

MINISTÈRE DES ENSEIGNEMENTS
SECONDAIRE ET SUPÉRIEUR (M.E.S.S)

UNIVERSITÉ POLYTECHNIQUE DE
BOBO-DIOULASSO (U.P.B)



Unité de Formation et de Recherche en
Sciences et Techniques
(U.F.R./S.T)

MINISTÈRE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET DE L'INNOVATION (M.R.S.I)

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE (C.N.R.S.T)

INSTITUT DE RECHERCHE EN SCIENCES
APPLIQUÉES ET TECHNOLOGIES
(I.R.S.A.T)



Institut de Recherche en Sciences
Appliquées et Technologies

Département Technologie Alimentaire
(D.T.A)

RAPPORT DE FIN D'ÉTUDE

Pour l'obtention de la

LICENCE PROFESSIONNELLE EN GENIE BIOLOGIQUE

OPTION : AGRO-ALIMENTAIRE

PAR

COULIBALY ANAÏS KADY

SUR LE THÈME :

**Essais de formulations de biscuits à base de farine de
tubercules de souchet (*Cyperus esculentus* L)**

Maîtres de stage :

Dr Hagrétou SAWADOGO-LINGANI

Ir Kadiétou ZIDA-OUEDRAOGO

Directeur de rapport :

Dr Bilassé ZONGO



*Je dédie ce mémoire à mes
parents, Mr et Mme
COULIBALY pour leur
accompagnement et toute
la confiance qu'ils m'ont
accordée ;*

*À mes frères et sœurs
pour leur soutien
inconditionné.*

*Egalement à tous ceux qui
de par leur bonne volonté
ont apporté leur pierre à
cet édifice.*

REMERCIEMENTS

La rédaction de ce rapport s'inscrit dans le cadre de la finalisation du premier cycle universitaire. L'élaboration nécessite alors un cadre pour mener les travaux de recherche, ainsi qu'un accompagnement pour la synthèse du mémoire.

Nous exprimons notre profonde gratitude à toutes les personnes qui ont favorisé le bon déroulement de ce travail. Ainsi, nos remerciements vont à l'endroit de :

- **Docteur Bréhima DIAWARA**, Directeur de l'Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologiques (IRSAT), pour avoir répondu favorablement à notre demande de stage ;
- **Docteur Hagrétou SAWADOGO**, notre maître de stage, Chef du Département Technologie Alimentaire (DTA), qui a bien voulu nous accepter dans sa structure et pour sa disponibilité à nous accompagner tout au long du stage ;
- **Mme Kadiétou ZIDA**, également notre maître de stage, pour sa disponibilité et son encadrement durant le stage ;
- **Docteur Bilassé ZONGO**, notre directeur de rapport, pour son aide, son encadrement et ses conseils pour la rédaction du mémoire ;
- **Docteur Roland MEDA**, responsable de la filière Génie Biologie à l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso et membre de notre jury, pour son accompagnement et ses conseils ;
- **Docteur Paulin OUOBA**, enseignant à l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso et également notre président de jury, pour ses conseils et son accompagnement ;
- **Docteur Leguet GANOU**, chercheur au DTA et également membre de notre jury, pour ses conseils, son encadrement et ses conseils,
- **Professeur Aboubacar TOGUYENI**, pour tout le soutien apporté dans la réalisation de ce travail ;
- **Mme Maïmounata CONGO**, responsable technique du laboratoire de microbiologie pour son accompagnement lors des analyses microbiologiques ;
- **M. Michel COMBARY**, responsable technique du laboratoire de physico-chimie, pour les instructions et orientations lors des analyses physico-chimiques.

- **Dr Lassina OUATTARA**, directeur adjoint de l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Techniques (UFR/ST), pour ses instructions et son accompagnement ;
- **M. Olivier BANHORO, M. Souleymane ZONGO et M. Inoussa SALEMBERE**, techniciens du DTA, pour leur accompagnement respectivement lors de la production des biscuits, des analyses physico-chimiques et des analyses microbiologiques des biscuits ;
- **M. Ousmane DEMBELE**, pour le soutien immense et ses conseils au cours de notre stage ;
- Les différentes équipes des laboratoires de microbiologie, de physico-chimie et d'analyse sensorielle pour leur accompagnement ;
- Tous les enseignants, le personnel administratif de l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Techniques (UFR/ST) de l'UPB qui ont œuvré à notre formation ;
- Tout le personnel du DTA, pour l'accueil et toutes les formes de contributions à notre formation pratique ;
- Enfin, nos remerciements vont à tous nos camarades stagiaires et nos camarades de classe pour leur collaboration.

RESUME

En vue de contribuer à la valorisation du souchet, des formulations de biscuits à base de farine de souchet ont été élaborées. Les biscuits basés sur ces différentes formulations ont été produits à l'atelier pilote du Département Technologie Alimentaire. Sept (07) formulations ont été élaborées et à l'issue d'un test de classement, trois (03) ont été retenues pour la suite de l'étude. Des analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles ont été réalisées sur les trois échantillons de biscuits. Ces analyses ont révélé que les biscuits avaient de bonnes caractéristiques organoleptiques (une couleur acceptable, un bon arôme et une sensation de bouche agréable), également que les biscuits comportaient moins de 10 UFC/g de coliformes et de levures et moisissures, par contre, la flore totale était abondante ($6,4.10^1 - 3,5.10^4$ UFC/g). Il est ressorti également que la flore dominante de la farine de souchet était composée de levures et moisissures. L'analyse physico-chimique a montré que les biscuits étaient riches en cendres (3-3,17 %). L'échantillon 724 (souchet + de gomme arabique) s'est révélé avoir les plus fortes teneurs en cendre (3,17 %), en sucres totaux (40,7 %), en matière grasse (34,46 %) et en eau (3,45 %). Cet échantillon avait également la plus grande valeur énergétique (565,29 Kcal/ 100 g).

Mots clés : souchet, farine, biscuits, physico-chimique, microbiologique, sensoriel.

ABSTACT

To contribute to tiger nut's valorization, some cookies have been formulated using the tiger nut flours. These formulations have been produced at Food Technology Department (FTD). Seven (07) formulations have been processed and after a classifying test, three (03) were retained for physicochemical, microbiological and sensorial analyses. These analyses showed that the cookies have goods characteristics (acceptable color, good flavor, agreeable mouth feeling). Furthermore the cookies contained fewer 10 UFC/g of coliforms and yeast and molds. On the other hand the total flora was abundant (6.4×10^1 - 3.5×10^4 UFC/g). In fact, the dominant flora of the tiger nut flours were yeast and molds. Physicochemical analyses showed that the cookies were rich in ash (3-3.17 %). The results obtained showed that the best sample was the sample n° 724 (tiger nut + arabic gum) with higher values of ash (3.17 %), carbohydrate (40.7 %), fat (34.46 %) and water's tenors. This sample had also the most great energy value (565.29 kcal/100 g).

Key words: tiger nut, cookie, physicochemical, microbiology, sensorial.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Bilan matière de la production de la farine de souchet	29
Tableau 2: Composition des formulations	30
Tableau 3: Paramètres physico-chimiques des biscuits et de la farine de souchet	31
Tableau 4: Paramètres microbiologiques des biscuits et de la farine de souchet.....	34

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Diagramme de production de la farine de souchet.....	17
Figure 2. Diagramme de production des biscuits	20
Figure 3. Classement des biscuits du premier groupe	36
Figure 4: Classement des biscuits du second groupe	37
Figure 5: Epreuve hédonique	38
Figure 6: Profil de la couleur des biscuits	40
Figure 7: Profil de l'arôme des biscuits	40
Figure 8: Profil de l'aspect des biscuits	40
Figure 9: Profil de la sensation de bouche des biscuits	40
Figure 10: Profil de la texture des biscuits	40

LISTE DES PHOTOS

Photo 1: Plantes de souchet (source : www.florum.fr).....	5
Photo 2: Inflorescence du souchet (source: fleurs.cirade.fr)	6
Photo 3: Tubercules de souchet (www.noixtigrées.com)	7
Photo 4: Séchage de tubercules de souchet dans le four (Coulibaly, 29-11-2014)	17
Photo 5: Farine de souchet (Coulibaly, 29-11-2014)	17
Photo 6: Pétrissage de la pâte (Coulibaly, 21-11-2014).....	18
Photo 7: Pâte de biscuit pétrie (Coulibaly, 21-11-2014)	18
Photo 8: Pâttons de biscuits sur un plateau (Coulibaly, 21-11-2014).....	18
Photo 9: Biscuit de souchet en phase de refroidissement (Coulibaly, 21-11-2014).....	20
Photo 10: Biscuit conditionnés dans des emballages plastiques (Coulibaly, 21-11-2014)	20

SIGLES ET ABREVIATIONS

AFNOR : Association Française de Normalisation

BPF : Bonnes Pratiques de Fabrication

CNRST : Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique

DTA : Département Technologie Alimentaire

IRSAT : Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies

ISO : Organisation Internationale de Standardisation

NF : Norme Française

UFC : Unité Formant Colonie

UFR/ST : Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Techniques

UPB : Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso

Sommaire

INTRODUCTION.....	1
<i>PREMIERE PARTIE : GENERALITES.....</i>	<i>1</i>
I. LA STRUCTURE D'ACCUEIL : LE DEPARTEMENT TECHNOLOGIE ALIMENTAIRE (DTA).....	3
I.1. Création du Département Technologie Alimentaire (DTA).....	3
I.2. Objectifs et missions du DTA	3
I.3 Stratégie du DTA	3
I.4. Les laboratoires du Département Technologie Alimentaire.....	4
I.4.1. le laboratoire de microbiologie	4
I.4.2. le laboratoire de physico-chimie	4
I.4.3. le laboratoire d'analyse sensorielle	4
I.4.4. l'atelier pilote agro-alimentaire.....	4
II. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	5
II. 1. <i>Cyperus esculentus</i> L.....	5
II.1.1. Classification selon Cronquist	5
Embranchement : Magnoliophyta	5
II.1.2 Description de la plante	5
II.1.3. Description des tubercules	6
II.1.4. Habitat et historique.....	7
II.1.5.Caractéristiques biochimiques des tubercules de souchet.....	8
II.1.6. Les utilisations du souchet.....	8
II.2. Le biscuit	8
II.2.1. Définition.....	8
II.2.2. Composition générale des biscuits.....	9
II.2.3. Propriétés technologiques des ingrédients utilisés dans les formulations de biscuit	9
<i>DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES</i>	<i>13</i>
I. MATERIEL.....	14
I.1. Matériel végétal.....	14

1.1.1. Les tubercules de souchet.....	14
1.1.2. Les différents ingrédients utilisés dans les formulations de biscuit	14
I.2. Autre matériel	14
II. METHODES	16
II.1. Formulations.....	16
II.2. Technologie des biscuits.....	16
II.2.1. Production de la farine de souchet.....	16
II.2.2 Production des biscuits	18
II.3. Détermination des paramètres physico-chimiques	21
II.4. Analyses microbiologiques.....	25
II.5. Analyses sensorielles	27
<i>TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION</i>	13
I. CARACTERISTIQUES TECHNOLOGIQUES DES PRODUITS.....	29
I.1. Bilan matière de la production de la farine de souchet	29
I.2. Les formulations	30
II. CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES	31
III. CARACTERISTIQUES MICROBIOLOGIQUES	34
IV. CARACTERISTIQUES SENSORIELLES DES BISCUITS	36
IV.1. Le test de classement.....	36
IV.2. Epreuve hédonique.....	38
IV.3. Profil sensoriel	39
<i>CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS</i>	28
<i>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</i>	43
<i>ANNEXES</i>	i

INTRODUCTION

Jadis considéré comme une mauvaise herbe, le souchet (*Cyperus esculentus* L) fait l'objet, depuis quelques années d'une attention particulière de la part des producteurs, des autorités et également des chercheurs. Connu sous diverses appellations (souchet tubéreux, souchet sucré, souchet sultant, amande de terre, pois tigré ou pois sucré), le souchet aurait des propriétés curatives et antioxydantes multiples. Il aurait également un effet bénéfique sur le mauvais cholestérol produit dans l'organisme. C'est un régulateur naturel pour l'estomac et l'intestin, qui peut soulager la constipation. Le souchet est réputé contenir une teneur élevée en fibres alimentaires, ce qui peut être efficace dans le traitement et la prévention de plusieurs maladies telles que le cancer de colon, les maladies cardio-vasculaires, l'obésité, le diabète et les maladies gastro-intestinales (Ade-omowage *et al*, 2008).

