivement avec 600 kg de fruits. Les tests de cuisson ont été répétés trois (03) fois pour chaque type de cuiseur. La fin de l'opération de cuisson est indiquée par l'apparition des fissures sur le mésocarpe des fruits cuits présentant des fissures/fentes et une texture molle au touché (Figure 2).



Figure 2 : Photo de fruits de palme cuits présentant des fissures/fentes

Les fruits cuits obtenus issus des trois cuiseurs ont été ensuite malaxés et pressés à l'aide d'une presse dékanmey motorisée. Les huiles brutes obtenues ont été clarifiées, décantées puis conditionnées. Au cours des tests des trois cuiseurs, les échantillons de fruits de palme et d'huile finale issus de chaque cuiseur ont été collectés dans des flacons en plastiques noirs à couvercle de 0,5 L et fermés hermétiquement. Ces échantillons ont été utilisés pour les analyses au laboratoire. Ainsi, les paramètres techniques des cuiseurs tels que la durée de cuisson, l'homogénéité des fruits cuits et le rendement ont été évalués.

❖ **Durée de cuisson des fruits :** Elle a été déterminée à l'aide d'un chronomètre à partir du début de l'ébullition de l'eau de cuisson des fruits.

❖ **Homogénéité des fruits :** L'homogénéité des fruits cuits qui a été estimée en % à partir 500 g d'échantillons de fruits cuits prélevés et appréciée par les transformateurs participants aux essais.

❖ **Rendement en huile :** Le rendement d'extraction d'huile a été déterminé suivant la formule décrite par Pakdeechot *et al.* (2021). Soit R le rendement d'extraction obtenue à l'unité pilote de production

d'huile.

$$R = \frac{Mh}{Mf}$$

Avec **Mh** = masse d'huile extraite et **Mf** = masse de fruits transformés à l'unité pilote de production d'huile.

Analyse de la perception des producteurs sur les performances techniques du cuiseur amélioré en comparaison aux cuiseurs traditionnels : La perception des acteurs sur la qualité des fruits cuits et le rendement en huile a été évaluée par dix producteurs et transformateurs de fruits de palme dans les localités d'Ouémé et Plateau. Les données relatives aux paramètres techniques des cuiseurs tels que la durée de cuisson, la consommation en combustible, l'homogénéité des fruits du cuiseur amélioré en comparaison aux cuiseurs traditionnels ont été collectées à travers un questionnaire structuré et semi-structuré.

Analyses physico-chimiques des huiles : Les caractéristiques physico-chimiques des échantillons d'huile ont été déterminées suivant les méthodes standards. La teneur en eau a été déterminée par séchage de l'échantillon dans une étuve à 103 ± 2 °C jusqu'à un poids constant pendant 24 h suivant la norme ISO 662. La densité a été

déterminée par le rapport existant entre la masse d'un certain volume de l'huile à 20°C et la masse d'un certain volume égale à l'eau distillée à 20°C, par la norme AFNOR (1988). Le taux d'impureté, l'acidité des huiles ont été respectivement déterminés par les méthodes décrites par Onwuka et Akaerue (2006). Concernant l'indice de peroxyde (IP), il a été déterminé par la norme AFNOR NF T 60-220.

Détermination de la qualité sensorielle des huiles : Les échantillons d'huile de palme ont été soumis à un panel de 15 consommateurs dégustateurs d'huile de palme bien entraînés pour évaluer la qualité sensorielle des huiles. Elle a consisté à

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Durée de cuisson : Les performances techniques du nouveau cuiseur (Cuiseur A) comparées à celles des cuiseurs traditionnels dénommés Cuiseur B et Cuiseur C sont présentées dans la Figure 3. Pour 600 kg de fruits traités, la durée de cuisson avec le cuiseur amélioré (90 ± 5 min soit 1h30 min) est significativement inférieure à celle des fruits cuits utilisant le cuiseur à vapeur d'eau traditionnel/Cuiseur B ($203 \pm 7,63$ min) et le cuiseur direct à eau/Cuiseur C ($246 \pm 7,63$ min) utilisés. Ainsi, le cuiseur amélioré est deux fois plus rapide comparé aux deux cuiseurs témoins. Cette différence significative de temps entre le cuiseur amélioré et les cuiseurs témoins peut s'expliquer principalement par le matériau de fabrication du cuiseur amélioré et les diffuseurs de chaleur ou tuyaux perforés installés à l'intérieur dudit cuiseur. En effet, le cuiseur amélioré est fabriqué en acier inoxydable (inox 304) qui a une conductibilité thermique faible ($16,3$ w/m.k) par rapport à l'acier (54 w/m.k). Cette faible conductivité de l'inox lui permet de mieux conserver la chaleur qu'il reçoit, ce qui profite aux fruits de palme contenus dans ce

