

EFFET DES TECHNOLOGIES DE PRODUCTION TRADITIONNELLE SUR LA QUALITÉ DE "ABLO" : UN PAIN CUIT À LA VAPEUR AU BÉNIN

*W. A. ASSOGBA**, *V. Y. BALLOGOU**, *J. MANFUL***, *N. S. NDINDENG***,
P. ALOHOUTADE & M. M. SOUMANOU**

** Unité de Recherche en Génie Enzymatique et Alimentaire/Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée/EPAC/UAC, 01 BP 2009 Cotonou – Email : msoumanoufr@yahoo.fr*

*** Centre d'AFRICA RICE, 01 BP 2031 Cotonou, Bénin.*

RÉSUMÉ

Le "ablo" est un pain cuit à la vapeur produit à partir du maïs et/ou du riz selon plusieurs procédés identifiés au sud du Bénin. Dans le but de déterminer l'influence de l'utilisation de chacune de ces céréales sur la technologie de production du ablo, un suivi technologique, des analyses physico-chimiques et texturales des produits obtenus à différentes étapes de la production ont été réalisés. Les résultats obtenus ont montré que le procédé de production de "ablo" à partir de maïs était plus long soit 959 min et avait un rendement plus faible (65 %) que celui à base de riz (567 min et 85 %). Cela a confirmé les raisons évoquées par les productrices pour justifier leur intérêt, en particulier dans les grandes villes comme Cotonou et Porto-Novo pour le "ablo" à base de riz au détriment de celui à base de maïs. Durant la production de "ablo" à partir de maïs, le décorticage entraîne une baisse significative des teneurs en lipides, fibres et cendres respectivement de 4,12 %, 3,07 % et 1,49 % à 1,36 %, 0,58 % et 1,48 %. La teinte en jaune b* diminue également de façon significative. Les variations sont beaucoup moins prononcées dans le cas du procédé à base de riz. Les caractéristiques physico-chimiques du mélange sont plus proches de celles du "ablo" à base de maïs compte tenu de la proportion élevée de ce dernier (85 à 90 %). Pour tous les procédés, la fermentation entraîne une baisse significative du pH et une hausse de l'acidité titrable. Le "ablo" à base de maïs est le moins ferme avec 12,4 N et celui à base de riz est le plus élastique avec 42,3 %. Durant la fermentation une grande quantité de CO₂ est libérée, entraînant la formation d'alvéoles et une augmentation significative du volume spécifique.

Mots-clés : ablo, décorticage, mawè, texture, fermentation panaire

EFFECT OF TRADITIONAL PROCESSING TECHNOLOGY ON QUALITY OF "ABLO" : A STEAMED BREAD IN BENIN

ABSTRACT

The "ablo" is a steamed bread which two process methods have been identified in south of Benin from corn and / or rice. In order to assess the effect of using each of these cereals on "ablo" production technology, a technological monitoring, physico-chemical and textural analysis at various stages of production has been achieved. The results showed that "ablo" process from corn was longer (959 min) and had a lower yield (65 %) than rice process (567 min and 85 %). This result confirmed reasons given by ablo producers to justify crescent interest for rice in major cities like Cotonou and Porto Novo. During the production of "ablo" from corn, dehulling caused a significant decrease in lipid, fiber and ash content from respectively 4.12 %, 3.07 % and 1.49 % to 1.36 %, 0.58 % and 1.48%. The coloring yellow b* also significantly decreases. The variations are less pronounced for rice process. The physico-chemical characteristics of the mixture are close to corn "ablo" considering his high proportion (85-90 %). For all process methods, fermentation

involved a significant drop of pH and increase titratable acidity. The corn "ablo" is at least hard (12.4 N) while rice "ablo" is most elastic (42.3 %). During fermentation, a large amount of CO₂ is released, resulting in cell formation and a significant increase of specific volume.

Keywords: ablo, dehulling, mawe, texture, baking fermentation

INTRODUCTION

Les produits fermentés d'origine céréalière jouent un rôle important dans l'alimentation au Bénin en particulier ceux issus du maïs qui représente la première céréale en termes de production (FAOSTAT, 2012). Parmi ces produits, le "mawè" occupe une place importante aussi bien pour la consommation domestique directe que pour la transformation en d'autres aliments (Hounhouigan *et al.*, 1993 a, b). D'après ces auteurs, il s'agit d'une pâte acide de maïs décortiqué, subissant une fermentation naturelle de 1 à 3 jours. Il est utilisé en particulier comme produit de base pour la préparation du "ablo", un beignet cuit à la vapeur après avoir subi une fermentation de type panaire (Devautour & Nago, 1989). Le "ablo" joue un rôle socio-économique important dans l'artisanat alimentaire béninois avec une consommation qui s'étend sur l'ensemble du territoire national et dans les pays de la sous-région comme le Togo, le Nigéria, la Cote d'Ivoire et le Ghana (Dossou *et al.*, 2008). Il est consommé quotidiennement au petit déjeuner ou au goûter dans de nombreuses localités. Il entre aussi dans les plats préparés durant les cérémonies de réjouissances (baptême, mariage, fêtes populaires, etc.) (Banon, 2012). La production-vente de "ablo" participe également à l'amélioration du niveau de revenus des ménages. Ainsi Bokossa *et al.* (2013) ont signalé que les productrices qui s'y adonnaient pouvaient enregistrer des marges bénéficiaires quotidiennes de 220 à 265 FCFA/kg selon les localités. Cet engouement pour le produit s'est accompagné d'une diversification au niveau de la matière première utilisée.

Ainsi Dossou *et al.* (2011) ont signalé la substitution du "mawè" dans la production de "ablo" par la farine humide de riz en particulier dans les grandes villes. Dans des travaux précédents nous avons montré qu'à Cotonou et Porto-Novo, le maïs a été progressivement remplacé par le riz comme matière première essentiellement pour, selon les productrices, des raisons de simplification du procédé. A Comè par contre, le changement de matière première a consisté en un mélange de plus en plus courant du riz au maïs qui demeure la principale céréale utilisée. Cette évolution est motivée d'après les productrices de cette localité par leur volonté d'améliorer les qualités du produit telles que perçues par les consommateurs. Ce travail a également permis d'identifier deux procédés selon que la matière première est le riz ou

le maïs. Le procédé à base de riz se distingue de celui à base de maïs par l'absence de l'étape de décorticage préalable du maïs, ce qui contribue à en réduire la longueur. L'utilisation du mélange des deux céréales ne crée pas de procédé à part entière car celles-ci sont traitées séparément puis mélangées juste avant la mouture avant que la farine résultante ne subisse les opérations unitaires ultérieures. Odjo (2007), Aholou-Yèyi (2008) et Dossou *et al.* (2011) ont signalé par contre l'existence de trois procédés à savoir : un procédé originel (celui à base de maïs), un procédé modifié (celui à base de riz) et un procédé intermédiaire (celui à base du mélange de maïs et de riz). Ce dernier a été identifié dans plusieurs localités comme Natitingou, Parakou, Bohicon et Comè. Cependant, ces travaux ne permettaient pas d'apprécier l'effet des opérations unitaires car ils n'ont porté essentiellement que sur les caractéristiques du produit final et dans une moindre mesure la pâte fermentée. Il apparaît indispensable d'aborder l'ensemble des aspects de la technologie de production issue de l'utilisation des deux matières premières. Ainsi, l'objectif du présent travail consistera à évaluer l'effet du changement de matière première sur les paramètres technologiques du procédé, les équipements utilisés ainsi que les caractéristiques de la matière première (maïs, riz), des produits intermédiaires ("mawè", pâte fermentée) et du produit final ("ablo"). Ce travail sera réalisé sous la forme d'un suivi technologique accompagné d'analyses physico-chimiques et texturales à plusieurs étapes des différents procédés. Il permettra également d'apprécier l'effet des opérations unitaires à travers l'évolution des caractéristiques de la matière première jusqu'au produit final, tout au long de la transformation et pour chacun des procédés identifiés. Les résultats obtenus serviront de base pour l'optimisation des opérations unitaires susceptibles d'améliorer la qualité du produit.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel

