

## Etude socio-économique et technologique de fabrication des boulettes de céréales pour la production d'une boisson fermentée de type probiotique consommée au Bénin

### [ Socio-economic and technological study of manufacture of the pellets of cereals for the production of a fermented drink of probiotic type consumed in Benin ]

Célestin C. K. Tchekessi<sup>1</sup>, Innocent Yaou Bokossa<sup>1</sup>, Giresse J. F. Hounkpatin<sup>1</sup>, Jultesse Banon<sup>1</sup>, Nadège Adigun<sup>1</sup>, Pivot Sachi<sup>1</sup>, and Clément Agbangla<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Microbiologie et des Technologies Alimentaires (LA.MI.T.A),  
Département de Biologie Végétale,  
Faculté des Sciences et Techniques (FAST) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC), 04BP 1107 Cotonou, Bénin

<sup>2</sup>Laboratoire de Génétique et des Biotechnologies, Université d'Abomey-Calavi (UAC),  
BP526, Commune d'Abomey-Calavi, Bénin

---

Copyright © 2014 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The pellets are foodstuffs obtained by manual taxiing of cereals flours mixed with water. After steam cooking, pellets are then mixed with a fermented milk to give a beverage called dèguè. The aim of this study is to finalize a technology of production of pellets with the cereals flours in order to making them available to manufacturers of dèguè and for others applications. For that, a survey was conducted in the municipalities of Abomey-Calavi, Cotonou and Porto-Novo. These municipalities are considered as the areas of high production and consumption of dèguè in Benin. The results of this survey show that the technology of the pellets production is dependent on empirical knowledge of producers. These are the same producers of pellets preparing dèguè. So, there aren't producers which specialized solely in the pellets production. According to the producers surveyed, the original technology is only based on millet. Statistical analysis showed that there is no significant difference at 5% between the technologies of production used in the three municipalities. However, a solar drying of pellets during 28hours is effective for the conservation for three months. Microbiological characteristics reveal the absence of Salmonella, *Staphylococcus aureus*, coliforms and lactic acid bacteria. Regarding physico-chemical parameters there is no significant difference between pH, dry matter of pellets varieties contrary to proteins rate, total sugars and lipids. Sorghum pellets contain more protein (10.10%) and energy (145.74Kcal/100g). Sensory analysis showed that 76.6% of tasters have more appreciated pellets dried of sorghum than the other types.

**KEYWORDS:** Pellets, cereals, technology, drying, conservation.

**RESUME:** Les boulettes sont des aliments obtenus par roulage manuel de farines des céréales mélangées avec l'eau. Après une cuisson à la vapeur, les boulettes sont mélangées au lait fermenté pour donner une boisson appelée dèguè. Cette étude vise à mettre au point une technologie de production des boulettes à base de farines de céréales afin de les rendre disponibles aux fabricants de dèguè et pour d'autres applications. Pour cela une enquête a été réalisée dans les communes d'Abomey-Calavi, de Cotonou et de Porto-Novo considérées comme des zones de forte production et consommation de dèguè au Bénin. Les résultats de cette enquête montrent que la technologie de production des boulettes est tributaire des connaissances empiriques des productrices. Ce sont ces mêmes productrices qui préparent dèguè. Il n'y a donc pas de productrices spécialisées uniquement dans la production des boulettes. Selon les productrices enquêtées, la technologie originelle est uniquement à base de mil. L'analyse statistique a montré qu'il n'y a aucune différence à 5% entre les technologies de production utilisées dans les trois communes. Cependant, le séchage solaire des boulettes pendant 28heures

est efficace pour la conservation sur trois mois. Les caractéristiques microbiologiques révèlent l'absence des salmonelles, *Staphylococcus aureus*, coliformes et des bactéries lactiques. Quant aux paramètres physico-chimiques, il n'y a pas de différence significative entre les pH, les matières sèches des variétés de boulettes contrairement aux taux de protéines, de sucres totaux et de lipides. Les boulettes de sorgho sont plus riches en protéine (10,10%) et en énergie (145,74Kcal/100g). L'analyse sensorielle a montré que 76,6% des dégustateurs ont plus apprécié les boulettes de sorgho séchées que les autres types de boulettes.

**MOTS-CLEFS:** Boulettes, céréales, technologie, séchage, conservation.

## **1 INTRODUCTION**

La transformation des céréales fait partie intégrante de l'artisanat alimentaire et de la vie socio-économique des peuples d'Afrique et en particulier ceux du Bénin. Il s'agit en effet des pratiques endogènes, transmises et pérennisées à travers l'éducation familiale ou le système traditionnel d'apprentissage. Ces pratiques furent progressivement intégrées et utilisées à plus grandes échelles dans les activités marchandes très actives dans la restauration en milieu urbain. Par ailleurs, l'alimentation de rue est sans nul doute aujourd'hui un des secteurs d'activité les plus pourvoyeurs d'emplois urbains dans les pays en voie de développement [1].

La référence [2] montre que le secteur de la transformation traditionnelle des denrées alimentaires joue un rôle stratégique dans la sécurité alimentaire nationale par la transformation des produits locaux ; l'approvisionnement alimentaire par la préparation d'aliments localement connus sur le plan culturel et l'emploi des femmes dont la transformation des aliments étant leur principale source de revenu dans les zones urbaines.

Au Bénin, d'après [3], les revenus journaliers générés par le commerce d'aliments de rue s'élevait à un montant compris entre 1.500 et 15.000 FCFA par vendeuse. Le style de vie contemporain est fort éloigné de ce qui se faisait par le passé. Ainsi, pressé par le temps, l'augmentation du nombre de personnes célibataires, de familles monoparentales et de femmes qui travaillent, a conduit à des changements profonds dans la préparation des aliments et des habitudes de consommation. Le secteur de l'alimentation de rue prend cependant une dimension toute particulière dans les centres urbains africains où l'urbanisation rapide et les difficultés économiques ont favorisé l'augmentation du nombre de vendeurs d'aliments sur la voie publique [4]. Cependant, c'est un secteur d'activités impliquant d'importantes sommes d'argent et est pourvoyeur d'emplois à une large proportion de la population, y compris des femmes et des familles entières [5].

D'après [4], la sécurité sanitaire des aliments de rue est cruciale. Ceci concerne les aliments en général et les aliments fermentés en particulier. Ce secteur a été défini par la FAO comme le secteur produisant des aliments et des boissons prêts à être consommés, préparés et/ou vendus par des vendeurs, spécialement dans les rues et dans les autres lieux publics similaires. Par ce canal, le système de restauration urbaine offre aussi bien des aliments traditionnels à base des produits locaux que des plats et des pratiques nouveaux ou améliorés, adaptés aux besoins et aux faibles revenus de nombreux résidents urbains.