soumettre 100 g de chacun des trois échantillons d'huile issue des trois cuiseurs ainsi qu'une fiche de dégustation. Les dégustateurs ont apprécié la qualité des différents échantillons d'huile par rapport à la couleur, l'odeur, le goût, la texture et l'acceptabilité générale en attribuant des scores allant de 1 à 5.

Analyses statistiques : Les données relatives aux performances des cuiseurs et à la qualité physico-chimique et sensorielle ont été traitées à l'aide du tableur Microsoft Excel 2013. L'analyse de ces données a été réalisée avec le logiciel SPSSv17 et les tests ont été effectués pour évaluer le degré de significativité des données au seuil de 5%.

cuiseur. De plus, le cuiseur à vapeur amélioré possède trois tuyaux en tôle inoxydable dont la hauteur représente les $\frac{3}{4}$ de la hauteur totale de la chambre de cuisson. À cette hauteur, les trois tuyaux permettent de diffuser efficacement et harmonieusement la vapeur dans la chambre de cuisson. Ces diffuseurs de chaleur associés à la qualité du matériau utilisé ont favorisé une bonne répartition et conservation de la chaleur, ce qui a pour conséquence la cuisson rapide des fruits. Aussi, selon les études de Fournier *et al.* (2001) sur la transformation artisanale des fruits de palme au Bénin et au Nigéria, la cuisson directe des fruits de palme dans l'eau prend t-elle plus de temps que celle par la vapeur d'eau. D'après ces mêmes auteurs, la cuisson à vapeur d'eau réduit de 40% la durée de cuisson avec le cuiseur direct à l'eau. Par ailleurs, la longue durée de cuisson des fruits avec les cuiseurs témoins a engendré une consommation élevée de bois de chauffage par rapport au cuiseur amélioré ce qui constitue un manque à gagner pour les transformateurs. Ainsi, le cuiseur amélioré a induit une réduction d'utilisation de bois de chauffage.