Les matières premières utilisées sont constituées de maïs blanc acheté au marché de Comè et de riz importé non étuvé (5 % de brisures, blanc, longs grains) acquis aux marchés de Comè et Dantokpa (Cotonou). Les ingrédients (sucre, sel, farine de blé, levure boulangère instantanée sous forme déshydratée SAF INSTANT) ont été achetés par les productrices auprès de détaillants locaux. Les productrices ont utilisé leur propre matériel de production sauf en ce qui concerne la mouture qui a été réalisée sur prestation.

Méthodes

Production de ablo : Le suivi technologique a été conduit durant une production réalisée auprès de trois productrices pour chacun des procédés identifiés lors d'une enquête préliminaire. Celles-ci ont été choisies pour le nombre d'années d'expérience (supérieur à 5 ans) et leur disponibilité. Les productrices destinées à produire le ablo à partir du maïs et du mélange maïs-riz ont été sélectionnées à Comè, une ville réputée pour être l'un des berceaux de production de "ablo" à base de maïs en particulier. Pour ce qui concerne la production à partir du riz, les productrices ont été choisies à Cotonou. Les productrices ont toutes appliqué leurs propres procédés de production qui se sont révélés similaires à ceux décrits par Dossou *et al.* (2011) sauf pour ce qui concerne le riz. En effet, toutes les productrices de Cotonou lui ont fait subir un trempage de 1 à 2 h suivi d'un égouttage avant la mouture, ce qui n'a pas été signalé par ces auteurs. Les productrices ayant utilisé le mélange ont aussi trempé le riz. Dans ce mélange la part du riz variait entre 10 et 15 %.

Le procédé de production de ablo peut être divisé en deux étapes distinctes à savoir d'une part la production de mawè (aussi bien à partir de maïs que de riz) et d'autre part la production de ablo dont les opérations unitaires sont identiques quel que soit la matière première utilisée. Ces deux étapes sont présentées sur les Figure 1 et Figure 2.

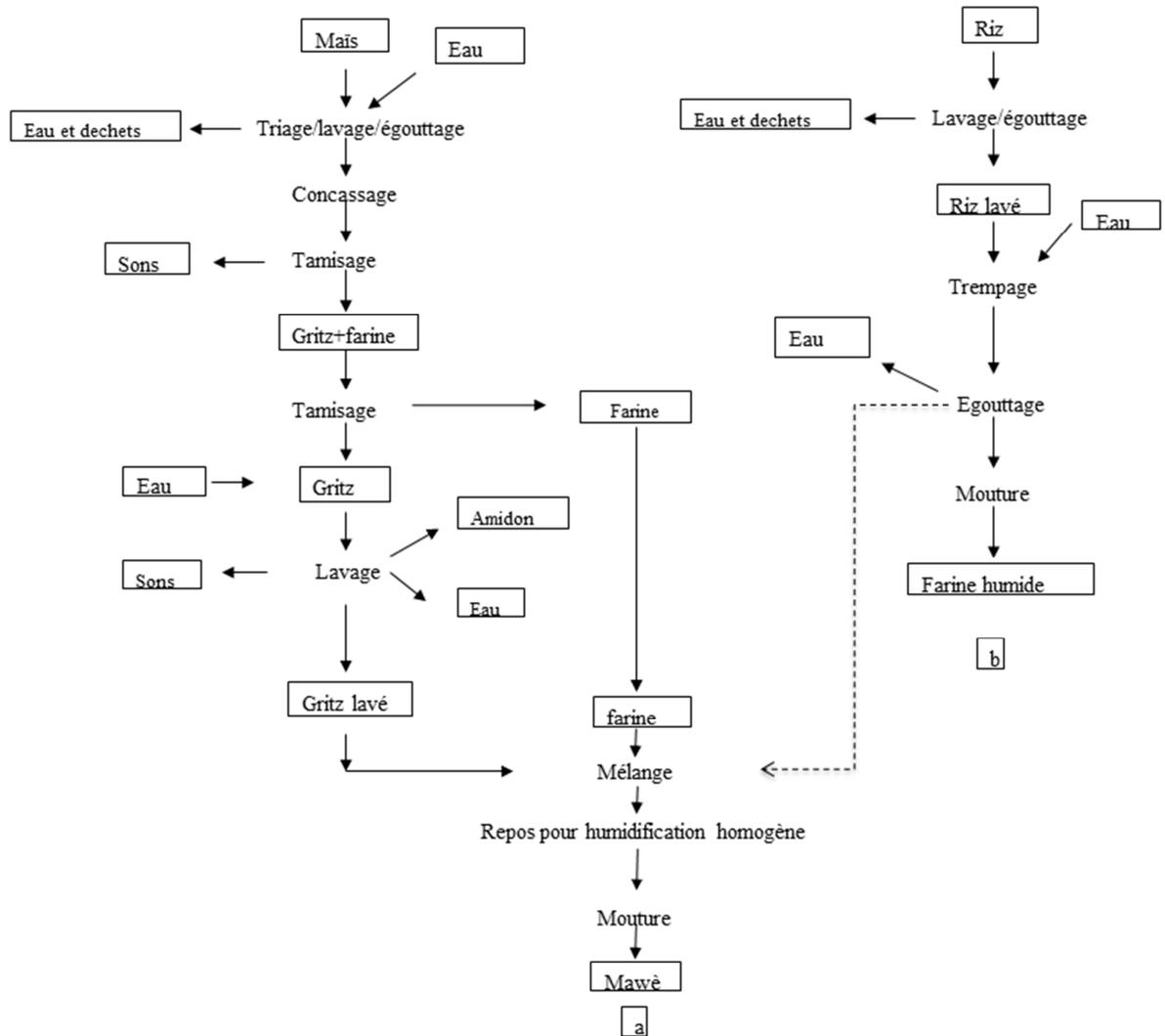


Figure 1. Diagramme de production de "mawè" et farine humide respectivement à partir de maïs (a) et du riz (b) (étape 1). Le connecteur en tiret matérialise le mélange des deux céréales.