Parmi ces produits, les céréales (maïs, mil, sorgho, riz) occupent une place de choix en raison de la large gamme d'aliments qu'elles permettent d'obtenir. Ces céréales sont consommées sous forme de bouillie (koko, akui, akuiyonou), de pâte (tö, owo, makumè, kafa, akassa), de boulettes (yèkè-yèkè, ciéré, wassa-wassa, attiékè, arraw), de boisson (chapkalo, tchoukoutou ou burkutu, dolo) ou de galettes, qui constituent les plats coutumiers des populations [6]. Ces produits céréaliers apportent dans la ration alimentaire l'énergie nécessaire et certaines protéines.

Les boulettes sont des produits céréaliers obtenus par roulage manuels de la farine et d'eau. Elles sont cuites à la vapeur et ensuite mélangé au lait fermenté ; cela constitue une boisson très énergétique appelée dans la région Ouest africaine dèguè. Dèguè est obtenu à partir du lait de vache ou du lait en poudre fermenté mélangé aux boulettes de farine de céréales ; c'est une boisson largement consommée au Bénin. Elle est préparée et vendue, tous les jours, à l'état frais, aux abords des voies, à proximité des zones d'activités, dans les marchés et super marchés par les petites unités de production [7]. Autrefois, dèguè se consomme au cours des fêtes religieuses chez les musulmans. Par exemple, lors de la rupture du carême ou pendant la fête de tabaski. Depuis quelques temps, cette boisson traditionnelle est devenue un produit de grande consommation. Cependant, la production des boulettes, une étape indispensable dans la production de dèguè, comporte plusieurs opérations unitaires pénibles. Ce qui ne permet pas aux producteurs de produire dèguè en quantité suffisante pour couvrir les besoins réels de la demande sans cesse croissante des consommateurs. C'est donc pour faire de la production des boulettes une unité à part entière dans la production de dèguè afin de faciliter la tâche aux producteurs que la présente étude

est initiée. L'objectif de cette étude est de mettre au point une technologie de production des boulettes à base des farines de céréales afin de les rendre disponibles aux fabricants de dèguè et pour d'autres applications.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 COLLECTTE DE MATERIEL

Le matériel végétal est constitué du mil (*Pennissetum glaucum*), du sorgho (*Sorghum bicolor*) de couleur rouge et du maïs (*Zea mays L.*) de couleur blanche. Le matériel animal était le lait en poudre de marque LACSTAR d'origine irlandaise. Toutes ces matières premières ont été achetées au marché international Dantokpa au Bénin.

Le yaourt nature de marque Comtesse acheté à la pharmacie Togoudo à Abomey-Calavi a servi de matériel biologique. L'eau de la SONEB (Société Nationale des Eaux du Bénin) a été utilisée pour toutes les manipulations.

### 2.2 ENQUETE SOCIO-ECONOMIQUE DE LA PRODUCTION DES BOULETTES

L'enquête a été effectuée pour appréhender la technologie de production des boulettes ainsi que l'impact socio-économique de cette activité. Elle s'est déroulée sous forme d'entretien sur la base d'un questionnaire, et de l'observation des acteurs au travail. Elle a comporté trois phases principales à savoir : une phase exploratoire ; une phase de collecte des données ; une phase d'analyse des données selon la méthode décrite par [8].

#### 2.2.1 PHASE D'ECHANTILLONNAGE

Le nombre de productrices à enquêter est déterminé par la formule de Dagnelie [9]. Ainsi, la taille de l'échantillon obtenue est de 59 productrices. La répartition des enquêtées par commune est présentée dans le tableau 1 ci-après.

**Tableau 1. Répartition des enquêtées par Commune**

Communes	Nombre de femmes par Commune	Taux de sondage	Nombre d'enquêtés par Commune	Pourcentage d'enquêtés par Commune
Abomey-Calavi	334 003	0,40	24	40,68
Cotonou	353 590	0,43	25	42,37
Porto-Novo	138 733	0,17	10	16,95
Total	826 326	1	59	100

[10].

### 2.3 PHASE D'EXPERIMENTATIONS

Les travaux d'expérimentations ont consisté à la production de trois variétés de boulettes, dont les boulettes de maïs, de mil et du sorgho selon la technologie traditionnelle des productrices. Des échantillons ont été prélevés pour des analyses microbiologiques et physico-chimiques. Les différentes boulettes préparées ont subi un séchage solaire afin d'évaluer leurs aptitudes à la conservation après séchage.

#### 2.3.1 PRODUCTION DES BOULETTES

Les grains de céréales pesés, nettoyés (triés, tamisés) et lavés trois fois à l'eau de robinet ont été égouttés puis séchés pendant quarante-huit (48) heures sous les rayons solaires. Ensuite, ces grains propres et séchés ont été pesés de nouveau et moulus dans un moulin à disques de marque N°A PREMIER GRINPING avec une fréquence de 1760tours/min, sa puissance est de 25,50kwa afin d'obtenir les différentes farines. 1kg de farine a été divisé en trois parties égales. On prélève 2/3 de ladite farine que l'on mélange avec 700mL d'eau ; ensuite on malaxe bien et on obtient une pâte. Les boulettes se réalisent par roulage manuel en mélangeant petit à petit le 1/3 restant à la pâte et en tournant régulièrement pendant 5 à 10 minutes. Les boulettes formées sont enfin cuites à la vapeur pendant 15 à 20 minutes. Après refroidissement, elles sont prêtes pour l'emploi.

### **2.3.2 SECHAGE DES BOULETTES ET RECONSTITUTION DES BOULETTES SECHES**

Les boulettes précédemment cuites sont séchées au soleil en vue d'évaluer leurs aptitudes à la conservation par réduction de la teneur en eau. Ainsi, trois lots constitués chacun de quatre échantillons de boulettes sont séchés au soleil à des durées différentes. Les trois lots de boulettes sont séchés respectivement pendant 0h, 7h, 14h, 21h et 28h au soleil. Puis ensuite il a été dénombré le nombre de jours où les boulettes restent intactes sans détériorations des caractéristiques organoleptiques (noircissement, aspect gluant, fermentation). Les boulettes séchées sont conditionnées et stockées dans des sachets bien sellés.

La reconstitution des boulettes été faite par aspersion des boulettes sèches d'eau à la température ambiante et laissées au repos pendant 5min afin de faciliter la cuisson. Les granules humidifiées sont cuites à la vapeur pendant 20min et laissées refroidir. On obtient ainsi des boulettes reconstituées prêtes à être mélangées au lait fermenté pour la préparation de dèguè.

### **2.4 ANALYSES MICROBIOLOGIQUES**

Les analyses microbiologiques ont consisté au dénombrement de la flore mésophile totale [11] sur PCA (Oxoid CM 0463), des levures et moisissures [12] sur Sabouraud Dextrose Agar (Oxoid CM 0041) au choramphénicol (0,05g /l), des bactéries lactiques [13] sur MRS-Agar (Oxoid CM 0361), des coliformes totaux [14] et thermotolérants [15] sur VRBA (Oxoid CM 0107), des *staphylocoques auréus* [16] sur Gélose de Baird-Parker (BP OXOID CM 0275) au jaune d'œuf et au tellurite de potassium et des salmonelles [17] sur SS Agar (Oxoid CM 0099). Les analyses microbiologiques ont été réalisées en trois répétitions sur chaque échantillon.

