



**Original Paper**

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

## Étude de quelques caractéristiques physico-chimiques de « Tchoukoutou », un type de bières locales produit au Togo et évaluation de la performance de quatre méthodes de détermination du degré alcoolique

Kosi Mawuéna NOVIDZRO <sup>1\*</sup>, Mamatchi MELILA <sup>1</sup>, Bidossessi Victor Saturnin HOUNDI <sup>2</sup>, Koffi KOUDOUVO <sup>3</sup>, Kokouvi DOTSE <sup>1</sup> et Kossi Honoré KOUMAGLO <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Génie des Procédés et des Ressources Naturelles (LAGEPREN), Département de Chimie, Faculté Des Sciences (FDS), Université de Lomé, 01BP 1515 Lomé 01, Togo.

<sup>2</sup>Ecole de Nutrition, Sciences et Technologies Alimentaires, Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi, 01BP 526 Cotonou, Bénin.

<sup>3</sup>Laboratoire de Physiologie et Pharmacologie des Substances Naturelles, Département de Physiologie Animale, Faculté Des Sciences (FDS), Université de Lomé, 01 BP 1515 Lomé 01, Togo.

\*Auteur correspondant, E-mail : [donnenovi@gmail.com](mailto:donnenovi@gmail.com) ; [mamatchimelila@gmail.com](mailto:mamatchimelila@gmail.com).

### RESUME

Les «Tchoukoutou» sont des bières locales produites à partir du sorgho ou du mil et consommées au Togo et dans certains pays d'Afrique. La sécurité sanitaire des aliments implique de caractériser ces bières. Ainsi, il a été déterminé, leurs caractéristiques physico-chimiques mais aussi, la performance de quatre méthodes d'analyse du degré alcoolique. Le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre, le degré Brix à l'aide d'un réfractomètre, la densité par la méthode pycnométrique et le degré alcoolique par les méthodes alcoométrique, pycnométrique et par deux méthodes CLHP. Trois types de «Tchoukoutou», Tchakpa-Missine, Losso-Missine et Kabyè-Missine, ont été collectés chez les productrices de sites de vente courante de Lomé. Les résultats montrent que ces bières présentent des caractéristiques physico-chimiques suivantes : pH ( $2,70 \pm 0,03$  à  $2,85 \pm 0,00$ ) ; °Brix ( $3,5 \pm 0,0$  à  $8,7 \pm 0,2$ ) ; densité ( $1,0074 \pm 0,0001$  à  $1,0450 \pm 0,00$ ), degré alcoolique ( $3,45 \pm 0,04$  à  $9,83 \pm 0,62\%$  Vol). Les taux d'alcool des bières analysées sont proches de ceux des bières industrielles acceptées et vendues sur le marché togolais et la CLHP sans distillation, rapide, économique et précise, convient le mieux pour la détermination du degré alcoolique. Il est nécessaire de continuer cette étude en évaluant le taux de méthanol, les caractéristiques microbiologiques et biochimiques de ces «Tchoukoutou» afin de garantir la sécurité sanitaire des consommateurs.

© 2018 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés :** Tchoukoutou, caractéristiques physico-chimiques, taux d'alcool, CLHP, sécurité sanitaire des consommateurs.

## Study of some physicochemical characteristics of "Tchoukoutou", a type of local beers produced in Togo and evaluation of the performance of four methods of the alcoholic degree determination

### ABSTRACT

"Tchoukoutou" are local beers produced from sorghum or millet and consumed in Togo and in some African countries. Food safety involves characterizing these beers. Thus, it was determined, their physicochemical characteristics but also, the performance of four methods of analysis of the alcoholic degree. The pH was measured using a pH-meter, the Brix degree using a refractometer, the density by the pycnometric method and the alcoholic degree by the alcoholometric, pycnometric and by two HPLC methods. Three types of "Tchoukoutou", *Tchakpa-Missine*, *Losso-Missine* and *Kabyè-Missine*, were collected from the producers of Lomé's usual sales sites. The results show that these beers have the following physico-chemical characteristics: pH ( $2.70 \pm 0.03$  to  $2.85 \pm 0.00$ ); Brix degree ( $3.5 \pm 0.0$  to  $8.7 \pm 0.2$ ); density ( $1.0074 \pm 0.0001$  to  $1.0450 \pm 0.00$ ), alcoholic degree ( $3.45 \pm 0.04$  to  $9.83 \pm 0.62\%$  Vol). The alcohol contents of the analyzed beers are close to those of the industrial beers accepted and sold on the Togolese market, and HPLC without distillation, which is fast, economical and accurate, is best suited for the determination of alcohol content. It is necessary to continue this study by evaluating the methanol content, the microbiological and biochemical characteristics of these "Tchoukoutou" in order to guarantee the safety of consumers.

© 2018 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords:** Tchoukoutou, physicochemical characteristics, alcohol content, HPLC, consumers' health security.

---

### INTRODUCTION

La fermentation est couramment utilisée pour obtenir des aliments de haute valeur nutritive. En Afrique subsaharienne, les boissons alcoolisées, telles que les « Tchoukoutou », sont traditionnellement préparées à partir de produits alimentaires riches en carbohydrates (Sefa-Dedeh et al., 1999). Les bières de céréales, quant à elles, sont des boissons alcoolisées assez répandues, souvent obtenues par fermentation spontanée et incontrôlée. Ces boissons, souvent consommées à l'état de fermentation active, ont une courte durée de conservation (Odufa and Oyewole, 1998).

Les « Tchoukoutou » sont des bières opaques, pour la plupart, préparées avec du sorgho rouge ou brun, mais d'autres céréales telles que le mil ou le maïs peuvent être utilisées comme adjuvants ou comme

substituts (Kayodé et al., 2005 ; Missihoun et al., 2012). Les matériaux utilisés au cours de la production de cette bière restent encore rudimentaires et se composent de grands pots pour brassage, des marmites et de paniers de pailles tissées ou de morceaux de tissus pour filtrage. Les conditions dans lesquelles les procédés sont réalisés ne garantissent pas souvent la sécurité sanitaire du produit fini (Osseyi et al., 2011). Au Bénin, le sorgho rouge (*Sorghum bicolor*) est généralement apprécié et utilisé par les productrices (Kayodé et al., 2011). Au Togo, les « Tchoukoutou » sont des bières locales qui se fabriquent traditionnellement à base du sorgho ou du mil. Cette production se fait pratiquement dans toutes les régions, mais principalement dans les régions de la Kara et des Savanes. Ces bières sont aussi retrouvées dans différents pays d'Afrique sous différents

noms tels que : « Dolo » au Burkina-Faso, au Mali et au Sénégal ; « Chibuki » au Zimbabwe ; « Tchapalo » en Côte d'Ivoire ; « Tchoukoutou » au Bénin ; « Pito » au Ghana et « Burukutu » ou « Otika » au Nigeria (Odunfa and Oyewole, 1998 ; Glover, 2005 ; Kayodé et al., 2005 ; Kayodé et al., 2011 ; Lyumugabe et al., 2012).

