

|| **Agronomie**

**AMELIORATION DES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET
MICROBIOLOGIQUES D'UNE BIÈRE TRADITIONNELLE A BASE DE
LA FARINE DE SORGHO DENOMMEE « MUSURURU » PRODUITE
DANS LA PROVINCE DU NORD-KIVU EN RDC**

PROVIDENCE RUBAYI SANGA*

AUGUSTIN NIYOMUKIZA KALERA **

Résumé

*Ce travail avait pour objectif d'améliorer la boisson Musururu-bière à base de la farine de sorgho produite traditionnellement en RD Congo par ajout du saccharose, de la levure *Saccharomyces cerevisiae* et par pasteurisation de ladite boisson. Un entretien semi-structuré avec les différents producteurs de Musururu a été réalisé en Province du Nord-Kivu dans la ville de Goma afin de maîtriser la technologie de préparation et de relever les points critiques y relatifs. Ensuite, en tenant compte de ces points critiques, une boisson améliorée a été préparée et soumise à des analyses physico chimiques et microbiologiques au laboratoire de l'Office Congolais de Contrôle. Les résultats trouvés ont montré que l'hygiène inadéquate, la courte durée de maltage, le non-respect du couple temps-température pendant le brassage, l'usage d'un ferment indigène constituaient les différents points critiques relevés dans la technologie de préparation de Musururu. En vue d'améliorer cette boisson, ces différents points critiques ont été contrôlés et améliorés grâce à l'usage de *Saccharomyces cerevisiae*, l'ajout du saccharose et la pasteurisation. Les paramètres physico-chimiques des boissons traditionnellement préparées ont variés significativement de la fabrication à treize jours (de 3,804 à 3,002 pour le pH ; de 3,97 à 3,02 pour la teneur en alcool). Cependant, tel n'a pas été le cas pour les boissons améliorées (de 4,009 à 4,006 pour le pH ; de 3,77 à 3,76 pour la teneur en alcool). Aucun germe n'a été typique de salmonelle, de *Escherichia*, de streptocoques fécaux ni de coliformes totaux dans tous les échantillons. Les bactéries lactiques n'ont été présentes que dans les boissons non améliorées (de 1720 à 2060). La quantité de la flore aérobie mésophile totale, des levures et moisissures a été réduite dans les boissons améliorées (de 2360 UFC à 475 UFC et de 2940 à 370), ces dernières ayant subi une pasteurisation.*

Mots-clés : *Bièrre traditionnelle, Sorgho, levure indigène, *Saccharomyces cerevisiae*, Pasteurisation.*

* Assistante à l'Université de Goma, Faculté des Sciences Agronomiques, département de Chimie et industries Agricoles. Téléphone : +243 972 452 243, Email : rubayiprovi@gmail.com

** Ingénieur Agronome, Agent de contrôle qualité à la Société Congo Tobacco Compagny. Téléphone : +243 975 193 371, Email : augustinkizakalera@gmail.com

Abstract

The objective of this work was to improve the Musururu-beer drink made from sorghum flour traditionally produced in DR Congo - by adding sucrose, the yeast *saccharomyces cerevisiae* and by pasteurizing the drink under study. A semi-structured interview with the various producers of Musururu was carried out in the Province of North Kivu in the city of Goma in order to master the preparation technology and identify the critical points relating to it. Then, taking into account these critical points, an improved drink was prepared and subjected to physico-chemical and microbiological analyzes in the laboratory of the Congolese Control Office. The achieved results revealed that the inadequate hygiene, short malting time, non-compliance with the time-temperature pair during brewing, the use of an indigenous ferment were the various critical points noted in the preparation technology of Musururu. In order to improve this drink, these different critical points have been controlled and improved through the use of *Saccharomyces cerevisiae*, the addition of sucrose and pasteurization. The physicochemical parameters of traditionally prepared beverages varied significantly from manufacture to thirteen days (from 3.804 to 3.002 for the pH; from 3.97 to 3.02 for the alcohol content). However, this was not the case for the improved drinks (from 4.009 to 4.006 for the pH; from 3.77 to 3.76 for the alcohol content). No bacteria were typical of *Salmonella*, *Escherichia*, faecal streptococci or total coliforms in any of the samples. Lactic bacteria have only been found in unimproved drinks (from 1720 to 2060). The quantity of total mesophilic aerobic flora, yeasts and molds was reduced in the improved drinks (from 2360 CFU to 475 CFU and from 2940 to 370), the latter having undergone pasteurization.

Keywords: Traditional beer, Sorghum, indigenous yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, Pasteurization.

1. INTRODUCTION

Le sorgho commun (*Sorghum bicolor*) est une céréale annuelle, d'origine tropicale, de la famille des graminées. Il est cultivé dans les zones semi-arides d'Afrique et d'Asie (Louise et al, 2007). Sa culture s'adapte à tous les sols (secs, détremés ou à forte salinité) et résiste bien aux agro-écologies chaudes et sèches. Elle est la cinquième céréale mondiale en termes de production après le blé, le riz, le maïs et l'orge, avec 55 à 60 millions de tonnes produites par an en 2010, dont 25,6 millions de tonnes pour l'Afrique (Bwanganga et al, 2013).