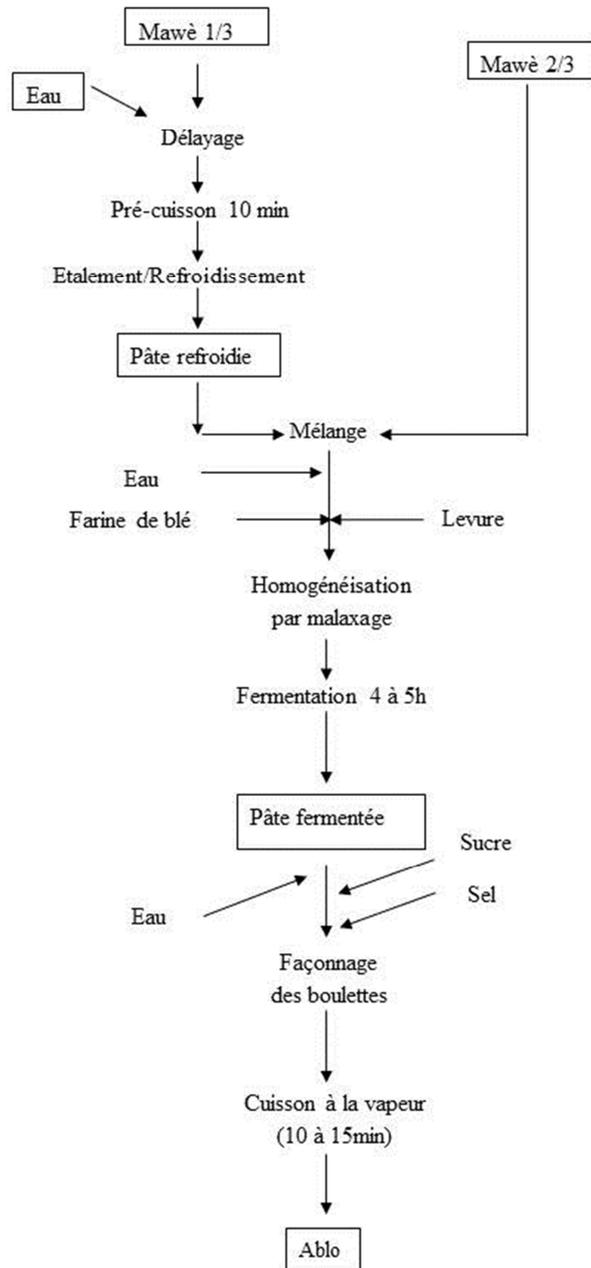


Figure 2. Diagramme de transformation de "mawè" en "ablo" (étape 2)

Suivi de production du "ablo" : au cours de la production, l'ensemble des paramètres technologiques ont été évalués. Il s'agit des variables opératoires des différentes opérations unitaires (durées, températures), des quantités de matière première, d'intrants (eau, bois, ingrédients), de pertes, de produits finis, les équipements et la main d'œuvre nécessaire. Les masses ont été mesurées à l'aide de balances de grande capacité (20 kg, 0,1 kg de précision ; 5kg, 1g de précision) et les températures à l'aide d'un thermomètre à sonde (0-250 °C, 1°C de précision). Le bilan de matière a été réalisé et les rendements calculés pour la production de "mawè" et des boulettes de "ablo" selon la formule suivante (f) :

$$(f): R = \frac{M_2}{M_1} \times 100$$

Avec : M2 : masse de mawè ou du ablo (kg)

M1 : masse de maïs ou de riz (kg)

R : le rendement (%)

Détermination des caractéristiques physico-chimiques et texturales de la matière première, des produits intermédiaires et du "ablo" : les analyses physico-chimiques et texturales ont été réalisées sur la matière première (maïs et riz), les produits intermédiaires ("mawè", pâte fermentée) et le "ablo" (Tableau 1). Les échantillons ont été prélevés à différentes étapes du procédé. Les analyses de teneur en eau et matière sèche, le pH et acidité titrable et les analyses texturales sur le produit final ont été réalisées sur le produit immédiatement collecté. Les autres analyses ont été réalisées sur des échantillons conservés en sac "stomacher" et stockés en réfrigération à 4°C.

Tableau 1. Analyses associées aux différents produits issus du procédé de production

Paramètres évalués		maïs et riz	"mawè"	pâte fermentée	ablo
Analyses physiques	Couleur	x	x		x
	Impuretés	x			
Analyses chimiques	Matière sèche	x	x	x	x
	Teneur en protéines	x	x		x
	Teneur en lipides	x	x		x
	Teneur en cendres	x	x		x
	Teneur en fibres	x	x		x
	Teneur en amylose pH et acidité titrable		x		x
Analyses texturales	Fermeté et élasticité				x
	Nombre d'alvéoles				x
	Volume spécifique				x

N.B. : le signe «X» indique que l'analyse correspondante a été réalisée sur le produit associé à la case. En son absence l'analyse n'a pas été réalisée.

Il s'agissait de la teneur en eau (AOAC, 1984) par différence de masse après déshydratation à l'étuve à 105 °C. Le pH et l'acidité titrable ont été réalisés selon la méthode décrite par Nout *et al.* (1989) à l'aide d'un pH-mètre HM Digital PH-200 et une solution titrante de NaOH 0,1N. La teneur en azote total (méthode de Kjeldahl, AOAC, 1984) calculée après minéralisation, distillation et titration de l'échantillon, la matière grasse (AACC, 1984) par la méthode d'extraction au soxhlet et les cendres totales (AACC, 1984) par carbonisation et calcination au four à 550 °C. La teneur en fibres totales (méthode de Osborne & Voogt, 1978) a été évaluée après séparation des autres constituants (glucides, lipides, protéines) par dissolution successivement à l'acide sulfurique bouillant, l'eau bouillante, l'alcool, l'acétone et calcination au four à 550 °C. La teneur en amylose dans les matières premières utilisées pour la production a été réalisée selon la méthode de Fofana *et al.* (2011). Les échantillons réduits en farines sont préalablement digérés afin de séparer l'amylose de l'amylopectine. Cette digestion est réalisée dans de l'eau bouillante après ajout d'éthanol et de NaOH. Les échantillons sont dilués et l'amylose est dosé à l'aide d'un spectrophotomètre après addition d'une solution d'iode et d'iodure de

potassium. La détermination se fait à partir de l'absorbance du complexe iode-amylose à une longueur d'onde de 720 nm et d'une courbe générée à partir des valeurs d'absorbance de standards (ici des variétés de riz de teneur en amylose connue IR65, IR24, IR64, IR8). Les coordonnées chromatiques L* (luminance), a* (indice de saturation vert-rouge) et b* (indice de saturation bleu-jaune) ont été mesurées à l'aide d'un chromamètre Minolta (CR-400/410), calibré avec une plaque céramique blanche de référence.

La texture du produit final a été mesurée à l'aide d'un Texture Analyser TA-XT-Plus (Stable Micro Systems) afin d'évaluer la fermeté et l'élasticité du "ablo" produit à partir des différentes matières premières. La fermeté en Newton (N), exprime la résistance de l'échantillon sous l'effet d'une force appliquée à sa surface tandis l'élasticité (%) exprime son aptitude à la déformation sous l'effet de cette même force (Rosenthal, 2010). Le volume spécifique a été déterminé par la méthode de Sangnark & Noomhorm (2004) à partir du rapport entre volume et de la masse du ablo. Le volume du "ablo" a été évalué par la méthode de Campbell *et al.* (1987) modifiée. De même, le nombre d'alvéoles par cm² a été évalué après observation à la loupe d'une coupe latérale et transversale du produit.