Au Togo, on note l'existence de différentes typologies de cette bière de mil, en fonction des différents groupes ethniques. Ainsi, on distingue : le « Kabyè-Missine », produit par les Kabyè ; le « Losso-Missine », produit par les Nawdemba et le « Tchakpa-Missine » ou « Tchakpalo », produit par les Moba (Aholou, 2010). Les points de vente de ces bières sont souvent indiqués à travers des piquets coiffés d'une portion de calebasse. A proximité de ces indications, les consommateurs avisés, reconnaissent l'existence d'un cabaret où l'on peut boire du « Tchoukoutou ». Dans ces lieux de convivialité, de rencontres amicales ou amoureuses, chacun parle sa propre langue (ou une autre langue nationale), vient prendre des nouvelles de sa région d'origine et consommer la bière traditionnelle à base de sorgho et bon marché qu'est le « Tchoukoutou ». Les cabarets sont également des espaces de visibilité/lisibilité et/ou de valorisation des pratiques alimentaires d'un groupe ethnique (Aholou, 2010). Selon des auteurs, ces bières locales à base de sorgho, ont une teneur en matière sèche relativement élevée (5-13 g/100 mL) et une faible teneur en alcool (2-3 mL/100 mL) ; ce qui fait de ces boissons, des bières appropriées pour les adultes et les adolescents (Briggs et al., 2004 ; Lyumugabe et al., 2012). Elles sont énergisantes et largement consommées, par des personnes à revenu relativement faible mais aussi, par des nantis qui les préfèrent aux boissons industrielles et importées. Les « Tchoukoutou » du Togo eux, contribuent à l'alimentation de millions de consommateurs (Aholou, 2010). Le processus de leur fabrication de ces bières locales comprend le maltage (trempage, germination, séchage au

soleil), le brassage (brassage, ébullition, filtration) et la fermentation (Haggblade and Holzapfel, 2004 ; Lyumugabe et al., 2012). En fonction de la situation géographique, des variations s'observent dans le processus de production (Odunfa and Oyewole, 1998 ; Haggblade and Holzapfel, 2004 ; Lyumugabe et al., 2012).

Sur le plan socio-économique, ce type de bières joue un rôle prépondérant, puisqu'elle est utilisée au cours des cérémonies traditionnelles dans certaines régions du Togo (Aholou, 2010). De plus, en raison de son coût relativement bas et de ses supposés « vertus thérapeutiques », elle constitue aussi une importante source de rétribution pour les femmes productrices (Osseyi et al., 2011). Cependant, malgré la consommation de cette boisson au Togo par une grande proportion de la population, il manque d'informations précises, pour les consommateurs, sur ses caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques et biochimiques et sur les bonnes pratiques de conservation. En effet, l'une des différences majeures entre les bières locales et industrielles est la caractérisation physico-chimique (degré alcoolique, le pH, les vitamines, valeur énergétique, etc..) de ces dernières. Ces caractéristiques devraient permettre aux consommateurs de savoir la nature des produits qui leurs sont offerts et orienter leurs préférences. Pourtant, on note une absence d'informations scientifiques sur ces boissons locales; ce qui minimise leur valeur nutritive. Aussi, est-il nécessaire de noter que le degré d'alcool impact la santé du consommateur et que la méconnaissance du taux d'alcool d'une boisson accentue le risque sanitaire lié à l'alcoolisme (Brand-Miller et al., 2007 ; Gomina et al., 2011) ? Il est alors nécessaire, vu la portée de l'usage des bières locales de contribuer à leur valorisation. C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude dont l'objectif général est de contribuer à la sécurité alimentaire. Spécifiquement, il s'agit de déterminer les caractéristiques physico-chimiques des « Tchoukoutou »

vendus dans les cabarets à Lomé et d'évaluer, par la même occasion, les performances de quatre méthodes de dosage du degré alcoolique, afin de contribuer à l'amélioration des techniques d'étude visant à déterminer la teneur en alcool des bières.

## MATERIEL ET METHODES

### Cadre d'étude

Cette étude a été réalisée en février 2016 au Laboratoire des Extraits Végétaux et Arômes Naturels (LEVAN), du Département de Chimie à la Faculté Des Sciences de l'Université de Lomé (Togo).

### Echantillonnage

Au total, huit échantillons de bières de sorgho, appelées « Tchoukoutou », fermentées depuis 12 heures environ, répartis en trois types (Tchakpalo, Losso-Missine et Kabyè-Missine), ont été collectés au niveau de quatre sites, de production et de vente courantes, situés dans trois quartiers de la ville de Lomé à savoir, Klikamé, Abové et Adéwi (Tableau 1). Les sites étaient accessibles et les productrices étaient originaires des régions (Kara et Savanes) de production traditionnelle de ces bières locales au Togo.

Les échantillons ont été recueillis dans des flacons en plastiques de capacité 1,5 litre, chacun fermé par un bouchon à vis percé d'un trou pour faciliter l'échappement des gaz dû aux réactions de fermentation. Ils ont été

emballés, dans une glacière thermiquement isolée, transportés au laboratoire, puis conservés au congélateur à  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , en attente d'être analysés (Hounhouigan et al, 1993).

### Caractérisation des échantillons

Les différentes analyses effectuées ont consisté à déterminer le pH, le degré Brix, la densité et le degré alcoolique.

#### Mesure du pH

Le pH des boissons, ressorties du congélateur et laissées pendant au moins une heure environ pour revenir à la température ambiante ( $30 - 32\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre électronique de type WTW pH 330  $i \pm 0,01$ , préalablement étalonné, selon la méthode décrite par (Kayodé et al., 2007). Chaque mesure a été répétée trois fois et la valeur moyenne a été prise en compte.

#### Mesure du degré Brix

Le taux de matières solubles totales (matières sèches et substances liquides), mesuré en degré Brix ( $^{\circ}\text{Brix}$ ), a été déterminé selon la méthode de AACC (2000). Les mesures ont été faites à l'aide d'un réfractomètre digital de type « ATAGO/Pocket Refractometer/Tokyo Tech. Award ; Max.  $90 \pm 0,1$  », après l'étalonnage de l'appareil avec de l'eau déminéralisée. Cette mesure a été répétée trois fois pour chaque échantillon analysé et la valeur moyenne correspondante a été prise en compte.

**Tableau 1** : Sites de collecte des échantillons.

| Numéros des Echantillons | Quartier de Collecte | Type de « Tchoukoutou » |
|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| E1                       | Quartier Klikamé     | Tchakpalo               |
| E2                       | Quartier Klikamé     | Tchakpalo               |
| E3                       | Quartier Abové       | Losso-Missine           |
| E4                       | Quartier Abové       | Losso-Missine           |
| E5                       | Quartier Klikamé     | Kabyè-Missine           |
| E6                       | Quartier Klikamé     | Kabyè-Missine           |
| E7                       | Quartier Adéwi       | Kabyè-Missine           |
| E8                       | Quartier Adéwi       | Kabyè-Missine           |

### **Mesure de la densité**

La matière sèche a été déterminée selon la méthode de AACC (2000). La mesure de la densité des bières locales a été faite par la méthode pycnométrique. Le protocole expérimental utilisé consiste à peser à l'aide d'une balance de précision de 0,001 g près, un pycnomètre bien lavé proprement et séché à l'étuve à  $105 \pm 5$  °C pendant une heure, suivis de refroidissement dans un dessiccateur. Ensuite, le pycnomètre est rempli avec de l'eau déminéralisée avant de remesurer la masse; puis, l'opération est reprise en remplissant le pycnomètre avec de l'échantillon. La densité a été calculée en faisant le rapport entre la masse de l'échantillon et celle de l'eau déminéralisée. Cette expérience a été réalisée trois fois pour chaque échantillon et la valeur moyenne correspondante a été prise en compte.