De nos jours, il existe différentes voies et technologies de transformation de souchet. En effet, le souchet est transformé en lait communément appelé "horchatta", en huile et en farine qui a un champ d'utilisation assez large. La farine de souchet possède une saveur douce unique, idéale pour diverses utilisations (Bamishaiye, 2011). Du fait qu'elle ne contient pas de gluten, elle demeure un bon substitut de diverses autres farines comme la farine de blé pour ceux qui ne peuvent pas consommer le gluten (Bamishaiye, 2011). Utilisée également en confiserie, la farine de souchet est réputée être une bonne farine ou un bon additif pour l'industrie de la boulangerie en raison de sa teneur assez élevée en sucre naturel, ce qui évite l'adjonction d'une quantité élevée de sucre supplémentaire (Bamishaiye, 2011). En dépit des produits dérivés, la filière souchet demeure encore peu valorisée au Burkina Faso, en raison de l'indisponibilité des variétés améliorées, au manque d'outils de production et de transformation et à l'inorganisation des acteurs (Toé, 2014). C'est une spéculation dont la production est essentiellement pluviale, est confinée dans les régions des Hauts-Bassins, du Sud-ouest et des Cascades. Néanmoins, on constate une nette évolution dans la production du souchet : de 1,124 tonnes pour la campagne 2006-2007 (Alou, 2008), la production nationale annuelle est passée à plus de 15 000 tonnes depuis 2010 (Nikiema, 2014). Vu cette évolution de la production, et conscient qu'à terme la valorisation du souchet va permettre de lutter contre la pauvreté en milieu rural et améliorer la sécurité alimentaire, le ministère de la Recherche Scientifique et de l'Innovation burkinabè a lancé un projet triennal de valorisation des produits locaux dont le souchet depuis 2013. Un des objectifs spécifique de ce projet est

de diversifier les formes d'utilisation du souchet tout en renforçant les capacités des acteurs Au Burkina Faso. C'est dans cette optique que s'est inscrite notre étude avec pour thème : « Essais de formulations de biscuits à base de farine de tubercules de souchet (*Cyperus esculentus L*) ». Ce qui devrait mettre à la disposition des transformateurs, de nouvelles formulations pour la transformation du souchet au Burkina Faso

L'objectif général de cette étude a été de mettre au point des formulations pour la transformation des tubercules de souchet en biscuits. De façon spécifique, il s'agira de :

- Elaborer une méthodologie de production de biscuits à base de farine de souchet, et présenter le diagramme de fabrication,
- Réaliser des essais de production de biscuits à base de farine de souchet,
- Déterminer les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des biscuits de souchet,
- Evaluer les propriétés sensorielles des biscuits.

PREMIERE PARTIE :
GENERALITES

I. LA STRUCTURE D'ACCUEIL : LE DEPARTEMENT TECHNOLOGIE ALIMENTAIRE (DTA)

I.1. Création du Département Technologie Alimentaire (DTA)

Suite à l'adoption du Plan stratégique national de la recherche scientifique et technologique par le gouvernement burkinabè en 1995, on a assisté à la restructuration du Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST) en 1997. Le CNRST est composé de quatre (4) instituts dont l'IRSAT (Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies). L'IRSAT comprend quatre (04) départements que sont : le Département Mécanisation (DM), le Département Substances Naturelles (DSN), le Département Energie (DE) et le Département Technologie Alimentaire (DTA) (Sankara, 2013).

I.2. Objectifs et missions du DTA

L'objectif visé par le DTA est d'apporter une valeur ajoutée aux produits agricoles, animaux et forestiers en vue de diversifier et d'accroître la consommation et l'exportation. Sa mission principale est de mener les activités de recherche sur les produits, les procédés, la socio-économie, les équipements et les filières agro-alimentaires. En plus, le DTA appui le secteur privé à travers des activités d'analyse/contrôle de la qualité, de formation/encadrement, de transfert de technologie et de compétence et aussi de la promotion des produits locaux (Sankara, 2013).

I.3 Stratégie du DTA

Pour conduire à bien ses missions, le DTA a adopté plusieurs stratégies, parmi lesquelles la valorisation des produits locaux, l'implication dans des projets de développement, l'obtention de l'accréditation pour ses laboratoires, notamment les méthodes d'analyses de produits agro-alimentaires destinés l'exportation et la consommation locale, la satisfaction des besoins des entreprises et groupements féminins (transfert de technologie, gestion de la qualité, formation, analyse,...), le développement de l'interface recherche entreprise, l'amélioration de la confiance mutuelle avec le secteur privé, et le développement des actions de proximité dans les entreprises (Sankara, 2013).

I.4. Les laboratoires du Département Technologie Alimentaire

Le DTA/Ouaga est composé de trois (03) laboratoires et d'un atelier pilote agroalimentaire.

I.4.1. le laboratoire de microbiologie

Il est doté de quatre (04) salles chacune équipée selon sa fonction :

- La salle de lavage où se fait le nettoyage du matériel utilisé et aussi le lavage des mains avant toute manipulation, et où sont réalisés les incubations et le comptage des colonies ;
- La salle de préparation où sont préparés les milieux de culture ;
- La salle de stérilisation : c'est dans cette salle que s'effectue la stérilisation des milieux de culture, des diluants et du petit matériel du laboratoire ;
- La salle d'inoculation où s'effectuent la préparation des échantillons et l'ensemencement des milieux de culture.

I.4.2. le laboratoire de physico-chimie

Il comprend quatre (04) salles également contenant plusieurs matériels et appareils :

- La salle de broyage où les échantillons sont réduits en taille adéquate pour les analyses ;
- La salle de préparation et d'analyse où s'effectuent les manipulations
- La salle de distillation et d'extraction au solvant, où s'effectue également la minéralisation,
- La salle de chromatographie où se font les analyses HPLC (Hight Performance Liquid Chomatography) et CPG (Chromatographie Phase Gazeuse)

I.4.3. le laboratoire d'analyse sensorielle

Il comprend deux (02) : une salle de préparation des échantillons et une salle de dégustation comportant huit (08) box isolés pour les dégustations.

I.4.4. l'atelier pilote agro-alimentaire

Il comprend les équipements et du matériel servant à la transformation, le conditionnement et l'atomisation des produits alimentaires. C'est un dispositif conçu et adapté pour des essais de formulation de nouveaux produits, des prestations de services et l'accompagnement des entreprises (Sankara, 2013).

II. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

II. 1. *Cyperus esculentus* L

II.1.1. Classification selon Cronquist

Embranchement :	Magnoliophyta
Classe :	Liliopsida
Sous classe :	Commelinidae
Ordre :	Cyperales
Famille :	Cyperaceae
Genre :	Cyperus
Espèce :	<i>Cyperus esculentus</i> L.

II.1.2 Description de la plante

Le souchet, *Cyperus esculentus* L, est une plante de la famille des *Cypéracées* d'une hauteur de 20 à 60 cm. C'est une plante herbacée, vivace, glabre à feuilles linéaire d'une longueur de 2 à 10 cm et d'une largeur de 5-10 mm. Ses feuilles longues, étroites et d'une couleur verte pâle (photo 1), sont semblables à celles des graminées. Elles sont abondantes à la base de la tige et elles ont une section triangulaire avec des rhizomes allongés tubérisés aux extrémités.



Photo1: Plantes de souchet (source : www.florum.fr)

Les fleurs (Photos 2) assemblées en épillets plats, échelonnées au sommet des rayons de l'ombelle qui constitue l'inflorescence. Cette ombelle peut être simple ou composée, soutenue par 3 à 5 bractées foliacées longues de 5 à 25 cm. L'ombelle comporte de nombreux rayons glabres et longs de 2 à 10 cm (Tamboura, 2014). La plante est cultivée pour ces tubercules bruns et zonés à chair farineuse de saveur douce.



Photo 2: Inflorescence du souchet (source: fleurs.cirade.fr)

II.1.3. Description des tubercules

Les tubercules de souchet résultent de l'épaississement de plusieurs entre-nœuds, de l'extrémité distale de certains stolons. Sur un même pied, les formes et les dimensions de ces tubercules sont variables. Le tubercule peut atteindre 2 à 2,5 cm de long sur 1 à 1,5 cm de large. Il se présente sous plusieurs formes : sphérique, allongée et subsphérique (photo 3). Un tubercule adulte comprend deux (02) parties :

- Le corps du tubercule qui est généralement divisé de 03 à 04 entre-nœuds et bourré de réserves ;
- Une partie distale, « le cône apicale » qui comprend un certain nombre d'entre-nœuds particulièrement télescopés les uns dans les autres et dont les écailles foliaires persistent sous la forme d'un cône coiffant le tubercule.

Le tubercule adulte porte des faisceaux de fibres. Des écailles foliaires du jeune tubercule sont hérissées de radicelles d'environ 1 cm de longueur aux nœuds qui se terminent en pointe et qui sont caduques (Lorougnon in Ilboudo, 2005).



Photo 3: Tubercules de souchet (www.noixtigrées.com)

II.1.4. *Habitat et historique*

Le souchet (*Cyperus esculentus L*) ou pois sucré est originaire de l'Égypte. Des tubercules de pois sucré durs ont été trouvés dans des tombeaux des périodes prédynastiques, 4^{ème} millénaire avant J. C. en Égypte (Serellach in Ilboudo, 2005). Il semble avoir été introduit en Europe du Sud (Espagne) durant le moyen âge par les arabes après leur expansion le long de l'Afrique du Nord (Serellach, 1925). Le pois sucré pousse à l'état sauvage comme une herbe mais est aussi cultivé. Ainsi, il est cultivé depuis plusieurs siècles en Espagne (Serellach in Ilboudo, 2005). Bien qu'on le trouve dans les régions froides comme en Alaska, il est considéré comme une plante des zones chaudes, largement répandue dans les zones tropicales et tempérées au tour du globe (Vries in Ilboudo, 2005).

II.1.5. Caractéristiques biochimiques des tubercules de souchet

De manière générale, le souchet a une qualité nutritionnelle exceptionnelle. Il contient non seulement de la matière grasse, des protéines et des glucides en plus grande quantité (plus de 50 %), mais aussi une multitude de minéraux tels que le manganèse, le phosphore, le potassium, le sodium, le calcium, le magnésium, le fer, le zinc et le cuivre en quantités variables.

La farine est de couleur beige/marron claire, mouchetée et la texture ressemble un peu à celle de la poudre d'amandes ou de noisettes. Cette farine est très riche en fibres insolubles et ne contient pas de gluten. La farine de souchet est idéale pour être utilisée dans l'industrie de la boulangerie. Elle peut être employée pour réaliser de délicieuses pâtisseries et gâteaux, et elle complète aussi agréablement les saveurs fruitées.

II.1.6. Les utilisations du souchet

En Egypte et dans d'autres pays méditerranéens, les tubercules de pois sucré sont utilisés pour assaisonner, rôtir la viande, et consommés crus après être trempés dans l'eau. Les tubercules de pois sucré sont utilisés pour l'extraction d'huiles. Cette huile est utilisée comme produit alimentaire, également comme un ingrédient dans la manufacture des savons parfumés et aussi comme lubrifiant des appareils fins. Les résidus du souchet après extraction de l'huile sont utilisés comme aliment de bétail (Ilboudo, 2005).

En Espagne, précisément dans la région de Valence, les tubercules de pois sucré sont utilisés pour fabriquer une boisson appelée "horchata de chufa". Au Burkina Faso, ces tubercules sont utilisés crus après être trempés dans l'eau pour la consommation, pour faire de la bouillie et récemment pour la fabrication du lait de souchet (Ilboudo, 2005).

II.2. Le biscuit

II.2.1. Définition

Les biscuits sont des aliments à faible teneur en eau, ils ne comprennent que 2 à 10% d'eau selon les recettes. Leur densité énergétique est de ce fait élevée (PNNS, 2007). L'origine du mot biscuit est "Bis-Cuit", qui signifie subir une double cuisson. A l'origine, le biscuit était en effet une sorte de galette nécessitant une première cuisson, puis un passage dans des compartiments au-dessus du four ou dans une étuve pour terminer l'évaporation de son humidité (Zydenbos in Gorga, 2014).

Le biscuit est préparé essentiellement à partir d'un ou plusieurs produits céréaliers moulus tels que le blé, le riz, l'orge, l'avoine, le seigle, le maïs, le millet, le sorgho et le sarrasin. Il peut aussi contenir des légumineuses (légumes secs), des racines amylacées (telles que l'igname, le manioc...) ou des tiges amylacées ou des graines d'oléagineux en faible proportion (FAO). En outre, il est à base de matière sucrante, de matière grasse, et de tous autres produits alimentaires, parfums et condiments autorisés, susceptibles, après cuisson de conserver ses qualités organoleptiques et commerciales pendant une durée supérieure à un mois, et pouvant dépasser une année (biscuiterie sèche) ou un temps limité en fonction d'un débit régulier assez rapide (Pâtisserie industrielle) (Kiger in Gorga, 2014).

II.2.2. Composition générale des biscuits

La farine, les différents types de sucres et les matières grasses constituent les ingrédients essentiels pour confectionner des produits de biscuiterie. D'autres éléments tels que l'œuf, le lait, les produits laitiers, le miel, les fruits, les produits chocolatiers, les noix, l'amande et la levure peuvent également entrer dans la composition. En fonction de la composition, il existe une large palette de recettes de biscuit. Nous avons entre autre les biscuits secs et goûters (biscuits secs pur beurre ou non, goûters secs et fourrés), biscuits aux œufs (boudoirs, cuillers,..) et gaufrettes, les biscuits pâtisseries, chocolatés et assortiments (biscuits confiturés, fourrés, feuilletés et autres, cookies, biscuits chocolatés) et les Pâtisseries (PNNS, 2007).

II.2.3. Propriétés technologiques des ingrédients utilisés dans les formulations de biscuit

II.2.3.1. La farine

La farine est le principal ingrédient des biscuits. L'amidon qui représente 70 à 75 % de la masse de la farine est présent dans toutes les formulations de biscuits et de pâtisseries. L'importance de l'amidon a été soulignée sur la texture des biscuits secs, en relation avec les phénomènes de gonflement et de transformation de l'amidon de Froment en milieu sucré. Leur propriété d'absorption et de rétention d'eau au cours de cette étape conditionne les caractéristiques physiques finales des produits (PNNS, 2007). En plus de la farine de souchet, deux autres types de farines ont été utilisés pour la production des biscuits :

- **La farine de manioc** : c'est une farine d'une couleur très blanche avec une faible teneur en graisse. Elle se mélange très bien avec la farine de blé pour la fabrication de

pain ou de gâteau. La farine de manioc utilisée dans les formulations a été produite au niveau de l'atelier pilote du DTA.