Analyses statistiques : Les résultats des travaux de suivi et des différentes analyses physico-chimiques, en trois essais ont été classés à l'aide du tableur Excel. Ce dernier a permis de calculer les moyennes, écarts-types et coefficient de variation. Ces données ont été soumises également au test de comparaison des moyennes de Student Newman-Keuls au seuil de 5 % à l'aide du logiciel STATISTICA 7.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Durées et rendements des différents procédés de production

Les durées et les rendements de production de "ablo" à base de maïs et de riz sont présentés dans le Tableau 2. On observe que la durée de production du "ablo" à partir de maïs est plus longue (959 min contre 567 min pour le riz) avec une tendance identique pour les deux procédés. En effet, la production est plus longue après l'étape de production du "mawè" principalement à cause du temps de refroidissement (consécutif à la pré-cuisson) et aussi de fermentation. Il apparait que la fermentation est plus longue durant le procédé à base de maïs que celui à base de riz (respectivement jusqu'à 7 h contre 4 à 5 h). Ces valeurs sont supérieures à celles observées par Dossou *et al.* (2011) qui ont estimé qu'une durée de fermentation de 3 à 4 h quel que soit le procédé était suffisante. La longue durée du procédé de production de

"ablo" à partir du maïs qui le rend plus contraignant a entraîné dans les grandes villes comme Cotonou ou Porto-Novo, un désintérêt croissant envers cette céréale. Le riz est de plus en plus utilisé car il est simplement moulu après trempage et ne nécessite pas une présence continue de la productrice. Celle-ci a donc plus de temps à consacrer pour les activités domestiques ou d'autres activités génératrices de revenus. Le produit est également plus rapidement disponible pour les consommateurs. Malgré sa durée plus élevée de mise en œuvre, la technologie de production à partir de maïs persiste à Comè. On peut y observer une adaptation des productrices à la demande croissante qui s'est caractérisée par une organisation permettant de mutualiser les facteurs de production (équipements, main d'œuvre). Ainsi, la plupart des productrices de ces localités sous-traitent la production du "mawè" favorisant une production quasi continue qui rend le produit disponible à n'importe quelle heure de la journée. L'utilisation du mélange des deux céréales est également de plus en plus répandue à Comè même si cela influence très peu la durée de production qui est plus proche de celle du ablo de maïs, étant donné que les deux matières sont traitées séparément et simultanément. Quel que soit la technologie, la durée de production du "ablo" apparaît plus courte que celle du "mawè" destiné à être commercialisé ou du "ogi" une pâte fermentée de maïs précuit et décortiqué qui peut atteindre 1 à 3 jours (Nago *et al.*, 1998 ; Hounhouigan *et al.*, 1993a) essentiellement du fait de la fermentation spontanée. Le changement de matière première a également entraîné des variations au niveau du rendement (Tableau 2). En effet, le rendement du procédé de production à base de maïs est inférieur à celui à base de riz (respectivement 65 et 85 %) avec des pertes plus élevées durant l'étape de production du "mawè" (première étape). Ces pertes d'environ 28 % pour le procédé à base de maïs sont constituées essentiellement par le son, les germes et l'amidon entraînés par les tamisages et lavages successifs de la céréale concassée. Cette valeur obtenue pour la production à partir de maïs est du même ordre de grandeur que celles signalées par Hounhouigan *et al.* (1993a) pour la production commerciale de "mawè" (65 à 71 %). Pour la transformation du riz les pertes à cette étape sont observées durant la mouture et sont dues en grande partie à la fraction de la farine retenue dans l'engrenage du moulin. Pendant la seconde étape de production les niveaux de pertes, respectivement 6 % et 7 % pour le riz et le maïs sont plus proches et liés surtout à la fermentation. Chargelegue *et al.* (1994) ont signalé des pertes de matière sèche de l'ordre de 2 à 3 % durant la fermentation du pain de blé. Ces pertes sont cependant peu perceptibles par les productrices essentiellement du fait de l'ajout de grandes quantités d'eau

et des différents ingrédients (farine de blé, sucre, sel). De même, le rendement plus faible du "ablo" de maïs est compensé par son prix inférieur à celui du riz importé sur le marché de Comè soit respectivement 120 et 530 FCFA (ONASA, 2014).

Tableau 2. Durées et rendements de production du "ablo" produit à partir du maïs et du riz

Etapas de production		Durées de production (min)		Rendements (%)	
		Procédé maïs	Procédé riz	Procédé maïs	Procédé riz
production du "Mawè"	Moy	248±43a	103±37b	72±11,09a	91 ± 3,89b
	CV (%)	17,3	35, 9	15,4	4,2
production de "Ablo"	Moy	711±44a	464±21b	65±7,34a	85% ± 4,6b
	CV (%)	6,19	4,52	11,3	5,41

CV : coefficient de variation ; les chiffres ayant les mêmes lettres sur la même ligne ne présentent pas de différences significatives au seuil de 5 %.

Évolution au niveau des équipements utilisés durant la transformation du riz et du maïs

Le Tableau 3 présente les équipements utilisés pour la production de "ablo" à partir de maïs et de riz. La production de "ablo" à partir de maïs nécessite plus d'équipements que celle à partir de riz notamment à cause des tamis utilisés dans la séparation des différentes fractions du maïs concassé. Il s'agit de "sassado" et de tamis de maille plus fine utilisés pour la production de "mawè". L'utilisation de ces équipements a également été rapportée par Hounhouigan *et al.* (1993 b) qui ont précisé les dimensions de leur mailles soit 2 mm sur 2 mm ou 2 mm sur 4 mm pour le "sassado" et 0,5 mm sur 0,5 mm pour l'autre tamis. Les autres équipements sont utilisés pour l'ensemble des deux procédés et servent aussi pour la plupart dans les activités domestiques. Le concassage et la mouture constituent les seules opérations unitaires mécanisées des deux procédés. Elles sont généralement réalisées à l'aide d'un moulin à meules verticales qui concasse préalablement les grains pour en faciliter le décorticage avant la mouture fine. L'utilisation du moulin pour concasser puis moudre plus finement les grains est possible en réglant l'écartement entre les meules (Devautour & Nago, 1989). Nout *et al.* (2003) ont signalé que le décorticage qui permet d'enlever le péricarpe et le germe, pouvait être réalisé de façon entièrement mécanisée ou par voie chimique. Pour la mécanisation, des machines à blanchir le riz par friction ou des décortiqueuses PRL peuvent être utilisées avec respectivement des problèmes

de taux brisures élevés ou un taux de dégermage insuffisant (Nago *et al.*, 1997 ; Mèstres *et al.*, 2003). La voie chimique appelée « nixtamalisation » consiste en une cuisson du maïs pendant quelques heures dans une solution alcaline (solution saturée de chaux) permettant de fragiliser les composés pariétaux qui deviennent plus faciles à éliminer par simple friction.

