

BURKINA FASO

Unité-Progress-Justice

Ministère des Enseignements
Secondaire et Supérieur

Université Polytechnique de
Bobo-Dioulasso



Unité de Formation et de Recherche en
Sciences et Techniques

Filière Génie Biologique

Ministère de la Recherche Scientifique et de
l'Innovation

Centre National de la Recherche Scientifique et
Technologique



Institut de Recherche en Sciences Appliquées et
Technologies

Département Technologie Alimentaire

RAPPORT DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du

**DIPLOME DE LICENCE PROFESSIONNELLE
EN GENIE BIOLOGIQUE
Option Agroalimentaire**

THEME :

Evaluation de la qualité microbiologique et physico-chimique du
lait de souchet et du souchet de bouche au Burkina Faso.

Présenté par :

TIENDREBEOGO Passinguemsin Alice Sonia

Directeur de stage :

Pr Aboubacar TOGUYENI

Maîtres de stage :

Dr Hagrétou SAWADOGO/ LINGANI

Dr Charles PARKOUDA

2013-2014

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|------|
| DEDICACE..... | iii |
| REMERCIEMENTS | iv |
| SIGLES ET ABREVIATIONS | vi |
| RESUME..... | vii |
| ABSTRACT..... | viii |
| LISTE DES FIGURES..... | ix |
| LISTE DES PHOTOS..... | x |
| LISTE DES TABLEAUX..... | xi |
| INTRODUCTION..... | 1 |
| OBJECTIFS DE L'ETUDE | 2 |
| CHAPITRE I : GENERALITES..... | 3 |
| I. Présentation de la structure d'accueil : | 3 |
| I.1. Département Technologie Alimentaire : DTA..... | 3 |
| I.2. Organisation du DTA..... | 3 |
| II. Revue bibliographique | 4 |
| II.1. Définition des termes techniques | 4 |
| II.2. Historique du souchet..... | 5 |
| II.3. Caractéristiques biochimiques des tubercules de souchet..... | 8 |
| II.4. Utilisations alimentaires du souchet | 10 |
| II.5. Utilisations médicinales | 13 |
| II.6. Autres utilisations du souchet | 14 |
| CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES..... | 15 |
| I. Matériel biologique et plan d'échantillonnage..... | 15 |
| II. Conditionnement et conservation..... | 17 |
| III. Méthodes d'analyses physico-chimiques..... | 17 |
| III.1. Détermination du pH..... | 17 |
| III.2. Détermination de l'acidité..... | 17 |
| III.3. Détermination de la teneur en eau et d'extrait sec total | 19 |
| III.4. Détermination du degré Brix..... | 19 |
| III.5. Détermination des sucres totaux par la méthode à l'orcinol sulfurique..... | 20 |
| IV. Méthodes d'analyses microbiologiques | 21 |
| IV.1. Les micro-organismes recherchés et les milieux de culture utilisés | 21 |

| | | |
|--|---|-----|
| IV.2. | Préparation des solutions mères..... | 21 |
| IV.3. | Préparation des différentes dilutions décimales..... | 22 |
| IV.4. | Ensemencement | 23 |
| IV.5. | Incubation..... | 23 |
| IV.6. | Dénombrement des colonies et expression des résultats | 23 |
| CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION | | 25 |
| I. | Suivi de la production du lait de souchet | 25 |
| I.1. | Sites de Dassasgho et de la Zone 1 de Ouagadougou..... | 25 |
| I.2. | Site du marché de Ouezzin-ville..... | 27 |
| II. | Suivi de la préparation des tubercules de souchet de bouche | 29 |
| II.1. | Site du GSJPII..... | 29 |
| II.2. | Site de l'école Ouezzin-ville..... | 31 |
| III. | Quelques conditions d'hygiène du matériel et équipements du personnel et les mauvaises pratiques de ces opérations. | 32 |
| IV. | Résultats des analyses physico-chimiques | 33 |
| IV.1. | Laits de souchet..... | 33 |
| IV.2. | Tubercules de souchet..... | 36 |
| V. | Résultats des analyses microbiologiques | 39 |
| V.1. | Laits de souchet..... | 39 |
| V.2. | Tubercules de souchet..... | 43 |
| CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS | | 48 |
| PERSPECTIVES..... | | 49 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES | | xii |
| ANNEXES | | xvi |

DEDICACE

Je dédie ce mémoire à :

Mon très cher père **TIENDREBEOGO Anthyme**

Ma très chère mère **YE Marie Jocelyne**

Je vous suis très reconnaissante pour tous vos accompagnements

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé au sein du Département Technologie Alimentaire (DTA) dans le cadre du projet valorisation des produits locaux du Ministère de la Recherche Scientifique et de l'Innovation (MRSI). Nous remercions sincèrement tous les acteurs de ce projet. Nous adressons également nos remerciements:

- Au Dr Bréhima DIAWARA, Directeur de Recherche, Directeur de l'IRSAT qui a bien voulu nous accorder ce stage. Nous vous en sommes très reconnaissants.
- Au Dr Hagrétou SAWADOGO / LINGANI, Maître de Recherche, chef du Département Technologie Alimentaire, qui a bien voulu nous accueillir dans son département pour ce stage. Nos sincères remerciements pour tous vos conseils, orientations, encouragements et votre disponibilité durant tout notre travail.
- Au Pr Aboubacar TOGUYENI, Maître de Conférences, Vice-Président de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso chargé de Recherches et de la Coopération Internationale, pour ces encadrements pédagogiques, ses exigences scientifiques, ses conseils et orientations. Vous avez bien voulu accepter de diriger ce travail. Vous avez consacré votre temps à la correction de ce document, vous nous avez donné des conseils allant dans le sens de la bonne réalisation de ce travail. Trouvez à travers ce document toute notre reconnaissance.
- Au Dr Charles PARKOUDA, notre maître de stage pour ses conseils, orientations et suggestions pour la bonne réalisation de ce travail. Vous qui nous avez initiée au goût de la recherche scientifique, nous vous disons merci.
- A M. COMBARI Michel, responsable technique au laboratoire de physico-chimie pour sa constante disponibilité et ses conseils.
- A Mme CONGO/ TIENDREBEOGO Mamounata, responsable technique au laboratoire de microbiologie pour sa constante disponibilité, ses conseils, ses orientations et participations aux différentes analyses de laboratoire.
- A Mme KERE/ KANDO Christine responsable du DTA de la direction régionale Bobo-Dioulasso pour son accueil chaleureux durant nos analyses aux laboratoires, ses conseils allant dans la bonne réalisation du travail.
- A Mlle SEMDE Zénabou pour sa participation à la correction de ce document.