### **2.5 ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES**

Les analyses physico-chimiques ont été faites afin de connaître le pH, les teneurs en eau, en cendres, en protéines brutes, en glucides, en lipides et en fer des échantillons. Ainsi, la teneur en eau et le taux de matière sèche ont été déterminés par la méthode [18], à partir de 5g de produit, par dessiccation et par pesée différentielle. La teneur en cendres a été déterminée à partir de la matière sèche par calcination à 550°C pendant 12heures. La teneur en protéines brutes (N x 6,25) a été déterminée par la micro méthode de Kjeldahl. Le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre à sonde électronique préalablement étalonné avec des solutions tampons de pH 7 et pH 4 à la température de 28°C. Cette mesure a été prise sur 25 mL de l'échantillon. Le fer a été dosé par spectrophotométrie d'absorption atomique et les sucres totaux par la méthode de [19]. Les matières grasses ont été dosées par la méthode classique «Soxhlet» à l'aide d'un équipement DET-GRAS N qui fonctionne par chauffage électrique et qui est un extracteur de graisses par solvant.

### **2.6 DETERMINATION DE LA VALEUR ENERGETIQUE DES BOULETTES**

La valeur énergétique d'un composé alimentaire est la somme des produits de chaque aliment majeur (glucides, protéines, lipides) et son coefficient thermique d'atwater correspondant [20]. Ainsi, la valeur énergétique (VE) pour 100g de boulettes est alors obtenue par la formule:  $VE (Kcal) = Protéines (\%) \times 4 + glucides (\%) \times 4 + lipides (\%) \times 9$ .

### **2.7 EVALUATION SENSORIELLE**

L'analyse sensorielle a été effectuée pour évaluer les différentes caractéristiques organoleptiques des variétés de boulettes séchées et non séchées. Les caractères appréciés sont: la couleur, le goût, l'arôme (l'odeur), la texture et l'acceptabilité globale sur une échelle de 1 à 9 avec 1 = extrêmement désagréable, 5 = identique à l'échantillon de référence et 9 = extrêmement agréable [21]. Un panel de dégustateurs de 33 personnes choisies au hasard et formées pour la circonstance a été constitué.

### **2.8 ANALYSE STATISTIQUE**

Les données collectées sur le terrain et les résultats d'analyse de laboratoire ont été insérées dans les logiciels tels que : Excel et SPSS 16.0. Le logiciel Excel a permis de tracer les graphes. Les proportions, les moyennes ainsi que les fréquences ont été déterminées par SPSS 16. Ce même logiciel a servi aux analyses de variance et les tests de comparaison deux à deux de Tukey. Le niveau de signification des tests est de 5% ( $P < 0,05$ ).

### 3 RESULTATS

#### 3.1 CARACTERISTIQUES SOCIO-ECONOMIQUES DES PRODUCTRICES

Les figures 1 et 2 indiquent respectivement la tranche d'âge et le niveau d'instruction des productrices.

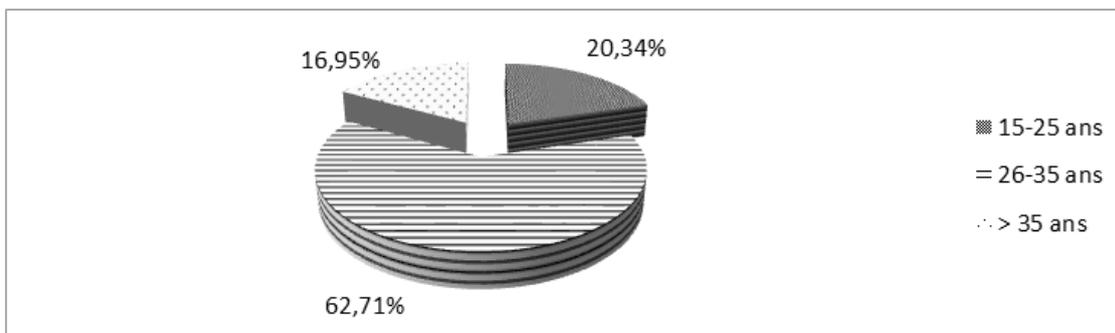


Fig. 1. Répartition des productrices par tranche d'âge

La plupart des productrices ont plus de 25 ans et sont non scolarisées. On remarque que plus de 50% de ces femmes n'ont jamais fait les études primaires. Le reste des femmes ont des niveaux diversifiés.

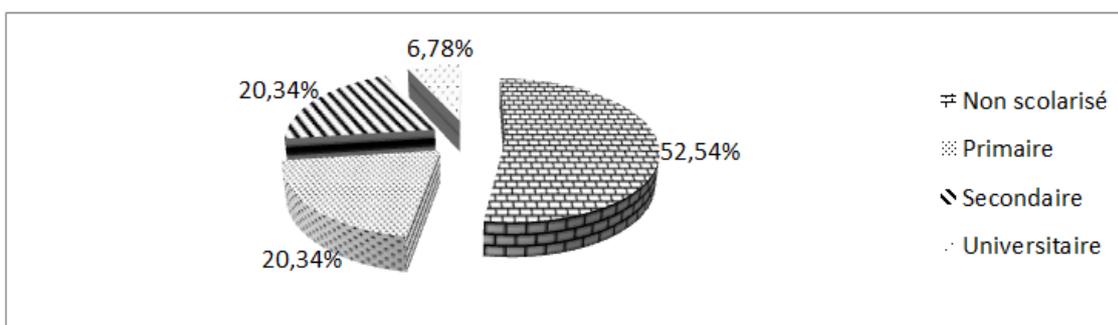


Fig. 2. Niveau d'instruction des productrices

#### 3.2 VARIETES DE BOULETTES PRODUITES ET CRITERES DE CHOIX

La quasi-totalité des femmes produisent des boulettes à base de mil. Cependant, certaines y ajoutent d'autres variétés de boulettes pour obtenir deux types de dégû. Ainsi 57,6% produisent en plus des boulettes à base de mil, des boulettes à base du couscous de blé alors que 11,9% des productrices font des boulettes à base du mélange riz et mil. Plusieurs considérations motivent le choix des variétés de boulettes par les productrices. Ces choix sont entre autres en fonction de l'habitude alimentaire des populations, du goût, de la consistance et du désir des consommateurs. La figure 3 présente les raisons du choix des variétés de boulettes.