La fermentation par la levure *Saccharomyces cerevisiae* est réalisée dans de simples bassines en aluminium fermées. Les paramètres susceptibles d'affecter cette opération unitaire (température, teneur en eau, pression osmotique) ne sont pas contrôlés par les productrices. Aboudou *et al.* (2014) ont montré que la forme ou la composition (verre, plastique, aluminium) des équipements de fermentation avaient une influence non significative sur les caractéristiques de la pâte fermentée. Cette pâte subit ensuite la cuisson à vapeur à l'aide d'un équipement spécifique fonctionnant sur le principe de la couscoussière. Le dispositif et son fonctionnement ont été décrits par Dossou *et al.* (2011) qui ont souligné un certain nombre de problèmes qui y sont liés. Ceux-ci concernent surtout l'efficacité énergétique entre le foyer et le système de cuisson à vapeur à travers la source d'énergie utilisée (bois, charbon,...), le matériau constitutif du dispositif ou encore l'intensité des pertes de vapeur. Les productrices sont confrontées également à la corrosion sous l'effet conjugué de la chaleur et de l'eau ainsi qu'à l'accumulation de charbon sur les parois extérieures réduisant la conductivité thermique de l'ensemble. Des équipements de grande capacité, résistants et bien nettoyés favorisent une production en quantité et en qualité avec des coûts fixes qui seront amortis sur une longue période.

Tableau 3. Équipements utilisés dans les différents procédés de production de ablo

Opérations unitaires	Equipements procédé-maïs	Equipements communs aux deux procédés	Equipements procédés-riz
<i>Nettoyage</i>	Sassado, contenants (bassines et/ou plastiques)	-	-
<i>Décorticage (double tamisage et lavage)</i>	Sassado, tamis à maille fine, contenants (bassines)	-	-
<i>Trempage</i>			Contenant (bassine ou plastique)

Production traditionnelle de « ablo »

Opérations unitaires	Equipements procédé-maïs	Equipements communs aux deux procédés	Equipements procédés-riz
<i>Concassage et mouture</i>	-	Moulin à disque	-
<i>Pré-cuisson</i>	-	Foyer, palette, contenant (casserolle, bassine)	-
<i>Malaxage et fermentation</i>	-	Palette, contenant (bassine)	-
<i>Cuisson à vapeur</i>	-	Couscoussière traditionnelle, foyer, contenant (bassines, plastiques)	-

N.B. : le symbole (-) dans une cellule indique qu'il n'y a pas d'équipements utilisés pour l'opération unitaire de la ligne correspondante et du procédé de la colonne correspondante.

Évolution des caractéristiques physico-chimiques durant la production de 'ablo' à partir des différentes technologies identifiées.

Les résultats présentés dans les tableaux 4, 5 et 6 montrent les caractéristiques physico-chimiques de la matière première, des produits intermédiaires et du 'ablo' pour chacun des procédés. Il s'agit respectivement du "ablo" produit à base de maïs, de riz et du mélange. Le maïs et le riz utilisés se caractérisent par des teneurs en amylose respectivement de 19,47 % ± 0,07 et 21 % ± 0,03 ce qui permet de les classer d'après Lawal *et al.* (2011) et Sandhu & Singh (2007) dans la catégorie à teneur en amylose dite normale ou intermédiaire. La proportion entre ces deux composantes de l'amidon joue un rôle important dans ses propriétés rhéologiques durant les traitements hydro-thermiques. Cette relation a été démontrée par Odenigbo *et al.* (2013) pour l'amidon de riz et Matveev *et al.* (2001) pour l'amidon de maïs. En dehors de cette caractéristique on a pu observer une teneur en impuretés plus élevée pour le maïs par rapport au riz. Avec 4,8 % pour le maïs, cette proportion demeure supérieure aux recommandations de la norme codex standard 153 (1985) pour le maïs égrené mais non transformé (1,5 % m/m maximum pour les matières étrangères organiques et 0,5 % m/m maximum pour les matières inorganiques). L'étape de lavage et triage apparaît ainsi indispensable afin de réduire cette proportion en particulier les particules étrangères et autres grains altérés ou moisissus susceptibles d'être source de contamination par les mycotoxines notamment. La faible teneur en impuretés du riz (1,48 %) constitue l'une des principales raisons motivant l'utilisation des variétés de riz importées dans le cadre de la production de

"ablo" (Odjo, 2008). Ces impuretés essentiellement constituées de grains défectueux demeurent en proportion inférieure aux recommandations de la norme codex standard 198 (1995) pour le riz décortiqué, usiné, étuvé et destiné à la consommation humaine qui est comprise entre 2 et 11 % selon le type d'altération. D'après Verlinden & Soulé (2003) la quasi-totalité du riz local présente une teneur en impuretés supérieure à celle de ses concurrents importés du marché international. Ces résultats ont été confirmés par Hounhouigan (2007) après comparaison de quatre variétés locales et trois importées. Pour ce qui concerne les autres analyses physico-chimiques, on observe un effet significatif du décortilage sur la couleur et la composition chimique entre le maïs et le "mawè". Dans le cas de la couleur, la luminance L^* et la teinte jaune b^* baissent de façon significative ($P < 0,05$) lorsqu'on passe du grain entier à la farine humide décortiquée ("mawè") (Tableau 4). Cela confirme le rôle joué par l'enveloppe et le péricarpe dans la coloration en jaune mais cette valeur de b^* apparaît inférieure à celle du "mawè" signalée par Hounhouigan *et al.* (1993b). Cette différence pourrait être liée à une quantité de son résiduelle moindre après décortilage car celle-ci dépend étroitement du nombre de répétition des phases successives de lavage du gritz par les productrices. Ce constat est confirmé par Hounhouigan *et al.* (1993a) après comparaison de l'intensité de la teinte jaune entre le "mawè" domestique et le "mawè" commercial (11,3 à 11,8 contre 8,1 à 9,2). La principale différence entre ces deux styles de production de "mawè" consiste au lavage du gritz qui n'est pas effectué dans la production domestique du "mawè". Le décortilage influence également la composition chimique du maïs avec une baisse significative des teneurs en matière sèche, lipides, cendres et fibres. Seule la teneur en protéine connaît une hausse sensible mais non significative ($P > 0,05$). La baisse de matière sèche est à mettre en relation avec l'humidification du produit tout au long du processus de transformation. Cette forte proportion d'eau influence la durée de conservation du "mawè" à température ambiante ce qui impose une transformation rapide. Pour ce qui concerne les autres composés chimiques (fibres, cendres, lipides), l'hétérogénéité de leur distribution au sein des différentes parties du grain entraîne la réduction des teneurs observées. Ainsi, l'élimination des téguments et péricarpe est responsable de la baisse de la teneur en fibres et cendres totales tandis que la majorité des lipides sont éliminés avec le germe. D'après Mèstres *et al.* (2009), la présence de lipides dans les farines complètes de maïs entraîne une baisse significative de leurs caractéristiques sensorielles et texturales au bout de trois mois de stockage surtout du fait de leur hydrolyse en acides gras libres. Ceux-ci confèrent au farines un goût