### **Mesure directe du degré alcoolique**

Le taux d'alcool (mesuré en %vol.) a été déterminé à base de quatre différentes méthodes.

#### *Méthode par chromatographie liquide de haute pression (CLHP) sans distillation*

Elle consiste à déterminer directement le degré alcoolique par CLHP, après avoir établi une courbe d'étalonnage avec de l'éthanol absolu.

#### *Méthode alcoométrique après distillation*

Elle consiste à mesurer le degré alcoolique, après distillation fractionnée des boissons alcoolisées, dans le distillat, à l'aide d'un densimètre appelé alcoomètre. L'échantillon à analyser a été préparé selon la recommandation de AACC (2000) qui consiste à prélever un volume (V) de l'échantillon au quel, on ajoute le même volume (V) d'eau distillée. Après distillation, le même volume (V) du distillat est exactement recueilli pour la mesure du degré alcoolique à l'aide d'un alcoomètre.

#### *Méthode pycnométrique après distillation*

Elle consiste à mesurer la densité du distillat, des boissons alcoolisées, à l'aide d'un pycnomètre. Le degré alcoolique est alors déterminé à l'aide d'une table de correspondance (AACC, 2000).

#### *Méthode par chromatographie liquide de haute pression (CLHP) après distillation*

Cette chromatographie est aussi appliquée après distillation fractionnée des boissons alcoolisées. Les conditions d'analyses par CLHP dans ce cas, ont été les suivantes :

- la pompe utilisée est de type PERKIN ELMER 250, couplée avec un intégrateur (type MERCK/ D2500 CHROMATO-Integrator) et munie d'un détecteur à réfractomètre de type CHROMPACK/ RI Detector et d'un dégazeur de type Waters ;
- la colonne utilisée est de type EC 260/4.6 Nucléosil 100-5C18 et la phase mobile est une solution de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> de concentration 5 mmol/L avec un débit de 0,5 mL/min.

### **Analyses statistiques**

L'analyse statistique des données a été réalisée à l'aide du logiciel Statistica 7.1. Le test de comparaison LSD de Fisher au seuil de 5% a été utilisé pour classer les moyennes des paramètres physico-chimiques des « Tchoukoutou ». Les différences statistiques avec une valeur de probabilité inférieure à 0,05 (P < 0,05) sont considérées comme significatives.

## **RESULTATS**

### **Caractéristiques des échantillons de Tchoukoutou**

#### **pH des « Tchoukoutou » analysés**

Les résultats présentés dans le Tableau 2 montrent que les valeurs de pH des échantillons de « Tchoukoutou » sont comprises entre  $2,70 \pm 0,03$  et  $2,85 \pm 0,00$ .

Le test LSD au seuil de signification de 5%, montre qu'il n'existe aucune différence significative, d'une part, entre les deux échantillons de Tchakpalo (E1 et E2) du quartier Klikamé, et d'autre part, entre les quatre échantillons suivants : E4 (Losso-Missine du quartier Abové), E5 (Kabyè-Missine du quartier Klikamé), E7 et E8 (Kabyè-Missine du quartier Adéwi). Par contre, les valeurs du pH des échantillons E3 (Losso-Missine du quartier Abové) et E6 (Kabyè-Missine du quartier Klikamé) sont significativement différentes de celles des autres échantillons de « Tchoukoutou ». De plus, les Tchakpalo analysés ont un pH

relativement plus élevé que les autre « Tchoukoutou ».

#### **Degré Brix des « Tchoukoutou » analysés**

Les taux de matières totales solubles des « Tchoukoutou » analysés, sont situés entre  $3,5 \pm 0,0$  et  $8,7 \pm 0,2\%$  Brix (Tableau 3).

Les résultats dans le Tableau 3 indiquent qu'il n'existe aucune différence significative entre les degrés Brix des deux échantillons de Tchakpalo (E1 et E2) du quartier Klikamé, entre les degrés Brix des deux échantillons de Losso-Missine (E3 et E4) du quartier Abové et entre les échantillons de Losso-Missine (E4) du quartier Abové et Kabyè-Missine (E6) du quartier Klikamé. Cependant, les valeurs du taux de matières solubles totales des échantillons de Kabyè-Missine de Klikamé (E5, E7 et E8) sont significativement différentes entre elles-mêmes et par rapport à celles des autres échantillons.

#### **Densités des « Tchoukoutou » analysés**

Les densités des « Tchoukoutou » de Lomé sont fournies dans le Tableau 4. Ces résultats montrent que les densités des « Tchoukoutou » de Lomé sont comprises entre  $1,0074 \pm 0,0001$  et  $1,0450 \pm 0,0000$ . Les échantillons de Tchakpalo sont caractérisés par de faibles densités, tandis que ceux de Kabyè-Missine sont les plus denses.

L'analyse statistique révèle qu'au niveau des densités des « Tchoukoutou » de Lomé, les résultats sont tous différemment significatifs avec une absence de différence significative entre les échantillons E7 et E8 de Kabyè-Missine d'Adéwi.

#### **Taux d'alcool dans les « Tchoukoutou » analysés**

Le taux d'alcool, des « Tchoukoutou » de Lomé, déterminés à partir de quatre méthodes sont illustrés au niveau des Figures 1 à 4.

L'analyse par CLHP pour la quantification de l'éthanol sans distillation (Figure 1) et après distillation fractionnée (Figure 2), a révélé la présence effective de l'éthanol dans tous les échantillons analysés (E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7 et E8). De ce fait, les « Tchoukoutou » de Lomé sont des boissons alcoolisées. Ceci justifie leur classification, au Togo, parmi les bières.

L'analyse statistique des valeurs du taux d'alcool dans les « Tchoukoutou » de Lomé indique qu'en utilisant la méthode CLHP sans distillation (Figure 1), il n'existe aucune différence significative entre les échantillons E1, E2 et E5 ; entre les échantillons E3, E4 et E6 ; et entre les échantillons E7 et E8. Mais après distillation fractionnée (Figure 2), il existe une différence significative entre les taux d'alcool déterminés par CLHP des échantillons E3 et E4 ; puis entre les échantillons E7 et E8. Avec la méthode pycnométrique, seuls E1 et E5, puis E2 et E4 ont présenté des taux d'alcool sans aucune différence significative selon le test de comparaison LSD de Fisher au seuil de signification de 5% (Figure 3) ; alors que, par la méthode alcoométrique (Figure 4), il apparaît que les taux d'alcool des échantillons E6, E7 et E8 ne sont pas significativement différents ; il en est de même pour E4 et E5.