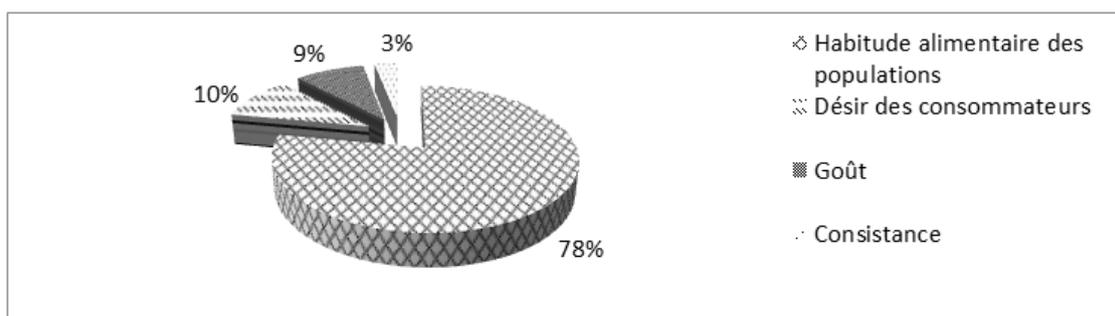


Fig. 3. Raisons du choix des variétés de boulettes produites

### 3.3 FREQUENCE DE PRODUCTION ET CONTRAINTES LIEES A LA PRODUCTION DES BOULETTES

Dans le but de maximiser le profit et de satisfaire la clientèle, les productrices travaillent tous les jours. 86,4% affirment qu'elles fabriquent les boulettes du lundi au samedi, seulement 22% produisent tous les jours de la semaine y compris les dimanches. La préparation de boulettes est un travail pénible pour les productrices car elle est essentiellement manuelle et fastidieuse. Les enquêtées avouent unanimement que l'obtention des boulettes constitue l'étape la plus importante et que si cette étape est ratée toute la production de dèguè est ratée. 81,4 % des productrices affirment que l'opération unitaire la plus difficile lors de la fabrication des boulettes est le roulage, tandis que le reste des productrices trouvent que cette difficulté réside dans le nettoyage des grains de céréale et le malaxage.

### 3.4 TECHNOLOGIE DE PRODUCTION DES BOULETTES

La production des boulettes est une succession d'opérations unitaires allant du nettoyage des grains à la cuisson des boulettes. Elle reste traditionnelle et le savoir-faire se transmet de mère en fille et de génération à génération. Ceci concorde bien avec le fait que 77% des productrices affirment avoir hérité cette technologie directement d'un parent. Ces résultats confirment que la technologie de production des boulettes est tributaire des connaissances empiriques des productrices. La figure 4 présente la répartition des productrices par origine d'acquisition de la technologie.

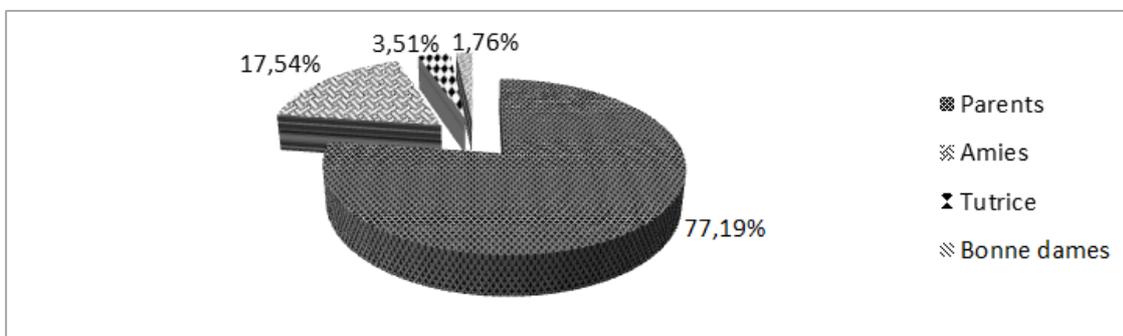


Fig. 4. Répartition des productrices de boulettes par origine d'acquisition de la technologie

L'analyse statistique des paramètres technologiques est résumée dans le tableau 2.

Tableau 2. Comparaison des paramètres technologiques de la production des boulettes

Paramètres	Communes		
	Abomey-Calavi	Cotonou	Porto-Novo
Durée de séchage des grains (heures)	37,00± 14,97 <sup>a</sup>	38,50 ± 11,18 <sup>a</sup>	37,20± 10,51 <sup>a</sup>
Temps de cuisson (heures)	20,25 ± 6,10 <sup>b</sup>	20,41± 4,91 <sup>b</sup>	21,10± 3,87 <sup>b</sup>
Mode de cuisson	à vapeur	à vapeur	à vapeur

Les valeurs moyennes portant la même lettre sur la même ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Le schéma technologique de la figure 5 ci-dessous nous a permis de produire trois différents types de boulettes de céréales.