Remerciements

- A Mme SAMANDOULGOU/ KAFANDO Judith, Mme COMPAORE/ SEREME Diarra, Mme CONFE/ KANWE Eugenie, Mr ZONGO Souleymane, Mr PARE Adama, Mr LODOUM Adama, Mr SALAMBERE Inoussa pour leur soutien et participation aux différentes analyses de laboratoire.
- A l'équipe administrative du DTA notamment à Mme OUEDRAOGO Cathérine, à Mme BASSOLET/ KANZIE Jacqueline et à Mlle OUEDRAOGO Mamounata pour les moments agréables passés en votre compagnie durant notre stage.
- A tous les enseignants de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso pour les encadrements pédagogiques durant notre formation.
- A tous les camarades stagiaires du DTA et à tous les amis (es) de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso avec qui nous avons passé des moments agréables. Nous vous disons merci pour vos soutiens, conseils et votre sympathie.
- A la famille BASSOLET, pour toute la sollicitude dont nous avons bénéficié.
- A toutes les vendeuses de laits et tubercules de souchet pour leur disponibilité et leur ouverture à notre égard pour la réalisation de notre travail.
- A tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à l'élaboration de ce travail.

SIGLES ET ABREVIATIONS

AFNOR : Association Française de Normalisation

BPH/BPF : Bonnes Pratiques d'Hygiène/ Bonnes Pratiques de Fabrication

CEI : Commission Européenne Internationale

CNRST : Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique

COFRAC : Comité Français d'Accréditation

DTA : Département Technologie Alimentaire

GSJP II : Groupe Scolaire Jean Paul II

LMVTD : Lycée Municipal Vinnama Tiémounou Djibril

LOC : Lycée Ouezzin Coulibaly

IRSAT : Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies

ISO : International Organisation for Standardisation

NaOH : Hydroxyde de sodium

NF : Norme Française

SIAO : Salon International de l'Artisanat de Ouagadougou

UFC : Unité Formant Colonie

RESUME

Le Burkina Faso est un pays producteur de souchet (*Cyperus esculentus*) en Afrique de l'Ouest. Les produits dérivés du souchet sont: l'huile, la farine, le lait et les tubercules de souchet de bouche. L'objectif de l'étude était d'évaluer la qualité microbiologique et biochimique du lait de souchet et des tubercules de souchet de bouche. Au total vingt (20) échantillons de laits de souchet et douze (12) échantillons de tubercules de souchet de bouche ont été collectés dans les villes de Ouagadougou et de Bobo-Dioulasso puis analysés dans les laboratoires du DTA. Les analyses physico-chimiques ont porté sur la détermination de la teneur en eau, du pH, de l'acidité, du degré Brix et des sucres totaux. L'analyse microbiologique a consisté en une évaluation de la flore totale, des coliformes totaux et thermotolérants et des levures et moisissures. Il ressort à la fin de l'étude qu'au vu des normes AFNOR sur les jus de fruits ou légumes, l'échantillon 19 de lait de souchet respecte la norme fixée pour la flore totale qui est de 5.10^5 UFC/ml. Tous les échantillons de tubercules de souchet de bouche répondent à la norme Québec 2009 des produits de quatrième gamme concernant la charge en flore aérobie mésophile totale située entre 10^7 et 10^8 UFC/g. Seuls les échantillons 4 et 6 de tubercules de souchet de bouche sont conformes à la norme Québec 2009 des produits de quatrième gamme fixée entre 10^2 et 10^3 UFC/g pour les coliformes. Les échantillons 10, 11 et 12 de tubercules de souchet de bouche, sont conformes à la norme AFNOR sur les jus de fruits ou légumes qui est de 10^3 UFC/g fixée pour les levures et moisissures. Il ressort aussi que tous les produits sont assez contaminés mais que les laits de souchet sont beaucoup plus contaminés que les tubercules. Les tubercules séchés de souchet restent aussi plus contaminés que les tubercules réhydratés. De ce constat, une initiation des productrices et vendeuses aux technologies de transformations et aux bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication serait souhaitable pour rendre les produits plus sanitaires.

Mots clés : souchet, lait, qualité, hygiénique

ABSTRACT

Burkina faso is one of west African countries which produces tigernut. The derived products of tigernut are: oil, flour, milk and tubercles from mouth's tigernut. The aim of this scientific research is to evaluate the microbiological and physicochemical quality of the milk made of tigernut and the eatable tubercle of tigernut. To make this successful, twenty (20) samples of milk and twelve (12) samples of the tubercles were collected within the city of Ouagadougou and the city of Bobo-Dioulasso for further studies in the renowned laboratories. A physicochemical analyses were carried out in order to quantify the water content, to determine the ph, the acidity, the degree Brix and total sugars. The microbiological analyse was meant to evaluate the total flora, the total coliforms and thermotolerants and moistures. According to AFNOR's norms, it comes out at the end of the studies that the juices from fruits or vegetables, the sample 19 of milk respects the norms established for the total flora which is 5.10^5 UFC/ml. All samples of tubercles of tigernut respects the Quebec's norms of the forth products range concerning the load in total mesophilic aerobic flora ranging between 10^7 and 10^8 UFC/g. According to Quebec's norms of the fourth product range which is between 10^2 and 10^3 UFC/g for the coliforms, only samples 4 and 6 are conformed. The samples 10, 11 and 12 of tigernut's tubercles are conformed to afnor's norms on the juices of fruits and vegetables from the fourth product range which is established to 10^3 for the yeast and moisture. It comes that all the products are contaminated but the horchata was the most contaminated compare to tubercles of tigernut. Moreover, dried tubercles remain more contaminated than the rehydrated ones. To improve the quality of the derived products of tigernut, the producers and sellers have to be initiated to the required technology and the good hygienic methods.

Key words: tigernut, milk, quality, and hygienic.

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 1: Organigramme du Département Technologie Alimentaire (DTA)..... | 4 |
| Figure 2: la technique de dilution en cascade à partir d'une solution mère | 22 |
| Figure 3: Diagramme de production du lait de souchet de la productrice de Dassasgho..... | 26 |
| Figure 4: Diagramme de production de lait de souchet de la productrice du marché de Ouezzin-ville. | 28 |
| Figure 5: Diagramme de préparation de tubercules réhydratés de souchet du site du GSJPII. | 30 |
| Figure 6: Diagramme de préparation de tubercules réhydratés de souchet du site de l'école primaire de Ouezzin-ville..... | 31 |
| Figure 7: Schéma illustrant quelques sources susceptibles de contaminations des tubercules et des laits de souchet..... | 32 |
| Figure 8: Extrait sec total et teneur en eau (A), pH et acidité (B) et sucres totaux et degré Brix (C) des échantillons de lait de souchet en fonction des villes..... | 34 |
| Figure 9: Extrait sec total et teneur en eau (A), pH et acidité (B) et sucres totaux (C) en fonction des échantillons de tubercules de souchet..... | 37 |
| Figure 10: Flore totale (A), coliformes totaux et fécaux (B), levures et moisissures (C) des échantillons de laits de souchet en fonction des villes..... | 40 |
| Figure 11: Flore totale (A), coliformes totaux et fécaux (B), levures et moisissures (C) des échantillons de tubercules de souchet..... | 44 |