Les histogrammes des Figures 1 à 4 montrent que, pour chaque échantillon étudié, les taux d'alcool des échantillons de « Tchoukoutou » varient considérablement en fonction des méthodes d'analyse appliquées. En effet, la méthode par CLHP appliquée a conduit à l'obtention des teneurs relativement faibles, soit comprises entre  $3,65 \pm 0,09$  et  $6,80 \pm 0,07\%$  vol. avant distillation alcoolique et  $3,45 \pm 0,04$  et  $6,52 \pm 0,10\%$  vol. après la distillation alcoolique. Les méthodes pycnométrique et alcoométrique quant à elles, ont permis d'obtenir, après la distillation fractionnée, des taux d'alcool plus élevés soit, compris entre  $3,72 \pm 0,10$  et  $7,27 \pm 0,07\%$  vol. et entre  $5,33 \pm 0,47$  et  $9,83 \pm 0,62\%$  vol., respectivement. Ces résultats sont en accord avec les travaux rapportés par Ourega et al. (2015) où, les teneurs en éthanol dans les différentes bières analysées ont variées de 3,6% vol. alc. (Bière PS Corne 1) à 6,77% vol. alc. (bières PP french 2).

#### **Comparaison des quatre méthodes d'analyse pour déterminer les taux d'alcool**

Les histogrammes des Figures 5 à 12 mettent en comparaison les quatre méthodes d'analyse utilisées pour la détermination du taux d'alcool des huit échantillons de « Tchoukoutou » étudiés.

Les histogrammes des Figures 5 à 12 mettent en comparaison les quatre méthodes d'analyse utilisées pour la détermination du taux d'alcool dans les huit échantillons de « Tchoukoutou » étudiés. En effet, toutes les quatre méthodes employées pour la détermination du taux d'alcool devraient permettre d'obtenir un même résultat pour chaque échantillon de « Tchoukoutou ». Ce qui n'a pas été le cas, puisque dans la présente

étude, les résultats illustrés par les Figures 5 à 12 révèlent que, pour chaque échantillon étudié, seules les deux méthodes par CLHP ont permis d'aboutir à des résultats sans différences significatives. Cependant, les méthodes pycnométrique et surtout alcoométrique, ont conduit, dans la plupart des cas, à des valeurs plus élevées, donc significativement différentes, par rapport à celles obtenues avec les méthodes par CLHP.

**Tableau 2 :** pH des « Tchoukoutou » analysés.

| Echantillons       | Valeurs du pH         |                      |                      |                                |
|--------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|
|                    | 1 <sup>er</sup> Essai | 2 <sup>e</sup> Essai | 3 <sup>e</sup> Essai | Valeurs moyennes ± Ecart-types |
| E1 (Tchakpalo)     | 2,85                  | 2,85                 | 2,86                 | 2,85 ± 0,00 <sup>d</sup>       |
| E2 (Tchakpalo)     | 2,85                  | 2,84                 | 2,83                 | 2,84 ± 0,01 <sup>d</sup>       |
| E3 (Losso-Missine) | 2,68                  | 2,69                 | 2,74                 | 2,70 ± 0,03 <sup>a</sup>       |
| E4 (Losso-Missine) | 2,76                  | 2,78                 | 2,76                 | 2,77 ± 0,01 <sup>bc</sup>      |
| E5 (Kabyè-Missine) | 2,79                  | 2,78                 | 2,78                 | 2,78 ± 0,00 <sup>c</sup>       |
| E6 (Kabyè-Missine) | 2,75                  | 2,76                 | 2,75                 | 2,75 ± 0,00 <sup>b</sup>       |
| E7 (Kabyè-Missine) | 2,78                  | 2,79                 | 2,78                 | 2,78 ± 0,00 <sup>c</sup>       |
| E8 (Kabyè-Missine) | 2,78                  | 2,77                 | 2,78                 | 2,78 ± 0,00 <sup>c</sup>       |

Les valeurs mentionnées dans le Tableau 2 sont les moyennes ± écarts-types de 3 essais. Lorsque les valeurs moyennes sont suivies par la même lettre en exposant dans la même colonne, elles ne sont pas significativement différentes selon le test de comparaison LSD de Fisher au seuil de signification de 5%.

**Tableau 3 :** Degré Brix des « Tchoukoutou » analysés.

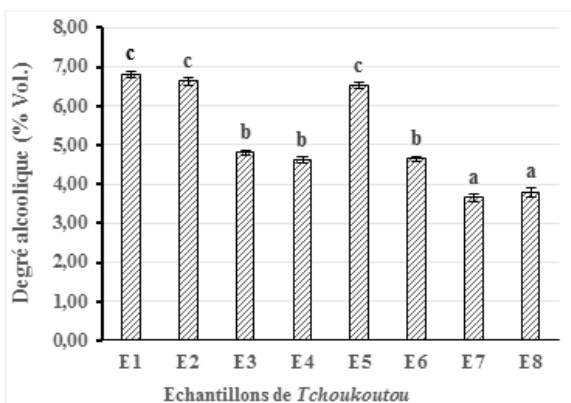
| Echantillons       | Taux de matières sèches solubles (% Brix) |                      |                      |                                |
|--------------------|---|----------------------|----------------------|--------------------------------|
|                    | 1 <sup>er</sup> Essai                     | 2 <sup>e</sup> Essai | 3 <sup>e</sup> Essai | Valeurs moyennes ± Ecart-types |
| E1 (Tchakpalo)     | 3,6                                       | 3,6                  | 3,5                  | 3,6 ± 0,0 <sup>a</sup>         |
| E2 (Tchakpalo)     | 3,5                                       | 3,5                  | 3,6                  | 3,5 ± 0,0 <sup>a</sup>         |
| E3 (Losso-Missine) | 6,4                                       | 6,6                  | 6,6                  | 6,5 ± 0,1 <sup>b</sup>         |
| E4 (Losso-Missine) | 6,6                                       | 6,8                  | 6,5                  | 6,6 ± 0,1 <sup>bc</sup>        |
| E5 (Kabyè-Missine) | 7,2                                       | 7,3                  | 7,3                  | 7,3 ± 0,0 <sup>d</sup>         |
| E6 (Kabyè-Missine) | 6,8                                       | 6,7                  | 6,9                  | 6,8 ± 0,1 <sup>c</sup>         |
| E7 (Kabyè-Missine) | 8,2                                       | 8,2                  | 8,4                  | 8,3 ± 0,1 <sup>e</sup>         |
| E8 (Kabyè-Missine) | 8,8                                       | 8,8                  | 8,4                  | 8,7 ± 0,2 <sup>f</sup>         |

Les valeurs mentionnées dans le Tableau 3 sont les moyennes ± écarts-types de 3 essais. Lorsque les valeurs moyennes sont suivies par la même lettre en exposant dans la même colonne, elles ne sont pas significativement différentes selon le test de comparaison LSD de Fisher au seuil de signification de 5%.