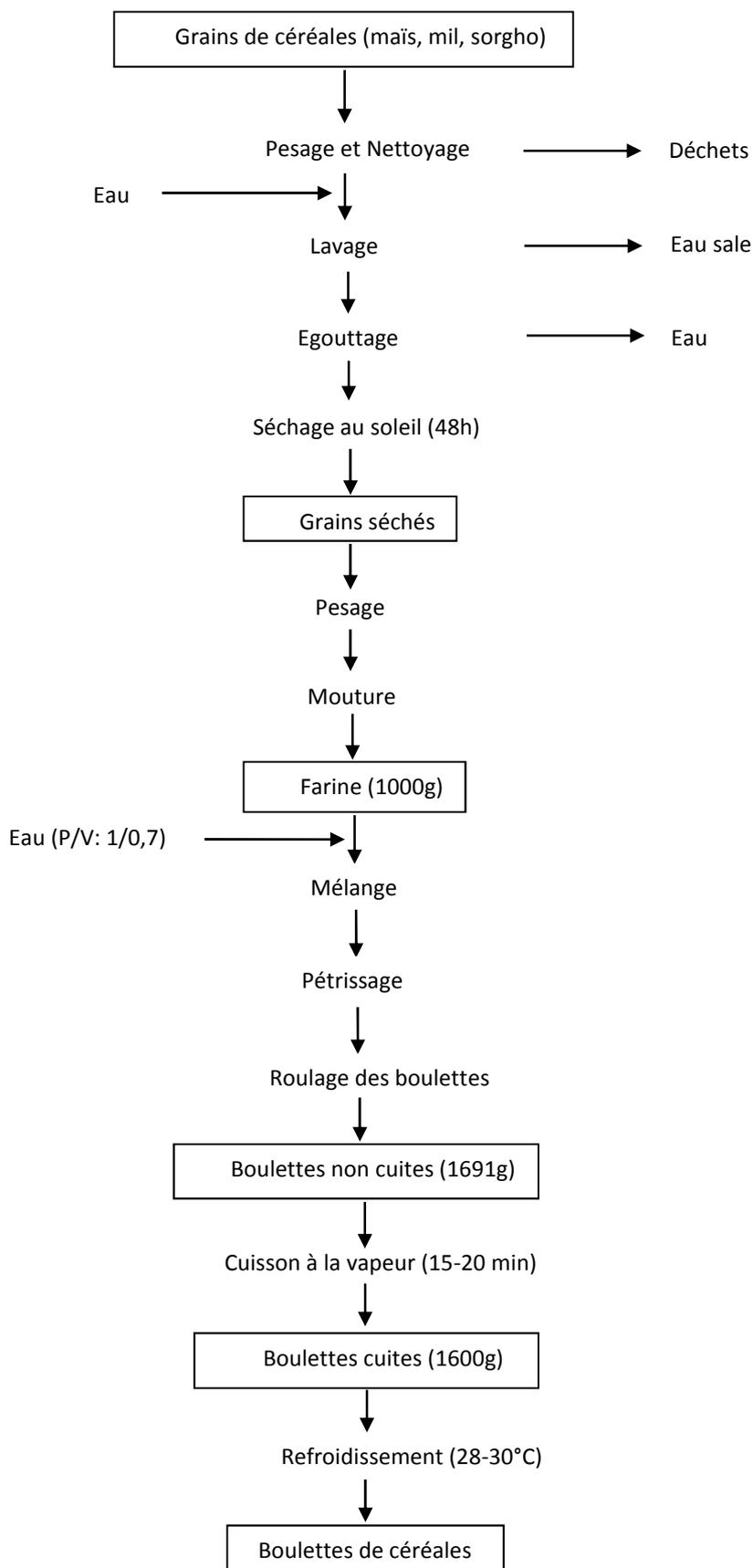


Fig. 5. Diagramme technologique de production des boulettes de céréales

### 3.5 UTILISATION ET COMMERCIALISATION DES BOULETTES

Les boulettes ne sont pas souvent consommées seul, elles sont mélangées avec du lait fermenté. Cette association boulette et lait fermenté donne une boisson traditionnelle appelée dèguè qui est beaucoup appréciée au Bénin et dans plusieurs pays de Afrique de l'Ouest.

### 3.6 CONSERVATION ET APTITUDE AU SECHAGE DES BOULETTES

La conservation des boulettes constitue l'épineux problème des productrices de dèguè. Cette situation les contraint à une production journalière. L'enquête a permis de faire une comparaison entre les durées de conservation moyennes obtenues dans les trois communes d'études. La figure 6 suivante présente la durée de conservation relevée dans trois différentes localités du Bénin.

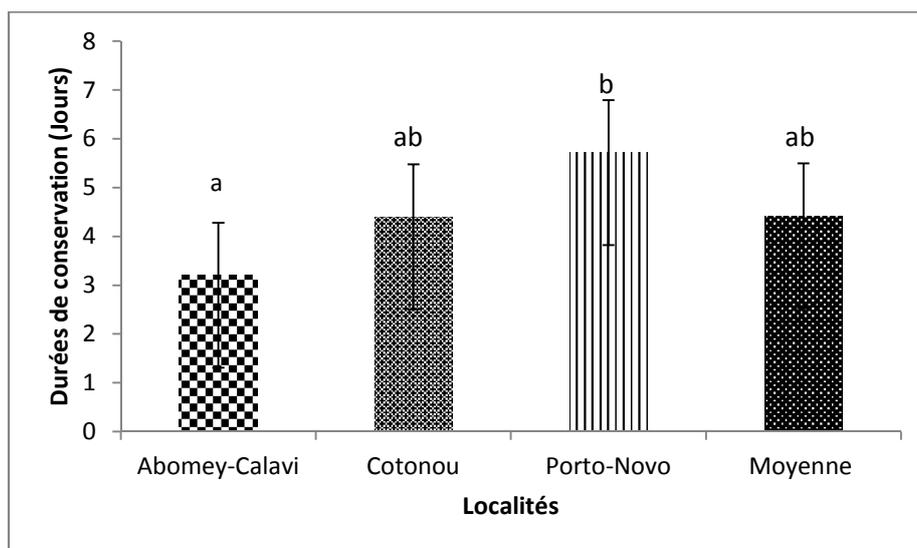


Fig. 6. Durées de conservation des boulettes en fonction de la localité

Les valeurs moyennes portant la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

L'analyse de cette figure montre que la durée de conservation moyenne dans l'ensemble des trois localités est d'environ 4 jours. Par ailleurs une possibilité de conservation sur une durée relativement plus longue permettrait une production massive afin d'éviter la production journalière. Ainsi, pour pallier cette situation et rendre disponible les boulettes de céréales, nous avons testé l'aptitude au séchage des boulettes. La figure 7 montre la technologie de production des boulettes séchées.

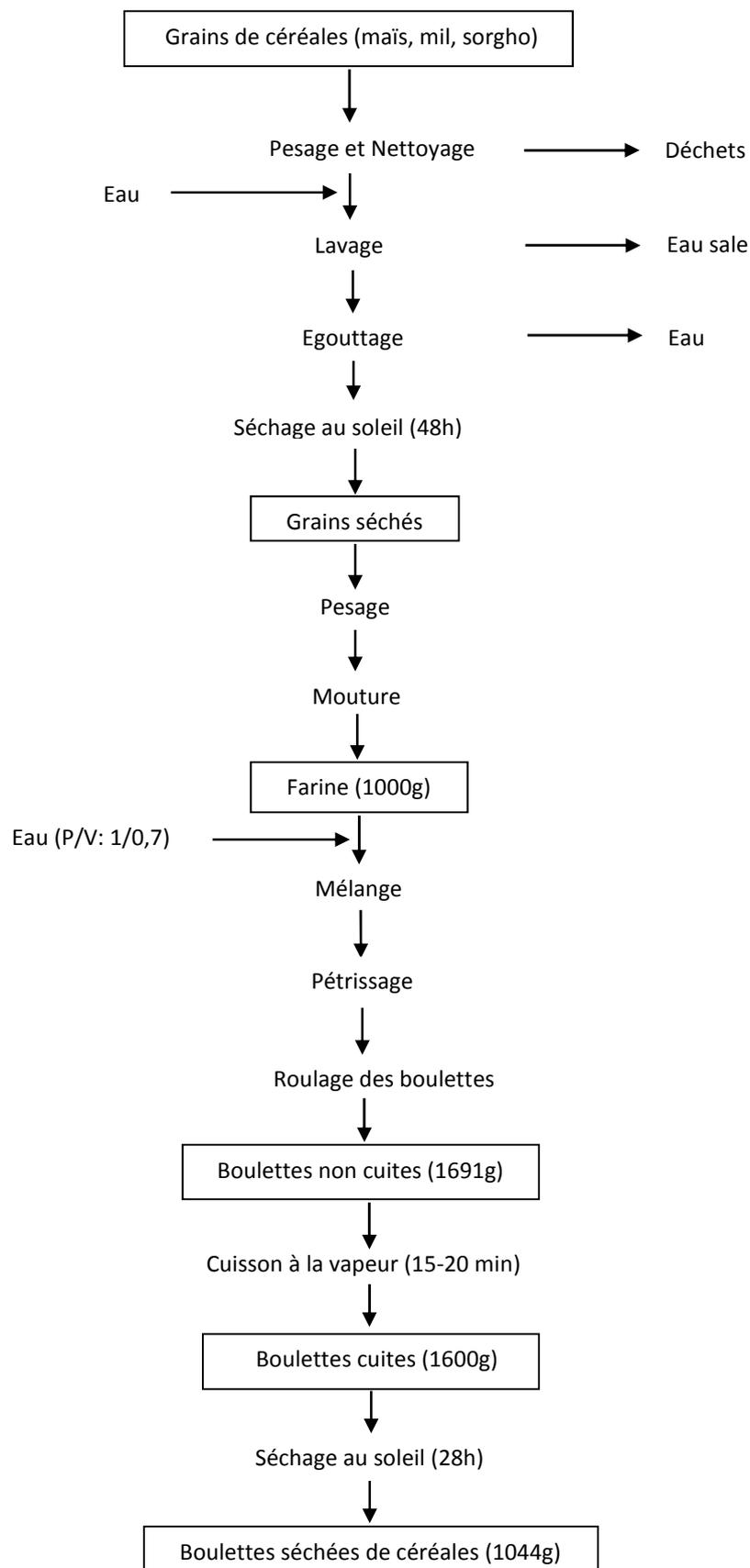


Fig. 7. Diagramme technologique de production des boulettes séchées de céréales

La figure 8 ci-après indique l'évolution de la durée de conservation en fonction de la durée de séchage.