En Afrique, le sorgho est souvent transformé en bière (Aka et al, 2008). Les procédés de fabrication ainsi que l'appellation de cette boisson diffèrent selon les pays et les régions : *Tchapolo* en Côte d'Ivoire, *Ikigage* au Rwanda, *Impekeu* au Burundi, *Dolo* au Burkina-Faso, *Utshwala* en Afrique du Sud (Coulibaly, 2013). A l'Est de la République Démocratique du Congo, précisément dans la province du Nord-Kivu, cette boisson est connue sous le nom de « *Musururu* ».

La boisson *Musururu* - bière traditionnelle obtenue par fermentation spontanée du moût de sorgho germé et d'une grande quantité d'eau - est de couleur brun-foncée, d'un arôme agréable ainsi que d'une saveur légèrement acide et sucrée. Elle est très riche en calorie et en vitamines du groupe B (Maoura et al., 2007).

Cette bière est très appréciée dans la ville de Goma en RDC où elle joue un rôle socio-économique très remarquable. Elle est souvent servie fraîche dans des lieux de grande convivialité notamment des cabarets, des lieux de fêtes (cérémonies de mariage, de dot...) et de cérémonies communautaires (François et al., 2010) et constitue une source de revenu importante pour ses producteurs (Konfo, 2016).

Cependant, obtenu traditionnellement, le *Musururu* demeure instable, de qualité inconstante et d'une durée de conservation très limitée (2 à 3 jours) se manifestant par l'arrière-goût désagréable ou par une forte acidification induite par l'activité des microorganismes (Kutpacripo et al., 2009), facteurs qui occasionnent ainsi un manque à gagner important aux producteurs. Les principales raisons à la base de ces défauts seraient l'usage d'un ferment sauvage, la faible teneur en alcool et le non-respect des règles d'hygiène.

L'objectif du présent travail est d'améliorer la qualité de la boisson « *Musururu* ».

L'hygiène, l'optimisation de la fermentation alcoolique par l'usage d'un ferment sélectionné, la stabilisation de ladite boisson par pasteurisation améliorerait ces qualités microbiologique et physico-chimique et prolongerait sa durée de conservation.

Ainsi, le diagramme de fabrication de la boisson *Musururu* a été décrit afin de relever et de maîtriser les différents points critiques. La préparation de deux types de boissons améliorées a été faite par ajout de la levure et du saccharose et par pasteurisation.

Enfin, l'analyse des paramètres physico-chimiques et microbiologiques de ces deux types de boissons et ceux de la boisson préparée traditionnellement a été effectuée au laboratoire de l'Office Congolais de Contrôle à Goma.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Matériel

La variété de sorgho *Muyimbudu*, la levure instantanée (*Saccharomyces cerevisiae* communément appelée *Pakmaya* fabriquée en Turquie) et le saccharose obtenu au marché de Ndosho en ville de Goma, l'eau de la REGIDESO, un échantillon de *Musururu* obtenu auprès d'une brasserie locale (du quartier de Nyabushongo, en date du 28 mai 2017), le

couteau, les tamis, le seau, la marmite, l'entonnoir, les bouteilles en plastique et les assiettes, ont été utilisés.

2.2. Méthodes

2.2.1. Préparation de Musururu

Tableau 1 : Dispositif expérimental

Echantillons	Ech ₁	Ech ₂	Ech ₃
Ingrédients			
Saccharose(Kg)	-	1,875	2,25
Levure(Kg)	-	0,225	0,225
Eau(l)	6	6	6
Farine de Sorgho(Kg)	1,5	1,5	1,5
Umusemburo (levure sauvage) (l)	1,5	-	-
Cendre(g)	200	200	200

E1 : *Musururu* local obtenu auprès de fabricant, E2: *Musururu* obtenu par ajout de 3% de la levure *Saccharomyces cerevisiae*, 30% de saccharose puis stabilisé par une pasteurisation normale ; E3 : *Musururu* obtenu par ajout de 3% de la levure *Saccharomyce cerevisiae*, 25% de saccharose puis stabilisé par une pasteurisation normale.

- Enquête sur les technologies locales de fabrication de « *Musururu* »

L'enquête a été réalisée dans le quartier Nyabushongo où il y a un grand nombre des producteurs et des consommateurs de *Musururu*. 30 producteurs de ladite boisson, choisis aléatoirement, ont été enquêtés. Les informations contenues dans le guide d'entretien étaient relatives aux technologies de production (matières premières, matériel utilisé, étapes, durée des opérations) et la durée maximale de conservation. De ladite enquête, il s'est révélé que presque tous les producteurs de *Musururu*, pour assurer la fermentation, ajoutent comme ferment, une petite quantité de *Musururu* issus du brassin précédent. Le reste de producteurs fermentent leur boisson par la flore indigène.