rance (Andah, 1976) et forment avec l'amylose des complexes qui réduisent leur pouvoir de solubilité-gonflement ainsi que la cohésion de la pâte résultante (Mèstres *et al.* 1997 ; Mèstres *et al.* 2009). Ce phénomène est moins prononcé avec les farines dégermées plus pauvres en lipides même après six mois de stockage. Nout *et al.* (2003) ont également signalé l'appauvrissement en lipides, fibres et cendres durant la production du "mawè". Les variations observées au niveau du procédé à base de riz sont plus limitées et les différences entre le grain entier et la farine humide résident essentiellement au niveau des caractéristiques chromatiques et de la teneur en matière sèche. L'augmentation de L^* et la baisse du b^* pourraient être liés au granules d'amidon mis à découvert après la réduction par mouture. Le "mawè" obtenu à partir du mélange apparaît plus proche de celui produit à partir de maïs compte tenu de la proportion élevée de cette céréale (85 à 90 %) par rapport au riz. Les étapes ultérieures à la production du "mawè" permettent d'obtenir la pâte fermentée qui cuite à la vapeur après conditionnement donne le "ablo". Quelque soit le procédé, les principaux paramètres affectés par ces opérations unitaires sont la teneur en matière sèche, le pH et l'acidité titrable. Le pH chute significativement (6,0-4,51 ; 6,07-4,78 et 6,01-4,63 respectivement pour le riz, le maïs et le mélange) après fermentation sous l'effet conjugué du CO_2 dissous dans la phase aqueuse et les acides organiques libérés dans la pâte par le métabolisme des microorganismes. Cette production est confirmée par l'augmentation significative de l'acidité titrable (0,04 à 1,52 dans le cas du maïs). Aboudou *et al.* (2014) ont identifié entre autres l'acide lactique (7mg/g bs) et citrique (1,98mg/g bs) après 4 heures de fermentation du "ablo" à base de riz. Cette acidification du milieu est liée au développement concomitant des levures et bactéries lactiques signalées par Dossou *et al.* (2011). Elles limitent le développement des microorganismes pathogènes comme les entérobactéries (Aholou-Yèyi, 2007). La cuisson à vapeur influence de façon limitée les caractéristiques physico-chimiques du "ablo" des différents procédés mais joue un rôle crucial dans sa qualité sanitaire et sa stabilité.

Tableau 4. Caractéristiques physico-chimiques de la matière première, des différents produits intermédiaires et du produit final issus du "ablo" produit à partir du maïs

		Matière première	Farine humide (mawè)	Pâte fermentée	Ablo
Impuretés (% grains)		4,82±0,07	nd	nd	nd
Amylose (% bs)		19,47±0,07	nd	nd	nd
couleur	L*	68,6±0,33 a	65,11±1,33 a	nd	77,68±0,67 b
	a*	0,74±0,01 a	-0,45±0,01 a	nd	-2,43±0,27 b
	b*	19,11±0,67 a	5,8±0,27 b	nd	7,98±0,07 c
Matière sèche (% bs)		87,64±1,31 a	67,13±1,42 b	33,7±0,67c	33,63±0,67 c
Lipides (% bs)		4,12±0,08 a	1,36±0,07 b	nd	1,54±0,31 b
Cendres (% bs)		1,49±0,07 a	0,58±0,01 b	nd	2,01±0,13 a
Azote total (% bs)		7,53±0,67 a	8,11±0,5 a	nd	7,25±0,5 a
Fibres (% bs)		3,07±0,33 a	1,48±0,33 b	nd	1,48±0,13 b
pH		Nd	6,07±0,11a	4,78±0,09b	4,33±0,18 b
Acidité titrable (% bs d'acide lactique)		Nd	0,04±0,01a	1,52±0,01b	1,13±0,02 b

Les valeurs moyennes sur la même ligne présentant des lettres identiques ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$) ; Nd = non déterminé

Tableau 5. Caractéristiques physico-chimiques de la matière première, des différents produits intermédiaires et du produit final issus du "ablo" produit à partir du riz

		Matière première	Farine humide (mawè)	Pâte fermentée	"Ablo"
Impuretés		1,48±0,07	nd	nd	nd
Amylose		21,0±0,33	nd	nd	nd
Couleur	L*	66,94±0,6a	88,78±0,13b	nd	69,11±0,33a
	a*	-0,02±0,00a	-0,07±0,01a	nd	-1,55±0,01b
	b*	12,08±0,67a	8,44±0,27b	nd	6,18±0,14c
Matière sèche (% bs)		85,76±1,33a	74,33±1,42b	36,19±0,67c	38,79±0,67c
Lipides (% bs)		0,4±0,01a	0,41±0,17a	nd	0,05±0,01a
Cendres (% bs)		0,43±0,02a	0,41±0,11a	nd	1,96±0,08b
Azote total (% bs)		7,3±0,67a	7,32±0,03a	nd	9,05±0,67b
Fibres (% bs)		1,27±0,18a	1,27±0,33a	nd	0,77±0,01a

Production traditionnelle de « ablo »

	Matière première	Farine humide (mawè)	Pâte fermentée	"Ablo"
pH	Nd	6,0±0,14a	4,51±0,07b	4,54±0,03b
Acidité titrable (% bs d'acide lactique)	Nd	0,06±0,08a	1,35±0,02b	0,87±0,01b

nd= non déterminé ; Les valeurs moyennes sur la même ligne présentant des lettres identiques ne sont pas significativement différentes (P < 0,05)

Tableau 6. Caractéristiques physico-chimiques de la matière première, des différents produits intermédiaires et du produit finalissus du "ablo" produit à partir du mélange maïs-riz

		Matière première	Farine humide (mawè)	Pâte fermentée	Ablo
Impuretés		Nd	nd	nd	nd
Amylose		Nd	nd	nd	nd
Couleur	L*	Nd	69,38±0,43 a	nd	75,28±0,51 b
	a*	Nd	-0,76±0,04 a	nd	-2,18±0,27 b
	b*	Nd	5,94±0,66 a	nd	8,81±0,11 b
Matière sèche (% bs)		Nd	69,76±1,78 a	32,98±0,32b	36,73±0,69c
Lipides (% bs)		Nd	0,77±0,08 a	nd	0,92±0,01 a
Cendres (% bs)		Nd	0,46±0,04 a	nd	1,95±0,03 b
Azote total (% bs)		Nd	7,9±0,09 a	nd	7,12±0,59 a
Fibres (% bs)		Nd	1,22±0,07 a	nd	0,95±0,03 a
pH		Nd	6,01±0,24a	4,63±0,24 b	4,05±0,08 b
Acidité titrable (% bs d'acide lactique)		Nd	0,02±0,00a	1,5±0,03 b	1,17±0,08 b

Les valeurs moyennes sur la même ligne présentant des lettres identiques ne sont pas significativement différentes (P < 0,05) ; nd = non déterminé

Caractéristiques physiques et texturales du ablo issue des différentes technologies