LISTE DES PHOTOS

| | |
|--|-------|
| Photo 1: Plant de souchet en développement | 7 |
| Photo 2: Tubercule de souchet réhydratés vendus au grand marché de Bobo-Dioulasso | 8 |
| Photo 3: Tubercules séchés de souchet conditionnés dans des emballages plastiques | 8 |
| Photo 4: Lait de souchet conditionné dans des flacons de récupération de 0,5l. | 11 |
| Photo 5: Farine de souchet (Coulibaly, 2014) | 11 |
| Photo 6: Huiles de souchet (Afro concept news, 2014) | 12 |
| Photo 7: Tubercules de souchet pelés | 13 |
| Photo 8: Boîte de Pétri montrant des colonies de flore aérobic mésophile totale | 41 |
| Photo 9: Boîte de Pétri montrant des colonies de coliformes | 42 |
| Photo 10: Boîtes de Pétri montrant des colonies de levures et moisissures | 43 |
| Photo 11: Flacon contenant de la gélose PCA | xvii |
| Photo 12: Flacons contenant de la gélose VRBL | xviii |
| Photo 13: Flacon contenant de la gélose Sabouraud au Chloramphénicol | xviii |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|------|
| Tableau 1: Composition biochimique des tubercules de souchet (teneurs pouvant varier en fonction d'une multiplicité de facteurs : taille, forme, variétés de tubercules)..... | 9 |
| Tableau 2: Composition en éléments minéraux des tubercules de souchet | 9 |
| Tableau 3: Plan d'échantillonnage des tubercules de souchet..... | 15 |
| Tableau 4: Plan d'échantillonnage des laits de souchet..... | 16 |
| Tableau 5: Microorganismes, milieux de culture, température et durée d'incubation | 21 |
| Tableau 6: Fiche technique servant à minimiser les risques de contamination du lait de souchet et du souchet de bouche | 47 |
| Tableau 7: Résultats des analyses physico-chimiques des laits de souchet..... | xix |
| Tableau 8: Résultats des analyses physico-chimiques des tubercules séchés et réhydratés de souchet..... | xx |
| Tableau 9: Résultats des analyses microbiologiques des laits de souchet..... | xxi |
| Tableau 10: Résultats des analyses microbiologiques des tubercules séchés et réhydratés de souchet..... | xxii |

INTRODUCTION

Le Burkina Faso est un pays à vocation agricole. Environ 30 à 45% du Produit Intérieur Brut (PIB) provient des activités agricoles, considérées comme étant les principales sources de croissance économique du pays (MASA, 2013). L'agriculture burkinabè repose principalement sur les cultures de rentes (coton, sésame,..), les cultures vivrières (maïs, mil, sorgho...), les fruits et légumes (mangue, pastèque, tomate, oignon...), les légumineuses (haricot, pois de terre,...) et les tubercules (patate douce, igname, manioc, pois sucré ou souchet). La production des derniers cités, les tubercules de pois sucré, est estimée à environ 15 000 tonnes par an. Connu sous le nom vernaculaire de " tchiongou", le souchet, *Cyperus esculentus* est cultivé essentiellement dans quatre (04) régions sur les treize (13) que compte le Burkina Faso à savoir les régions des Cascades, de la Boucle du Mouhoun, des Hauts-bassins et du Sud-ouest (Nikiema, 2014). Sur le plan mondial, l'Espagne est reportée comme le principal producteur mondial de souchet en 2008 (Alou, 2008). En Afrique subsaharienne, le souchet est cultivé essentiellement au Burkina Faso, au Mali, au Nigéria et au Niger (Alou, 2008). Ce tubercule est connu sous diverses appellations en Afrique Subsaharienne: tigernut, chufa, amande de terre. La plantation ou le semis se fait en avril-mai et la récolte en octobre-novembre.

Au Burkina Faso, la culture du souchet, longtemps considérée comme une activité féminine, constitue aujourd'hui une source de revenu pour les populations burkinabè et cette filière a une contribution non négligeable à l'économie nationale avec 14 milliards de franc CFA en moyenne par an à partir de 2010 (Nikiema, 2014). Trois (03) types de tubercules de souchet sont actuellement cultivés à savoir les types noir, brun et jaune. C'est ce dernier type qui est beaucoup plus consommé soit sous forme séchée, soit sous forme réhydratée. Ces types sont appelés dans ces cas des souchets de bouche. Les tubercules de souchet peuvent aussi subir des transformations permettant ainsi d'obtenir divers produits tels que la farine, l'huile et le lait de souchet.

Au Burkina Faso, la commercialisation du souchet de bouche est assurée essentiellement par les femmes, qui détiennent le plus souvent aussi des unités artisanales de production et de commercialisation de lait de souchet. Ces produits sont mis sur le marché sans un contrôle préalable de leur qualité microbiologique et nutritive, d'où la question que se posent certains consommateurs. « Quels peuvent être les conséquences en consommant ces produits? »

La production de lait de souchet est faite artisanalement, en général au domicile des productrices. Quant aux tubercules trempés de souchet, ils sont exposés sur les étalages des marchés, dans les gares de transport et au bord des voies de circulation. N'étant pas généralement couverts, ils sont exposés à la poussière et aux mouches. Ces produits peuvent être donc des vecteurs de germes pathogènes et présenter ainsi un risque sanitaire pour le consommateur. La problématique est donc de savoir quelle pourrait être la qualité de ces produits tant appréciés? Dans le souci de contribuer à la connaissance, à l'amélioration de la qualité sanitaire des produits du souchet et à la protection des consommateurs, nous avons choisi de travailler sur le thème « Détermination de quelques caractéristiques microbiologiques et physico-chimiques des produits du souchet (*Cyperus esculentus*) vendus dans les villes de Ouagadougou et de Bobo-Dioulasso : cas du lait de souchet et du souchet de bouche ».

OBJECTIFS DE L'ETUDE

L'objectif global de notre étude est de contribuer à la connaissance et à l'amélioration de la qualité microbiologique et physico-chimique des laits de souchet et de tubercules de souchet de bouche commercialisés dans les deux principales villes du Burkina Faso. Afin d'atteindre cet objectif nous nous sommes fixé des objectifs spécifiques qui sont :

- Déterminer les caractéristiques physico-chimiques de lait de souchet et de tubercules de souchet de bouche collectés dans les villes de Ouagadougou et de Bobo-Dioulasso.
- Déterminer les caractéristiques microbiologiques de lait de souchet et de tubercules de souchet de bouche collectés dans les villes de Ouagadougou et de Bobo-Dioulasso.
- Mettre à la disposition des productrices et vendeuses une fiche technique entrant dans l'amélioration de la qualité du lait de souchet et de tubercules de souchet de bouche.