- **La farine de blé** : c'est le produit élaboré à partir des grains de blé ordinaire, *Triticum aestivum* L. ou blé ramifié, *Triticum compactum* Host, ou tous mélanges de ces derniers, par procédés de mouture ou de broyage dans lesquels le son et le germe sont partiellement éliminés et le reste réduit en poudre suffisamment fine (CODEX STAN 152-1985). Les différentes farines de blé se caractérisent par leur taux de cendre typique (taux de cendre minérale pour 100 g de farine).

II.2.3.2. Le sucre

Le sucre a pour rôle d'apporter une saveur sucrée, d'améliorer le croustillant et la friabilité, de favoriser le développement de la pâte, de favoriser la coloration par une réaction entre les groupements carbonyles des sucres réducteurs et les terminaisons aminées des protéines (réaction de Maillard), de régulariser la forme des produits en équilibrant les autres ingrédients liquides et solides de la formulation et être des agents de supports des autres saveurs. C'est également un rétenteur d'eau, il permet ainsi une bonne conservation des produits (PNNS, 2007).

II.2.3.3. La matière grasse

Les matières grasses ont de nombreuses fonctions technologiques (fonctions texturantes, fonctions thermiques ou cuisatrices, fonctions de présentation) positives et nécessaires à la qualité des aliments (PNNS, 2009). Outre leur grande influence sur la saveur du produit fini, les matières grasses déterminent avant tout la consistance de la pâte, la texture du produit ainsi que l'impression en bouche. Pour la confection de pâtes feuilletées, on utilisera ainsi une matière grasse plastique qui se laisse travailler sans problème et présente une grande stabilité à la température. A l'inverse, la structure friable d'une pâte brisée ou sablée requiert plutôt une matière grasse d'une consistance plus ferme (www.biscossuisse.ch).

II.2.3.4. L'œuf

Les œufs et les ovo produits constituent les ingrédients fondamentaux de nombreux produits de biscuiterie et biscotterie. Ils ont une influence prépondérante sur la dorure, la légèreté, l'impression en bouche et le goût du produit (www.biscossuisse.ch).

II.2.3.5. Le lait

Les ingrédients laitiers ont des propriétés physiques très recherchées dans les préparations alimentaires industrielles. En biscuiterie, la poudre de lait a principalement des propriétés texturantes et blanchissantes. Le lactose contenu dans le lait permet une coloration des produits par caramélisation. C'est un précurseur de la réaction de Maillard (www.maison-du-lait.com).

II.2.3.6. Le sel

Le sel dans les aliments peut avoir plusieurs fonctions dont notamment celle d'exhausteur du goût, de conservateur, de rétenteur d'eau. Le rôle du sel en biscuiterie est l'amélioration de la plasticité de la pâte et de la saveur des biscuits (PNNS/PNA, 2013).

II.2.3.7. La levure

Les levures chimiques sont des substances chimiques qui produisent sous certaines conditions un dégagement de gaz carbonique, soit par simple décomposition à la chaleur, soit par une réaction chimique au contact d'humidité et sous l'action de la chaleur. Elle permet d'obtenir des produits plus légers possédant une texture plus aérée (www.supertoinette.com).

II.2.3.8. Le sucre vanillé

Le sucre vanillé est un sucre aromatisé à la vanille naturelle. Le mélange doit comporter au moins 10% de poudre ou d'essence de vanille (les nouvelles de la boulangerie-supplément technique I.N.B.P. (2000), n° 71). Il apporte donc de l'arôme aux biscuits.

II.2.3.9. La gomme arabique

La gomme arabique est un exsudat de sève descendante solidifié, produit naturellement ou à la suite d'une incision, sur le tronc et au pied d'arbres de la famille des acacias (D'après la définition du Codex Alimentarius, seules les gommes produites par *Acacia senegal* et *Acacia seyal* ont la dénomination officielle de « gomme arabique »). Comestible, elle est récoltée principalement en Afrique saharienne (Maghreb, Mali, Sénégal, Tchad, Égypte, Soudan, etc.). La gomme arabique est un polysaccharide acide fortement ramifié qui se présente sous la forme de mélanges de sels de potassium, de magnésium et de calcium (fr.wikipedia.org). Elle est très recherchée pour ses propriétés adhésives en tant que colloïde

protecteur ou agent encapsulant (SIEDOGO, 2009). De plus, la gomme arabique est exploitée sous forme d'agent émulsionnant, stabilisant, fixateur de la saveur, gélifiant, agent épaississant (Carlo *et al*, 2011). C'est un polysaccharide acide fortement ramifié normalisé en Europe comme épaississant alimentaire avec pour code E414. On trouve la gomme arabique dans le commerce sous forme de poudre ou de cristaux non moulus plus ou moins ronds de couleur jaune pâle à jaune brunâtre.

DEUXIEME PARTIE :
MATERIEL ET
METHODES

I. MATERIEL

I.1. Matériel végétal

I.1.1. Les tubercules de souchet

Les tubercules de souchet ont servi de matériel biologique pour notre étude. Ces tubercules ont été acquis dans le commerce, précisément au marché de Naabi Yaar et de Bendogo de la ville de Ouagadougou. Au total 28.5 Kg de souchet ont été utilisés.

I.1.2. Les différents ingrédients utilisés dans les formulations de biscuit

❖ Les farines :

- La farine de souchet (DTA),
- La farine de manioc (DTA),
- La farine de blé (Belle France).

❖ Le sucre (sucre blanc cristallisé)

❖ La matière grasse (Blue band)

❖ L'œuf (production locale)

❖ Le lait (Nido)

❖ Le sel (La baleine)

❖ La levure (VANOISE)

❖ Le sucre vanillé (VANOISE)

❖ La gomme arabique (DTA)

I.2. Autre matériel

Equipements

- ❖ Un séchoir à gaz (ATTESTA)
- ❖ Moulin
- ❖ Four à gaz
- ❖ Pétrin
- ❖ Broyeur
- ❖ Balance analytique
- ❖ Etuves
- ❖ Agitateur magnétique

- ❖ Evaporateur rotatif
- ❖ Centrifugeur
- ❖ Spectrophotomètre
- ❖ Autoclave
- ❖ Tubes d'incubation binder
- ❖ Bain de mari

Consommables

- ❖ Cartouches
- ❖ Nacelles
- ❖ Creusets
- ❖ Bassines
- ❖ Passoires
- ❖ Bols
- ❖ Plateaux
- ❖ Gobelets
- ❖ Carafes

Verreries

- ❖ Boîtes de pétri
- ❖ Tubes à essai
- ❖ Erlenmeyeurs
- ❖ Bechers
- ❖ Burettes
- ❖ Pipettes

Solvants, réactifs et milieux de culture

- ❖ Acide sulfurique
- ❖ Hexane
- ❖ Orcinol
- ❖ PCA
- ❖ VRBL
- ❖ YGC
- ❖ Diluant

II. METHODES

II.1. Formulations

Sept (07) formulations ont été élaborées au début des travaux, et les trois meilleures formulations ont été retenues après une évaluation pour la suite des travaux. Les formulations se différencient par la présence (5%) ou non de la gomme arabique, la quantité de sucre ajoutée (25% ou 40%), la composition de la farine utilisée (farine de souchet pur, farine de souchet + farine de manioc, farine de souchet + farine de blé, farine de souchet + farine de manioc + farine de blé). La farine de souchet était présente dans toutes les formulations à au moins 50%, l'objectif étant de valoriser cette farine.

II.2. Technologie des biscuits

II.2.1. Production de la farine de souchet

La farine de souchet a été produite à partir de diagrammes (figure 1) mis au point au DTA (Siedogo (2009), Kabore (2012), Gorga (2014)).

Les tubercules de souchet ont d'abord été triés pour éliminer les tubercules moisissés, altérés et les impuretés. Ils ont ensuite été lavés à l'eau savonneuse afin de débarrasser les tubercules des grains de sable et autres impuretés, puis un rinçage pour éliminer le savon. Après cela, ils ont été désinfectés dans une solution chlorée (eau de javel de marque « la croix » à 8° de chlore eq, avec une concentration de la solution finale était de 113 ml de désinfectant pour 10 litres d'eau) pour réduire la charge microbienne, puis deux rinçages pour éliminer le chlore. Les tubercules ont enfin été séchés (55 à 70 °C pendant 14 h) puis réduits en poudre et tamisés avec un tamis de 200 µm de maillage pour obtenir la farine de souchet (photo 5).

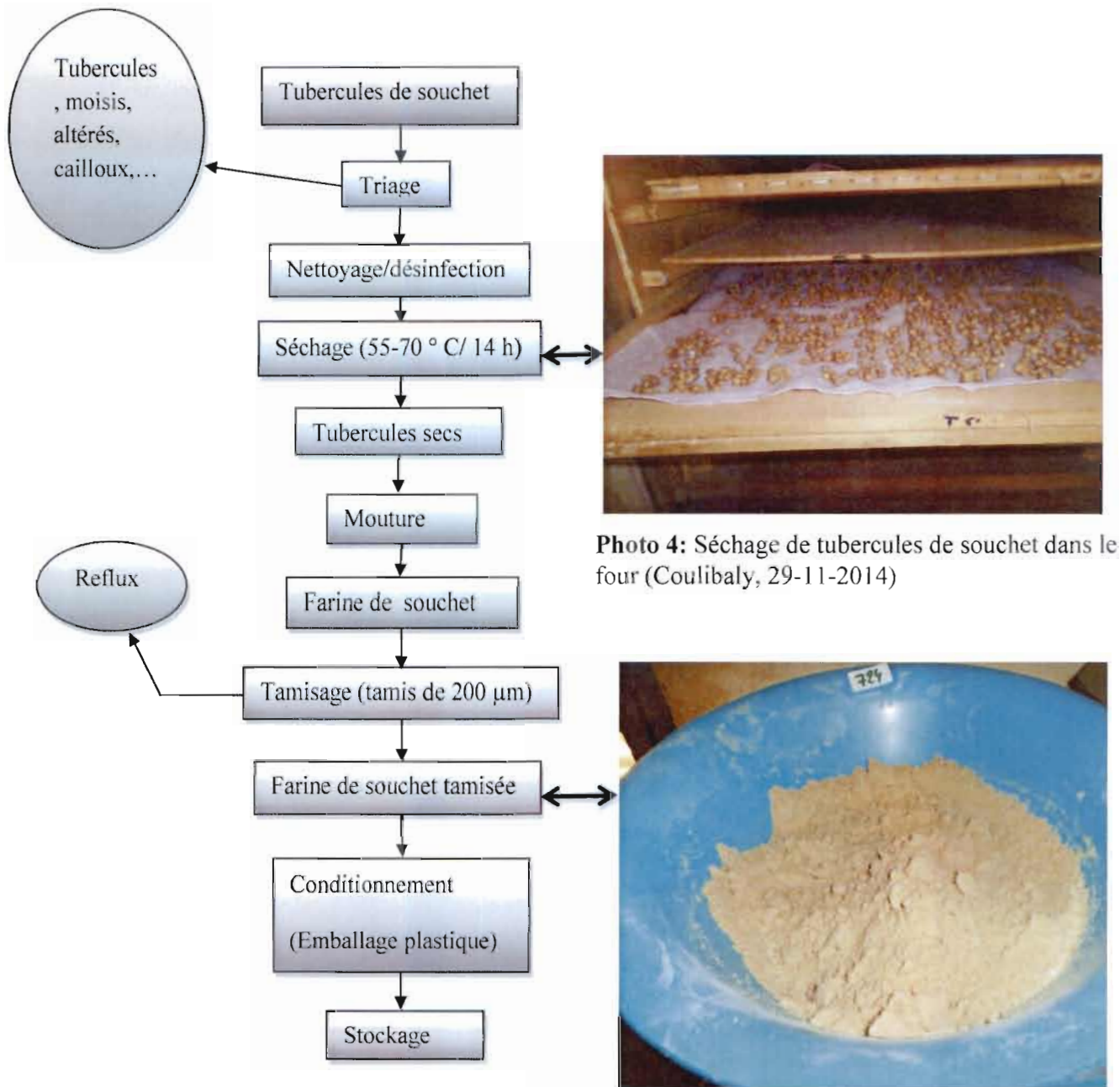


Photo 4: Séchage de tubercules de souchet dans le four (Coulibaly, 29-11-2014)

Photo 5: Farine de souchet (Coulibaly, 29-11-2014)

Figure 1: Diagramme de production de la farine de souchet

II.2.2 Production des biscuits

La production des biscuits a été réalisée à partir d'un schéma mis au point au DTA selon trois étapes principales : la préparation de la pâte (photo 6), la cuisson des pâtons et enfin le refroidissement et conditionnement des biscuits.

Avant de commencer le pétrissage de la pâte, des mélanges ont été effectués entre certains ingrédients pour faciliter l'homogénéisation de la pâte. Ainsi, le sucre, le sel et le sucre vanille ont été mélangés dans un plat, et également les farines, la levure, le lait et éventuellement la gomme arabique ont été bien homogénéisés dans une bassine.

➤ La préparation de la pâte

La pâte a été préparée en mélangeant Les œufs, le sucre, le sucre vanille et le sel pendant trois minutes. La margarine fondue a été ajoutée ensuite et mélangé pendant deux minutes. Le mélange de farines et la levure chimique préalablement préparé a été ajouté au mélange et l'ensemble a été malaxé (photo 6) pendant cinq minutes pour obtenir la pâte (photo 7). Des pâtons (photo 8) ont été formés à partir de la pâte après étalage sur une table et moulage.