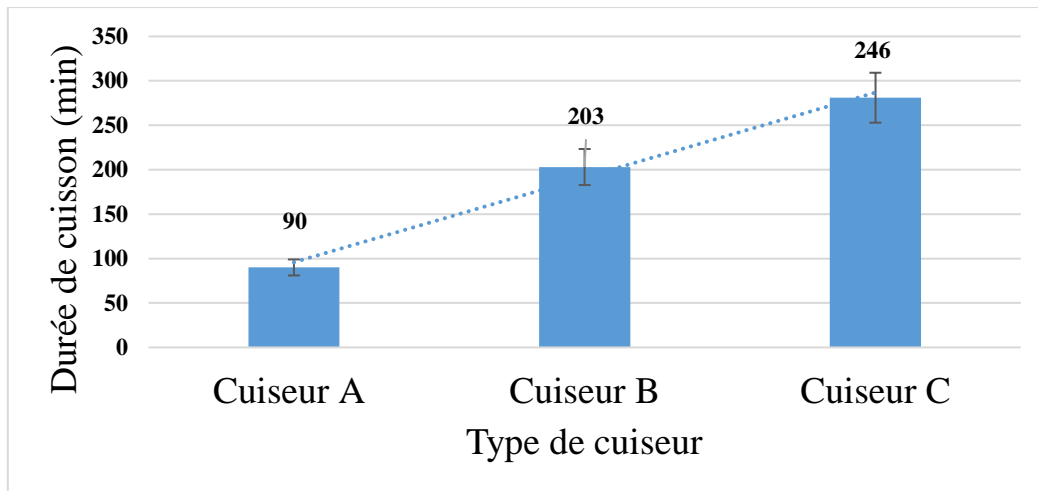


Figure 3 : Durée de cuisson des cuiseurs

Homogénéité des fruits cuits : Les fruits issus de la méthode de cuisson avec le cuiseur amélioré (cuiseur A) sont totalement cuits (100%) (Figure 4). Par ailleurs, la cuisson au niveau du cuiseur traditionnel à vapeur (Cuiseur B) est de 70% et celui du cuiseur à eau (cuiseur C) est de 75%. Ainsi, la cuisson des fruits avec les cuiseurs B et C n'est pas complète, car certains fruits dans la couche supérieure du cuiseur ne sont pas totalement cuits. Ce défaut de cuisson des

fruits est lié à l'inefficacité de son dispositif de cuisson qui ne permet pas une bonne répartition de la vapeur sur l'ensemble des fruits pendant la cuisson. Les fruits à moitié cuits ne sont pas bien ramollis, ce qui induit un faible rendement en huile. Les mêmes observations ont été faites par Pakdeechot *et al.* (2021) qui ont montré qu'une bonne cuisson des fruits favorise leur ramollissement et l'augmentation du rendement en huile à l'extraction.

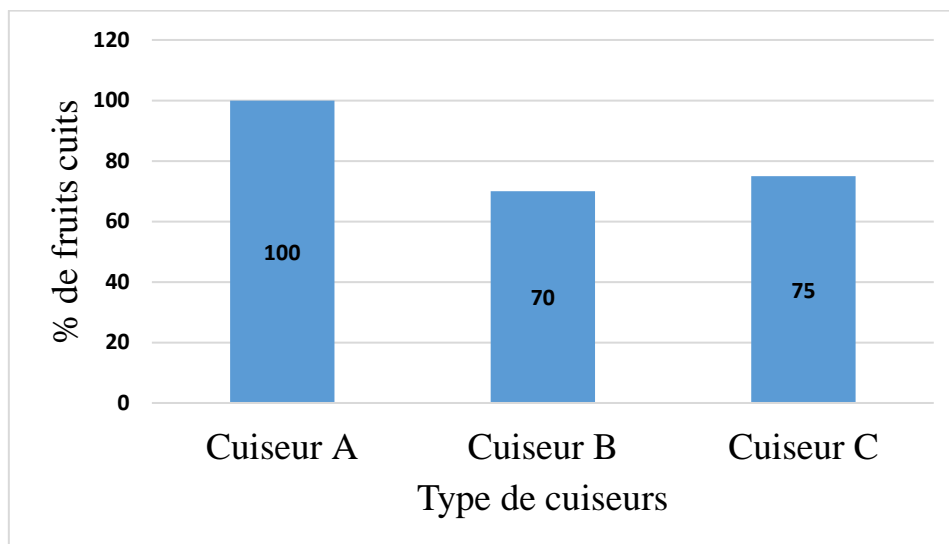


Figure 4 : Pourcentage d'homogénéité de fruits cuits

Rendement en huile des fruits de palme : Le rendement d'extraction en huile en utilisant le cuiseur A était significativement plus élevé ($33,62 \pm 1,87\%$) que celui du cuiseur B ($27,88 \pm 1,03\%$) et du cuiseur C ($26,78 \pm 0,59\%$) (Figure 5). L'augmentation

du rendement d'extraction en huile observée pour le cuiseur A s'explique par le niveau de ramollissement très poussé des fruits cuits, ce qui a favorisé la libération de l'huile des cellules oléagineuses par rapport aux témoins. Ainsi, selon les études de Mahidin

(1998), une bonne cuisson des fruits de palme favorise la rupture des cellules oléagineuses du mésocarpe du fruit pour libérer l'huile au cours du processus de production de l'huile de palme. À l'opposé des deux autres cuiseurs utilisés, aucune différence significative n'a été observée au

niveau du rendement d'extraction des fruits. La baisse du rendement au niveau des cuiseurs témoins s'explique par la non-homogénéité au niveau des fruits cuits. Ce qui est dû à la mauvaise répartition de la chaleur dans ces cuiseurs.