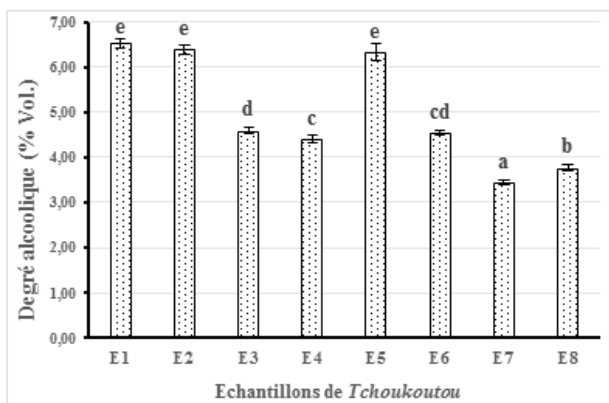
**Tableau 4 :** Densités des « Tchoukoutou ».

| Echantillons | Densité               |                      |                      |                                |
|--------------|-----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|
|              | 1 <sup>er</sup> Essai | 2 <sup>e</sup> Essai | 3 <sup>e</sup> Essai | Valeurs moyennes ± Ecart-types |
| E1           | 1,0080                | 1,0077               | 1,0077               | 1,0078 ± 0,0001 <sup>b</sup>   |
| E2           | 1,0073                | 1,0075               | 1,0073               | 1,0074 ± 0,0001 <sup>a</sup>   |
| E3           | 1,0279                | 1,0280               | 1,0281               | 1,0280 ± 0,0001 <sup>d</sup>   |
| E4           | 1,0270                | 1,0270               | 1,0269               | 1,0270 ± 0,0000 <sup>c</sup>   |
| E5           | 1,0303                | 1,0301               | 1,0300               | 1,0301 ± 0,0001 <sup>f</sup>   |
| E6           | 1,0297                | 1,0292               | 1,0293               | 1,0294 ± 0,0002 <sup>e</sup>   |
| E7           | 1,0446                | 1,0449               | 1,0449               | 1,0448 ± 0,0001 <sup>g</sup>   |
| E8           | 1,0450                | 1,0450               | 1,0450               | 1,0450 ± 0,0000 <sup>g</sup>   |

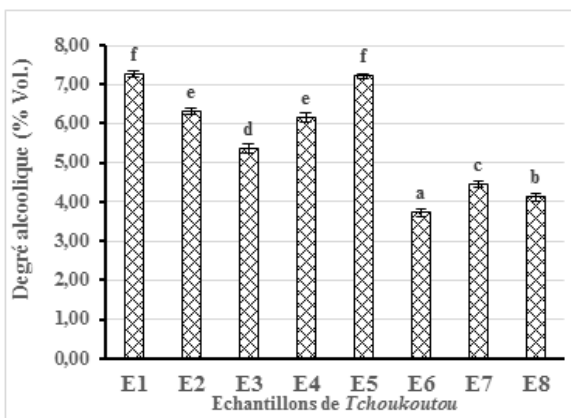
Les valeurs mentionnées dans le Tableau 3 sont les moyennes ± écarts-types de 3 essais. Lorsque les valeurs moyennes sont suivies par la même lettre en exposant dans la même colonne, elles ne sont pas significativement différentes selon le test de comparaison LSD de Fisher au seuil de signification de 5%.



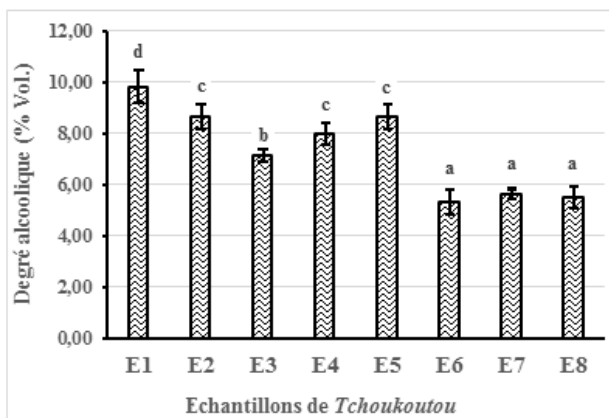
**Figure 1 :** Degré alcoolique avec CLHP sans distillation.



**Figure 2 :** Degré alcoolique avec CLHP après distillation.



**Figure 3 :** Degré alcoolique avec la méthode pycnométrique.



**Figure 4 :** Degré alcoolique avec la méthode alcoométrique.

Les données mentionnées à l'aide des histogrammes sur les figures 1 à 4 sont des valeurs moyennes des degrés alcooliques déterminées ± écarts-types de 3 essais. Lorsque les histogrammes sont surmontés d'une même lettre, les valeurs moyennes correspondantes ne sont pas significativement différentes, selon le test de comparaison LSD de Fisher au seuil de signification de 5%.



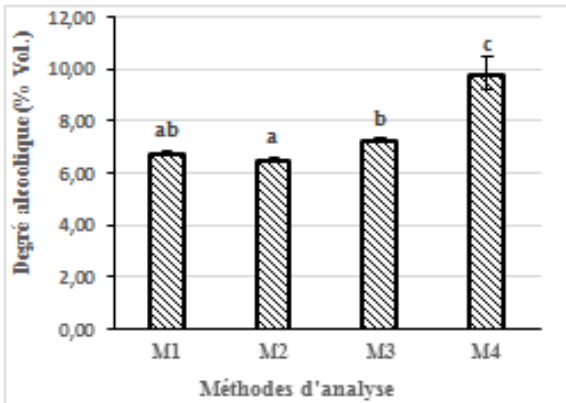


Figure 5 : Degré alcoolique de l'échantillon E1 avec les quatre méthodes (M1, M2, M3 et M4).

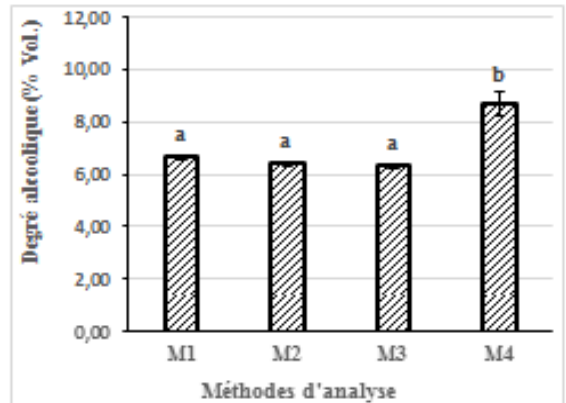


Figure 6 : Degré alcoolique de l'échantillon E2 avec les quatre méthodes (M1, M2, M3 et M4).

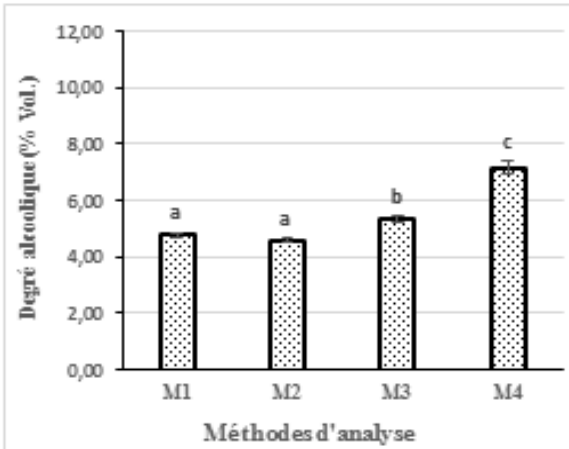


Figure 7 : Degré alcoolique de l'échantillon E3 avec les quatre méthodes (M1, M2, M3 et M4).