Photo 6: Pétrissage de la pâte (Coulibaly, 21-11-2014)



Photo 7: Pâte de biscuit pétrie (Coulibaly, 21-11-2014)



Photo 8: Pâtons de biscuits sur un plateau (Coulibaly, 21-11-2014)

➤ **La cuisson des pâtons**

Les pâtons disposés dans des plateaux ont été cuits pendant 25 à 35 minutes dans un four préalablement chauffé à 170° C. A la fin de la cuisson, les plateaux ont été retirés et les biscuits obtenus ont été renversés dans des petites bassines.

➤ **Refroidissement et conditionnement**

Le refroidissement a été effectué dans la salle des biscuits pendant 45 à 50 minutes (photo 9). Les biscuits ont ensuite été conditionnés dans des emballages plastiques puis étiquetés (photo10)

Les 07 formulations de biscuits ont été produites selon le diagramme suivant :

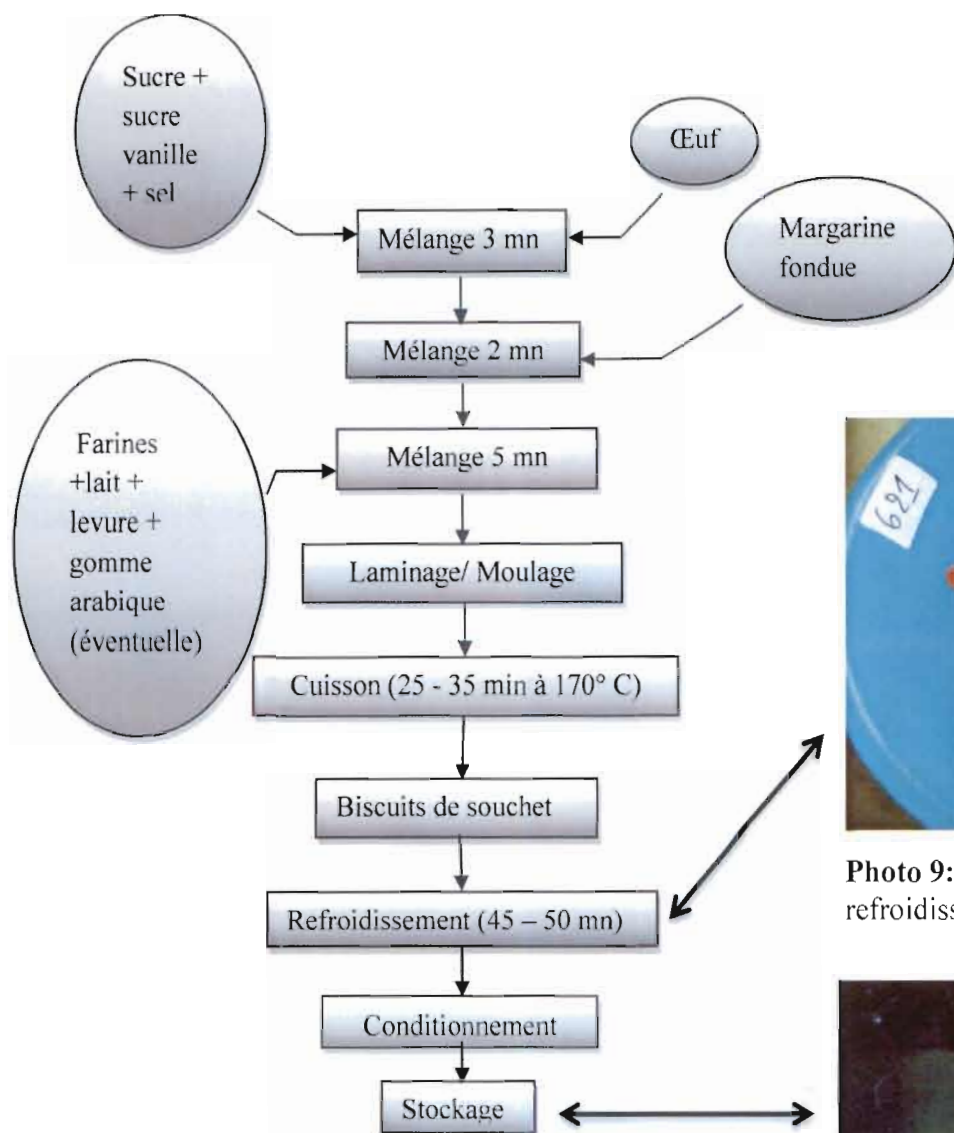


Photo 9: Biscuit de souchet en phase de refroidissement (Coulibaly, 21-11-2014)



Photo 10: Biscuit conditionnés dans des emballages plastiques (Coulibaly, 21-11-2014)

Figure 2: Diagramme de production des biscuits

II.3. Détermination des paramètres physico-chimiques

Quatre échantillons, dont un échantillon de farine de souchet et trois échantillons de biscuits de souchet ont fait l'objet d'analyses physico-chimiques.

II.3.1. Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau (H %) a été déterminé selon la **Norme NF EN ISO 662 (2001)**.

Les nacelles vides ont été préalablement mises à l'étuve à 130°C pendant 1h, refroidies 30 mn au dessiccateur, puis pesées (P_0). Après avoir taré, 5g de l'échantillon (PE) préalablement broyé ont été prélevés et l'ensemble est placé dans l'étuve à 105°C pendant une nuit (12 h). Les nacelles fermées immédiatement avec les couvercles ont été ensuite sorties de l'étuve et placées au dessiccateur pendant 30 minutes puis pesées (P_f). La teneur en eau exprimée en pourcentage est donnée par la relation :

$$H (\%) = \frac{PE - (P_f - P_0)}{PE} \times 100$$

P_0 = Poids vide des nacelles en gramme,

P_f = Poids final (nacelles plus prise d'essai) en gramme,

PE = prise essai en gramme.

II.3.2. Détermination des cendres totales

On appelle cendres, le résidu minéral incombustible obtenu après incinération du produit dans les conditions déterminées et à une température de 550°C.

Les cendres ont été obtenues selon la **Norme Internationale ISO 2171 (2007)**.

Les creusets propres ont été séchés au four à 550°C pendant 15 minutes et refroidis au dessiccateur pendant 1 heure environ. La masse vide a été relevée (P_0), et 5 g d'échantillon (PE) ont été pesés dans chaque creuset, et l'ensemble a été placé au four à 550°C pendant une nuit (12 h). A la fin, les creusets ont été sortis et refroidis au dessiccateur pendant une heure et les masses finales ont été déterminées (P_f). Le pourcentage de cendres est donné par la relation suivante :

$$\% \text{ Cendres} = \left[\frac{P_f - P_0}{PE} \times 100 \right]$$

Le pourcentage de cendres par rapport à la matière sèche est donné par la relation suivante :

$$\% \text{ Cendres / MS} = \left[\frac{P_f - P_0}{PE} \times 100 \right] \frac{100}{100 - \% H}$$

P_0 = Poids à vide des creusets (g)

P_f = Poids final (creuset + échantillon calciné) (g)

PE = Prise d'essai (g)

MS = Matière sèche (g)

% H = teneur en eau

III.3.1.3. Détermination de la teneur en sucres totaux par la méthode à l'orcinol sulfurique

C'est une méthode de dosage spectrophotométrique. En présence d'acide sulfurique concentré et à chaud, les glucides subissent une hydrolyse quantitative en libérant des oses libres et des unités osidiques qui sont déshydratés en dérivés furfiriqes qui se condensent avec l'orcinol (3,5-dihydroxytoluène) pour donner un complexe brun orangé. Cette coloration développe un maximum d'absorption à 510 nm.

0,2g d'échantillon finement broyé ont été introduits dans un bécher et 5 ml d'eau distillée y a été ajoutée. L'ensemble a été mélangé sous agitation magnétique pendant 10 mn. Le mélange a été transvasé dans une fiole jaugée de 100 ml, et le volume a été complété avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge et l'ensemble a été homogénéisé. 1 ml de cette solution a été prélevé, à laquelle 2 ml du réactif à l'orcinol sulfurique, suivi de 7 ml de la solution d'acide sulfurique à 60%. Le mélange a été homogénéisé, chauffé au bain marie bouillant pendant 20 min, placé à l'obscurité pendant 45 mn, et à la température ambiante pendant 10 mn. Le mélange a été homogénéisé et l'absorbance a été mesurée à 510 nm au spectrophotomètre. Les teneurs en glucides ont été déterminées à l'aide d'une courbe d'étalonnage établie avec le D-glucose comme sucre de référence. Les résultats ont été exprimés en équivalent D-glucose. Le pourcentage en sucres totaux a été calculé et exprimé par la relation ci-dessous :

$$\%ST = \frac{(\text{masse ST} \times 100)}{PE}$$

Le pourcentage en sucres totaux par rapport à la matière sèche est donné par la relation suivante :

$$\% \text{ ST/MS} = \frac{(\text{masse ST} \times 100)}{\text{PE}} \times \frac{100}{100 - \%H}$$

% ST = pourcentage en sucres totaux

% ST/MS = pourcentage en sucres totaux par rapport à la matière sèche

Masse ST = masse de sucres totaux = C (g/l) × V (l)

C = concentration en sucres totaux (g/l)

V = volume de la solution après dilution (l)

PE = prise d'essais (g)

II.3.4. Détermination de la teneur en matière grasse

Elle a été faite par la méthode d'extraction au SOXHLET avec l'hexane comme solvant selon la **Norme Internationale ISO 659 (1998)**.

Les ballons propres ont d'abord été séchés à l'étuve à 105°C pendant 45 minutes à 1 heure et refroidis au dessiccateur. Après avoir pesé le ballon vide (P_v), 5 g d'échantillon broyé (PE) ont été pesés dans chaque cartouche qui ont été bouchées avec du coton déshydraté. L'ensemble est ensuite placé dans les Soxhlets. Ensuite, on met environ 200 ml d'hexane dans chaque ballon, et on adapte le réfrigérant et ballon. On met le chauffage et on fait circuler l'eau dans le réfrigérant puis on chauffe doucement à 60-70°C pendant 4h. Chaque fois que le Soxhlet se remplit de solvant, celui-ci siphonne, c'est-à-dire qu'il reflue vers le ballon. Après extraction, le solvant est évaporé au rotavapor puis récupéré. Le ballon contenant la matière grasse et les traces du solvant est placé à l'étuve pendant 1h, puis refroidi au dessiccateur. En fin, le ballon contenant la matière grasse est pesé (P_f). La teneur en matières grasses est exprimée en pourcentage selon la relation :

$$\% \text{ Matière Grasse} = \left[\frac{P_f - P_v}{PE} \right] \times 100$$

La teneur en matière grasse par rapport à la matière sèche est donnée par la relation suivante :

$$\% \text{ Matière Grasse/MS} = \left[\frac{P_f - P_v}{PE} \times 100 \right] \times \frac{100}{100 - \% H}$$

P_f = Poids final (g)

P_v = Poids vide de ballon (g)

PE = Prise d'essai (g)

% H = Pourcentage en masse d'eau et de matière volatiles

MS : Matière sèche

II.3.5. Détermination de la teneur en protéines

La teneur en protéines a été déterminée en soustrayant du pourcentage total de la matière sèche (100 %), la somme des teneurs (par rapport à la matière sèche) en sucres totaux, en matière grasse et en cendres.

$$\% \text{ protéines/MS} = 100 \% - (\% \text{ sucres totaux/MS} + \% \text{ matière grasse/MS} + \% \text{ cendres/MS})$$

II.3.6. Calcul de la valeur énergétique

Les différentes valeurs de l'énergie métabolisable ont été calculées en multipliant le taux de protéines par 4 kcal /g celui des lipides par 9 kcal/g et celui des glucides totaux par 4kcal /g.

$$\text{Valeur énergétique} = (\% \text{ sucres totaux} \times 4) + (\% \text{ matière grasse} \times 9) + (\% \text{ protéines} \times 4)$$

II.4. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques ont été effectuées sur trois échantillons de biscuits et l'échantillon de farine de souchet. Elles ont porté sur le dénombrement de la flore totale, des coliformes totaux et fécaux et des levures et moisissures.

II.4.1. Préparation de la solution mère et des dilutions décimales

La solution mère a été obtenue en pesant 10 g d'échantillon broyé dans un sachet stérile. La masse est complétée à 100 g en y ajoutant le diluant stérile. L'ensemble est homogénéisé au stomacher pendant 2 minutes ; la solution ainsi obtenue correspond à la solution $1/10^{\text{ème}}$ qui est la solution mère.

A partir de cette solution mère, une série de dilutions décimales a été réalisée : 1 ml de cette solution mère a été prélevé à l'aide d'une micropipette et homogénéisé dans un tube à essai contenant 9 ml de diluant (dilution au $1/100^{\text{ème}}$). 1 ml de cette solution a été ensuite dilué dans un second tube à essai avec 9 ml de diluant (dilution au $1/1000^{\text{ème}}$). La dilution a été poursuivie ainsi jusqu'à la dernière dilution désirée.

II.4.2. Ensemencement

L'ensemencement a été fait en prélevant 1 ml de la solution mère ou les dilutions décimales préalablement agité au vortex, et en l'introduisant dans une boîte de pétri portant la date, le nom du milieu, le code de l'échantillon correspondant et la dilution. Ensuite, on fait couler environ 15 ml du milieu de culture dans chaque boîte ; et l'ensemble est homogénéisé en tournant dans plusieurs sens la boîte de pétri. Une boîte de pétri témoin est réalisée en y coulant uniquement le milieu de culture sans échantillon, pour se rassurer de la stérilité du milieu de culture. Toute la manipulation a été effectuée autour d'une flamme et sur une pailleuse préalablement bien nettoyée à l'alcool 75% afin d'éviter toute contamination.

III.4.3. Incubation et dénombrement des colonies

L'incubation, la lecture ainsi que le calcul du nombre de germes ont été faits suivants les normes en vigueur pour chaque type de microorganisme.