Les résultats présentés dans le Tableau 7 montrent les caractéristiques physiques et texturales du "ablo" produit à partir des différents procédés identifiés. On observe une différence significative de fermeté et élasticité des différents types de "ablo". Le "ablo" à base de mélange apparaît comme le plus ferme (27,17N) tandis que celui à base de maïs est le moins ferme (12,4 N). le "ablo" à base de riz est plus élastique (42,3 %) que ceux à base de maïs et

mélange dans l'ordre croissant. Les travaux antérieurs sur le "ablo" ont porté exclusivement sur la fermeté. Ces résultats sont en contradiction avec ceux de Odjo (2008) qui a signalé qu'il n'y avait pas de différences significatives entre le "ablo" issu de maïs et/ou de riz fraîchement produit avec une valeur de l'ordre de 13 N pour chacun. Les différences apparaissent et s'accroissent avec le temps après cuisson à vapeur. Le "ablo" à base de maïs devient ainsi beaucoup plus ferme 1 h à 2 h après (jusqu'à 316,5 N) par rapport au mélange et au riz dont la fermeté augmente également mais dans des proportions moindres. Cette consistance plus élevée du ablo quelque temps après la cuisson à vapeur serait liée au phénomène de rétrogradation qui se déroule après refroidissement du gel d'amidon. Il s'agit d'une recristallisation de l'amylopectine accompagnée d'une expulsion d'eau vers la surface ou synérèse (Miles *et al.*, 1985). Ainsi les produits dont l'amidon est plus riche en amylopectine sont plus sujets au phénomène de rétrogradation (Miles *et al.*, 1985 ; Ring *et al.*, 1987). Le nombre d'alvéoles à l'opposé du volume spécifique montre également une différence significative entre les différents produits. Ces disparités dans les caractéristiques physiques et texturales ne peuvent être expliquées uniquement par les différences dans les propriétés intrinsèques de l'amidon du maïs et du riz. Les opérations unitaires successives ainsi que la quantité de blé ajoutée pourraient également jouer un rôle important. Les travaux sur le pain ont montré que le pétrissage à travers l'aération de la pâte et l'hydratation de la farine amorçait la formation des alvéoles indispensable pour la structure poreuse du produit (Cauvin *et al.*, 1999 ; Feillet, 2000). La fermentation ne fait qu'amplifier ce processus grâce au CO₂ massivement produit (Roussel et Chiron, 2003) et au réseau gluténique qui doit être apte à le retenir jusqu'au début de la cuisson (Jeantet *et al.*, 2007). Dans le cas du "ablo" l'ajout de la farine de blé comme ingrédient apparaît donc indispensable compte tenu de l'absence de gluten au niveau du maïs et du riz et surtout de la consistance semi-liquide de la pâte à "ablo" par rapport à la pâte à pain. Ces paramètres permettent donc d'apprécier le rôle potentiel des variables opératoires et des ingrédients sur l'évolution du produit.

Tableau 7. Caractéristiques physiques et texturales du "ablo"

Paramètres de texture	"ablo" de maïs	"ablo" de mélange	"ablo" de riz
Fermeté (N)	12,43±0,69 ^a	27,17±0,66 ^b	23,8±0,27 ^c
Elasticité (%)	37,94±0,64 ^a	34,6±0,67 ^b	42,3±0,47 ^c
Nombres d'alvéoles/cm ²	21±1,0 ^a	33±2,0 ^b	23±1,00 ^a
Volume spécifique (Cm ³ /g)	1,11±0,07 ^a	0,89±0,01 ^a	0,96±0,01 ^a

Les valeurs moyennes sur la même ligne présentant des lettres identiques ne sont pas significativement différentes (P < 0,05)

CONCLUSION

La caractérisation de la technologie de production traditionnelle de "ablo" à partir de maïs et/ou de riz a permis d'observer des différences au niveau du procédé, des équipements utilisés et des caractéristiques du produit. Le procédé à base de maïs apparaît plus contraignant à cause des opérations unitaires liées au décorticage qui le rendent plus long et aussi de son rendement plus faible. Cette situation a entraîné un engouement croissant pour le riz avec des modifications au niveau de la qualité nutritionnelle du produit. Les différences observées au niveau des caractéristiques texturales du ablo montrent l'importance de la fermentation et de la cuisson à vapeur. Il apparaît que ce sont ces caractéristiques qui sont perceptibles par les consommateurs et qui les font apprécier ou non le produit de telle ou telle productrice. En effet celles-ci n'exécutent pas les variables opératoires des différentes opérations unitaires (températures, durées, quantité d'ingrédients) de la même manière, ce qui entraîne cette variabilité de la qualité du produit de l'une à l'autre. Il apparaît donc important de déterminer dans quelle mesure les opérations unitaires et les ingrédients utilisés peuvent affecter la qualité du produit. Ce travail permettrait à terme de définir des standards de qualité du produit accompagnés des variables opératoires optimales susceptibles de les atteindre.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Programme Cadre d'Appui à la diversification pour l'appui financier à ce travail à travers le Projet Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- A.A.C.C. 1984. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 8th edn. St. Paul : AACC. 332 p.
- ABOUDOU A., AKISSOE N. H., MANFUL J., MESTRES C. & HOUNHOUGAN D. K. 2014. Optimisation de la fermentation en milieu semi-solide pour la production d'ablo, pain cuit à la vapeur d'Afrique de l'Ouest. *Journal of Applied Biosciences* 82 : 7469-7480.
- AHOLOU-YEYI A. A. M. 2007. Evaluation du système technique artisanal de production d'ablo, un pain béninois cuit à la vapeur. Thèse pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Agronome Option : Nutrition et Sciences Alimentaires ; Faculté des Sciences Agronomiques. Abomey-Calavi. 69p.
- ANDAH A. 1976. Storage stability and nutrient content of whole maize meal and degermed maize meal. *Ghana J. Agric. Sci.* 9 : 75-78.
- AOAC 1984. "Official methods of Analysis". 14th Edition. Association of Analytical chemists, Washington, D.C.
- BANON S. B. J. 2012. Evolution de la flore microbienne au cours de la fermentation d'un produit alimentaire fermenté du Bénin : cas de *Ablo*. Mémoire de Master, soutenu à la FAST/UAC, 57 p.
- BOKOSSA I. Y., BANON J. B. S., TCHEKESSI C. K. C., DOSSOU-YOVO P., ADEOTI K. & ASSOGBA E. 2013. Evaluation socio-économique de la production de "Ablo", une pâte de maïs fermentée du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) - Numéro spécial Productions Végétales & Animales et Economie & Sociologie Rurales*. ISSN sur papier (on hard copy) : 1025-2355 et ISSN en ligne (on line) : 1840-7099. Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin.
- CAMPBELL A. M., GRISWOLD R. M. & PENFIELD M. P. 1987. *The experimental Study of Food*. London: Redwood Burn Ltd., pp. 457-459.
- CAUVAIN S. P., WHITWORTH M. B. & ALAVA J. M. 1999. The evolution of bubble structure in bread doughs and its effect on bread structure. *In* : CAMPBELL G.M., WEBB C., PANDIELLA S.S. & NIRANJAN K., *Bubbles in food* (pp 85-93). St Paul: Eagan Press.
- CHARGELEGUE A., GUINET R., NEYRENEUF O., ONNO B. & POITRENAUD B. 1994. La fermentation, *In* : *La panification française*, Vol. 528.
- CODEX STANDARD 1985. Norme codex pour le maïs, codex standard 153-1985.
- CODEX STANDARD 1995. Norme codex pour le riz, codex standard 198-1995.
- DEVAUTOUR H. & NAGO C. M. 1989. Le maïs au Sud-Bénin : innovations technologiques et alimentation, *Céréales en régions chaudes*. AUPELF-UREF, Eds John Libbey Eurotext, Paris © 1989, pp. 167-177.
- DOSSOU J., AHOKPE F. & ODJO D. P. S. 2008. Valorisation de ressources alimentaires locales : Evaluation des procédés traditionnels de production du ablo, un pain humide cuit à la vapeur au Bénin. Communication scientifique présentée aux 4^{eme} journées de la SOACHIM. 11-17 Août 2008, Université de Lomé, Togo, 12 p.
- DOSSOU J., OSSEYI G. E., AHOKPE K. K. F. & ODJO S. D. P. 2011. Evaluation des procédés traditionnels de production du ablo, un pain humide cuit à la vapeur, au Bénin. *International Journal of Biology and Chemistry Sciences*. 5(3) : 953-967.
- FAOSTAT. 2012. faostat.fao.org/default.aspx
- FEILLET P. 2000. Le grain de blé, composition et utilisation. Edit Institut national de la recherche agronomique INRA, paris, 308 p.