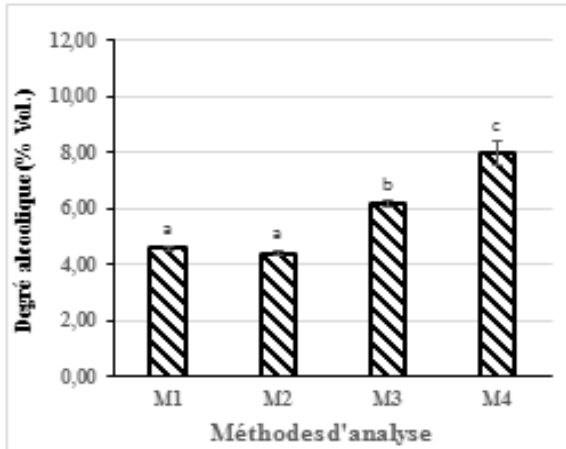


Figure 8 : Degré alcoolique de l'échantillon E4 avec les quatre méthodes (M1, M2, M3 et M4).

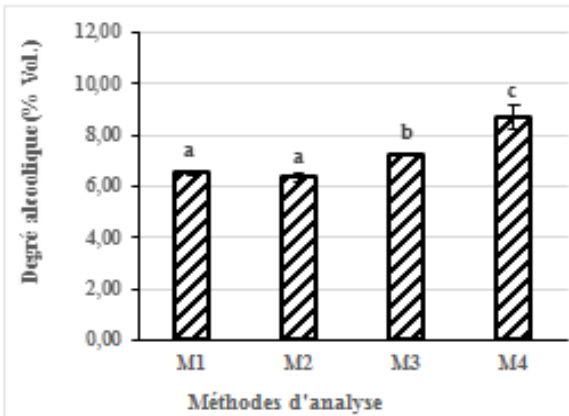


Figure 9 : Degré alcoolique de l'échantillon E5 avec les quatre méthodes (M1, M2, M3 et M4).

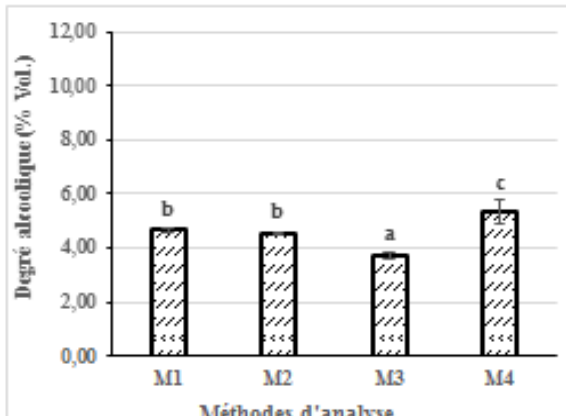


Figure 10 : Degré alcoolique de l'échantillon E6 avec les quatre méthodes (M1, M2, M3 et M4).

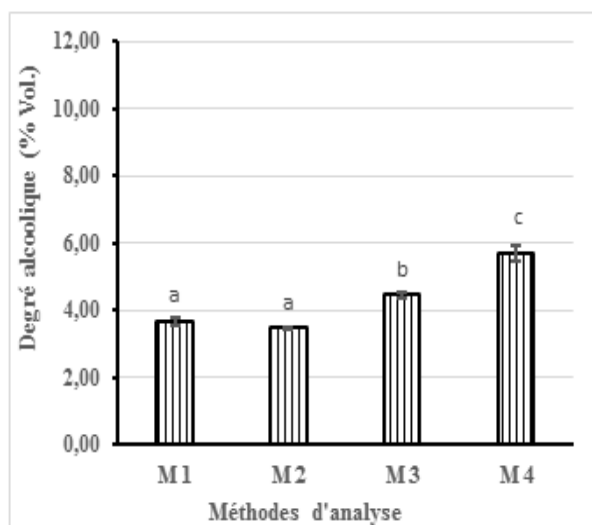


Figure 11 : Degré alcoolique de l'échantillon E7 avec les quatre méthodes (M1, M2, M3 et M4)

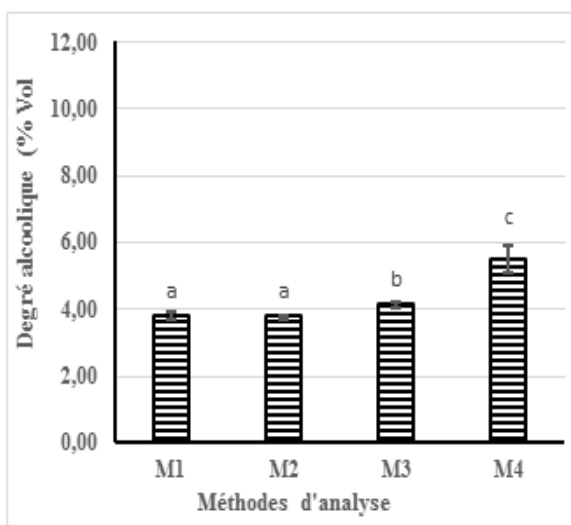


Figure 12 : Degré alcoolique de l'échantillon E8 avec les quatre méthodes (M1, M2, M3 et M4)

Les données mentionnées à l'aide des histogrammes sur les Figures 5 à 12 sont des valeurs moyennes des degrés alcooliques déterminées  $\pm$  les écarts-types de 3 essais. Lorsque les histogrammes sont surmontés d'une même lettre, les valeurs moyennes correspondantes ne sont pas significativement différentes, selon le test de comparaison LSD de Fisher au seuil de signification de 5%.

**M1** = Méthode par CLHP sans distillation ; **M2** = Méthode par CLHP après distillation ; **M3** = Méthode pycnométrique et **M4** = Méthode alcoométrique.

## DISCUSSION

### Caractéristiques des échantillons de Tchoukoutou

#### pH des « Tchoukoutou » analysés

Le pH des échantillons de « Tchoukoutou » comprises entre  $2,70 \pm 0,03$  et  $2,85 \pm 0,00$  (Tableau 2) montre que ces « Tchoukoutou » sont des boissons acides.

Les analyses statistiques par rapport aux valeurs de pH des échantillons analysés montrent peu de disparités entre les différents « Tchoukoutou ». Néanmoins, les Tchakpalo apparaissent moins acides que les autres « Tchoukoutou » avec un pH relativement plus élevé. Cette différence, aussi moindre qu'elle soit, serait due aux procédés et à la nature des matières premières utilisées lors de la production de ces bières locales. Les travaux réalisés par Aka et al. (2008) en Côte d'Ivoire sur le Tchakpalo (appelé Tchakpalo au Togo), présentant un pH égal à  $3,3 \pm 0,2$  de même que ceux de Gomina et al. (2011) avec un pH de 3,2 sur le Tchoukoutou du Bénin,

montrent que les « Tchoukoutou » de Lomé sont plus acides. Les fortes acidités observées au niveau des bières locales produites en Afrique s'expliqueraient par la production d'acides organiques par la levure au cours de la fermentation alcoolique et/ou par les bactéries lactiques au cours de la fermentation lactique (Ourega et al., 2015). A  $\text{pH} < 4$ , la croissance des agents pathogènes, dans les produits alimentaires, est inhibée (Motarjemi and Nout, 1996). De ce fait, les « Tchoukoutou » de Lomé seraient relativement sûrs d'un point de vue microbiologique (Kayodé et al., 2011).