Notre travail est présenté en trois (3) chapitres: Le chapitre 1 qui aborde les généralités, le chapitre 2 qui traite du matériel et des méthodes et le chapitre 3 qui présente les résultats et la discussion.

CHAPITRE I : GENERALITES

I. Présentation de la structure d'accueil :

I.1. Département Technologie Alimentaire : DTA

Le Département Technologie Alimentaire (DTA), structure dans laquelle nous avons effectué notre stage, est l'un des quatre (04) départements de l'Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT). Les trois (03) autres départements sont : le Département Energie (DE) ; le Département Substances Naturelles (DSN) et le Département Mécanisation (DM). L'IRSAT forme avec trois (3) autres instituts ((l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) ; l'Institut des Sciences des Sociétés (INSS) et l'Institut de Recherche en Sciences de la Santé (IRSS)) le Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST).

Le DTA a été créé en 1997 sur la base des acquis du Laboratoire de Biochimie et Technologie Alimentaire (LBTA) mis en place en 1991 par le CNRST. Il est situé au quartier 1200 logements de la ville de Ouagadougou. Le DTA s'est décentralisé progressivement notamment à travers la mise en place d'un laboratoire de recherche et d'analyse à Bobo-Dioulasso en 2000. Depuis sa création, le DTA s'est fixé comme objectif, d'apporter de la valeur ajoutée aux produits agricoles locaux, animaux et forestiers en vue de diversifier et d'accroître la consommation et l'exportation.

I.2. Organisation du DTA

Depuis 2005, le DTA est composé de cinq (05) laboratoires et de deux (02) ateliers pilotes agroalimentaires (figure 1).

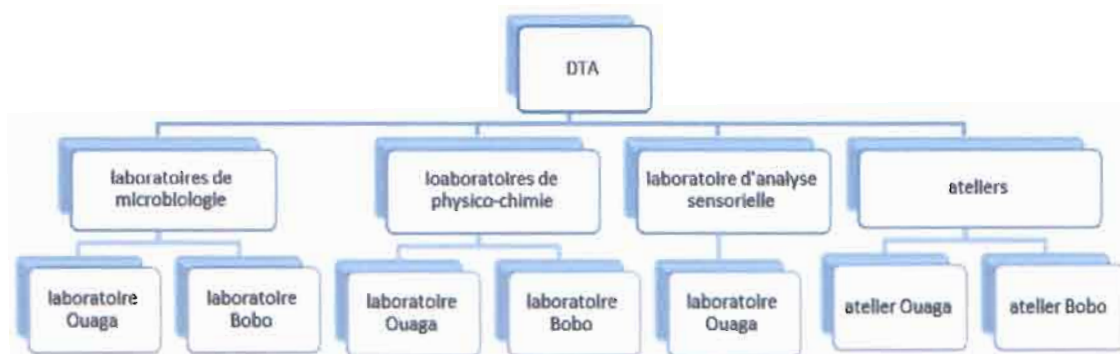


Figure 1: Organigramme du Département Technologie Alimentaire (DTA)

Les laboratoires du DTA sont engagés depuis 2003 dans la démarche qualité selon la norme internationale ISO/CEI 17025 : «Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais». L'objectif visé à travers cette norme est de maîtriser la qualité du système d'organisation et des compétences techniques des laboratoires du département en vue de faire reconnaître internationalement les résultats des travaux d'analyse menés.

Le laboratoire de microbiologie du DTA de Ouagadougou a reçu en août 2012 une accréditation du Comité Français d'Accréditation (COFRAC) pour une durée de quatre (04) ans sur trois (03) paramètres à savoir la flore totale, les coliformes totaux et les coliformes thermotolérants.

II. Revue bibliographique

II.1. Définition des termes techniques

II.1.1. Qualité

Selon la norme ISO 8042, la qualité est l'ensemble des caractéristiques d'une entité qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés et implicites.

II.1.2. Lait

Le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière (animal), bien portante, bien nourrie et non surmenée (Genève, 1908). Le terme « lait », sans qualificatif, désigne le lait de vache qui est le plus prépondérant à l'échelle mondiale (85%).

II.1.3. Lait de souchet

Le lait de souchet est une boisson végétale d'origine espagnole obtenue à partir des tubercules ou de la farine de souchet. Il peut être utilisé comme une alternative au lait de vache et de soja (www.tigernuts.com).

II.1.4. Souchet de bouche

Le souchet de bouche désigne des tubercules de souchet comestibles, réhydratés ou secs, à consommer tels quels en tant que friandises au même titre que l'arachide ou la noix de coco (Zohary, 2000).

II.1.5. Tubercule

Il s'agit d'un renflement d'aspect arrondi ou sphérique, pourvu de bourgeons, situé sur une racine, un rhizome, une tige et qui sert de réserve nutritive à la plante.

II.2. Historique du souchet

Le *Cyperus esculentus* L. est originaire d'Égypte. En effet, des tubercules de pois sucré durs ont été retrouvés dans des tombeaux des périodes prédynastiques, 4^e millénaire avant Jésus Christ (Serallach, 1927), ce qui indique qu'une des civilisations les plus importantes de l'antiquité, utilisait déjà cet aliment. Les anciens égyptiens l'utiliseraient à cette époque déjà pour ses vertus curatives et régénératrices. Il a ensuite été introduit en Europe du Sud (Espagne) et cela serait l'œuvre des arabes au cours de leur expansion le long de l'Afrique du Nord et en Europe. La région de Valence, et plus précisément le village d'Alboraya qui semble être le berceau de la culture du souchet, est depuis plusieurs siècles la zone prédominante de culture du souchet en Espagne (<http://www.aromatiques.com>). Selon d'autres auteurs, le *Cyperus esculentus* serait originaire de la Méditerranée et d'Asie de l'Ouest (Alou, 2008). Bien que ce tubercule soit retrouvé dans les régions froides comme en Alaska (Holm *et al.*, 1997), le souchet est considéré comme une plante des zones chaudes, largement répandu dans les zones tropicales et tempérées autour du globe (Vries, 1991). Récemment, il s'est aussi répandu dans certains pays européens à climats froids comme au Pays Bas (Rotteveel, 1993), en Suisse, en Allemagne, en Australie (Gerhold, 1999) et en Hongrie (Dancza, 1994). Kükenthal (1936) avait distingué huit (08) variétés botaniques de

Cyperus. Borg et Schippers (1992) ont rejeté trois (03) de ces variétés et seulement quatre (04) variétés sauvages et les variétés cultivées *sativus* étaient reconnues. C'est ce qui expliquerait l'existence de deux (02) groupes distincts de plantes, qui ont une morphologie similaire et qui sont connus par le même nom scientifique *Cyperus* : l'une est une plante sauvage et l'autre une plante cultivée. *Cyperus esculentus*, connu comme plante cultivée a fait l'objet de plusieurs articles scientifiques sur sa distribution et ses tubercules au cours de ces dernières années. Il n'y a presque pas d'enregistrements contemporains de cette plante dans le monde, mais on trouve des écrits du 13^e siècle qui mentionnent la consommation d'une boisson faite de tubercules de pois sucré ou souchet dans les zones méditerranéennes de l'actuelle communauté de valence (Hopf, 1993).