Le processus de fabrication de cette boisson au niveau local est résumé dans la figure ci-après :

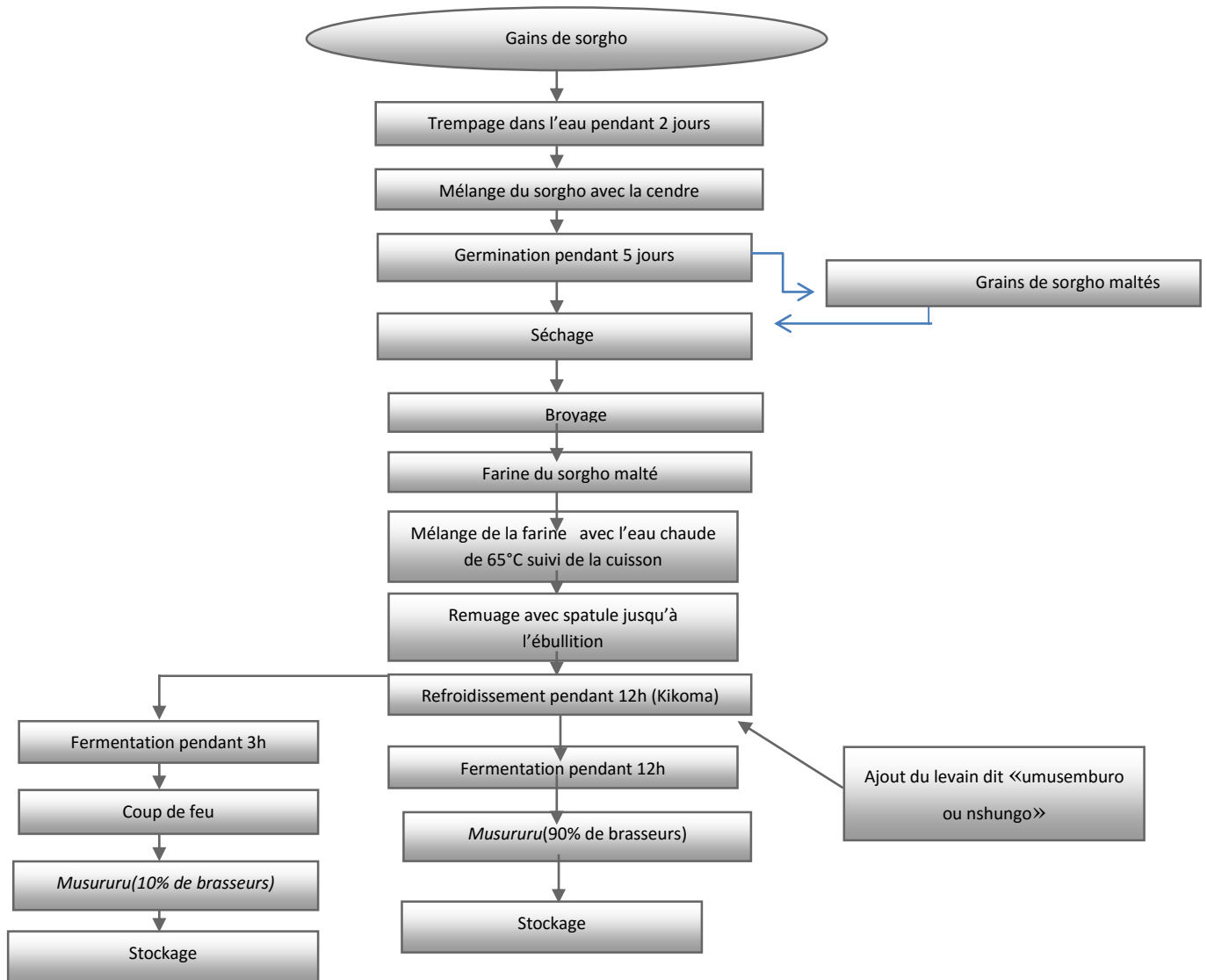


Figure 1: Diagrammes technologiques traditionnels de production des «Musururu».

- **Evaluation des points critiques**

L'analyse des dangers sur le diagramme de fabrication est la méthode qui a été utilisée pour relever les différents points critiques (CE-ASEAN, 2005).

- **Préparation de « Musururu » au laboratoire**

L'amélioration du processus de fabrication de *Musururu* a été faite au laboratoire de l'Office Congolais de Contrôle, à Goma, suivant le processus ci-dessous :