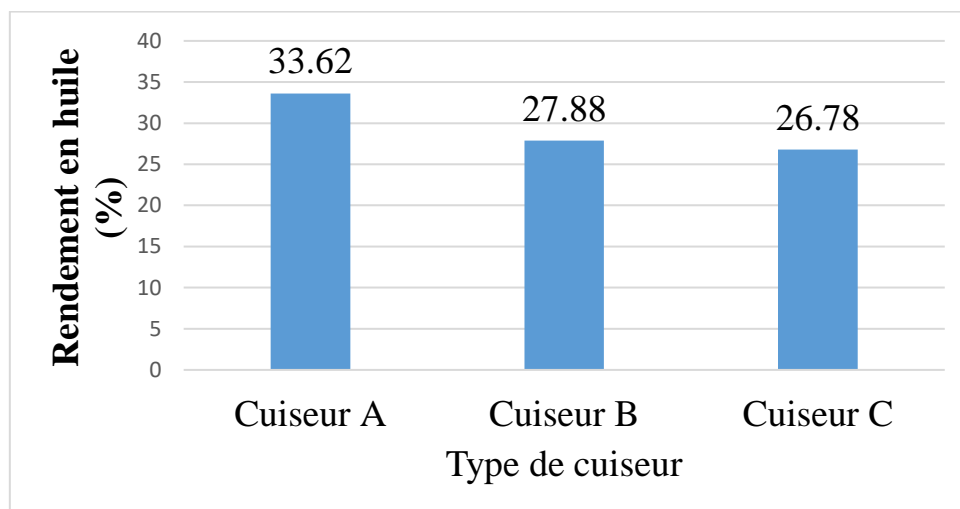


Figure 5 : Rendement en huile

Perception des producteurs sur les performances techniques du cuiseur amélioré en comparaison aux cuiseurs existants : Le tableau 3 présente l'appréciation des transformateurs sur les fruits cuits par les trois cuiseurs. Le cuiseur de fruits amélioré a été perçu comme meilleur selon tous les transformateurs ayant participé aux essais en considérant la durée de cuisson, la consommation en combustible, l'homogénéité des fruits et le rendement en

huile. En effet, pour une même quantité de fruits traitée, la durée de cuisson est presque deux fois plus rapide pour le cuiseur A par rapport aux cuiseurs B et C, ceci a permis une réduction drastique du bois de chauffage pour le cuiseur A. Par ailleurs, en guise de témoignage, aussitôt après les tests, le transformateur ayant abrité les tests a adopté le nouveau cuiseur en abandonnant son propre cuiseur à cause des bonnes performances du nouveau cuiseur.

Tableau 2 : Perception des transformateurs sur le cuiseur amélioré et les témoins

	Durée de cuisson	Consommation en combustible	Homogénéité des fruits cuits	Rendement en huile
Cuiseur A	Rapide	Faible	100%	Elevé
Cuiseur B	Assez lente	Élevée	80%	Faible
Cuiseur C	Très lente	Très élevée	85%	Faible

Qualités physico-chimiques des huiles issues des trois cuiseurs : Les caractéristiques physico-chimiques des huiles rouges issues des cuiseurs sont présentées par le tableau 3. L'analyse des résultats a révélé que les teneurs en eau, acidité et les taux d'impuretés des huiles

issues des trois cuiseurs ont varié respectivement de 0,3 à 0,4 %, 7,39 à 14,17 % d'acide oléique et de 0,05 à 0,11 % (Tableau 3). Excepté la teneur en eau et la densité (0,91-0,92 %), une différence significative a été observée entre l'acidité, les taux d'impuretés et l'indice de peroxyde