- FOFANA M., FUTAKUCHI K., MANFUL J., BOKOSSA Y. I., DOSSOU J. & BLEOUSSI R. 2011. Rice grain quality: A comparison of imported varieties, local varieties with new varieties adopted in Benin. *Food control*, 22(12), 1821-1825.
- HOUNHOUIGAN D. J., NOUT M. J. R., NAGO C. M., HOUBEN J. H. & ROMBOUITS F. M. 1993a. Changes in the physico-chemical properties of maize during natural fermentation of Mawè. *Journal of Cereal Science* 17 291-300.
- HOUNHOUIGAN D. J., NOUT M. J. R., NAGO C. M., HOUBEN J. H. & ROMBOUITS F. M. 1993b. Composition and microbiological and physical attributes of mawè, a fermented maize dough from Benin. *International Journal of Food Science and Technology* 28, 513-517.
- HOUNHOUIGAN D. J. 2007. Qualité de quelques types de riz vendus au Bénin. Rapport d'expertise. Comité de Concertation des Riziculteurs du Bénin (CCRB). Bénin. 24 p.
- JEANTET R., CROGUENNEC T., SCHUCK P. & BRULE G. 2007. *Sciences des aliments*, vol 2. Edit. TEC et DOC, Lavoisier, paris, pp 144-189.
- LAWAL O. S., LAPASIN R., BELLICH B., OLAYIWOLA T. O., CESARO A., YOSHIMURA M. & NISHINARI K. 2011. Rheology and functional properties of starches isolated from five improved rice varieties from West Africa. *Food Hydrocolloids*, 25 (7), 1785-1792.
- MATVEEV Y. I., VAN SOEST J. J. G., NIEMAN C., WASSERMAN L. A., PROTSEV V. A., EZERNITSKAJA M. & YURYEV V. P. 2001. The relationship between thermodynamic and structural properties of low and high amylose maize starches. *CarbohydrPolym* 44 : 151-160.
- MESTRES C., NAGO M., AKISSOË N. & MATENCIO F. 1997. End use quality of some African corn kernels. 2. Cooking behavior of whole dry-milled maize flours; incidence of storage. *J. Agric. Food Chem.* 45 : 565571.
- MESTRES C., MATENCIO F. & DRAME D. 2003. Small-scale production and storage quality of dry-milled degermed maize products from tropical countries. *Int. J. Food Sci. Technol.* 38 : 201-207.
- MESTRES C., DAVO K. & HOUNHOUIGAN J. 2009. Small scale production and storage quality of dry milled degermed maize products for tropical countries *African Journal of Biotechnology* Vol. 8 (2), pp. 294-302, 19 January, 2009 Available online at <http://www.academicjournals.org/AJB> ISSN 1684-5315 © 2009 Academic Journals
- MILES M. J., MORRIS, V. J., ORFORD, P. D., & RING, S. G. 1985. The roles of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch. *Carbohydrate Research*, 135, 271-281.
- NAGO M., AKISSOË N., MATENCIO F. & MESTRES C. 1997. End use quality of some African corn kernels. 1. Physico-chemical characteristics of kernels and their relationship with the quality of "lifin", a traditional whole dry-milled maize flour from Benin. *J. Agric. Food Chem.* 45 : 555-564.
- NAGO C. M., HOUNHOUIGAN D. J., AKISSOË N., ZANOU E. & MESTRES C. 1998. Characterization of the Beninese traditional Ogi fermented maize slurry: physicochemical and microbiological aspects. *International Journal of Food Science and Technology.* 33, 307-315.
- NOUT R., HOUNHOUIGAN J. & VAN BOEKEL T. 2003. *Les Aliments : Transformation, Conservation et Qualité.* Backhuys Publishers CTA : Wageningen. 268 p.
- ODJO D. P. S. 2008. Aptitudes de quelques variétés locales de riz à la production artisanale du ablo. Thèse d'Ingénieur Agronome, FSA/UAC, Bénin, 93 p.
- ODENIGBO A. M., NGADI M., EJEBE C., NWANKPA C., DANBABA N., NDINDENG N. & MANFUL J. 2013. Study on the Gelatinization Properties and Amylose Content of Rice Varieties from Nigeria and Cameroun. *International Journal of Nutrition and Food Sciences.* Vol. 2, No. 4, 2013, pp. 181-186. Doi : 10.11648/j.ijnfs.20130204.14.

- ONASA. 2014. Système d'Information sur les Marchés, PADER, bulletin mensuel N°59.
- OSBORNE D. R. & VOOGT P. 1978. *The Analysis of Nutrients in Foods*, London Academic Press. 6thEdn., pp : 239-245.
- RING S. G., COLLONA P., PANSON K. J., KALICHEVERSKY M. T., MILES M. J. & MORRIS V. J. 1987. The gelation and crystallization of amylopectin. *Carbohydrate Research*, 162, 277–293.
- ROUSSEL P. & CHIRON H. 2003. *Les pains français, évolution, qualité et production*. Edit MAE-ERTI, France, 293 p.
- ROSENTHAL A. J. 2010. Texture profile analysis – how important are the parameters? *Journal of Texture Studies* 41 (2010) 672–684. © 2010 Wiley Periodicals, Inc.
- SANDHU K. & SINGH N. 2007. Some properties of corn starches II: Physicochemical, gelatinization, retrogradation, pasting and gel textural properties. *Food Chem* 101: 1499-1507.
- SANGNARK A. & NOOMHORM A. 2004. Effect of dietary fiber from sugarcane bagasse and sucrose ester on dough and bread properties. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 37, 697–704.
- VERLINDEN E. & SOULE B. G. 2003. *Etude de la filière riz au Bénin : Diagnostic-Plan d'Action*. PADSE. Pp 102. SOFRECO.