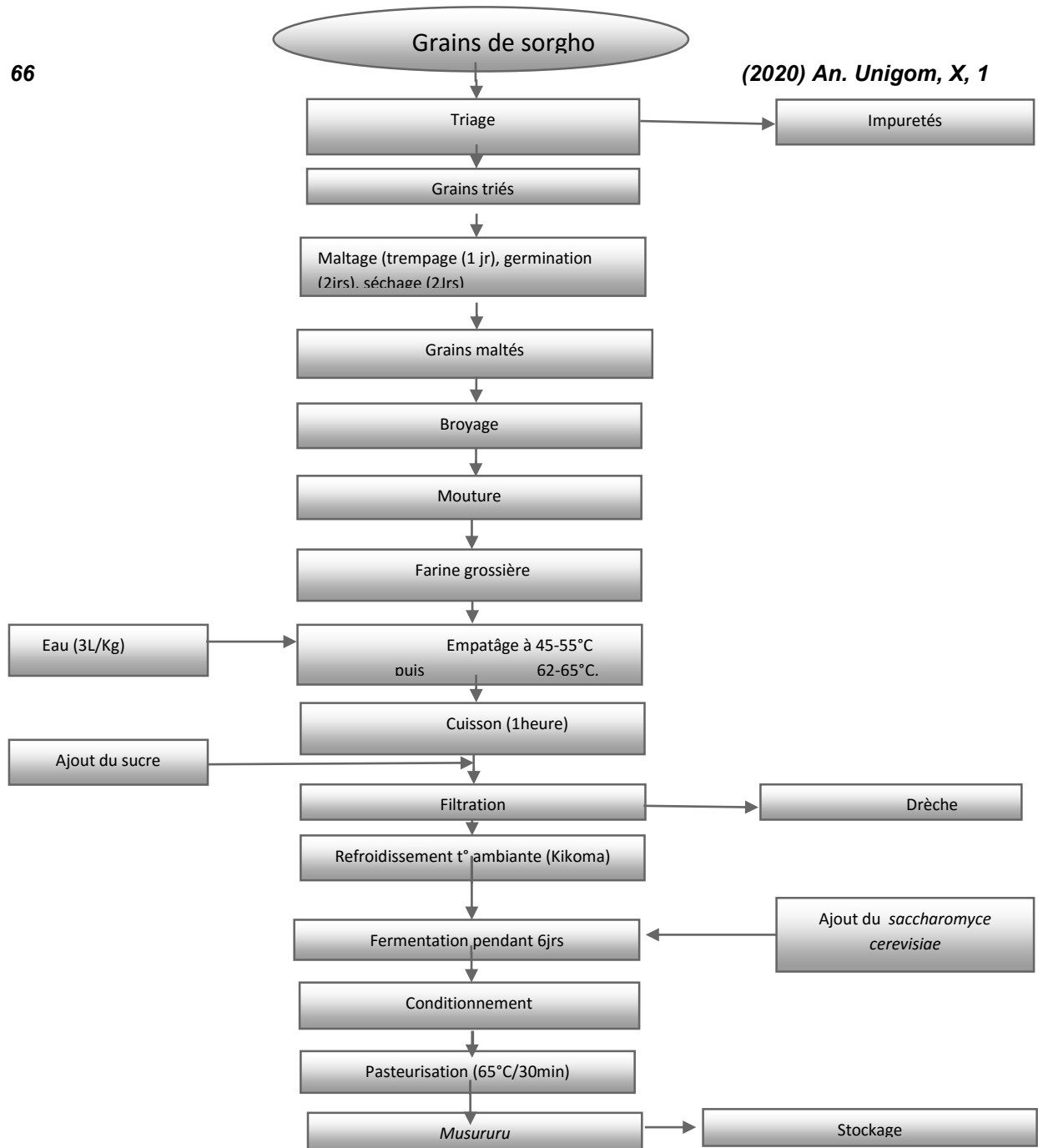


Figure 2 : Processus de fabrication de Musururu au laboratoire

Le maltage, le brassage et la fermentation constituent les principales étapes de la préparation de *Musururu*.

- **Maltage** : les grains de sorgho préalablement triés ont été trempés dans l'eau de robinet de proportion égale pendant 1 jour ; ensuite ils ont été étalés sur un sac, saupoudrés de cendre et recouverts d'un autre sac pour faciliter la germination, cette

dernière opération ayant duré deux jours. Lesdits grains ont été séchés au soleil pendant deux jours ; ont suivi enfin, après les avoir débarrassés de la cendre, la mouture de ces grains ainsi que l'obtention de la farine de sorgho.

- **Brassage** : Les grains de sorgho, débarrassés de la cendre, ont été moulus au préalable. L'empâtage s'est effectué dans une grosse casserole où la maische a été chauffée à différents paliers de température (55°C pendant 20 minutes pour permettre la production de protéases ; 65°C pendant 30 minutes pour permettre la production des β -amylase ; 75°C pendant 30 minutes pour permettre la production des α -amylase ; enfin 100°C pendant une heure pour permettre la destruction de toutes traces des microorganismes). Par la suite, le brassin a été refroidi et filtré avant d'être soumis à la fermentation.
- **Fermentation** : la fermentation de moût a été réalisée par la levure *Saccharomyces cerevisiae*. Les quantités de saccharose et de levure étaient respectivement de 30% et 3% du poids total du moût. Le dispositif de fermentation pour chaque traitement a été surmonté d'un système de barbotage afin de permettre l'évacuation du dioxyde de carbone indésirable. La fermentation a pris fin sept jours après et s'est manifestée par la disparition de gaz indésirable du barboteur (absence des bulles d'air).

La bière obtenue a été mise en bouteilles préalablement désinfectées à l'alcool éthylique et rincées systématiquement à l'eau chaude ; ensuite, elle a été pasteurisée (chauffée au bain-marie à 65°C pendant une heure pour détruire toutes traces de levure et de microorganisme) et gardée au laboratoire pendant treize jours à la température ambiante.