Il existe différentes variétés de souchet à savoir :

- Le *Cyperus esculentus* L., encore appelé souchet comestible est une graminée vivace d'un vert lumineux, formant des bulbes souterrains comestibles, naturellement sucrés, utilisés comme apéritif et pour la fabrication d'une boisson espagnole: "la horchata de chufa", spécialité de la région de Valencia (<http://www.aromatiques.com>).
- Le *Cyperus aureus* (Tenore), est une variété sauvage dans la zone méditerranéenne, dont les tubercules, plus petits, non marqués de cercles, seraient amers et non comestibles.
- On appelle aussi "souchet" diverses plantes aquatiques sauvages de berge proches des papyrus tels que : *Cyperus longus*, *Cyperus involucratus*, *Cyperus eragrostis* (<http://www.aromatiques.com>).

II.2.1. Description de la plante

Le souchet comestible, *Cyperus esculentus* L. Var. *Sativus* est une plante herbacée (photo 1) rhizomateuse vivace de la famille des *Cyperaceae* pouvant atteindre 30 à 80 cm de haut (<http://www.infoflora.ch>). Chaque pied mère de la plante est relié à des pieds fils par des rhizomes superficiels formant ainsi une touffe. Chaque touffe développe un seul axe florifère dressé correspondant à la tige. La tige est aérienne, pleine, de section triangulaire et large de 3 à 6 mm (<http://www.infoflora.ch>). Elle est totalement glabre et de couleur vert brillant.

Les feuilles sont de couleur vert clair brillant sur la face supérieure et plus pâle sur la face inférieure. Elles sont rigides, longues de 2 à 10 cm et larges de 5 à 10 mm aussi longues ou parfois plus longues que la tige. Le limbe est large de 5 à 6 mm et a une section en forme de « V » (<http://www.infoflora.ch>).

Les fleurs sont assemblées en épillets plats et échelonnées au sommet des rayons de l'ombelle qui constitue l'inflorescence. Cette ombelle peut être simple ou composée, sous-tendue par trois (03) à cinq (05) bractées foliacées longues de 5 à 25 cm. L'ombelle comporte de nombreux rayons glabres et longs de 2 à 10 cm (<http://www.infoflora.ch>).

Les racines sont fasciculées, simples, filiformes et très nombreuses, formant un chevelu racinaire important. Le pied mère développe également des rhizomes plus profonds à l'extrémité desquels se trouvent des tubercules bruns d'une chair farineuse et d'une saveur douce. Cette plante est d'ailleurs cultivée pour ses tubercules.



Photo 1: Plants de souchet en développement

II.2.2. 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 varient. Ils peuvent atteindre 2 à 2,5 cm de long sur 1 à 1,5 cm de large. Ils se présentent sous plusieurs formes : sphérique, allongée ou subsphérique (Lorougnon, 1967). Lorougnon dans son étude classe les tubercules de souchet en tubercules mâles (ceux qui sont allongés) et en tubercules femelles (ceux qui sont sphériques). Un tubercule adulte comprend deux (02) parties :

- un corps qui est généralement divisé en trois (03) ou quatre (04) entre-nœuds et riche en réserves ;

- une partie distale appelée cône apical et qui comprend un certain nombre d'entre-nœuds particulièrement télescopés les uns aux autres et dont les écailles foliaires persistent sous la forme d'un cône coiffant le tubercule.

Le tubercule adulte porte aux nœuds des faisceaux de fibres. Le jeune tubercule porte des écailles foliaires, hérissés de radicelles d'environ 1 cm de longueur au nœud, qui se terminent en pointe et qui sont caduques. Après la récolte, les tubercules sont déshydratés pour la conservation. Ils sont ensuite réhydratés pour la consommation ou la transformation. Les photos 2 et 3 montrent respectivement des tubercules séchés de souchet conditionnés dans des emballages plastiques et des tubercules réhydratés de souchet vendus au grand marché de Bobo-Dioulasso.



Photo 2: Tubercules séchés de souchet conditionnés dans des emballages plastiques



Photo 3: Tubercules réhydratés de souchet vendus au grand marché de Bobo-Dioulasso

II.3. Caractéristiques biochimiques des tubercules de souchet

Le tubercule de souchet se distingue particulièrement par sa teneur en fibres insolubles. Il contient entre autres des éléments énergétiques (l'amidon, la matière grasse, les sucres et les protéines), des éléments minéraux et oligo-éléments (notamment potassium, phosphore, calcium et magnésium), de la vitamine C et E (Belewu and Belewu, 2007) et un fort taux d'acide oléique (Muhammad *et al.*, 2011). Il contient également de nombreuses substances parmi lesquelles on peut citer des enzymes (catalase, lipase, amylase), la biotine (vitamine H), la rutine, un flavonoïde qui protège efficacement les organes et les cellules des radicaux libres (<http://www.nutri-naturel.com>). Les tableaux 1 et 2 montrent respectivement la composition biochimique et la composition en éléments minéraux des tubercules de souchet.

Tableau 1 : Composition biochimique des tubercules de souchet (teneurs pouvant varier en fonction d'une multiplicité de facteurs : taille, forme, variétés de tubercules)

| Constituant | Variété jaune (%) | Variété brune (%) |
|-------------------------|-------------------|-------------------|
| Humidité | 3,50 | 3,78 |
| Matière grasse | 32,13 | 35,43 |
| Protéine | 7,50 | 9,70 |
| Cendre | 3,97 | 4,25 |
| Carbohydrates | 46,99 | 41,22 |
| fibres | 6,26 | 5,62 |
| Valeur énergétique (kj) | 1343,00 | 1511,00 |

Oladele *et al.*, (2007)

Tableau 2: Composition en éléments minéraux des tubercules de souchet

| Constituant | Variété jaune | Variété brune |
|-------------|---------------|---------------|
| Calcium | 155,00 | 140,00 |
| Sodium | 245,00 | 235,00 |
| Potassium | 216,00 | 255,00 |
| Magnésium | 51,20 | 56,30 |
| Manganèse | 33,20 | 38,41 |
| Phosphore | 121,00 | 121,00 |
| Fer | 0,65 | 0,80 |
| Zinc | 0,01 | 0,01 |
| cuivre | 0,02 | 0,01 |

Oladele *et al.*, (2007)

II.4. Utilisations alimentaires du souchet

II.4.1. Le souchet de bouche

Le souchet de bouche, cultivé en grande partie dans la région des Cascades est très consommé au Burkina Faso. Ce sont des tubercules dotés de caractéristiques particulières, car leur teneur en fibres alimentaires est élevée, tout en ayant un goût très agréable, une combinaison que l'on trouve rarement dans d'autres aliments (<http://vivre-sans-gluten.over-blog.com>). Au Cameroun, dans sa partie Nord, les tubercules de souchet sont surtout consommés crus comme des amuse-gueules (Djomdi *et al.*, 2007). Ils sont également consommés sous plusieurs formes : sec, hydraté, torréfié et grillé.