#### Degré Brix des « Tchoukoutou » analysés

Les résultats (Tableau 3) montrent que les Brix des échantillons varient, non seulement selon les types de « Tchoukoutou », mais également en fonction des productrices. Tous les échantillons de Kabyè-Missine (E5, E6, E7 et E8) ont présenté des valeurs, du taux de matières totales solubles, toutes significativement différentes. En effet, des

différences observables sont possibles d'une productrice à une autre et d'une zone à une autre (Lyumugabe et al., 2012). Ces différences alors, constatées dans la présente étude, seraient liées aux procédés de production des bières et aux matières premières utilisées (Odunfa and Oyewole, 1998 ; Haggblade and Holzapfel, 2004 ; Lyumugabe et al., 2012). Les échantillons de Kabyè-Missine se distinguent comme les bières les plus concentrés en matières solubles, contrairement aux échantillons de Tchakpalo qui se caractérisent de leur part, par des teneurs en de matières solubles faibles. Ces résultats présentés dans le Tableau 3, corroborent avec les travaux réalisés sur le Kpete-Kpete (un « Tchoukoutou » similaire à Tchakpalo du Togo) par Djègui et al. (2015) au Bénin, qui ont obtenu des taux en matières totales solubles compris entre  $5,0 \pm 1,0$  et  $8,0 \pm 1,0$  °Brix. Les valeurs des degrés Brix obtenues justifient la fermentation continue après 12 heures des « Tchoukoutou » analysés. Cette observation indique donc qu'il est utile d'étudier les caractéristiques de ces boissons locales en fonction de la durée de fermentation afin de mieux orienter le consommateur.

#### **Densités des « Tchoukoutou » analysés**

Une forte densité traduit le degré de solubilité des matières organiques totales tels que les sucres résiduels non fermentés et des particules en suspension dans le liquide. Les travaux effectués par Osseyi et al. (2011) sur la stabilisation du « Tchoukoutou » ont montré une densité de cette bière locale de  $1,07 \pm 0,00$  qui est proches des valeurs obtenues dans la présente étude. Toutefois, l'écart relativement faible observé entre les résultats présentés dans cette étude (variation de la densité entre 1,0074 et 1,0450) par rapport à celui de Osseyi et al. (2011) se justifierait par le fait que la densité de cette bière peut varier en fonction de la variété de sorgho et des procédés utilisés lors de la

production. De plus, les densités relativement plus élevées, observées avec les échantillons de Kabyè-Missine concomitamment à l'évolution continue de la fermentation, indiquent que ce « Tchoukoutou » pourrait être relativement plus alcoolisé, à une durée de fermentation plus longue.

#### **Taux d'alcool dans les « Tchoukoutou » analysés**

Globalement, les résultats présentés dans cette étude montrent que les « Tchoukoutou » de Lomé contiennent de l'éthanol à des taux compris entre  $3,45 \pm 0,04$  et  $9,83 \pm 0,62\%$  vol. Ces taux sont semblables aux taux indiqués par Dje et al. (2008) pour le Tchakpalo et Dahouenon et al. (2012) pour la bière de banane en Côte d'Ivoire. Ils sont cependant supérieurs aux taux indiqués par Sanni et al. (1999) pour le Burukutu et le Pito au Nigéria.

La plupart des « Tchoukoutou » de Lomé présentent des taux d'alcool proches des pourcentages alcooliques des bières industrielles vendues sur le marché togolais, compris entre 4,5% et 8%, sauf que leurs taux d'alcool varient d'une productrice à une autre comme dans le cas des autres paramètres. Ainsi, même si la façon de préparer ces boissons alcoolisées est quelque peu la même, la spécificité liée à chacune des productrices se ressent dans la qualité physico-chimique et dans la qualité organoleptique, comme le souligne Aholou (2010), selon qui, en ville et à la campagne, la spécificité liée au milieu se ressent dans les goûts donnés aux différentes préparations suivant l'origine ethnique. Aussi, obtient-on une différence de goût entre le Tchakpalo, le Losso-Missine et Kabyè-missine du Togo? De plus, en raison de leur caractère alcoolique, ces boissons doivent être utilisées avec parcimonie en rapport aux réponses physiologiques (Brand-Miller et al., 2007 ; Gomina et al., 2011). Par ailleurs, la disparité observable entre les différentes techniques de détermination du taux d'alcool

mérite une analyse comparative afin d'identifier la mieux indiquée pour une telle analyse.

#### **Comparaison des quatre méthodes de détermination du taux d'alcool**

Il apparaît que parmi les quatre méthodes d'analyse utilisées, les méthodes d'analyse par CLHP seraient celles qui sont les plus précises pour la détermination du degré alcoolique des boissons en comparaison avec les deux autres méthodes. Aussi, étant donné que ces méthodes par CLHP consistent à doser directement l'éthanol, on peut estimer que les données obtenues avec ces méthodes sont plus correctes. De plus, la méthode par CLPH sans distillation, plus rapide et économique serait alors mieux indiquée. Par contre, la méthode de détermination du degré alcoolique à base d'un alcoomètre ou d'un pycnomètre ne prend pas seulement en compte de l'éthanol contenu dans une solution aqueuse, mais elle tient aussi compte de toutes autres molécules dissoutes ou particules en suspension dans une solution aqueuse. Toutefois, quelle que soit la méthode qui a été employée, on constate que le taux d'alcool n'est pas identique dans les échantillons de « Tchoukoutou ». Ainsi les échantillons de Tchakpalo et de Kabyè-Missine ont présenté les taux d'alcool les plus élevés. Toutefois, certains échantillons de Kabyè-Missine ont présenté des taux d'alcool plus faible que ceux des échantillons de Losso-Missine probablement lié à la durée de fermentation, à la matière première ou aux procédés de production.

#### **Conclusion**

Cette étude a révélé que, à part le pH qui est quasiment invariable, les « Tchoukoutou » de Lomé présentent des caractéristiques physico-chimiques variables d'une productrice à une autre. Le pH faible de ces bières locales indique qu'elles seraient relativement exemptes de microorganismes

pathogènes et donc garanti leur sécurité sanitaire. Les taux d'alcool de ces « Tchoukoutou » sont proches des pourcentages alcooliques des bières industrielles vendues sur le marché togolais et justifie leur classification dans le groupe des bières. De plus, leur taux d'alcool, relativement faible, justifie leur prise par toutes les couches d'âge. Toutefois, on note que le Tchakpalo et quelquefois le Kabyè-Missine sont les plus alcoolisés. L'alcool étant un aliment imparfait, il est néanmoins indispensable de le consommer avec modération avant de profiter des relatifs bienfaits que ces bières locales pourraient en procurer.