(0,37-0,95) des huiles issues des trois cuiseurs. Ces différences justifient la faible performance des cuiseurs B et C utilisés pour la cuisson des fruits de palme. Toutefois, les teneurs en eau obtenues dans cette étude dépassent celle recommandée par le codex alimentarius (0,1%) pour les huiles végétales. Les teneurs en eau relativement élevées sont liées entre autres aux performances des clarificateurs utilisés par les transformateurs. Les mêmes observations ont été faites par Ahouansou *et al.* (2018) au cours de son étude sur l'évaluation des performances techniques des clarificateurs pour la production de l'huile de palme au Bénin. Ladite étude a montré que les clarificateurs et déshydrateurs d'huile utilisés par les transformateurs des fruits de palme au Bénin ne permettent pas toujours d'atteindre le seuil de 0,1% de teneur en eau des huiles adoptée comme norme internationale. Cette différence peut également s'expliquer par la non-maitrise des procédés de déshydratation des huiles (Houssou *et al.*, 2020). Concernant l'acidité des huiles, les valeurs obtenues pour les huiles issues des trois cuiseurs sont supérieures à la valeur recommandée (<4 mg de KOH) pour les huiles végétales. La valeur obtenue pour le cuiseur A est significativement inférieure à celle du cuiseur B et du cuiseur C. Cette différence est certainement due à la qualité des fruits présentant une teneur en acidité déjà élevée (7,36±0,1%). Pendant que cette teneur est plus ou moins maintenue au niveau du cuiseur A (7,39±0,18%) grâce à la cuisson homogène et rapide de ce dispositif, elle a

augmenté au niveau du cuiseur B pour un taux de 10,27±0,90%. Cette augmentation remarquable est due à la cuisson non homogène des fruits. Des résultats similaires ont été trouvés par plusieurs auteurs qui ont rapporté que l'acidification de l'huile est due en grande partie à la présence d'une lipase endogène du mésocarpe (Ngando-Ebongue *et al.*, 2006; Morcillo *et al.*, 2013; Domonhédó *et al.*, 2017). L'acidité obtenue pour l'huile issue du cuiseur C peut s'expliquer par la cuisson dans l'eau des fruits qui est susceptible d'hydrolyser les triglycérides (Ngando-Ebongue, 2009). L'analyse des résultats relatifs aux taux d'impuretés des huiles a révélé que le cuiseur amélioré a présenté une faible teneur en impuretés comparativement aux deux autres cuiseurs. Comparées à la valeur recommandée par le Codex Alimentarius de la FAO (0,01 %), les teneurs en impuretés obtenues dans la présente étude ne respectent pas la norme (TAMSI-DMSI, 2010 et Norme malaisienne MS 814, 1983). Cette différence est due au défaut d'entretien des équipements de pressage de décantation et de déshydratation qui est à l'origine des taux d'impureté élevés observés. Aussi, la plupart des producteurs ne nettoient-ils pas les équipements avant les activités de transformation des fruits de palme. Quant à l'indice de peroxyde, les trois huiles ont présenté des valeurs respectant la norme du Codex Alimentarius / FAO / WHO qui recommande un indice de peroxyde maximum de 10 meq O₂/ kg d'huile de palme.

Tableau 3 : Caractéristiques physico-chimiques des huiles rouges issues des cuiseurs

Type de cuiseurs	Cuiseur A	Cuiseur B	Cuiseur C
Teneur en eau (%)	0,30±0,12a	0,36±0,08a	0,4±0,14a
Acidité (% Acide oléique)	7,39±0,18a	10,27±0,90b	14,17±0,93c
Impureté (%)	0,05 ± 0,03a	0,11 ± 0,07b	0,10 ± 0,09b
Densité (%)	0,91±0,001a	0,91±0,004a	0,92±0,014a
Indice de peroxyde (meq O ₂ /kg)	0,37±0,03a	0,65±0,07b	0,95±0,07c

Les valeurs portantes des lettres différentes sur la même ligne sont significativement différentes au seuil de 5%

Cuiseur A : Cuiseur à vapeur d'eau amélioré ; **Cuiseur B :** Cuiseur à vapeur d'eau traditionnel ; **Cuiseur C :** Cuiseur direct à eau

Qualité sensorielle des huiles : La figure 6 présente l'appréciation de la couleur, du goût, de l'odeur, de la texture et de l'acceptabilité générale des trois (3) types d'huiles issus des différents cuiseurs. L'analyse de résultats a révélé que 50 % des dégustateurs ont agréablement apprécié la couleur de l'huile issue du cuiseur A (Cuiseur à vapeur d'eau amélioré) contre 33 % pour l'huile du cuiseur B (Cuiseur à vapeur d'eau traditionnel) et 17 % pour l'huile du cuiseur C (Cuiseur direct à eau). En effet, l'huile issue du cuiseur A présente une couleur rouge foncé qui peut s'expliquer par l'homogénéité des fruits cuits, laquelle a permis d'obtenir un rendement meilleur à l'extraction comparativement aux autres huiles issues des cuiseurs B et C. Concernant la fluidité des huiles, les résultats obtenus indiquent que 55% des évaluateurs ont trouvé agréable la fluidité de l'huile issue du cuiseur A par rapport aux autres huiles. La fluidité est un peu moins appréciée au niveau des autres huiles dans les proportions de 43 à 47%. Ce résultat confirme les valeurs élevées obtenues pour le taux d'impureté (0,05 à