II.4.2. Le lait de souchet

Le lait de souchet est une boisson végétale d'origine espagnole obtenue à partir des tubercules ou de la farine de souchet. Elle est rafraichissante et très nutritive. Elle est d'une couleur blanchâtre et d'une apparence laiteuse (photo 4) avec un parfum plaisant et caractéristique de la vanille et des noix d'amandes douces. Au Burkina Faso, cette boisson est de plus en plus connue des populations à travers les foires organisées pour la valorisation des produits locaux. A cet effet, lors de la 2^e édition des « Koudou du Faso » tenue le 20 octobre 2012 à Ouagadougou, le lait de souchet a remporté le 1^{er} prix de la catégorie boisson sous l'appellation d'« eau chata » (Oudet, 2012). C'est un produit très riche de par sa composition et de ce fait pourrait être une alternative au lait de vache et au lait de soja (www.tigernuts.com). Le lait de souchet peut être aussi utilisé comme une alternative au lait dans les produits fermentés, comme dans la production de yaourt (Sanful, 2009). Il rentre dans la préparation d'une boisson obtenue à partir du mélange de jus d'orange et du lait de souchet (Ukwuru *et al.*, 2011).



Photo 2: Lait de souchet conditionné dans des flacons de récupération de 0,5l

II.4.3. La farine de souchet

Obtenu à partir des tubercules de souchet, la farine de souchet possède une saveur douce et un léger goût de noisette. On lui reconnaît des qualités nutritionnelles exceptionnelles. En effet, elle est sans gluten mais riche en fibres, en phosphore, en potassium et en magnésium (<http://www.nutri-naturel.com>). Cette farine peut être utilisée dans l'industrie de la boulangerie. Elle peut aussi être employée pour réaliser de délicieuses pâtisseries et gâteaux (photo 5). La farine de noix tigrée torréfiée est souvent utilisée dans la fabrication de biscuits et dans les produits boulangers (Coskuner and others., 2002).



Photo 3: Farine de souchet (Coulibaly, 2014)

II.4.4. L'huile de souchet

Comestible et stable, l'huile obtenue à partir des tubercules de souchet est de couleur brun or, riche avec un goût de noisette (Osagie *et al.*, 1986) (photo 6). Elle est jugée être une huile de qualité supérieure et cela est dû à son mode d'extraction (à froid) et à sa grande résistance à la décomposition chimique à haute température (Shaker *et al.*, 2009). Elle a une stabilité plus

élevée à l'oxydation que les autres huiles, en raison de la présence d'acides gras polyinsaturés et du gamma-tocophérol (Ezebor *et al.*, 2005) et de ce fait, convient pour les fritures.

Au Maghreb, l'huile de Souchet est très utilisée pour ses propriétés cosmétiques et notamment comme actif anti-repousse poil. Douce et agréable au toucher, l'huile de Souchet préserve l'élasticité de la peau et prévient sa déshydratation. Sa saveur douce et légère de fruit sec en fait un ingrédient à découvrir dans les soins pour les lèvres (Adejuyitan, 2011). L'huile de souchet revitalise et redonne éclat et vigueur aux cheveux abîmés

(http://en.wikipedia.org/wiki/Cyperus_esculentus; Adejuyitan, 2011).



Photo 4: Huiles de souchet (Afro concept news, 2014)

II.4.5 Les souchets pelés

Cette forme (sans écorces ni enveloppe) est une révolution pour ce tubercule car elle permet de jouir du plaisir de savourer seulement le cœur du souchet (photo 7). Ce souchet rehausse ainsi sa douce saveur et montre un blanc agréable pour les yeux. Ce type de souchet, grâce à sa saveur délicieuse, peut être présenté au consommateur de différentes manières : recouvert de chocolat, caramélisé dans un assortiment de fruits secs, ou chacun selon son imagination.



Photo 5: Tubercules de souchet pelés
(www.tigernuts.com, consulté le 22/07/2014)

II.5. Utilisations médicinales du souchet

- Le souchet est un régulateur naturel pour l'estomac et l'intestin, et peut soulager la constipation. Les fibres gonflent dans l'intestin et auraient ainsi un effet positif sur la constipation. Il aurait de même un effet modérateur de l'appétit en procurant une sensation continue de satiété et serait ainsi un moyen pour réduire la masse corporelle (Alou, 2008).

- Le lait de souchet obtenu à partir des tubercules de souchet serait parfait pour les personnes qui souffrent de l'hypertension artérielle à cause de sa faible teneur en sodium (www.tigernut.com). Il est recommandé pour les personnes souffrant de dernière digestion, de gaz intestinal, de diarrhée puisqu'il apporte beaucoup d'enzymes digestives comme la catalase, la lipase et l'amylase (www.tigernut.com). C'est une boisson idéale pour les personnes qui ne tolèrent pas le gluten et pour ceux qui ne tolèrent pas le lait et ses dérivés ou qui y sont allergiques (www.tigernut.com). Sans sucre, il est apte pour les diabétiques puisqu'il contient des hydrates de carbones à base de saccharose et d'amidon (sans gluten) et un important contenu d'arginine, qui libère l'hormone que produit l'insuline (www.tigernut.com).

- La farine de souchet est une thérapie efficace pour l'estomac et l'intestin, apte pour tout âge, réalisant une régénération depuis l'intérieur, étant prémisses pour une meilleure réabsorption des nutriments aidant ainsi à établir un fonctionnement optimal de l'estomac et de l'intestin (www.tigernuts.com). Elle contient moins de glucides que les farines traditionnelles et cela est bénéfique pour le travail du pancréas. Elle est de ce fait aussi utile aux diabétiques.

- L'huile vierge obtenue à partir des tubercules est excellente pour la santé ; elle est utilisée en cosmétique et en parfumerie pour ses bienfaits. Cette huile est également utilisée en industrie pharmaceutique pour les traitements du cholestérol à cause de son important contenu en vitamine E, un antioxydant des matières grasses (www.tigernut.com ; www.cfaitmaison.com/plan.html). Cette huile est efficace contre l'eczéma et d'autres changements de la peau, comme le vieillissement grâce à sa richesse en vitamine E à travers une augmentation de la microcirculation de la peau (<http://www.fasopresse.net>).