2.3. Analyse de « *Musururu* » au laboratoire

Trois échantillons de la boisson *Musururu* ont été analysés. Le premier a été prélevé auprès d'une brasserie du quartier Nyabushongo en date du 28 mai 2017. Cet échantillon a été étiqueté, mis en glacière et acheminé au laboratoire ; les deux autres ont été préparés au laboratoire.

2.3.1. Analyses Physico-chimiques

Le pH a été mesuré par le pH-mètre de paillasse de la marque Mettler Toledo étalonné au préalable par deux solutions tampons, l'une à pH = 4 et l'autre à pH = 7. La détermination du degré °Brix a été faite à l'aide d'un réfractomètre de la marque ATAGO. Le degré alcoolique et la densité du produit ont été obtenus par pycnométrie. Les acidités acétique et tartrique ont été déterminés par la méthode alcali-potentiométrique à l'aide d'une solution de soude 0,1 N en présence de la phénolphthaléine.

2.3.2. Analyses microbiologiques

La qualité microbiologique du *Musururu* fabriqué a été appréciée en termes de niveau de contamination en : flore aérobie mésophile totale sur le Plant count Agar, germes indicateurs de contamination fécale [coliformes totaux (sur le bouillon de Mac Conkey) et streptocoques fécaux (sur la gélose au sang frais)], levures et moisissures sur le Sabouraud, *Escherichia coli* et Salmonella sur le Mac Conkey agar, bactéries lactiques sur le Gélose de Man, Rogosa et Sharpe (M.R.S).

2.3.3. Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R. Une analyse de la variance au seuil de 0,05 ainsi que le test T de Student, ont été effectués à cet effet.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1.1. Points critiques relevés au cours de la production du « *Musururu* »

L'hygiène : les supports utilisés ne sont pas propres, les activités se déroulent en plein air dans un environnement mal entretenu exposant le produit aux intempéries, microbes et prédateurs, entraînant des risques de prévalence des contaminants et surtout de mycotoxines (aflatoxines, fumonisines, etc.).

L'hygiène est la première règle qui assure la qualité microbiologique des aliments. Elle a comme effets la protection de la santé du consommateur, la réduction des défauts de fabrication, l'amélioration de la rentabilité à la transformation et l'amélioration de la qualité des produits finis. Elle est donc incontournable pour maîtriser ce point critique.

Le Maltage : la durée de trempage des graines de sorgho dans l'eau est très courte (6h seulement). Pourtant, le trempage fournit au grain l'eau et l'oxygène nécessaire à la germination. La durée de trempage pourrait aller à 72h selon Chevassus-Agnès et al. (1979). Selon Ballegou (2014) et Ogbonna (et al., 2004), les grains trempés doivent atteindre le taux d'humidité de 35 à 45%. Pour maîtriser ce point critique, le prolongement de la durée de trempage est nécessaire pour le développement d'un grand nombre d'enzymes aptes à hydrolyser les protéines et à dégrader l'amidon.

Le brassage : La saccharification incomplète de l'amidon, impliquant l'obtention des extraits peu fermentescibles (Taylor et al., 2006) serait attribuée au faible pouvoir diastasique endogène (activités $\alpha\beta$ -amylases) des grains de sorgho et à ses parois cellulaires insuffisamment dégradées pendant la germination (Etokakpan et al., 1990) et empêchant un

ramollissement de l'endosperme et une digestion optimale des amidons faiblement dispersés.

Selon Agu et al. (1998) et Ogul et al. (2006), lors du brassage du sorgho à 65 °C, le fait que l'hydrolyse de l'amidon ne soit pas complète n'est pas forcément un problème d'insuffisance d'activité enzymatique, mais serait plutôt causé par les facteurs affectant l'empesage de l'amidon.

Le respect des paliers de température pour la production des différentes enzymes et l'ajout du sucre fermentescible dans le moût s'avèrent nécessaires pour maîtriser ce point critique.

Fermentation : elle constitue un point critique dans la production du « *Musururu* » car elle est réalisée par un levain dénommé « *Umusemburo* » issu du brassin précédent et dont on ne connaît pas la nature réelle des germes qui s'y développent. Or, selon Clerck, 1980, une vraie fermentation alcoolique doit être conduite par un ferment sélectionné pour son aptitude fermentaire et aromatique. L'utilisation de ferment sélectionné *Saccharomyce cerevisiae* à la place du ferment traditionnel « *umusemburo* » peut permettre à maîtriser ce point critique et améliorer ainsi la qualité de ladite boisson.

3.2. Analyses physico-chimiques et microbiologiques

3.2.1 Evaluation des paramètres physico-chimiques au cours de la conservation de boissons « Musururu » locale et améliorée

Le tableau 2 ci-après présente l'évolution de différents paramètres physico-chimiques de chaque boisson au temps initial (t=0) et après 13 jours de conservation.