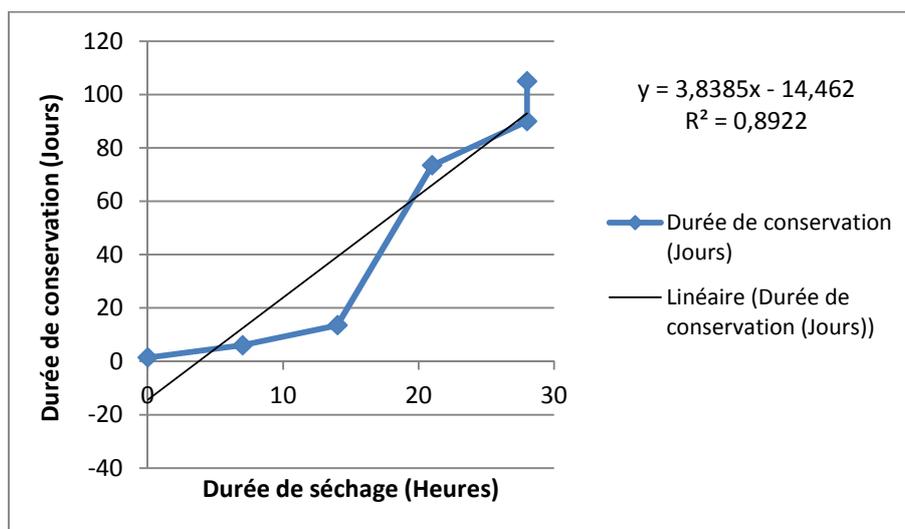


Fig. 8. Evolution de la durée de conservation en fonction de la durée de séchage

L'analyse de cette figure montre que la durée de conservation des boulettes augmente en fonction de la durée de séchage. Les boulettes témoins (0heure de séchage) ont une durée de conservation de 1,375 jour tandis que celles séchées pendant 7heures peuvent être conservées pendant 6,025 jours. Une constante s'observe au niveau de la courbe à partir de la 28<sup>ème</sup> heure. Ainsi, pour un temps de séchage de 28heures la durée de conservation est de 3mois.

### 3.7 CARACTERISTIQUES MICROBIOLOGIQUES DES BOULETTES

Les résultats d'analyses microbiologiques sont donnés dans le tableau 3 ci-après.

Tableau 3. Caractéristiques microbiologiques des boulettes

Boulettes	Microorganismes recherchés Log <sub>10</sub> UFC/g						
	Levures et moisissures	Germes aérobies mésophiles	Bactéries lactiques	Salmonelles	Staphylococcus aureus	Coliformes totaux	Coliformes thermotolérants
Maïs	8,07±1,64 <sup>a</sup>	8,12±1,10 <sup>a</sup>	Absent <sup>a</sup>	Absent <sup>a</sup>	Absent <sup>a</sup>	Absent <sup>a</sup>	Absent <sup>a</sup>
Mil	8,40±1,78 <sup>a</sup>	7,98±1,77 <sup>a</sup>	Absent <sup>a</sup>	Absent <sup>a</sup>	Absent <sup>a</sup>	Absent <sup>a</sup>	Absent <sup>a</sup>
Sorgho	6,17±1,4 <sup>a</sup>	8,17±0,00 <sup>a</sup>	Absent <sup>a</sup>	Absent <sup>a</sup>	Absent <sup>a</sup>	Absent <sup>a</sup>	Absent <sup>a</sup>

Les valeurs moyennes portant la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

### 3.8 CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES GRAINS, DES FARINES ET DES BOULETTES DE MAÏS, DE MIL ET DU SORGHO

La teneur en eau des grains et des farines de céréales est présentée dans le tableau 4.

Tableau 4. Teneur en eau des grains et des farines de céréales

Echantillons de Céréales	Taux d'humidité (%)	
	Grains	Farines
Maïs	13,0±0,283 <sup>a</sup>	10,3±0,141 <sup>a</sup>
Mil	13,4±1,131 <sup>a</sup>	11,2±0,565 <sup>a</sup>
Sorgho	12,6±0,001 <sup>a</sup>	10,7±2,969 <sup>a</sup>

Les valeurs moyennes portant la même lettre sur la même ligne et dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Le tableau 5 montre les caractéristiques physico-chimiques des boulettes produites.

Tableau 5. Caractéristiques physico-chimiques des boulettes de maïs, de mil et du sorgho

Paramètres	Maïs	Mil	Sorgho
pH	5,31±0,677 <sup>a</sup>	5,09±0,638 <sup>a</sup>	5,90±0,916 <sup>a</sup>
Protéines totaux (%)	8,04±0,144 <sup>a</sup>	8,45±0,161 <sup>b</sup>	10,10±0,156 <sup>c</sup>
Lipides (%)	2,83±0,110 <sup>a</sup>	5,85±0,080 <sup>b</sup>	9,58±0,160 <sup>c</sup>
Sucres totaux (%)	4,17±0,023 <sup>a</sup>	3,24±0,023 <sup>b</sup>	4,78±0,023 <sup>c</sup>
Energies (Kcal/100g)	74,31±1,658 <sup>a</sup>	99,41±1,456 <sup>b</sup>	145,74±2,790 <sup>c</sup>
Fer (mg/100g)	3,61±1,390 <sup>a</sup>	13,39±0,17 <sup>b</sup>	11,53±0,190 <sup>c</sup>
Cendre (%)	0,43±0,018 <sup>a</sup>	0,60±0,037 <sup>b</sup>	0,49±0,006 <sup>c</sup>
Matières sèches (%)	46,27±0,803 <sup>a</sup>	51,40±5,315 <sup>b</sup>	50,33±3,754 <sup>b</sup>

Les valeurs moyennes portant la même lettre sur la même ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

### 3.9 ANALYSE SENSORIELLE

Les résultats de l'analyse sensorielle ont montré que 54,2% des dégustateurs préféraient les boulettes de maïs non séchées, pendant que 41,6% ont porté leur choix sur les boulettes de maïs séchées et 4,2% sont restées indifférents. En ce qui concerne les boulettes de mil séchées, 55,1% les ont appréciées, pendant que 29,2% préféraient les boulettes de mil non séchées et 16,7% étaient indifférents. 76,6% des dégustateurs ont préféré les boulettes de sorgho séchées tandis que 16,7% préféraient les boulettes non séchées et 16,7% étaient restés indifférents. D'après ces résultats on retient que les boulettes de maïs non séchées, les boulettes de mil séchées, ainsi que les boulettes de sorgho séchées sont plus appréciées.