La comparaison des quatre méthodes d'analyse du taux d'alcool dans les « Tchoukoutou » a permis de conclure que la méthode par CLHP sans distillation, rapide et précise, est la mieux convenable pour ce genre d'analyse. Il est intéressant de déterminer le taux de méthanol et les caractéristiques microbiologiques et biochimiques qui sont aussi indispensables pour garantir la sécurité sanitaire des consommateurs. On pourra de plus, penser à une étude des caractéristiques en fonction de la durée de fermentation de ces boissons locales afin de mieux orienter les productrices et les consommateurs.

#### **CONFLIT D'INTERETS**

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflit d'intérêt en relation avec cet article.

#### **CONTRIBUTIONS DES AUTEURS**

NKM et DK ont conçu le projet ; NKM a réalisé les échantillonnages ; NKM, MM et DK ont effectué les expériences ; NKM et HBVS ont analysé les données ; NKM, HBVS et MM ont écrit le manuscrit ; KK et KKH ont supervisé l'ensemble des activités ; tous les auteurs ont donné leur accord à la version finale du manuscrit et à sa publication.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les revendeuses de « Tchoukoutou » grâce à qui cette étude a été possible.

## RÉFÉRENCES

- AACC. 2000. *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemistry*. (10th Edition), MN American Association of Cereal Chemists, St. Paul.
- Aholou CC. 2010. Construction identitaire et urbaine autour du cabaret à Lomé (Togo). *Hommes et migrations*, **1283** : 32-41. DOI : 10.4000/hommesmigrations.985
- Brand-Miller J, Fatema K, Middlemiss C, Bare M, Liu V, Atkinson F, Petocz P. 2007. Effect of alcoholic beverages on postprandial glycemia and insulinemia in lean, young, healthy adults. *Am. J. Clin. Nutr.*, **85**: 1545-1551.
- Briggs DE, Brookes PA, Stevens R, Boulton CA. 2004. Native African beers. In *Science and Practice, Brewing* (ed). Woodhead Publishing Ltd: Cambridge UK; 589-605.
- Dahouenon AE, Degnom RG, Adjou ES, Sohounloue DCK. 2012. Stabilisation de la bière produites à partir de matières amylacées locales (Sorghum bicolor et *Musa acuminata*) par adjonction de l'huile essentielle de *Cymbopogon citratus*. *Journal of Applied Biosciences*, **51**: 3596-3607.
- Dje MK, N'guessan KF, Djeni TN, Dadie TA. 2008. Biochemical Changes during Alcoholic Fermentation in the Production of "Tchapalo" a Traditional Sorghum Beer. *International Journal of Food Engineering*, **4(7)** : 1-15. DOI : <http://dx.doi.org/10.2202>
- Djègui KY, Kayodé APP, Tokpohozin ES, Gachomo EW, Kotchoni SO and Hounhouigan DJ. 2015. Phenotypic characters of yeasts isolated from kpete-kpete, a traditional starter of a Benin opaque sorghum beer. *African Journal of Biotechnology*, **14(27)**: 2227-2233. DOI: <http://dx.doi.org/10.5897/AJB2014.13895>
- Glover RLK, Abaidoo RC, Jakobsen M, Jespersen L. 2005. Biodiversity of *Saccharomyces cerevisiae* isolated from a survey of pito production sites in various parts of Ghana. *Systematic Appl. Microbiol.*, **28**: 755-761. DOI: 10.1016/j.syapm.2005.05.003
- Gomina MA, Saka DH, Akpona SA. 2011. Réponse glycémique induite par quatre boissons alcoolisées locales du Bénin chez des sujets adultes jeunes sains. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **5(3)**: 1153-1164. Disponible en ligne sur <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
- Haggblade S, Holzapfel H. 2004. Industrialization of Africa's indigenous beer brewing. In *Industrialization of Indigenous Fermented Foods* (2nd edn), Streinrous KH (ed). CRC Pr: New York, USA.
- Hounhouigan DJ, Nout MJR, Nago CM, Houben JH, Rombouts FM. 1993. Microbiological changes in mawe during natural fermentation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, **10**: 410-413. DOI: 10.1007/BF00144462
- Kayodé APP, Adégbidi A, Linnemann AR, Nout MJR, Hounhouigan DJ. 2005. Quality of farmer's varieties of sorghum and derived foods as perceived by consumers in Benin. *Ecology of Food and Nutrition*, **44(4)**: 271-294. DOI: 10.1080/03670240500187302
- Kayodé APP, Hounhouigan JD, Nout MJR, Niehof A. 2007. Household production of sorghum beer in Benin: technological and socio-economic aspects. *Int. J. Consum Stud.*, **31**: 258-264.
- Kayodé APP, Vieira-Dalodé G, Linnemann AR, Kotchoni SO, Hounhouigan AJD, van Boekel MAJS and Nout MJR. 2011. Diversity of yeasts involved in the

- fermentation of Tchoukoutou, an opaque sorghum beer from Benin. *African Journal of Microbiology Research*, **5**(18): 2737-2742. DOI: 10.5897/AJMR11.546
- Lyumugabe F, Gros J, Nzungize J, Bajyana E, Thonart P. 2012. Focus on: Characteristics of African traditional beers brewed with sorghum malt: a review. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **16**(4), 509-530.
- Missihoun AA, Agbangla C, Sagbadja HA, Ahanhanzo C, Vodouhe R. 2012. Gestion traditionnelle et statut des ressources génétiques du sorgho (*Sorghum bicolor* L. Moench) au Nord-Ouest du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **6**(3): 1003-1018. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i3.8>
- Motarjemi Y and Nout MJR. 1996. Food fermentation: A safety and nutritional assessment; Behalf of the Joint FAO/WHO Workshop on Assessment of Fermentation as a Household Technology for Improving Food Safety. *Bulletin of the World Health Organization*, **74**(6) : 553-559. <http://www.who.int/iris/handle/10665/54322>
- Odunfa SA and Oyewole OB. 1998. African fermented foods. In *Microbiol of Fermented Foods*, Wood BJB (ed). Elsevier Applied Science: London UK; 713-746.
- Osseyi EG, Tagba P, Karou SD, Ketevi AP and Lamboni CR. 2011. Stabilization of the Traditional Sorghum Beer, "Tchoukoutou" using Rustic Wine-Making Method. *Advance Journal of Food Science and Technology*, **3**(4): 254-258.
- Ourega DA, Koffi LB, N'Guessan KF, Nemlin GJ, Tano K, Dje KM. 2015. Caractéristiques physico-chimiques des bières de plantain produites à partir de rebuts de plantain de différentes variétés de Côte d'Ivoire (Orishele, French 2 et Corne 1). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, **10**(2): 666-677.
- Sanni AI, Onilude AA, Fadahunsi IF, Afolabi RO. 1999. Microbial deterioration of traditional alcoholic beverages in Nigeria. *Food Research International*, **32**: 163-167.
- Sefa-Dedeh S, Sanni AI, Tetteh G, Sakyi-Dawson E. 1999. Yeasts in the traditional brewing of pito in Ghana. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, **15**(5): 593- 597. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1008955300156>.