Tableau 2: Evaluation de différents paramètres physico-chimiques de chaque boisson selon le temps de conservation

Echantillons	Temp s (jours)	pH	Densité	Teneur en alcool (% vol)	Acidité acétique (g/l)	Acidité tartrique (g/l)	°Brix
E1	00	3,804±0,14	2,003±0,13	3,97±0,1	0,9±0,02	6,4±0,45a	10,4±0,7a
	13	7a	a	1a	a	5,02±0,15	10,4±0,7a
		3,002±0,14 b	2,002±0,14 a	3,02±0,1 4b	1,68±0,9 b	b	
E2	00	4,009±0,14	1,904±0,16	3,77±0,1	1,3±0,28	6,36±0,08	12,78±0,7
	13	7a	4a	1a	a	1a	2a
		4,006±0,05 7a	1,903±0,12 a	3,76±0,1 5a	1,33±0,2 7a	6,34±0,32 9a	12,77±0,0 9a
E3	00	4,923±0,25	1,804±0,15	4,08±0,1	1,27±0,0	6,99±0,89	13±1,41a
	13	a	a	1a	2a	a	13±1,21a
		4,925±0,22 a	1,801±0,12 a	4,09±0,3 1a	1,26±0,0 6a	6,98±0,35 a	

Les valeurs moyennes suivies de la même lettre dans une même colonne et pour le même échantillon ne sont significativement différentes à un seuil de 5%. E1 : *Musururu* local obtenu auprès de fabricant, E2: *Musururu* obtenu par ajout de 3% de la levure *Saccharomyces cerevisiae*, 30% de saccharose puis stabilisé par une pasteurisation normale ; E3 : *Musururu* obtenu par ajout de 3% de la levure *Saccharomyce cerevisiae*, 25% de saccharose puis stabilisé par une pasteurisation normale.

Pendant que les paramètres des boissons non améliorées sont significativement différents au fil du temps, tel n'est pas le cas pour les boissons améliorées.

Le taux d'alcool est passé de 3,97 à 3,02 pour l'échantillon 1. Après fermentation, la boisson alcoolique subit des transformations si aucun traitement de stabilisation n'est fait (Konfo, 2016). Ainsi, l'éthanol contenu dans la bière se transforme en acide acétique (Renouf, 2013) et le pH diminue (Hervé et al., 2008). Le pH est passé de 3,804 à 3,002 et par conséquent l'acidité acétique a augmenté de $0,91\pm 0,02$ à $1,68\pm 0,29$. Cependant, on peut noter que malgré cette diminution, le taux d'alcool est resté dans les deux limites recommandées pour une bière alcoolique qui varient entre 3,5 et 7% vol (Andrews et al., 2013).

L'acidité tartrique a diminué de $6,4\pm 0,45$ à $5,02\pm 0,15$. Cette dernière s'est transformée en acide acétique sous l'action des bactéries lactiques du genre lactobacille (Hervé, 2008). Le taux d'alcool est élevé dans les boissons améliorées. En effet, selon Bourgeois (1998), le degré alcoolique d'une boisson dépend de la concentration en sucre du moût après le brassage ainsi que la durée de maltage. Pour Moll (1991), le degré alcoolique d'un produit dépend de la quantité du sucre fermentescible utilisée par le ferment lors de la fermentation et de la qualité de ferment utilisé. Les boissons améliorées ont subi une fermentation contrôlée avec une souche sélectionnée de *Saccharomyce cerevisiae* tandis que pour l'échantillon témoin, un ferment traditionnel qui n'est pas efficace a été utilisé.

3.2.2. Evaluation des paramètres microbiologiques au cours de la conservation de boisson « Musururu » locale et améliorée

Le tableau 3 ci-après présente les différents germes détectés dans chaque boisson au cours de la conservation.

Tableau 3: Evolution de différents germes dans chaque boisson au cours de la conservation

Echantillon	Temps	FAMT (UFC)/ml	Salmonella (UFC/ml)	<i>E.coli</i> (UFC/ml)	Streptocoques fécaux par ml	Coliformes totaux par ml	Bactéries lactique (UFC/ml)	Levures et moisissures (UFC/ml)
E1	00	1970±70,7a	00±0,0	00±0,0	00±0,0	00±0,0	1720±31,11a	2030±7,07a
	13	2360±70,7b	00±0,0	00±0,0	00±0,0	00±0,0	2060±21,21b	2940±28,28b
E2	00	470±28,28a	00±0,0	00±0,0	00±0,0	00±0,0	00±0,0	370±14,14a
	13	630±21,21b	00±0,0	00±0,0	00±0,0	00±0,0	00±0,0	410±14,14b
E3	00	450±14,14a	00±0,0	00±0,0	00±0,0	00±0,0	00±0,0	370±14,14a
	13	475±7,07b	00±0,0	00±0,0	00±0,0	00±0,0	00±0,0	390±21,21b

E1 : *Musururu* obtenu auprès de fabricant, E2 : *Musururu* obtenu par ajout de 3% de la levure *Saccharomyces cerevisiae*, 30% de saccharose puis stabilisé par une pasteurisation normale ; E3 : *Musururu* obtenu par ajout de 3% de la levure *Saccharomyces cerevisiae*, 25% de saccharose puis stabilisé par une pasteurisation normale ; FAMT : Flore aérobie mésophile totale, UFC : unité formant colonie. Les valeurs moyennes suivies de la même lettre dans une même colonne et pour le même échantillon ne sont pas significativement différentes à un seuil de 5%.