- **La flore totale**

La numération de la flore totale a été effectuée selon la norme NF EN ISO 4833 (2003). Les boîtes ont été incubées à l'étuve réglée à 30° C pendant 72 h. Les colonies ont été comptées après chaque 24h, le nombre total de germes est calculé au bout de la période d'incubation et les résultats exprimés en unité formant colonies (UFC/g).

- **Les coliformes totaux et thermo tolérants**

Les coliformes totaux ont été dénombrés selon la norme Internationale ISO 4832 (2006) ; la norme française V08-060 (juillet 2010) a été utilisée pour le dénombrement des coliformes thermo tolérants.

Les boîtes ont été incubées à l'étuve à 37° C pour les coliformes totaux et à 44° C pour les coliformes thermo tolérants pendant 24 h. Les colonies ont été comptées après la période d'incubation et les résultats exprimés en unité formant colonies (UFC/g).

- **Les levures et moisissures**

La norme NF ISO 7954 (Août 1988) a été utilisée pour le dénombrement des levures et moisissures. Les boîtes ont été incubées à 25° C à l'étuve pendant 5 jours et les colonies ont été comptées après chaque 24 h. Au bout de la durée d'incubation, le nombre total de colonies a été calculé et les résultats exprimés en unité formant colonies (UFC/g).

III.4.4. Expression des résultats (en Unité formant de colonie, UFC/g)

Le nombre de microorganismes a été déterminé en unité formant colonie par le calcul suivant :

$$N = \frac{\sum C}{VX(n1 + 0,1n2)d}$$

N= nombre de microorganismes/ gramme (ou par millilitre) ou UFC /g

ΣC= somme des colonies comptées sur toutes les boîtes retenues

V= volume de l'inoculum en ml

n1= nombre de boîtes retenues à la 1^{ère} dilution

n2= nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution

d= taux de dilution correspondant à la première dilution

II.5. Analyses sensorielles

Trois (03) évaluations sensorielles ont été effectuées au totale. Une première évaluation qui a consisté à un test de classement des sept (07) formulations de départ pour retenir les trois (03) meilleures formulations. Les biscuits ont été séparés en deux lots pour la réalisation de la dégustation. Les deux autres évaluations ont consisté à un test hédonique et à l'établissement du profil sensoriel des biscuits issus des trois formulations retenues.

II.5.1. Objectifs et principe des différentes analyses effectuées

- Le test de classement : il s'agit de déterminer si les biscuits formulés diffèrent du point de vue de leurs caractéristiques. Cela consiste à ranger par ordre croissante les échantillons qui sont présentés simultanément (annexe 2).
- L'épreuve hédonique : il s'agit d'évaluer le caractère hédonique de biscuits formulés. Cela consiste à présenter les échantillons simultanément et le sujet doit exprimer son avis sur leur goût sur une échelle d'intervalle (annexe 3).
- Le profil sensoriel : il s'agit de sélectionner des descripteurs sensoriels pour décrire la qualité sensorielle du produit étudié. Cela consiste à déterminer et à sélectionner un minimum de descripteurs qui permettront le maximum d'information sur les propriétés sensorielles du produit étudié en relation avec son apparence, son odeur et la sensation après dégustation (annexe 4).

II.5.2. Codage des échantillons

Les échantillons ont été codés à l'aide du tableau de code à trois chiffres. Des codes différents ont été utilisés pour chaque évaluation.

II.5.3. Le choix des panels de dégustation

Trois panels, dont deux groupes de 24 et un groupe de 12 dégustateurs ont permis d'effectuer les 03 évaluations sensorielles. Le premier panel de 24 dégustateurs a servi pour le test de classement des 07 formulations dont 03 ont été retenues. Le second panel a effectué le test hédonique, et les 12 dégustateurs ont établi le profil sensoriel des 03 formulations retenues. Le recrutement des deux premiers panels était aléatoire. La spécificité du dernier panel se résumait par leur expérience en analyse sensorielle.

- Le test de classement : Le panel était composé de 13 hommes et de 10 femmes, dont 15 dégustateurs avaient l'âge compris entre 15-30 ans, 06 dégustateurs avec l'âge compris entre 31-40 ans et 02 dégustateurs avaient plus de 40 ans. Le classement des biscuits a été effectué en deux groupes. Le premier groupe était composé des formulations contenant soit uniquement de la farine de souchet soit de la farine de souchet additionnée avec un seul type de farine (blé ou manioc). Le second groupe est formé de formulations comportant chacune les trois types de farine (souchet-manioc-blé)
- L'épreuve hédonique : Le panel ayant effectué l'épreuve hédonique était composé de 24 dégustateurs dont 08 hommes et 16 femmes. Parmi ces 24 dégustateurs, 13 avaient l'âge compris entre 15-30 ans, 08 avaient l'âge compris entre 31-40 ans et 03 avaient plus de 40 ans. L'épreuve hédonique a concerné les trois meilleures formulations retenues.
- Le profil sensoriel : Le profil sensoriel a été établi également pour les trois meilleurs échantillons retenus. Les 12 dégustateurs choisis pour l'établissement du profil sensoriel se composait de 05 hommes et de 07 femmes, dont 08 avaient l'âge entre 15-30 ans, l'âge de 02 était compris entre 31-40 ans, et 02 avaient plus de 40 ans.

II.5.4. Préparation et présentation des échantillons

Les échantillons ont été mis dans des bols et placés sur des plateaux, plus un verre d'eau pour le rinçage de bouche, et la fiche d'évaluation (annexes 2, 3 et 4) comportant une combinaison des codes. Chaque plateau contient le même nombre d'échantillon pour une même analyse. Le plateau est servi au dégustateur, et la fiche est récupérée à la fin de l'analyse.

TROISIEME PARTIE :
RESULTATS ET
DISCUSSION

I. CARACTERISTIQUES TECHNOLOGIQUES DES PRODUITS

I.1. Bilan matière de la production de la farine de souchet

Les résultats de la production de la farine de souchet sont dans le tableau suivant :

Tableau 1: Bilan matière de la production de la farine de souchet

Produits Opérations	Quantité avant (Kg)	Quantité après (Kg)	Résidu/reflux (Kg)	Pertes (Kg)
Triage	27,5	16,05	11,45	00
Lavage	16,05	14,40	00	1,65
Mouture	14,40	13,95	00	0,45
Tamisa	13,95	2,80	11,15	00

Pour 27,5 Kg de tubercules de souchet au départ, 16,05 Kg de souchet apte à la transformation ont été obtenus après triage, soit 58,36 %. Les pertes après triage sont donc de 41,64 %. Les tubercules triés ont ensuite été lavés et séchés. A la fin du séchage, la masse des tubercules était de 14,40 Kg, soit une perte de 10,28 % par rapport aux tubercules triés et 5,82 % par rapport à la quantité totale de tubercule. Ces pertes sont certainement dues à la quantité importante des tubercules moisis et altérés, des impuretés éliminés lors du triage, ainsi qu'aux pertes engendrées le lavage.

Les 14,40 Kg de tubercules triés, lavés et séchés ont donné 13,95 Kg de farine, soit une perte à la mouture de 4,13 %. Après tamisa de cette farine (avec un tamis de μm), 2,80 Kg de farine fine pour biscuit ont été obtenus. Le rendement est alors de l'ordre de 20,07 % par rapport à la quantité totale de farine ; le rendement est de 10,18 % de la quantité de tubercule au départ (27,5 Kg.). La quantité faible de farine obtenue est liée à la finesse des mailles du tamis utilisé (200 μm , granulométrie d'une farine biscuitière selon la technologie établie par l'IRSAT/DTA) ; également par le fait que la partie externe des tubercules ne peut être finement broyée pour donner de la farine. Ainsi, cette partie est éliminée lors du tamisa.

I.2. Les formulations

Le tableau 7 indique les ingrédients utilisés dans les différentes formulations de biscuits

Six (06) formulations ont été faites à partir de la formulation de base (Souchet + 5 % de gomme arabique). Il y avait donc sept (07) formulations qui se présentent dans le tableau suivant :

Tableau 2: Composition des formulations

N° formulation / Ingrédients (g)	1	2	3	4	5	6	7
Farine de souchet	200	100	100	100	100	200	150
Farine de blé	0	100	0	50	50	0	25
Farine de manioc	0	0	100	50	50	0	25
Margarine	80	80	80	80	80	80	80
Œuf	30	30	30	30	30	30	30
Sel	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Levure	10	10	10	10	10	10	10
Sucre en poudre	80	80	80	80	50	50	50
Gomme arabique	10	0	0	0	10	0	0
Lait	20	20	20	20	20	20	20
Sucre vanille	8	8	8	8	8	8	8

II. CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

Les résultats des analyses physico-chimiques réalisés sur les échantillons de farine de souchet et de biscuits sont donnés dans le tableau 8.

Tableau 3: Paramètres physico-chimiques des biscuits et de la farine de souchet

paramètres Echantillons	Humidité (%)	Cendre/MS (%)	Sucres totaux/MS (%)	Matières grasses/MS (%)	Protéines/MS (%)	Valeur énergétique en Kcal/100 g
Farine de souchet	3,67±0,00	1,75±0,02	36,74±1,00	34,77±1,44	26,76±0,44	566,84±7,18
Biscuit souchet avec gomme arabique	3,45±0,01	3,29±0,01	42,15±0,87	35,69±0,15	18,89±0,72	565,31±0,71
Biscuit souchet/ blé	2,23±0,01	3,09±0,02	38,51±0,51	27,72±0,16	30,7±0,45	526,22±0,76
Biscuit souchet/ blé/manioc	1,99±0,03	3,06±0,01	35,53±1,08	27,45±0,13	33,98±1,09	524,98±0,68

La teneur en humidité de la farine de souchet est de 3,67 %, elle est du même ordre que les valeurs déterminées par Oladele et *al* en 2007 pour les deux variétés de souchet (3,5 – 3,78 %). Les teneurs en humidité des échantillons varient de 1,99 % pour le biscuit souchet/blé/manioc à 3,45 % pour le biscuit souchet/gomme arabique. La variation de l'humidité entre les biscuits pourrait s'expliquer par la composition des biscuits, l'hétérogénéité de l'épaisseur de la pâte après le laminage, la disposition des pâtons sur les plateaux de cuisson et surtout le temps et la température de cuisson des biscuits. Seule l'humidité du biscuit souchet/blé/manioc est en accord avec celle proposée dans le rapport du groupe PNNS sur les glucides en 2007 (2 %). Les valeurs de l'humidité des biscuits restent inférieures à celles déterminées par Siedogo en 2009 (4,50 – 7,08 %). Elles sont par contre dans l'intervalle trouvé par Gorga en 2014 (1,83 – 7,37 %).

La farine de souchet a une teneur en cendres de 1,75 %. Par rapport à la teneur en cendres de la farine de blé déterminée par Siedogo en 2009 (0,76 %), nous pouvons dire que la farine de souchet contient plus d'éléments minéraux que la farine de blé. Néanmoins, cette valeur est inférieure aux valeurs de cendres déterminées par Oladele et *al* en 2007 (3,97- 4,25 %), ce qui peut s'expliquer par les conditions de cultures et la nature des sols. La teneur en cendres de la farine est inférieure à celles des échantillons de biscuits qui varient de 3,06 % pour le biscuit souchet/blé/manioc à 3,29 % pour le biscuit souchet/gomme arabique. La différence entre la teneur en cendres de la farine et celles des biscuits est due aux ingrédients ajoutés dans les formulations des biscuits. Les échantillons de biscuits sont plus riches en éléments minéraux que les biscuits élaborés par Siedogo en 2009 qui ont des taux de 1,9 – 2,67 %. Les valeurs des cendres des échantillons sont nettement plus élevées que celle déterminée par Gorga (2014) pour le biscuit nature (1,97 %).

La teneur en sucres totaux de la farine était de l'ordre de 36,74 %, inférieure à celles déterminées par Oladele et *al* (2007) avec des valeurs de 41,22 – 46,99 %. Les biscuits ont des teneurs en sucres totaux qui varient entre 35,53 % pour le biscuit souchet/blé/manioc et 42,15 % pour le biscuit souchet/gomme arabique, en passant par 38,51 % pour le biscuit souchet/blé. Cette variation pourrait être due à la composition des différentes formulations, surtout à la présence de la gomme arabique, qui est un polysaccharide, dans le biscuit souchet/gomme arabique. Ces teneurs sont inférieures à celles déterminées par Siedogo (2009) qui trouve des taux de 64,97 – 70,44 %.

En ce qui concerne la matière grasse, la farine de souchet en comporte 34,77 %. Cette teneur se retrouve dans l'intervalle déterminé par Oladele et *al* (2007) qui est de 32,13 – 35,43%. Les biscuits souchet/blé et souchet/blé/manioc ont des teneurs presque égales, respectivement 27,72 % et 27,45 %. Le biscuit souchet/gomme arabique a une teneur en matière grasse de l'ordre 35,69 %. Cette hausse de teneur pour ce biscuit pourrait s'expliquer par la quantité plus élevée en farine de souchet dans cette formulation, qui est naturellement riche en matières grasses. La norme CODEX STAN 074 (1981) préconise une teneur maximale en lipide de 3,3g / 100 Kcal dans les biscottes et biscuits. Lorsque que nous déterminons la proportion des lipides dans 100 Kcal apportés par nos échantillons de biscuit, nous obtenons les valeurs suivantes : 5,23 g/100 Kcal pour le biscuit souchet/blé/manioc, 5,27 g/100 Kcal pour le biscuit souchet/blé, et 6,31 g/100Kcal pour le biscuit souchet/gomme arabique. Ces valeurs ne respectent pas la norme CODEX STAN 074 (1981). En outre, Ces

valeurs sont supérieures à celles rapportées (20,55 – 23,96 %) par Siedogo (2009) et également à celles rapportées (17,00 à 24, 73 %) par Gorga (2014).