## 4 DISCUSSION

Les résultats d'enquête montrent que la production des boulettes est une activité intégrante dans le processus de préparation d'une boisson traditionnelle qu'est dèguè. Cette activité est exclusivement exercée par les femmes dont la majorité (77%) a un âge supérieur à 25ans (Fig.1). Généralement elles sont des ménagères non scolarisées. En effet, les productrices enquêtées utilisent les revenus issus de cette activité pour subvenir aux besoins élémentaires et faire face aux exigences du foyer. Il faut noter que 56% des productrices de cette boisson sont des musulmanes. Ceci est dû au fait qu'à l'origine dèguè ne se consommait qu'en cas des fêtes religieuses chez les musulmans. Ces résultats sont conformes à ceux de [7] qui indiquent que dèguè est consommé pour la coupure du carême ou pendant la fête de tabaski. Le mil et le riz sont les céréales de bases utilisées par les producteurs de dèguè pour la production des boulettes. Toutes les femmes productrices enquêtées utilisent le mil pour la production des boulettes. Elles estiment que l'appellation dèguè est conférée au produit fini à cause du mil. Cependant on note l'utilisation d'autres céréales telles que : le couscous de blé et parfois le riz mélangé au mil. Par ailleurs remarquons que les productrices choisissent les céréales en fonction de leur origine et de l'odeur des boulettes. On constate commodément que le choix des variétés de boulettes à produire est souvent et surtout fonction de l'origine de la productrice et de l'odeur des boulettes. Toutes ces femmes produisent les boulettes à base de mil non seulement à cause des habitudes alimentaires mais aussi pour son importance nutritif. Les autres variétés sont faiblement produites parce qu'elles ne font pas partie de l'habitude alimentaire des productrices et surtout qu'à l'origine dèguè est un mélange de lait fermenté et des boulettes de mil. Les autres variétés ne sont que des innovations technologiques afin de varier la gamme du produit et de valoriser une fois de plus l'utilisation de ces céréales que sont le sorgho et le maïs. Le petit mil est le seul mil utilisé pour produire des boulettes, 81,4% des productrices affirment qu'il donne un bon dèguè très apprécié à cause de ses vitamines. 10% des productrices ajoutent à ce critère, le goût spécial et l'odeur caractéristique que le petit mil confère au produit fini qu'est dèguè.

Pour un grand nombre de productrices (86,4%) la production des boulettes est une activité journalière malgré que la totalité de celles-ci reconnaissent que la production des boulettes est une activité pénible du processus de préparation du « dèguè ». L'inexistence de technologie de conservation les amène non seulement à produire tous les jours, mais aussi à enregistrer d'énormes pertes en cas de mévente.

La majorité des productrices (77%) ont héritées la technologie des parents. Ainsi, ces dernières confirment aisément que la technologie de production des boulettes est tributaire des connaissances empiriques des productrices. Aucune différence significative au seuil de 5% n'est notée entre les communes d'Abomey-Calavi, de Cotonou et de Porto-Novo en ce qui concerne les paramètres technologiques. De même la comparaison des durées de conservation moyennes entre ces trois communes montre qu'il n'y a aucune différence significative au seuil de 5% entre ces durées de conservation. Cependant la plupart des productrices n'arrivent pas à conserver des boulettes sur plus de trois jours. Par ailleurs l'expérience de séchage

des boulettes respectivement pendant 0h, 7h, 14h, 21h et 28h a montré que le séchage solaire pendant 28h permet de conserver les boulettes sur trois mois. Ce séchage favorise la diminution considérable de la teneur en eau qui passe de plus de 50% à moins de 10%. De plus aucune altération des caractéristiques organoleptiques des boulettes n'est observée. Ces résultats sont conformes à ceux de [22] qui stipule qu'un séchage adéquat conserve le goût et la plupart des éléments nutritifs des aliments et les empêche de se fermenter et de se moisir rapidement.

En ce qui concerne les caractéristiques microbiologiques, on note l'absence totale des germes tels que : Salmonelles, *Staphylococcus aureus*, coliformes totaux et thermotolérants et les bactéries lactiques. Ainsi, d'après les critères microbiologiques du Laboratoire National de Santé de GRAND-DUCHE de Luxembourg, les caractéristiques microbiologiques de ces boulettes ne présentent aucun danger pour la santé humaine.

L'analyse des variances effectuée sur la teneur en eau des grains de céréales et des farines, montre qu'il n'y a aucune différence significative entre les taux d'humidité des grains et des farines au seuil de 5%. Les grains de maïs utilisés pour la production des boulettes ont une teneur en eau de 13%. Ce résultat est conforme à celui obtenu par [23]. Ces teneurs en eau des grains et des farines sont proches de la teneur standard (environ 10%) des aliments séchés. Elles préservent ainsi les grains et les farines des contaminations microbiennes. Par conséquent, ces teneurs obtenues, assurent une bonne conservation des grains et des farines.

L'analyse de variance effectuée sur les paramètres physico-chimiques montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les valeurs des pH des trois types de boulettes. Les valeurs obtenues sont proches de celles 5,95 et 6,05 respectivement de semoules (boulettes) de mil et de maïs appelées dackere mis au point par [24] au Cameroun. Par ailleurs, les taux de protéines des trois variétés de boulettes présentent une différence significative au seuil de 5%. Ces résultats se rapprochent de ceux obtenus par [25], [26] sur les grains de maïs, de mil et du sorgho. On note également que le sorgho présente un meilleur taux de protéines suivi du mil puis du maïs. Cette différence au seuil de 5% entre les trois variétés de boulettes se note également en ce qui concerne les taux de sucres totaux. De même ces taux de sucres totaux décroissent successivement du sorgho, maïs puis au mil. Pour les matières sèches, une différence significative s'observe au seuil de 5% entre les boulettes. Les boulettes à base de mil et de sorgho ont une teneur en matières sèches plus élevée que celle des boulettes à base de maïs. Il y a une différence significative au seuil de 5% entre les taux de lipides des trois variétés de céréales. La valeur énergétique des boulettes varie d'une céréale à une autre. Ainsi le sorgho fournit plus d'énergie que le mil qui en fournit plus que le maïs. Cette différence est due à la faible teneur en lipides des boulettes de maïs. Par conséquent du point de vue alimentaire, les boulettes à base de sorgho sont plus énergétiques que celles à base de mil adoptée dès l'origine.

En ce qui concerne les caractéristiques organoleptiques des boulettes séchées, les tests statistiques montrent qu'elles sont globalement acceptées par les dégustateurs et sont plus acceptées que le témoin (boulettes non séchées). Son goût est également meilleur par rapport à celui des boulettes non séchées. D'après ces résultats on retient que les boulettes de maïs non séchées, les boulettes de mil séchées, ainsi que les boulettes de sorgho séchées sont plus appréciées.