Aucun germe n'a été typique de *Salmonella*, de *E.coli* ni des germes de la contamination fécale. La FAMT a été en grande quantité dans l'échantillon témoin par rapport aux deux autres échantillons mais comme elle a été inférieure à 10^4 ufc/ml, ce qui indique que le risque pour la santé du consommateur n'est pas trop élevé (Gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg, 2015). Les bactéries lactiques, les levures et les moisissures ne sont présentes que dans l'échantillon1.

De par son acidité, son anaérobiose et sa pression, la bière n'est pas un milieu propice au développement des germes pathogènes (Mol, 1991). L'acidification progressive de *Musururu* favorise l'élimination naturelle des germes pathogènes du produit de sorte à obtenir après quelques jours de production, une boisson plus saine à partir d'un produit de base très contaminé (Soma, 2014). Cette absence de pathogènes (*E.coli*, *Salmonella*) et de la flore indicatrice de la pollution fécale (Coliformes fécaux et totaux) confère au produit une qualité acceptable.

Certains auteurs mentionnent la présence des bactéries lactiques dans les boissons traditionnelles africaines à base des céréales (Coulybali et al., 2014). Ces bactéries feraient partie du milieu naturel du ferment. Ces bactéries lactiques participent à la fermentation alcoolique, à l'hydrolyse importante des sucres non fermentescibles (Aka et al., 2008). La conséquence de cette consommation des sucres est la réduction de l'extrait sec et la densité de *Musururu*. La pasteurisation qu'ont subie les boissons améliorées a éliminé les bactéries lactiques. En effet, ce traitement thermique entraîne une destruction sélective de la flore microbienne présente dans l'aliment (Nout, 2003).

Néanmoins, bien que les caractéristiques physico chimiques et microbiologiques soient améliorées, la pasteurisation a éliminé l'effervescence caractéristique de la bière en détruisant les levures actives (Novellie et al., 1986).

Il s'est remarqué aussi une augmentation inacceptable de la viscosité de la bière. D'après Agu (et al., 1999), cela se justifierait par la présence d'énormes quantités de β -glucanes dans le mout due à la faible activité β -glucanasique). Et d'après (Woodward et al., 1982), la température optimale de la β -glucanase (37 °C pour la forme I et 45 °C pour la forme II) inférieure aux températures de brassage, réduit fortement l'activité de cette enzyme pendant le brassage, laquelle activité avait déjà été réduite pendant le séchage.

4. CONCLUSION

Le présent travail avait pour objectif l'amélioration de la boisson traditionnelle « *Musururu* » fabriquée traditionnellement.

L'hygiène inadéquate, la courte durée de maltage, la saccharification incomplète du moût et l'usage d'un ferment indigène constituaient les différents points critiques relevés dans la technologie de préparation de *Musururu*. L'amélioration de cette boisson a été faite en tenant compte de ces points critiques.

Les paramètres physico-chimiques très instables au fil du temps pour les boissons préparées traditionnellement se sont stabilisés après amélioration du processus de préparation.

Toutes les boissons ont été exemptes de Salmonelles, de *Escherichia coli* et des germes de la contamination fécale ; la flore aérobie mésophile totale, bien qu'elle soit élevée dans la boisson non améliorée, est inférieure à 10000, ce qui indique qu'il n'y a pas risque pour la santé du consommateur. Cependant, la présence des bactéries lactiques contribue à la détérioration de ces bières en produisant de l'acide acétique, volatil, de mauvais goûts, à odeurs fruitées et qui rend le goût, l'odeur et la texture de la bière inacceptable pour les consommateurs.

L'ajout du sucre et de la levure ont été très efficaces dans l'amélioration de la boisson *Musururu*.

Une étude approfondie sur les différentes réactions biochimiques dans le processus de fabrication de *Musururu* et surtout pendant la pasteurisation, le prolongement de la durée de conservation au-delà de treize jours suivi des analyses au laboratoire, le recours aux staters de fermentation efficaces devraient être envisagés pour améliorer ladite boisson.

5. BIBLIOGRAPHIE

- AGU R.C. and PALMER G.H.(1998). *A reassessment of sorghum for lager-beer brewing*. Bioresour. Technol., 66, 253-261.
- AGU R.C. and PALMER G.H. (1999). *Comparative development of soluble nitrogen in the malts of barley and sorghum*. Process Biochem., 35, 497-502.
- AKA.S., DJENI, N.T, N'SUGESSAN, K.F., YAO, K.C et DJP, K. (2008). "Variabilité des propriétés physico-chimiques et dénombrement de la flore fermentaire du tchapolo une bière traditionnelle de sorgho en Côte d'Ivoire. Afrique science ». *Revue internationale des sciences et technologie*.