0,10%) et la densité (0,91 à 0,92 %) des huiles dans la section précédente. Ces résultats corroborent ceux de Kasmin *et al.* (2016) qui ont rapporté que la déshydratation améliore considérablement la qualité de l'huile notamment la réduction de l'eau, des acides gras libres et d'autres composés. Le goût des différentes huiles analysées était agréablement apprécié par la majorité des dégustateurs (Figure 6). En effet, 67 à 83 % des dégustateurs ont trouvé respectivement non acide et non rance l'huile issue du cuiseur A comparativement aux goûts des huiles du cuiseur B et C qui sont respectivement de 50% et 33%. Ces résultats corroborent les indices de peroxyde et les teneurs en acidité des différentes huiles. Globalement, 83% des dégustateurs ont trouvé très acceptable l'huile issue du cuiseur A comparativement à celle des cuiseurs B (46 %) et C (35%). Ce résultat confirme les performances techniques relevées au niveau du cuiseur A qui permet d'avoir une homogénéité des fruits cuits, freinant ainsi l'acidité au niveau de l'huile en augmentant le rendement d'extraction en huile.

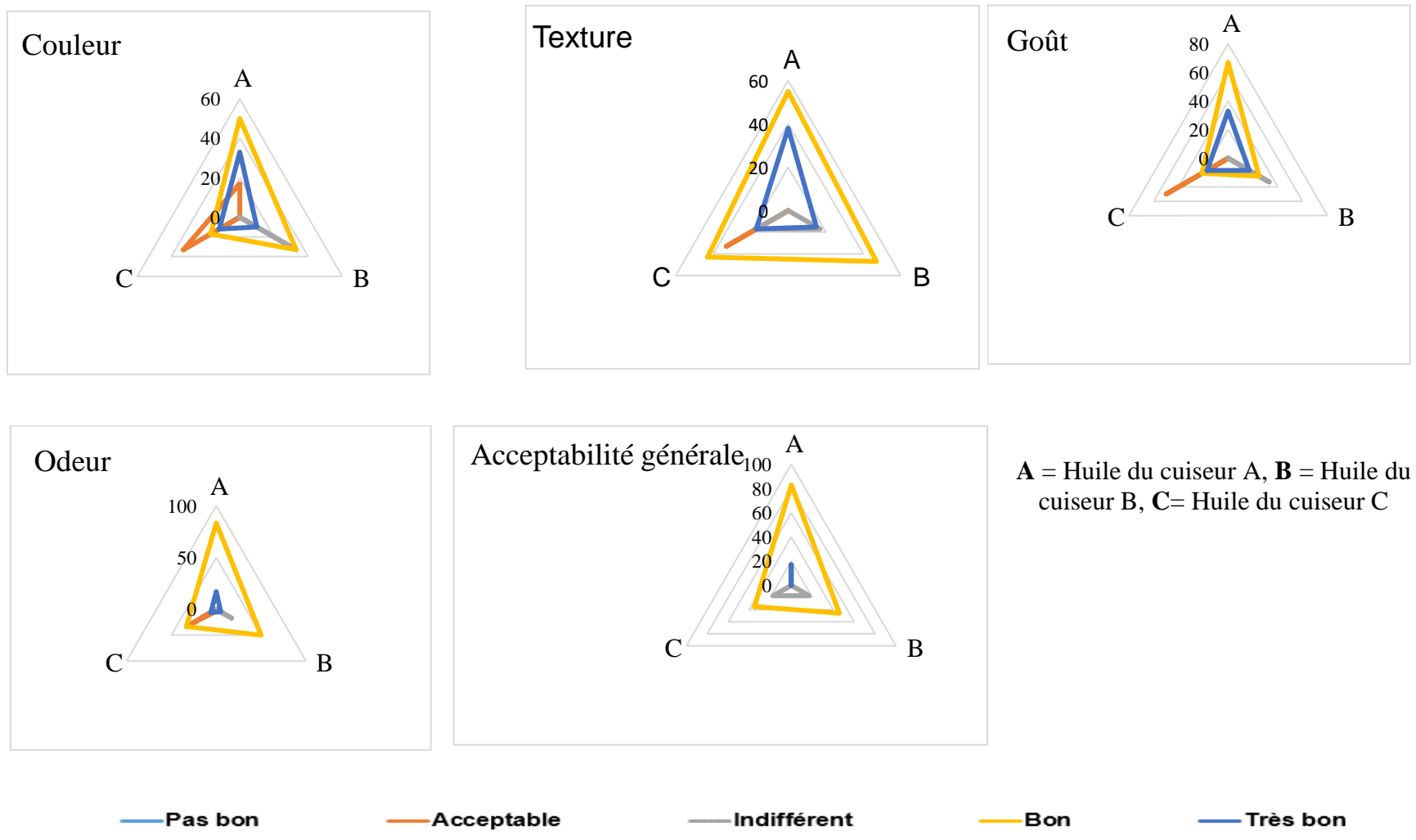


Figure 6 : Analyse sensorielle des huiles issues des trois cuiseurs

CONCLUSION ET APPLICATION DES RÉSULTATS

Le présent travail a permis d'évaluer les performances technologiques d'un nouveau cuiseur développé à l'Unité de Recherche et de Formation en Machinisme Agricole (URFMAN) du Programme Technologies Agricole et Alimentaire (PTAA) de l'Institut National des Recherches Agricole du Bénin (INRAB) en comparaison avec deux autres cuiseurs les plus utilisés (cuiseur direct à eau et cuiseur à vapeur d'eau) par les transformateurs des fruits de palme au Bénin. Les résultats ont montré que le nouveau cuiseur assure une cuisson plus rapide et homogène des fruits de palme, contrairement aux deux autres cuiseurs. L'analyse

statistique a révélé une différence significative entre l'acidité, les taux d'impuretés et l'indice de peroxyde des huiles issues des trois cuiseurs. Toutefois, la qualité de l'huile issue du cuiseur A est très agréablement appréciée par les dégustateurs en comparaison avec les huiles issues des autres cuiseurs. Par conséquent, le nouveau cuiseur développé est performant par rapport aux autres cuiseurs utilisés. De ce fait, ce nouveau cuiseur peut être vulgarisé auprès des transformateurs surtout à cause de la faible durée de cuisson et de la qualité de l'huile rouge produite.