La farine de souchet a une teneur en protéine de 33,96 %. Cette valeur est nettement plus élevée que les valeurs déterminées par Oladele *et al* (2007) qui sont de 7,15 – 9,70 %. Les teneurs en protéines des biscuits varient de 18,87 % pour le biscuit souchet/gomme arabique à 33,96 % pour le biscuit souchet/blé/manioc. Les proportions en protéines pour 100 Kcal sont de 3,34 g, 5,83 g et 6,47 g respectivement pour les biscuits souchet/gomme arabique, souchet/blé et souchet/blé/manioc. Ainsi, seul le biscuit souchet/gomme arabique respecte la norme CODEX STAN 074 (1981) qui préconise une proportion maximale en protéine de 5,5 g/100 Kcal dans les biscottes et biscuits. Ces valeurs sont largement supérieures à la teneur moyenne en protéine (8 %) des biscuits secs indiquée dans le rapport du groupe de travail PNNS sur les glucides. Elles sont également supérieures aux valeurs des protéines déterminées par Gorga (2014) et Siedogo (2009) qui sont respectivement de 5,71 - 12,01 % et de 5,57-5,77 %.

Les valeurs énergétiques des biscuits sont de 565,29 Kcal, 536,24 Kcal et 525,01 Kcal pour 100 g respectivement pour les biscuits souchet/gomme arabique, souchet/blé et souchet /blé/manioc. Ces valeurs respectent la limite minimale, qui est de 0,8 Kcal/ g de biscuit (soit 80 Kcal/100 g), préconisée par la norme CODEX STAN 074 (1981). Les trois formulations de biscuits ont chacune une valeur énergétique plus élevée que la valeur rapportée dans le rapport du groupe PNNS (2007) sur les glucides. En effet, ce rapport estimait l'énergie des biscuits secs à 435 Kcal pour 100 g. cette différence est certainement due à la nature des farines utilisées dans les formulations. Les valeurs énergétiques des biscuits sont également supérieures à celles rapportées par Siedogo en 2009 (471,99 – 491,44 Kcal/ 100 g de biscuit). La farine de souchet a une valeur énergétique de 566,84 Kcal/100 g, valeur supérieure à celle déterminées par Oladele et al en 2007 (319,76 – 359,76 Kcal/100 g).

III. CARACTERISTIQUES MICROBIOLOGIQUES

Les caractéristiques microbiologiques des biscuits et de la farine de souchet sont consignées dans le tableau 9 ci-dessous :

Tableau 4: Paramètres microbiologiques des biscuits à base de souchet et de la farine de souchet

Paramètres Echantillons	Flore totale (UFC/g)	Levures et moisissures (UFC/g)	Coliformes totaux (UFC/g)	Coliformes Thermo tolérants (UFC/g)
Farine de souchet	$9,1.10^3$	$1,4.10^4$	Moins de 10	—
Biscuit souchet avec gomme arabique	$4,5.10^2$	Moins de 10	Moins de 10	Moins de 10
Biscuit souchet/ blé	$6,4.10^1$	Moins de 10	Moins de 10	Moins de 10
Biscuit souchet/blé/manioc	$3,5.10^4$	Moins de 10	Moins de 10	Moins de 10

— : Paramètre non déterminé

La flore totale des biscuits varie entre $6,4.10^1$ UFC/g pour le biscuit souchet/blé et $3,5.10^4$ UFC/g pour le biscuit souchet/gomme arabique. Ces valeurs respectent la limite prescrite dans les lignes directrices et normes pour l'interprétation des résultats analytiques en microbiologie alimentaire (Gouvernement du Québec, 2009). Ces méthodes analytiques, accréditées selon ISO/CEI 17025, préconisent une limite acceptable de 10^5 UFC/g concernant les bactéries aérobies mésophiles dans les aliments cuits prêts à consommer. Ces valeurs indiquent également que les biscuits ont été produits sous de bonnes pratiques de fabrication (BPF). Ces différentes charges microbiennes sont du même ordre que celles trouvées par SANKARA en 2011 ($3,2 - 7,4.10^4$ UFC/g). La charge en flore totale de la farine de souchet

est de $9,1.10^3$ UFC/g. Cette valeur est en dessous des valeurs déterminées par Siedogo (2009) pour la farine de manioc ($4,5.10^7$ UFC/g) et pour la farine de patate douce ($9,3.10^5$ UFC/g). Cette valeur est également inférieure à celle déterminée par Kaboré en 2012 pour la farine de patate douce à chair orange ($4,2.10^5$ UFC/g).

La présence des coliformes totaux et thermo tolérants dans les échantillons de biscuit est estimée à moins de 10 UFC/g. Selon les critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires (Ministère de la santé du Luxembourg, 2011), les coliformes sont acceptés dans certaines denrées alimentaires comme les glaces et les crèmes glacées à une limite de 10 UFC/g, comme concentration de microorganismes correspondant à une qualité satisfaisante. Les échantillons de biscuit respectent cette limite. Cette charge des biscuits est du même ordre que les charges en coliformes déterminées par Siedogo (2009) et Sankara (2013). La farine de souchet contient moins de 10 UFC/g de coliformes totaux. Cette charge est inférieure aux valeurs déterminées par Siedogo (2009) pour la farine de manioc (4.10^7 UFC/g) et par Sankara (2013) pour la farine de patate douce à chair orange ($1,4.10^4$ UFC/g).

Pour ce qui concerne les levures et moisissures, les trois échantillons de biscuit contenaient moins de 10 UFC/g. La farine de souchet contenait par contre un nombre beaucoup plus élevé ($1,4.10^4$ UFC/g). La baisse considérable du nombre de levures et moisissures dans les biscuits s'explique par la cuisson qui a certainement détruit la majeure partie de ces microorganismes. Selon l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA), le critère indicateur d'hygiène recommandable pour les levures et moisissures dans les pâtisseries et desserts est de 10^4 UFC/g (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, 2008). Les échantillons de biscuits respectent bien ce critère. Ils sont donc de bonne qualité hygiénique. Ces valeurs en levures et moisissures étaient du même ordre que celles trouvées par SIEDOGO (2009) et SANKARA (2013). La charge en levures et moisissures de la farine de souchet ($1,4.10^4$ UFC/g) ne respecte pas la limite indiquée (10^4 UFC/g), pour les farines de céréales, selon les Critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires (Ministère de la santé du Luxembourg, 2011). Cette valeur est supérieure à celles déterminées par SIEDOGO en 2009, notamment : $6,3.10^3$ UFC/g, $3,1.10^1$ UFC/g et $1,9.10^2$ UFC/g, respectivement pour les farines de manioc, de patate douce et de blé. Nous constatons que la charge en levures et moisissures ($1,4.10^4$ UFC/g) de la farine de souchet est supérieure à sa charge en flore totale ($9,1.10^3$ UFC/g). Cela pourrait s'expliquer par la présence dominante des levures et moisissures dans les tubercules de souchet. En effet, l'un des biotopes des levures et moisissures étant le sol (wikipedia), et le souchet en tant que produit provenant du

sol est donc très habilité à contenir ces microorganismes. D'ailleurs, les travaux de Chukwu et al (2013) ont montré la présence d'une diversité de levures et moisissures dans les tubercules de souchet même après une désinfection à l'hypochlorite de sodium (10 %) pendant 5 minutes.

IV. CARACTERISTIQUES SENSORIELLES DES BISCUITS

Trois types d'analyses sensorielles ont été effectués. La première analyse a concerné les sept (07) formulations et les deux (02) dernières portaient sur trois (03) formulations.

IV.1. Le test de classement

. Les figures 3 et 4 présentent les résultats des classements.

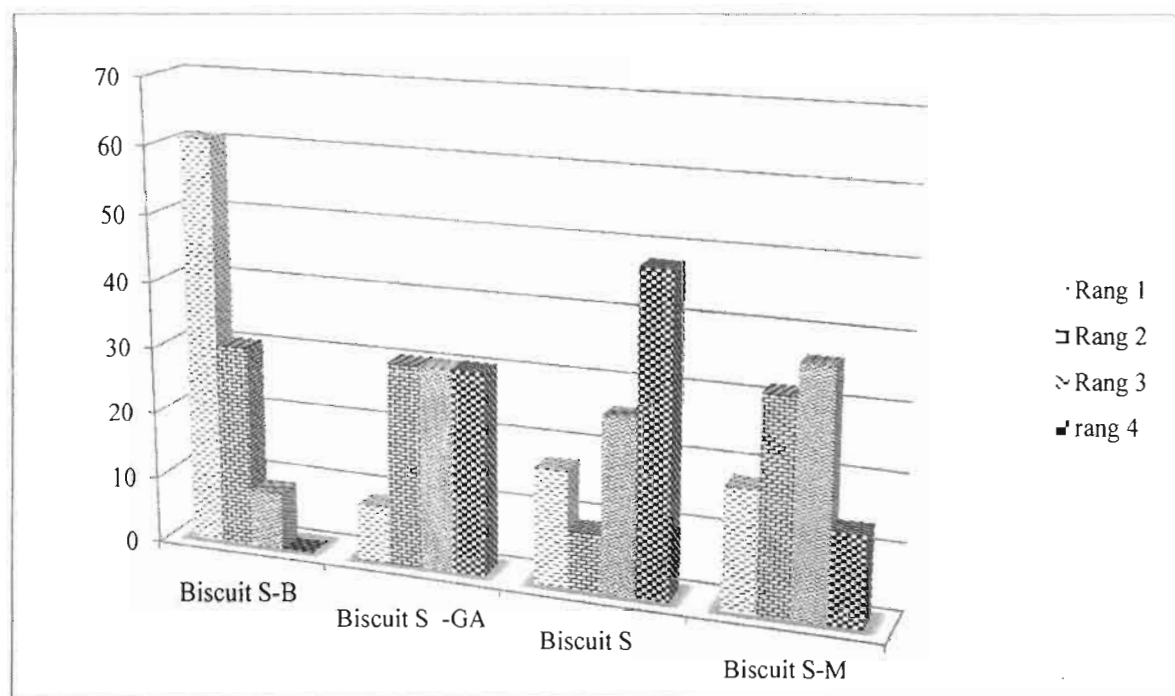


Figure 3. Classement des biscuits du premier groupe

Légende : Biscuit S-B: Biscuit souchet-blé (50%-50%);

Biscuit S -GA: biscuit souchet (100%) avec Gomme arabique ;

Biscuit S : Biscuit souchet (100%) ;

Biscuit S-M : Biscuit souchet-manioc (50%-50%)

Le biscuit souchet/blé (50 %-50 %) a été voté premier à 60,9 %, deuxième à 30,4 %, troisième à 8,7 % et n'a pas été placé quatrième (figure 3). Il occupe donc la première place dans le classement de ces 4 échantillons. Le biscuit souchet (100 %) sans gomme arabique occupe la quatrième place car il a été classé à ce rang par les dégustateurs avec un pourcentage dominant de 47,8 % par rapport aux pourcentages des autres rangs. Le biscuit souchet/manioc (50 %-50 %) est troisième. Il est voté en effet troisième avec le plus grand pourcentage qui est de 36,4 %. L'échantillon de biscuit souchet (100 %) avec gomme arabique a été classé deuxième, troisième et quatrième avec le même pourcentage (30,4 %) et placé premier avec 8,7 %. En classement final, il est deuxième car toutes les autres places sont déjà occupées.

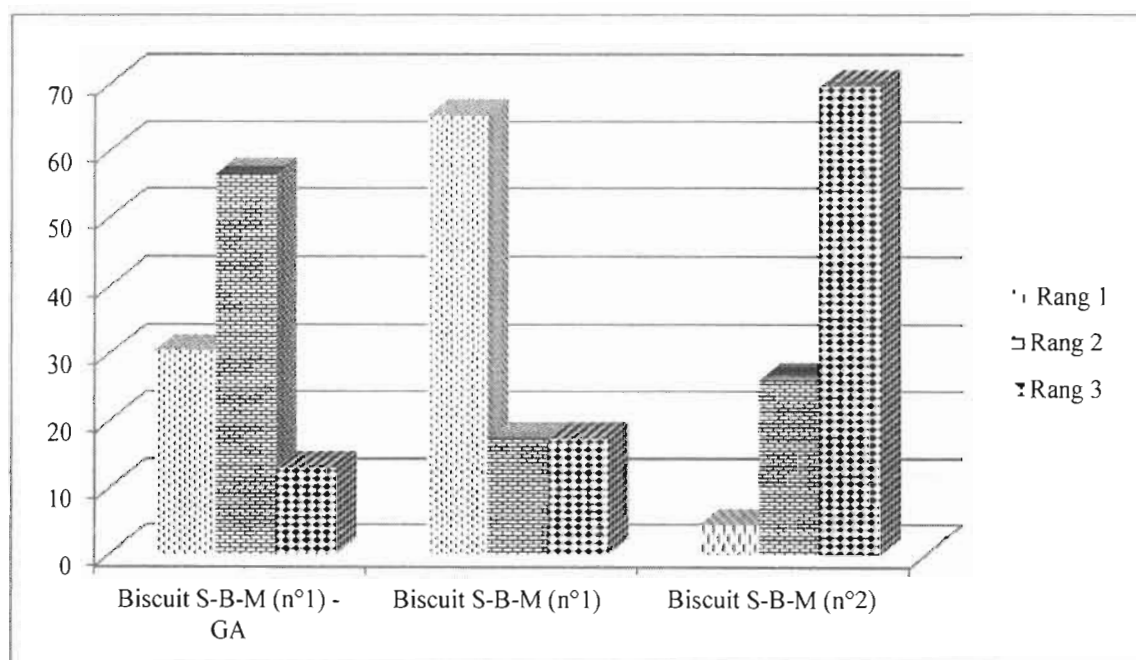


Figure 4: Classement des biscuits du second groupe

Légende : Biscuit S-B-M (n°1) – GA : Biscuit souchet/blé/manioc (50 %-25 %-25 %) avec Gomme arabique ;
 Biscuit S-B-M (n°1) : Biscuit souchet/blé/manioc (50 %-25 %-25 %)
 Biscuit S-B-M (n°2) : Biscuit souchet/blé/manioc (75 %-12,5 %-12,5 %)

Le biscuit souchet/manioc/blé (50 %-25 %-25 %) est classé majoritairement premier à 65,2 %, deuxième et troisième avec un même pourcentage de 17,5 %. Il est suivi de l'échantillon de biscuit souchet/manioc/blé (50 %-25 %-25 %) avec gomme arabique, classé

premier à 30,4 %, deuxième à 56,5 % et troisième à 13 %. Le rang 3 est occupé par le biscuit souchet/manioc/blé (75 %-12,5 %-12,5 %) classé premier à 4,3 %, deuxième à 26,1 % et troisième à 69,4 % (figure 4).