II.6. Autres utilisations du souchet

Les tubercules de souchet constituent d'excellents appâts pour la pêche (<http://www.marches-tropicaux.com>) et sont utilisés particulièrement en Grande Bretagne comme appât pour la carpe (Zohary et Hopf 2000). Ils constituent aussi un aliment pour les porcs et les dindons sauvages aux Etats-Unis d'Amérique. Les tourteaux obtenus après extraction de l'huile sont utilisés comme aliment de bétail car sont sucrés (Killinger and Stokes, 1946 ; Dodet, 2006). Au Nigéria les tubercules de souchet sont utilisés pour la production de biodiesel dû à leur teneur en sucre qui favorise la production de l'alcool (Ibeto *et al.*, 2013).

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

I. Matériel biologique et plan d'échantillonnage

Le matériel biologique est constitué des tubercules séchés et réhydratés de souchet et de laits de souchet.

Les points de vente ont constitué les points d'échantillonnage. Au total trente-deux (32) échantillons ont été collectés dont vingt (20) échantillons de lait de souchet en provenance des villes de Ouagadougou et de Bobo-Dioulasso, et douze (12) échantillons de tubercules de souchet collectés uniquement dans la ville de Bobo-Dioulasso. Le plan d'échantillonnage est présenté dans les tableaux 3 et 4.

Tableau 3: Plan d'échantillonnage des tubercules de souchet

| Ville | Date de prélèvement | Provenance | Nature des échantillons | Numéros Echantillons | Moment de l'échantillonnage |
|----------------|---------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------|--|
| Bobo-Dioulasso | 29/09/2014 | Poste de péage de Yéguéresso | Tubercules séchés | 1 | Après lavage, séchage et conditionnement dans des emballages plastiques transparents |
| | | | | 2 | |
| | | | | 3 | |
| | | | | 4 | |
| | | | | 5 | |
| | | | | 6 | |
| | 22/12/14 | Koko | Tubercules réhydratés | 7 | 72h après lavage et trempage |
| | 29/12/14 | Koko | | 8 | 72h après lavage et trempage |
| | 30/12/14 | GSJP II | | 9 | 72h après lavage et trempage |
| | 5/01/15 | GSJP II | | 10 | 72h après lavage et trempage |
| | | Ecole Ouezzin-ville | | 11 | |
| | 12/01/15 | Ecole Ouezzin- ville | | 12 | 72h après trempage |

Tableau 4: Plan d'échantillonnage des laits de souchet

| Ville | Date de prélèvement | Provenance | Numéro Echantillon | Moment de l'échantillonnage | |
|----------------|---------------------|------------------------|--------------------|---|-------------------------------------|
| Ouagadougou | 21/10/2014 | Zone 1 | 1 | 24 heures après conditionnement, stockage au réfrigérateur | |
| | | | 2 | | |
| | | Dassasgho | 3 | | Immédiatement après conditionnement |
| | | Stade Municipal | 4 | | Immédiatement après conditionnement |
| | 17/11/2014 | Dapoya | 5 | 24 heures après conditionnement, stockage au réfrigérateur | |
| | | Cité An III | 6 | | |
| | | Kalgondé | 7 | | |
| | | Karpala | 8 | | |
| | | Zone 1 | 9 | 24 heures après conditionnement, stockage dans une glacière | |
| | | SIAO secteur 30 | 10 | | |
| Bobo-Dioulasso | 8/12/14 | Marché Ouezzin-ville | 11 | Immédiatement après conditionnement | |
| | | LMVTD | 12 | 24 heures après conditionnement, stockage dans une glacière | |
| | 9/12/14 | Domicile Ouezzin-ville | 13 | 24 heures après conditionnement, stockage au réfrigérateur | |
| | | LOC | 14 | | |
| | 15/12/14 | Marché Ouezzin-ville | 15 | 24 heures après conditionnement, stockage au réfrigérateur | |
| | | LMVTD | 16 | 24 heures après conditionnement, stockage dans une glacière | |
| | 16/12/14 | Domicile Ouezzin-ville | 17 | 24 heures après conditionnement, stockage au réfrigérateur | |
| | | LOC | 18 | | |
| | 22/12/14 | Grand marché | 19 | 24 heures après conditionnement, stockage dans une glacière | |
| | 29/12/14 | Grand marché | 20 | | |

II. Conditionnement et conservation

Les laits sont conditionnés dans des flacons de récupération de 0,33l, 0,5l et de 1,5l. Les tubercules issus du péage de Yéguéresso sont emballés dans des sachets plastiques, et les six (06) autres échantillons récoltés dans la ville même ont été conditionnés dans des sachets de congélation. Tous les échantillons de lait de souchet ont été acheminés au laboratoire dans une glacière contenant de la glace pour être analysés dans les heures qui suivent. Quant aux tubercules, ils ont été transportés dans un sac thermos.

III. Méthodes d'analyses physico-chimiques

III.1. Détermination du pH

Le pH est un indicateur de milieu (acide ou alcalin) limitant ou favorisant la croissance de certains micro-organismes.

III.1.1. Principe

Les pH des tubercules de souchet et des laits de souchet sont déterminés par potentiométrie à l'aide d'un pH-mètre de marque Consort selon la méthode AFNOR, NFV05-101 (1986).

III.1.2. Mode opératoire

Nous avons pesé 5 g de tubercules de souchet broyés auxquels nous avons ajouté 25 ml d'eau distillée. Le mélange est bien agité à l'aide d'un agitateur magnétique et le pH est directement mesuré par immersion de l'électrode du pH-mètre dans la solution. Pour les laits de souchet, nous avons prélevé 25 ml dans des béchers de 50 ml que nous avons agités et procédé à la lecture directe du pH par immersion de l'électrode du pH-mètre dans la solution. Le pH- mètre a été préalablement étalonné avec des solutions tampons pH 4,0 et pH 7,0.

III.2. Détermination de l'acidité

L'acidité titrable est la teneur en acides organiques et inorganiques titrable (Norme Européenne EN 12147 Décembre 1996 ; NF V 05-101 janvier 1974).

III.2.1. Principe

Le principe de la méthode est basé sur un dosage acido-basique dans de l'éthanol en présence d'un indicateur coloré, la phénolphthaléine. Les acides gras libres présents dans la solution sont dosés en titrant avec une solution d'hydroxyde de sodium 0,1 N.

III.2.2. Mode opératoire

Nous avons pesé environ 5 g de souchets broyés dans des flacons de 100 ml auxquels nous avons ajouté 30 ml d'alcool 95°C (éthanol). Le mélange est porté à la centrifugeuse à 3500 tours/min pendant 5 minutes. Nous avons prélevé 20 ml du surnageant auxquels nous avons ajouté trois (03) à six (06) gouttes de phénolphthaléine. Le mélange est titré avec du NaOH à 0,1 N jusqu'à obtention d'une coloration rose persistante pendant quelques secondes. Pour les échantillons de lait de souchet, nous avons prélevé 5 ml et procédé comme indiqué ci-dessus.