RÉFÉRENCES

- AFNOR, 1988. Recueil des normes françaises sur les corps gras, graines oléagineuses, produits dérivés 4^e édition. Association Française de Normalisation, Paris. Peason, D. 1976. *The Chemical Analysis of Foods*. 7th Ed. Church hill Livingstone. Longman Grp Ltd. London, 4-513 pp.
- Ahouansou RH, Agbobatinkpo PB, Sossou CH, Sanya EA. 2018. Analyse des performances techniques des clarificateurs et déshydrateurs d'huile de palme au Bénin, *Tropicultura*, 36, 4, 773-785 pp.
- Codex Alimentarius, 2015. Norme pour les huiles végétales portant un nom spécifique. CODEX STAN210-1999. Adoptée en 1999. Amendement : 2005, 2011, 2013, 2015. Révision : 2001, 2003, 2009. Rome : FAO/OMS.
- Corley RHV, Tinker PB, 2016. *The Oil Palm*. ISBN: 9781405189392. Set in 9.5/11pt Ehrhardt by SPi Global, Pondicherry, India 1 2016
- Domonhédó H, Cros D, Nodichao L, Billotte N, Ahanhanzo C, 2017. Enjeux et amélioration de la réduction de l'acidité dans les fruits mûrs du palmier à huile, *Elaeis guineensis* Jacq. (Synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 22, 54-66pp.
- Fournier S, Ay P, Jannot C, Okounlola-Biaou A, Pédé E. 2001. La transformation artisanale de l'huile de palme au Bénin et au Nigéria. La Librairie du Cirad: Montpellier, France, 139 pp.
- Housou APF, Dansou V, Aboudou K, Tchobo PF. 2020. Pratiques endogènes de production et qualité des huiles rouges de palme produites au Bénin. PTAA/CRA-Agonkanmey/INRAB. Rapport d'activité 30p.
- Housou APF, Dansou V, Aboudou K, Tchobo PF. 2021. Evaluation des performances de six technologies artisanales de production de l'huile rouge de palme au Bénin. PTAA/CRA-Agonkanmey/INRAB. Rapport d'activité 21p.
- Kasmin H Lazim A M, Awang R. 2016. Effect of heat treatments on the yield, quality and storage stability of oil extracted from palm fruits *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 20, 1373 – 1381pp.
- Kumaradevan D, Chuah KH, KMoey L, Mohan V, TWan W. 2015. Optimising the operational parameters of a spherical steriliser for the treatment of oil palm fresh fruit bunch. *IOP Conf. Series: Materials*