## **5 CONCLUSION**

Cette étude montre que la production des boulettes est une activité économiquement rentable. Elle est génératrice de revenus et permet aux productrices de faire face aux besoins quotidiens. La technologie de production rencontrée sur le terrain est tributaire des connaissances empiriques et constitue un patrimoine pour les productrices. Un seul type de boulettes est identifié sur le terrain. Il s'agit des boulettes de farines de mil. Cette étude a aussi permis de mettre au point d'autres types de boulettes à base des farines de sorgho et de maïs. L'épineux problème des productrices est la conservation des boulettes. Ainsi, la technologie de séchage mise au point permet de conserver les boulettes pendant trois mois. Ce qui facilite l'exportation des boulettes et participe à la valorisation de nos produits locaux.

## **REMERCIEMENTS**

Les auteurs remercient très sincèrement le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (MESRS) du Bénin pour son soutien financier.

## **REFERENCES**

- [1] FAO, Promesses et défis du secteur alimentaire informel dans les pays en développement. Division de la communication, FAO, Rome, Italie, 40p, 2009.
- [2] M. C. Nago et D. J. Hounhouigan, La technologie traditionnelle de transformation du maïs en pâte fermentée au Bénin. Rapport de recherche n°1, FSA-IRAT-CEE, 30p. Rapport d'étude, Abomey-Calavi, Benin, FSA/UNB, 222p, 1990.

- [3] FAO, Documents et rapports de projets sur le secteur informel de l'alimentation, FAO, Rome, Italie, 43p, 1996.
- [4] FAO, Les bonnes pratiques d'hygiène dans la préparation et la vente des aliments de rue en Afrique, FAO, Rome, Italie, 188p, 2007.
- [5] A. M. Aholou-Yeyi, Evaluation du système technique artisanal de production d'Ablo, un pain cuit à la vapeur, Thèse d'Ingénieur Agronome, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 61p, 2007.
- [6] K. F. Ahokpe, Valorisation des aliments traditionnels locaux : Evaluation des procédés traditionnels de préparation de Ablo, une pâte fermentée cuite à la vapeur, Mémoire de Maîtrise, Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 51p, 2005.
- [7] S. K. Agbanzoume, Contribution à la mise au point d'une technologie de production du dèguè, Mémoire de Maîtrise de Biotechnologie dans les Industries Agroalimentaires, Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 51p, 2005.
- [8] I. Bokossa Yaou, C. K. C. Tchekessi, J. Banon, C. Agbangla, K. Adeoti et P. Dossou-Yovo, Etude socio-économique de production d'une pâte traditionnelle fermentée "gowé" fabriquée à base de maïs au Bénin, J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo), Série A, vol. 15, no. 3, pp 347-358, 2013.
- [9] P. Dagnelie, Statistique théorique et appliqué, Paris, De Boeck et Larcier, Paris, vol.2, 659p, 1998.
- [10] INSAE, Résultats du quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH4), République de Bénin, 8p, 2013.
- [11] ISO 4833, Microbiologie des aliments, Méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes, Technique de comptage des colonies à 30°C sur PCA, 19p, 2003.
- [12] NF ISO 21527-2, Microbiologie des aliments, Méthode horizontale pour le dénombrement des levures et moisissures, Partie 2 : technique par comptage des colonies dans les produits à activité d'eau inférieure ou égale à 0,95, 9p, 2008.
- [13] NF ISO 15214 (V 08-030), Microbiologie des aliments, Méthode horizontale pour le dénombrement des bactéries lactiques mésophiles, Technique par comptage des colonies à 30°C sur la gélose MRS, 7p, 1998.
- [14] NF ISO 4832 (V 08-015), Microbiologie des aliments, Méthode horizontale pour le dénombrement des coliformes, Méthode par comptage des colonies obtenues à 37°C, 6p, 2006.
- [15] NF ISO 4832 (V08-060), Microbiologie des aliments, Dénombrement des coliformes thermotolérants par comptage des colonies obtenues à 44°C, Biokar diagnostics Violet Red Bile Agar (VRBA), 4p, 2009.
- [16] NF EN ISO 6888-1/A1, Microbiologie des aliments, Méthode horizontale pour le dénombrement des staphylocoques à coagulase positive (*Staphylococcus aureus* et autres espèces), Partie 1 : Technique utilisant le milieu gélosé de Baird-Parker, Amendement 1 : Inclusion des données de fidélité, 18p, 2004.
- [17] ISO 6579, Microbiology of food and animal feeding stuffs, Horizontal method for the detection of *Salmonella spp*, Fourth edition, 34p, 2002.
- [18] AACC, Approved Methods of the American Association of Cereals Chemists, 8<sup>th</sup> ed, St Paul, MN, USA, 53p, 1984.
- [19] M. Dubois, K. A. Gilles, J. K. Hamilton, T. J. Schotch, P. A. Rebers, and F. Smith, Colorimetric method for determination of sugar and related substances. Analytical Chemistry, Vol. 28, No. 3, pp. 350–356, 1956.
- [20] V. J. Zannou Tchoko, K. G. M. Bouaffou, K. G. Kouame et B. A. Konan, Etude de la valeur nutritive de farines infantiles à base de manioc et de soja pour enfant en âge de sevrage. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. 80, pp. 748–758, 2011.
- [21] I. Bokossa Yaou, C. K. C. Tchekessi, P. Dossou-Yovo, M. Egounlety et R. M. Dossa, Substitution partielle du lait en poudre par le lait de soja pour la production du yaourt, Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, Vol. 69, pp. 48-55, 2011.
- [22] M. Agassounon Djikpo Tchibozo, K. T. Anani, Y. Ameyapoh, F. Toukourou, C. de Souza et M. Gbeassor, Evaluation de qualité hygiénique de six plantes médicinales et des phytomédicaments traditionnels, Phar. Med. Trad. Afr, Vol. 6, pp. 83-92, 2001.
- [23] N. Aho et D. Kossou, Précis d'agriculture tropicale. Bases et éléments d'application, Les Editions du Flamboyant, Cotonou, Bénin, 464 p, 1997.
- [24] C. F. Meli, N. Y. Njintang, G. B. Noumi, C. Bernard, P. Relkin, M. Armand and C. M. F. Mbofung, Processing, Physicochemical, Nutritional, and Organoleptical Properties of Dackere, an African Cereal/Tuber Food Semolina, Food Bioprocess Technol, Vol. 6, No. 3, pp. 699-709, 2013.
- [25] S. W. Souci, W. Fachmann, and H. Kraut, Cereal and cereal flours. Dans: Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Garching B. München, Food composition and nutrition tables, (6ème édition), Stuttgart: Medpharm Scientific Publishers, pp. 523-597, 2000.
- [26] S. Serna-Saldivar, and L. W. Rooney, Structure and Chemistry of sorghum and millets. Dans: Sorghum and millets: Chemistry and technology, (édité par Dendy D.A.V.), American Association of Cereal Chemists, Inc., pp. 69-124, 1995.