A l'issue de ces deux classements, les deux premiers échantillons retenus ont été le biscuit souchet/manioc/blé (50 %-25 %-25 %) voté premier dans son groupe à 65,2 % par les dégustateurs, et le biscuit souchet/blé (50 %-50 %) classé premier de son groupe à 60,9 %. Le troisième échantillon retenu a été l'échantillon de biscuit souchet (100 %) avec gomme arabique, classé deuxième dans son groupe à 30,4 % par les dégustateurs et également à cause de sa composition. En effet, cet échantillon comporte uniquement de la farine de souchet et 5 % de gomme arabique.

IV.2. Epreuve hédonique

Les résultats de cette épreuve sont représentés dans la figure 5.

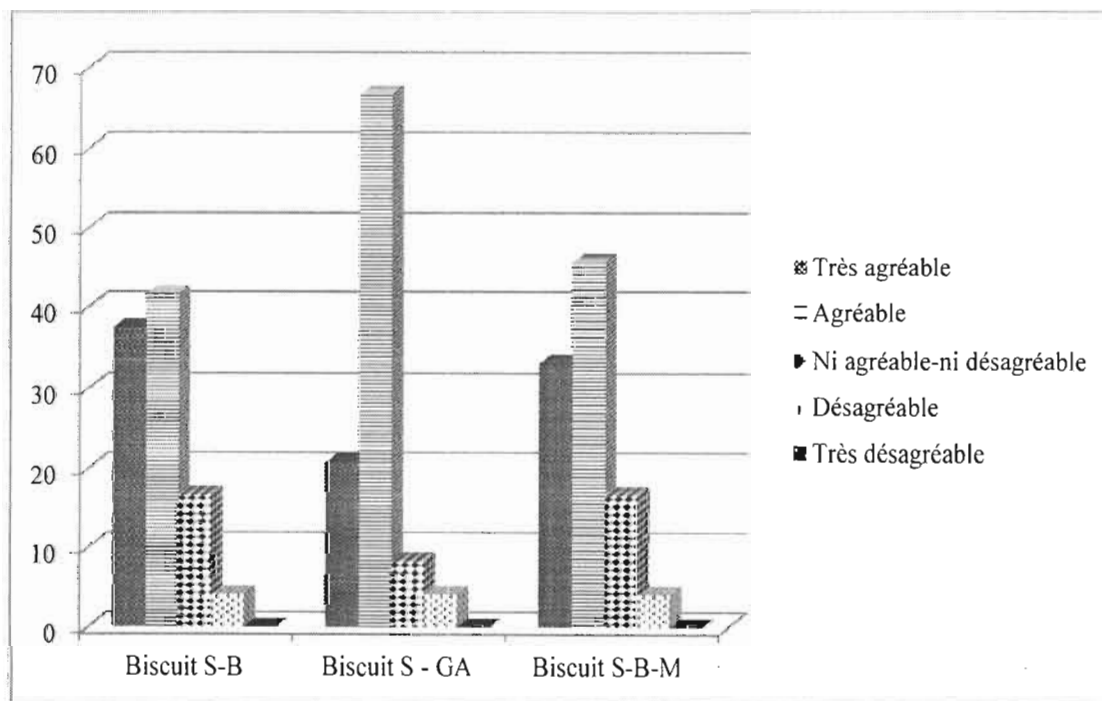


Figure 5: Epreuve hédonique

Légende : Biscuit S-B : Biscuit souchet-blé (50%-50%)

Biscuit S – GA : Biscuit souchet (100 %) avec gomme arabique

Biscuit S-B-M : Biscuit souchet –blé-manioc (50%-25%-25%)

Le goût le plus marqué chez l'ensemble des échantillons est le goût agréable. Ce goût a été déterminé chez le biscuit souchet/blé (50 %-50 %) par 41,7 % des dégustateurs, chez le biscuit souchet (100 %) avec gomme arabique par 66,7 % du panel et chez le biscuit souchet/blé/manioc (50 %-25 %-25 %) par 45,8 % du panel. Aucun échantillon n'a été apprécié très désagréable. Egalement, tous les trois échantillons ont été appréciés désagréable avec un faible pourcentage de 4,2 %. Les échantillons ont été appréciés ni agréable-ni désagréable par les dégustateurs à 16,7 %, 8,3 % et 16,7 % respectivement pour les biscuits souchet/blé (50 %-50 %), souchet (100 %) avec gomme arabique et souchet/blé/manioc (50 %-25 %-25 %). Le goût très agréable a été attribué au biscuit souchet/blé (50 %-50 %) par 37,5 % des dégustateurs, au biscuit souchet (100 %) avec gomme arabique par 20,8 % des dégustateurs et au biscuit souchet/blé/manioc (50 %-25 %-25 %) par 33,3 % des dégustateurs.

IV.3. Profil sensoriel

Les trois échantillons de biscuits ont eu à peu près le même Profil (figure 6-10). Les couleurs des biscuits souchet/blé (50 %-50 %) et souchet (100 %) avec gomme arabique ont été jugées acceptables respectivement par 66,7 % et 83,3 % du panel. L'avis des dégustateurs était partagé entre belle (50 %) et acceptable (50 %) concernant la couleur du biscuit souchet/blé/manioc (50 %-25 %-25 %). Les dégustateurs ont trouvé l'arôme des trois échantillons de biscuits bon, avec un aspect homogène pour les biscuits souchet/blé/manioc (50 %-25 %-25 %) et souchet (100 %) avec gomme arabique. Par contre, le panel a trouvé l'aspect du biscuit souchet/blé (50 %-50 %) hétérogène à 58,3 %. Cela pourrait s'expliquer par la mauvaise dispersion de la chaleur dans le four pendant la cuisson. La majorité du panel a jugé les différentes sensations de bouche des biscuits agréables, notamment à 75 %, 66,7 % et à 50 % respectivement pour les biscuits souchet/blé (50 %-50 %), souchet/blé/manioc (50 %-25 %-25 %) et souchet (100 %) avec gomme arabique. La texture des différentes formulations de biscuit a été jugée dure.

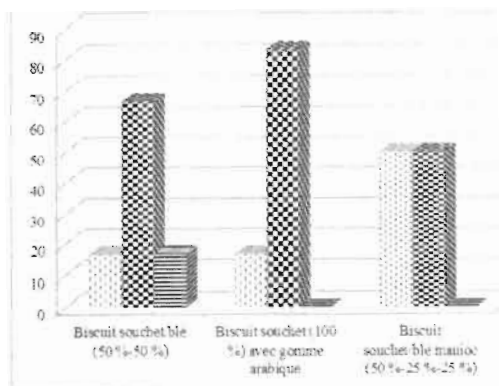


Figure 6: Profil de la couleur des biscuits

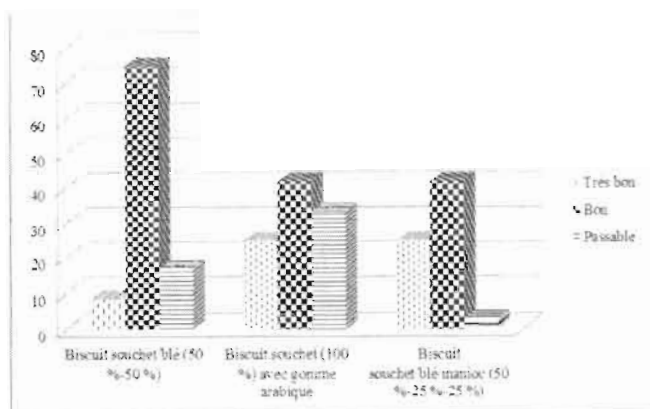


Figure 7: Profil de l'arôme des biscuits

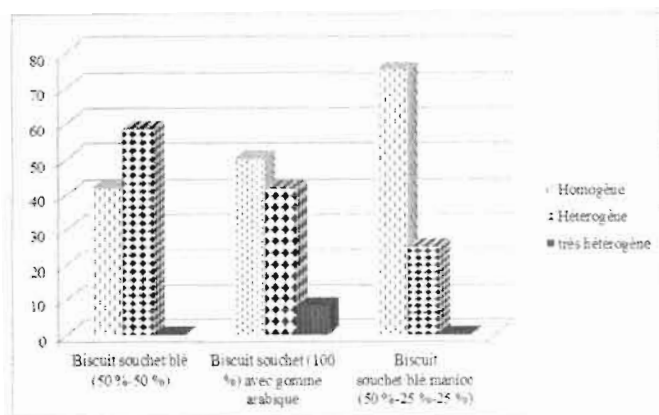


Figure 8: Profil de l'aspect des biscuits

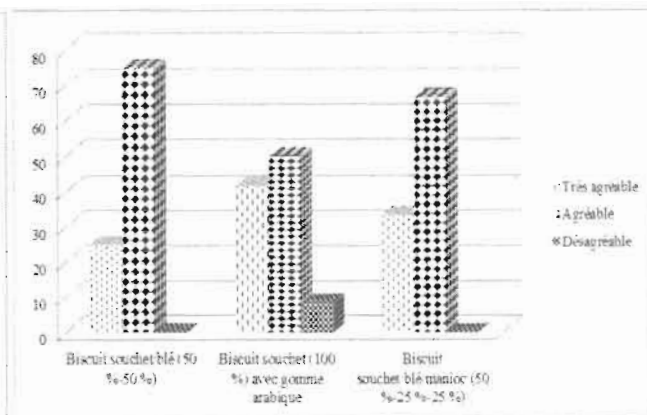


Figure 9: Profil de la sensation de bouche des biscuits

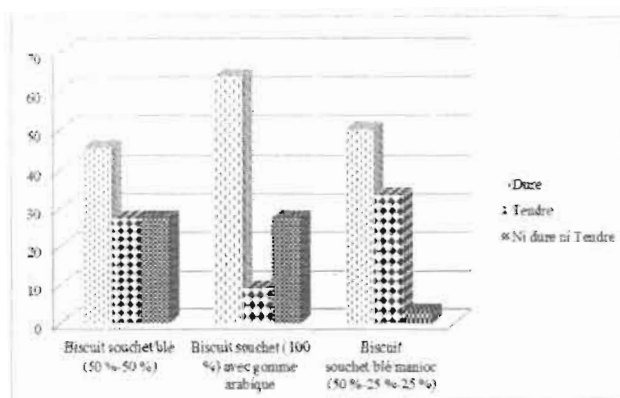


Figure 10: Profil de la texture des biscuits

*CONCLUSION ET
RECOMMANDATIONS*

Le travail qui a porté sur les essais de formulations de biscuits à base de farine de souchet nous a permis d'approfondir nos connaissances sur les techniques d'analyses physico-chimique, microbiologique et d'analyses sensorielles. Au terme de cette étude, nous avons réussi à mettre en place un diagramme de production de biscuits à base de farine de souchet avec sept différentes formulations. Nous avons également déterminé certaines caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles des biscuits issus des meilleures formulations. Les résultats obtenus ont montré que la farine de souchet possède un potentiel nutritionnel important. La caractérisation physico-chimique des biscuits a fait ressortir que l'échantillon de biscuit à base de farine de souchet mélangée à la gomme arabique est plus riche en nutriments que les autres formulations.

Les analyses microbiologiques montrent que les biscuits contiennent moins 10 UFC/g de coliformes. La présence des levures et des moisissures est également du même ordre. La flore totale reste acceptable pour tous les échantillons. Ces analyses nous montrent également que la désinfection des tubercules au cours du lavage a été efficace vue l'absence des coliformes dans la farine.

Les analyses sensorielles réalisées ont montré que les biscuits ont des caractéristiques organoleptiques satisfaisantes. En effet, il est ressorti que les biscuits ont une couleur acceptable, une sensation de bouche agréable et un bon arôme. Des problèmes d'arrière-goût ont été soulignés nous interpellant ainsi sur le processus de cuisson.

Pour mieux maîtriser la qualité des biscuits et optimiser l'utilisation des tubercules de souchet, nous proposons :

- D'améliorer la technique de cuisson en vue d'homogénéiser la cuisson des biscuits ;
- D'étudier l'évolution de la dégradation des biscuits pour déterminer la durée de conservation ;
- De valoriser les reflux de la farine de souchet après tamisage, car cela constitue une grande perte ;
- D'associer les tourteaux après l'extraction aux formulations de biscuits pour en tirer un plus grand bénéfice.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

ADE-OMOWAYE, B. I. O., AKINWANDE, B. A., BOLARINWA, I. F. AND ADEBIYI, A.O.OMOWAYE (2008): Evaluation of tiger nut (*Cyperus esculentus*) - Wheat composite flour and bread. African journal of food science, vol (2) pp. 087-091, August, 2008, 5 p.