- Science and Engineering 88- 012031. doi:10.1088/1757-899X/88/1/012031.
- Lecerf JM 2013. L'huile de palme : aspects nutritionnels et métaboliques. Rôle sur le risque cardiovasculaire. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 20 (3) :147-159pp.
- Mahidin MR. 1998. Quality improvement in the production of Malaysian palm oil. *Palm Oil Dev.* 9, 15–21.
- Mohammad S, Baidurah S, Kobayashi T, Ismail N, Leh CP. 201 Palm Oil Mill Effluent Treatment Processes—A Review, 9, 739pp. <https://doi.org/10.3390/pr9050739>.
- Morcillo F, Cros D, Billotte N, Ngando-Ebongue GF, Domonhédou H, Pizot M, Cuéllar T, Espéout S, Dhouib R, Bourgis F, Claverol S, Tranbarger TJ, Nouy B, Arondel V. 2013. Améliorer la qualité de l'huile de palme grâce à l'identification et à la cartographie du gène de la lipase responsable de la détérioration de l'huile. *Mouillier. Commun.*
- Ngando Ebongue GF, Dhouib R, Carriere F, Amvam Zollo PH, Arondel V. 2006. Dosage de l'activité lipasique du fruit du palmier à huile (*Elaeis guineensis*Jacq.) Mésocarpe. *Physique Végétale. Biochimie.* 44: 611-617pp.
- Onwuka GI, Akaerue BI. 2006. Evaluation of the quality of palm oil produced by different methods of processing. *Research Journal of Biological Sciences.* 1, 16-19pp.
- Pakdeechot S, Hanifarianty S, Wae-hayee M. 2021. Effects of Sterilization Times of Palm Bunches on Fruit-Bunch Separation, Crude Palm Oil Yield and Quality Using Direct Steaming. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences* 82, Issue 2 39-46pp.
- Paterson, RRM. 2021. Longitudinal trends of future climate change and oil palm growth: empirical evidence for tropical Africa. *Environ Sci Pollut Res* 28, 21193–21203pp. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-12072-5>.
- Programme national de développement de la filière palmier à huile au Bénin (PNDF-PH). 2020. Agence Territoriale de Développement agricole du Pôle 6 (ATDA 6) Ministère de l'agriculture de l'élevage et de la pêche. Rapport d'étude de faisabilité détaillé.157pp.
- TAMSI-DMSI. 2010. Faits du palmier à huile indonésien, Indonesia Palm Oil Advocacy Team-Indonesian Palm Oil Board, Jakarta, 35pp.
- Tang MM, Xia QY, Holland BJ, Wang H, Zhang YF, Li R, Cao HX. 2017. Effects of different pretreatments to fresh fruit on chemical and thermal characteristics of crude palm oil. *J. Food Sci* 82: 2857–2863pp.
- Vincent CJ, Shamsudin R, Baharuddin AS. 2014. Pre-treatment of oil palm fruits: A review, *Journal of Food Engineering* 143, 123–131pp.
- Zannou H., Dansou V., Hotègni A.B., Houssou P. 2021. Développement du cuiseur amélioré de fruit de palme au Bénin, URFMAN/CRA-Agonkanmey/INRAB. Rapport d'activité.15 pp.