- ANDREWS et al. (2013). *Etude de modifications proposées à la norme d'identité de la bière du Canada*.
- BALLEGOU (2014). « Amélioration du procédé traditionnel de maltage du sorgho (*Sorghum bicolor*) pour la production du *chakpalo*. Afrique science ». *Revue internationale des sciences et technologie*.
- BOURGOIS, C. (1998). *La bière et la brasserie*, Presses Universitaires de France, Paris.
- BWANGANGA. T, KHADY, BA, JACQUELINE. D, POUL. M, FRANÇOIS B. (2013). *Vers une intégration du sorgho comme matière première pour la brasserie moderne*. Université de liège, Gemblaux Agro-Biotechnologie. (Belgique).
- CE-ASEAN (2005). *Ligne directrice sur les HACCP, les bonnes pratiques des fabrications et les bonnes pratiques d'hygiène pour les petites et moyennes entreprises*.
- CHEVASSUS-AGNES S., FAVIER J.C. and JOSEPH A. (1979). *Traditional technology and nutritive value of Cameroon sorghum beers*. CAH Onarest 2, 83-112.
- CLERK (1980). *Cours de brasserie : Matières premières, fabrication et installation*. 2^e édition, vol 1.
- COULIBALY W.H. (2013). *Etude comparative de procédé traditionnels de préparation d'une bière appelée « tchapalo » 2^{ème} journée annuelle de la SOACHIM, DAKAR-Sénégal*.
- COULIBALY W.H., N'GUESSAN, K.F, COULIBALY.I. Djè K.M et THONART P. (2014). *Les levures et les bactéries lactiques impliquées dans la bière traditionnelle à base de sorgho produite en Afrique subsaharienne*. (Synthèse bibliographiques. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement).
- ETOKAKPAN O.U. and PALMER G.H. (1990). “Comparative studies of the development of endosperm-degrading enzymes in malting sorghum and barley”. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 6(4), 408-417.
- FRANCOIS, KAMALIZA, G., BAJYANA, E et THANART, P.H, 2010. “Microbiological and physico-chemical characteristic of Rwandese beer “Ikigage”. *African Journal of Biotechnology*, 9(27). 4241-4246.
- Gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg (2015). *Critère microbiologique applicable aux denrées alimentaire, ligne directrices pour l'interprétation*. Luxembourg, 7A rue Thomas EdisonL-1445,57p.
- HERVEA. (2008). *Les bactéries lactiques en œnologie*, Lavoisier /Tec et doc 172 p.
- KONFO. (2016). *Pratiques endogènes de production et efficacité d'extraits des plantes aromatiques dans la stabilition du « Tchakpalo » une bière de sorgho*, au Benin. Université d'Abomey-Calava (Benin).
- KUTPACRIPOJ., PARAWIRA W., TINOFA J.S., KOUDITA, I. et NDENGU C. (2009). “Investigation of shelf-life extension of sorghum beer (chibuku) by removing the

- second conversion of malt”. *International journal of food microbiology*, volume 129, Issue 3, 271-276p.
- LOUISE A, POUL K, AKANZA et MARBOUA (2007). “Bien cultive le sorgho en Afrique subsaharienne”. *Afrique science. Revue internationale des sciences et technologie*.
 - MAOURA, MBAILOU, CLAUDE et JACQUE (2007). « Suivi technique analytique et microbiologique de la « bilibili » bière traditionnelle tchadienne ». *Afrique science. Revue internationale des sciences et technique*.
 - MOLL T., TEBB G., SURANA, ROBISTSCH et NASMYTH (1991). “The role of phosphorylation and the CDC28 protein Kinase in cell cycle-regulated nuclear import of the *S. cerevisiae* transcription factor 8w15”. *Cell*, 66(4), 743-758.
 - NOUT R. (2003). « Les aliments, transformation, conservation et qualité ». *Afrique science. Revue internationale des sciences et technologie*.
 - NOVELLIE, L et SCHAEPPDRYVER. P. (1986). *Modern developments in traditional African beers progress in industrial microbiology*.
 - OGBONNA A.C., OBI S.K.C. and OKOLO B.N. (2004). “Optimization of proteolytic activities in malting sorghum”. *Process Biochem.*, 39, 711-716.
 - OGUL E.O., ODIBO F.J.C., AGU R.C. and PALMER G.H. (2006). “Quality assessment of different sorghum varieties for their brewing potential”. *J. Inst. Brew.*, 112(2), 117-121.
 - RENOUF (2003). *Les fermentations malolactiques dans les vins, Mécanismes et applications pratiques*, Lavoisier/ Tec et Doc. 223P
 - RAEMAEEKERS R. (2001). *Agriculture en Afrique tropicale* ; DGO ; Bruxelles ; Belgique, P.1634.
 - SOMA. (2014). Utilisation de culture de *Lactobacillus fermentum* dans la technologie du Zoom-Komm, une boisson locale à base de mil (*Penisetum Glaucum*) pour améliorer sa qualité nutritionnelle, sanitaire et organoleptique. Mémoire one line.
 - TAYLOR J.R.N., SCHOBER T.J. and BEAN S.R. (2006). “Novel food and non-food uses for sorghum and millets”. *J. Cereal Sci.*, 44, 252-271.
 - WOODWARD J.R. and FINCHER G.B. (1982). “Substrate specificities and kinetic properties of two (1-3), (1-4)-D-Glucan endohydrolyase from germinating barley”. *Carbohydr. Res.*, 106, 111-122.