ASIEDU J. J. (1991) : la transformation des produits agricoles en zones tropicales, Approche Technologique, CTA Kallhala, 4 p

AGENCE FRANCAISE DE SECURITE SANITAIRE DES ALIMENTS (2008) : avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments concernant les références applicables aux denrées alimentaires en tant que critères indicateurs d'hygiène des procédés. Maisons-Alfort, le 13 mars 2008, Afssa – Saisine n° 2007-SA-0174, 41 p.

ALOU, A. K. (2008) : plan d'affaires de la fédération sa'a de maradi pour la commercialisation du souchet à l'export 2009 – 2013. Fédération nigérienne des organisations professionnelles agricoles (SA'A), 14 p.

ANALYSE SENSORIELLE : Recherche et sélection des descripteurs pour l'élaboration d'un profil sensorial; par approche multidimensionnelle. Numéro de référence : ISO 11035 : 1994 (F), 26 P.

BAMISHAIYE, E. I. and BAMISHAIYE, O. M. (2011): Tiger nut: as a plant, its derivatives and benefits. African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development. Volume 11 No. 5 September 2011, 14 p.

BANHORO, O. (2011) : Valorisation des produits locaux : Formulation et production de biscuit à base de pulpe de baobab (*Adansonia digitata*), Mémoire de Licence professionnelle, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 51 p.

CARLO, D., TOUFIC, E. A., FRANCESCO, R. (2011): Analyse des potentialités de la commercialisation de la gomme arabique (*acacia senegal*) sur les marchés italiens et européens. Journal of Agriculture and Environment for International Development. 105 (1): 3 – 24, 22 p.

CHUKWU, M. O., IBIAM, O. F. A. AND OKOI, A. (2013): Studies on the fungi and phytochemical and proximate composition of dry and fresh tiger nuts (*Cyperus Esculentus. L.*). International Research Journal of Biotechnology. Vol. 4(1) pp. 11-14.

COCHRAN, W. G. AND COX, G. M. (1957): Experimental design; John Wiley/and sons.

CODEX STAN 074 – 1981, Rév. 1 (2006) : norme du codex pour les aliments transformés à base de céréales destinés aux nourrissons et enfants en bas âge. 10 p.

DIANCOUMBA, D. (2008) : Diagnostic actualisé de la filière manioc pour une analyse des chaînes de valeurs (CVA) ; 25 p.

FAO (2012) : Table de composition des aliments d’Afrique de l’ouest. 171 p.

GORGA, K. (2014) : Essais de formulation et de fabrication de biscuits enrichis en micronutriments avec la spiruline, le moringa ou la patate douce à chaire orange. Mémoire de Diplôme d’Etude Supérieures spécialisées, Université de Ouagadougou, 95 p.

GOVERNEMENT DU QUEBEC, SOUS-MINISTERIAT A LA SANTE ANIMALE ET A L’INSPECTION DES ALIMENTS (2009) : lignes directrices et normes pour l’interprétation des résultats analytiques en microbiologie alimentaire. Méthodes analytiques accréditées selon ISO/CEI 17025 par le Conseil canadien des normes (N°131), 59 p.

KABORE, N. (2012): Optimisation de la production de biscuits à base de patate douce à chair orange. Mémoire de licence, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 76 p.

MINISTERE DE L’AGRICULTURE ET DE LA PECHE (2007) : Rapport du groupe de travail PNNS sur les glucides. Etapes 1 et 2 du mandat, 115-134.

MINISTERE DE L’AGRICULTURE, L’AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT (2013) : Rapport du groupe PNNS / PNA sur le sel, 63 p.

MINISTERE DE L’ALIMENTATION, DE L’AGRICULTURE ET DE LA PECHE (2009) : Rapport du groupe PNNS sur les lipides, 34 p.

MINISTÈRE DE LA SANTÉ, DIRECTION DE LA SANTE, GRAND-DUCHE DE LUXEMBOURG (2011): Critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires lignes directrices pour l'interprétation. Edition février 2011, 49 p.

DTA, IRSAT, CNRST (2007) : Analyse sensorielle des produits alimentaires au laboratoire (CNRST/IRSAT).

NORME INTERNATIONALE ISO 4832 (2006) : Microbiologie des aliments- Méthode horizontale pour le dénombrement des coliformes- Méthode par comptage des colonies.

NORME INTERNATIONALE ISO 8587 (2006) : Analyse sensorielle - Classement par rangs, deuxième édition (F), 21 p.

NORME INTERNATIONALE ISO 4833 (2003) : Microbiologie des aliments. Méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes; technique de Comptage des colonies à 30°C.

NORMES FRANCAISE NF ISO 7954 (1988) : Directives générales pour le dénombrement des levures et moisissures. Technique par comptage des colonies à 25°C.

NYABYENDA, P. (2005): Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique. P 80- 159.

NWILENE, F. E. (2007): Rice based Recipes for Rural and urban Households in Africa.

OLADELE, A. K. AND AINA, J. O. (2007): Chemical composition and functional properties of flour produced from two varieties of tiger nut (*Cyperus esculentus*). African Journal of Biotechnology, vol. 6 (21), 2473-2476.

PARKOUDA, C. et COMBARI, M. (2013) : Manuel de modes opératoires du laboratoire de Physico-chimie du DTA (CNRST/IRSAT).

SANKARA, C. (2013) : étude de la conservation de biscuits à base de patate douce à chair orange. Mémoire de licence professionnelle, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 70 p.

SIDWAYA (2014) : Valorisation du souchet : une mauvaise herbe devenue une culture de rente. Écrit par Donald Wendpouiré NIKIEMA.

SIEDOGO, M. (2009): Essais de formulations et de production de biscuits à base de tubercules : manioc et patate douce chair orange. Mémoire de licence. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 48 p.

SUPPLEMENT TECHNIQUE I.N.B.P. (2000) : Les nouvelles de la boulangerie, un numéro spécial sucre n° 71, 14 p.

TAMBOURA, D. (2014): Contribution à l'amélioration des technologies de transformation/conservation du lait de souchet, *Cyperus esculentus* L. 1753. Mémoire de licence, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 71 p.

TOE, J. M. (2014): Science et Développement Durable: un projet de valorisation du souchet en marche au Burkina Faso, 5 p.

[http:// www.exquida.com/farine-souchet-ou-amandes-terre-htm](http://www.exquida.com/farine-souchet-ou-amandes-terre-htm): Farine de souchet ou « amande de terre », visité le 9 juillet 2014.

<http://fr.allafrica.com/stories/201303240195.html>: Burkina Faso : valorisation de la culture du souchet- un moyen de lutte contre la pauvreté des femmes, visité le 16 juillet 2014.

<http://www.adf.org/documents/etudedemarchesouchet.pdf>: , visité le 14 juillet 2014.

<http://www.noixtigrées.com/produits/lait-de-souchet/>: horchatat-lait-noix tigrées, visité le 19 juillet 2014.

http://www.wikipedia.org/wiki/gomme_arabique: La gomme arabique, visité le 24 novembre 2014 ; les levures et moisissures, visité le 28 mars 2015.

<http://www.chaudron.pastel.fr/2012/09/10/farine-sans-gluten-lucuma-souchet-pepin-raisin-millet-brun-baobab>: Lucuma, poudre de Baobab, de millet brun, de souchet et pépin de raisins, visité le 18 juillet 2014.

ANNEXES

ANNEXE 1 :

COMPOSITION ET PREPARATION DES MILIEUX DE CULTURE UTILISES EN MICROBIOLOGIE – PREPARATION DU DILLUANT

1. Le PCA : Plate Count Agar

➤ Composition

La composition du PCA se trouve dans le tableau ci-dessous :

Composants	Quantités
Digestat enzymatique de tissus d'animaux	5 g
Extrait de levure	2,5 g
Glucose anhydre (C ₆ H ₁₂ O ₆)	1 g
Gélose	9-18 g
Eau	1 l

➤ Préparation du milieu PCA

Le milieu PCA a été obtenu par la procédure suivante :

Pour la préparation d'un litre de milieu de culture, 23,5 g de milieu PCA sont mis un flacon propre gradué d'un litre, puis on y ajoute de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge et on agite pour faire dissoudre les grumeaux. Le mélange est porté à ébullition jusqu'à fusion complète de l'agar. Le pH est mesuré et ajusté éventuellement à 7+/- 0,2. La solution obtenue est stérilisée à l'autoclave à 121° C pendant 15 mn. Le flacon est enfin placé dans le bain-marie entre 47-50° C.

2. Le VRBL : gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre

➤ Composition :

La composition du VRBL se trouve dans le tableau ci-dessous :

Composant	Quantité
Digestat enzymatique de tissus d'animaux	7 g
Extrait de levure	3 g
Lactose (C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁ , H ₂ O)	10 g
Chlorure de sodium	5 g
Sels biliaires	1,5 g
Rouge neutre	0,03 g
Cristal violet	0,002 g
Agar-agar	12 à 18 g
Eau	1 l

➤ Préparation du milieu VRBL

Le milieu de culture VRBL a été préparé selon la norme internationale ISO 4832 (2006). Pour préparer le VRBL, 38 g du milieu déshydraté sont mis un flacon propre gradué d'un litre, puis on y ajoute de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. La solution est homogénéisée et portée à ébullition. Le pH est ensuite ajusté à 7+/- 0,2 et le milieu ainsi préparé est gardé dans un bain marie à 45° C.

3. Le YGC : yeast glucose chloramphenicol

➤ Composition

La composition du VRBL se trouve dans le tableau ci-dessous :

Composant	Quantité
Peptone pepsique de viande	10 g
Glucose	35 g
Agar-agar	15 g
Eau	1 l

➤ Préparation du milieu YGC

Le YGC utilisé pour la recherche et le dénombrement des levures et moisissures a été préparé en mettant 65,5g du milieu déshydraté dans un flacon propre gradué d'un litre. Après avoir ajouté de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, le flacon est porté à ébullition pour une dissolution complète. Le pH est mesuré et ajusté à $5,6 \pm 0,2$ à 25°C et le milieu est stérilisé à l'autoclave à 121°C pendant 15mn.

4. Préparation du diluant

Le diluant est un liquide physiologique qui assure la survie des microorganismes. Il est utilisé pour diluer l'échantillon afin de réduire sa concentration en microorganismes en vue de faciliter le dénombrement des colonies. La préparation consiste à dissoudre 9,5 g de diluant déshydraté dans un litre d'eau distillée en agitant. Ajuster le pH à $7 \pm 0,2$; la solution est répartie dans les tubes à essai (9 ml/tube) à l'aide de dispensette et dans les flacons (90 ml/flacon). Les tubes et les flacons sont stérilisés à l'autoclave à 121°C pendant 15 mn et refroidis à la température ambiante avant l'utilisation.

ANNEXE 2 :

FICHE D'EVALUATION : TEST DE CLASSEMENT

PRODUIT : BISCUITS A BASE DE SOUCHET

Date :

Sexe : Féminin Masculin

Age : 15 - 30 ans 31 -40 ans plus de 40 ans

INSTRUCTIONS

1. Veuillez goûter les échantillons codés dans l'ordre indiqué
2. Classez-les selon votre préférence :
 - Le rang 1 pour l'échantillon le plus préféré
 - Le rang 4 pour l'échantillon le moins préféré
 - Et le reste à l'avenant

NB : Ne pas donner le même rang à deux échantillons

CODE DES ECHANTILLONS

RANGS

	1	2	3	4
.....
.....
.....
.....

OBSERVATIONS SUR LES BISCUITS

.....
.....

ANNEXE 3 :

FICHE D'EVALUATION : EPREUVE HEDONIQUE

PRODUIT : BISCUITS A BASE DE SOUCHET

Date :

Sexe : Féminin Masculin

Age : 15 - 30 ans 31 -40 ans plus de 40 ans

INSTRUCTIONS :

- Veuillez goûter les échantillons codés dans l'ordre indiqué.
- Utilisez l'échelle ci-dessous pour donner votre opinion sur chacun des échantillons.
- Cochez en face de l'expression qui vous paraît la plus appropriée pour apprécier le caractère agréable-désagréable de chaque échantillon.

Echelle

Echantillons

Très agréable.....

.....

Agréable.....

.....

Ni agréable-ni désagréable.....

.....

Désagréable.....

.....

Très désagréable.....

.....

OBSERVATIONS SUR LES BISCUITS

.....
.....
.....
.....

ANNXE 4 :

FICHE D'ÉVALUATION : PROFIL SENSORIEL

Produit : biscuits à base de souchet Date :

Sexe : Féminin Masculin

Age : 15 - 30 ans 31 -40 ans plus de 40 ans

Instructions :

- Veuillez **observer, sentir, goûter** les échantillons codés dans l'ordre indiqué ;
- Utilisez les descripteurs ci-dessous pour donner votre opinion sur chacun des échantillons ;
- Cochez en face du descripteur qui vous paraît le plus rapproché pour indiquer l'aspect, la couleur, l'arôme et la texture de chaque échantillon.

Echelle	Echantillons		
.
Couleur			
Belle.....
Acceptable.....
Médiocre.....
Arôme			
Très bon.....
Bon.....
Passable.....
Aspect			
Homogène.....
Hétérogène.....
Très hétérogène
Sensation de Bouche			
Très agréable.....
Agréable.....
Désagréable.....
Texture			
Dure.....
Tendre.....
Ni dure ni tendre.....