Un blanc est préparé avec 30 ml d'alcool auxquels nous avons ajouté trois (03) à six (06) gouttes de phénolphthaléine.

Expression des résultats :

$$\text{Indice d'Acide } IA = PM_{\text{NaOH}} \times N \times (V_E - V_O) / PE \quad \text{et} \quad \%AO = \frac{IA}{2}$$

- PM = Poids moléculaire de NaOH = 56,11 g
- N = Normalité de NaOH = 0,1N
- V_E = Chute de la burette pour l'échantillon (ml)
- V_O = Chute de la burette pour le blanc (ml)
- PE = Prise d'essai (g)
- AO = Acide Oléique
- IA = Indice (% d'acide oléique)

III.3. Détermination de la teneur en eau et de l'extrait sec total

La teneur en eau d'un produit est définie comme tout liquide qui s'évapore après dessiccation à une certaine température. Sous la dénomination d'extrait sec total ou matière sèche d'un aliment, on désigne la totalité de ses éléments constitutifs non volatiles après dessiccation par évaporation.

III.3.1. Principe

La teneur en eau (H %) a été déterminé selon la Norme Française NF V O3-707 (2000). Le principe a consisté à effectuer une pesée différentielle des échantillons avant et après dessiccation à l'étuve jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

III.3.2. Mode opératoire

Nous avons pesé, 5 g de tubercules de souchet préalablement broyés que nous avons transvasé dans des nacelles préalablement lavées, séchées, refroidis au dessiccateur et pesées. L'ensemble est ensuite placé dans l'étuve à 105°C pendant une nuit. Les nacelles sont ensuite refroidies au dessiccateur pendant trente (30) minutes puis pesées. Pour les laits ce sont les mêmes opérations qui sont reprises sauf qu'au lieu de peser 5 g, nous avons mesuré 5 ml. Les pourcentages d'eau et de l'extrait sec sont exprimés suivant les formules suivantes :

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

$$\%EST = 100 - \%H$$

PO=Poids vide des nacelles (g), PE=prise essai (g)

PF=Poids final (nacelles plus prise d'essai) (g),

%H= Pourcentage d'Humidité

%EST = Pourcentage d'Extrait Sec Total

III.4. Détermination du degré Brix

Le degré Brix mesure le taux de matières sèches solubles contenues dans une solution.

III.4.1. Principe

Il est basé sur une lecture à l'aide d'un réfractomètre normalisé NF V05-109.

III.4.2. Mode opératoire

Une goutte de l'échantillon est déposée sur le prisme du refractomètre puis on l'oriente vers une source lumineuse. L'œil en contact du voyant permet d'observer deux (02) zones séparées. La graduation correspondant à la limite qui sépare les deux (02) zones correspond au degré Brix de l'échantillon. Le refractomètre est calibré avec de l'eau distillée avant l'opération.

III.5. Détermination des sucres totaux par la méthode à l'orcinol sulfurique

Les sucres totaux englobent généralement tous les monosaccharides (glucose, fructose) et disaccharides (lactose, maltose) existant à l'état naturel ou par adjonction dans les aliments.

III.5.1. Principe

C'est une méthode de dosage spectrophotométrie préconisée par Montreuil et Spik (1969). 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 furfiriens 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.

III.5.2. Mode opératoire

Nous avons pesé environ 0,1 g de farine de souchet finement broyée auquel nous avons ajouté 50 ml d'eau distillée. Le mélange est mis sous agitation magnétique pendant dix (10) minutes et le volume est complété à 100 ml avec de l'eau distillée. Nous avons prélevé 1 ml de cette solution à laquelle nous avons ajouté 2 ml du réactif à l'orcinol sulfurique et 7 ml d'acide sulfurique à 60%. Le mélange est homogénéisé, porté au bain marie bouillant pendant vingt (20) minutes, puis placé à l'obscurité pendant quarante-cinq (45) minutes. Après dix (10) minutes à la température ambiante sur la paillasse à la lumière, l'absorbance est mesurée à 510 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. Les teneurs en glucides sont déterminées à l'aide d'une courbe étalon établie avec le D-glucose comme sucre de référence et les résultats sont exprimés en équivalent D-glucose.

IV. Méthodes d'analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques ont porté sur la recherche de la flore aérobie mésophile totale selon la norme NF ISO 4833 (2003), la recherche des levures et moisissures selon la norme NF ISO 7954 (1988) et la recherche des coliformes totaux et thermotolérants selon la norme ISO-4832 (2006).

IV.1. Les micro-organismes recherchés et les milieux de culture utilisés

La liste des micro-organismes recherchés et les milieux de culture propres à chaque micro-organisme ainsi que les températures et durée d'incubation sont consignés dans le tableau 5.

Tableau 5: Micro-organismes, milieux de culture, températures et durées d'incubation

| Microorganismes | Milieux de culture | Températures et durées d'incubation |
|--|--|---|
| Flore aérobie mésophile Totale | Plate Count Agar (PCA) | 30°C pendant 72 ± 2 heures |
| Coliformes totaux et thermo- tolérants | Violet Red Bile Lactose Agar (VRBL) | 37°C pour les coliformes totaux et 44° C pour les thermotolérants pendant 24 ± 2 heures |
| Levures et moisissures | Yeasts Glucose Chloramphénicol (YGC) et Gélose Sabouraud (GS) | 25° C pendant 3, 4 à 5 jours |

Les milieux de culture utilisés sont des milieux déshydratés ou reconstitués. La composition détaillée de chaque milieu de culture ainsi que leur mode de préparation sont donnés en annexe.

IV.2. Préparation des solutions mères

Les solutions mères sont réalisées aussi bien pour les échantillons solides que liquides. Pour ce faire, 10 g ou 10ml de l'échantillon sont pesés de façon aseptique dans un sachet stomacher stérile, auxquels on ajoute 90 ml de diluant stérile. Le mélange est homogénéisé au stomacher pendant deux (02) minutes. Cette suspension constitue la solution mère et correspond à la dilution 1/10^{ème}.

IV.3. Préparation des différentes dilutions décimales.

La méthode utilisée est la dilution en cascade (figure 2). Pour ce faire, 1ml de la suspension mère est prélevé et introduit dans un tube à essai contenant 9 ml de diluant préalablement stérilisé à 121°C pendant quinze (15) minutes. La solution ainsi obtenue constitue la dilution 10^{-1} , 1 ml de cette solution est prélevé et ajouté dans un autre tube à essai contenant 9 ml de diluant stérile. On obtient ainsi la dilution 10^{-2} , on procède ainsi de suite pour obtenir toutes les dilutions désirées. Les mêmes dilutions sont utilisées pour la détermination de tous les paramètres microbiologiques.

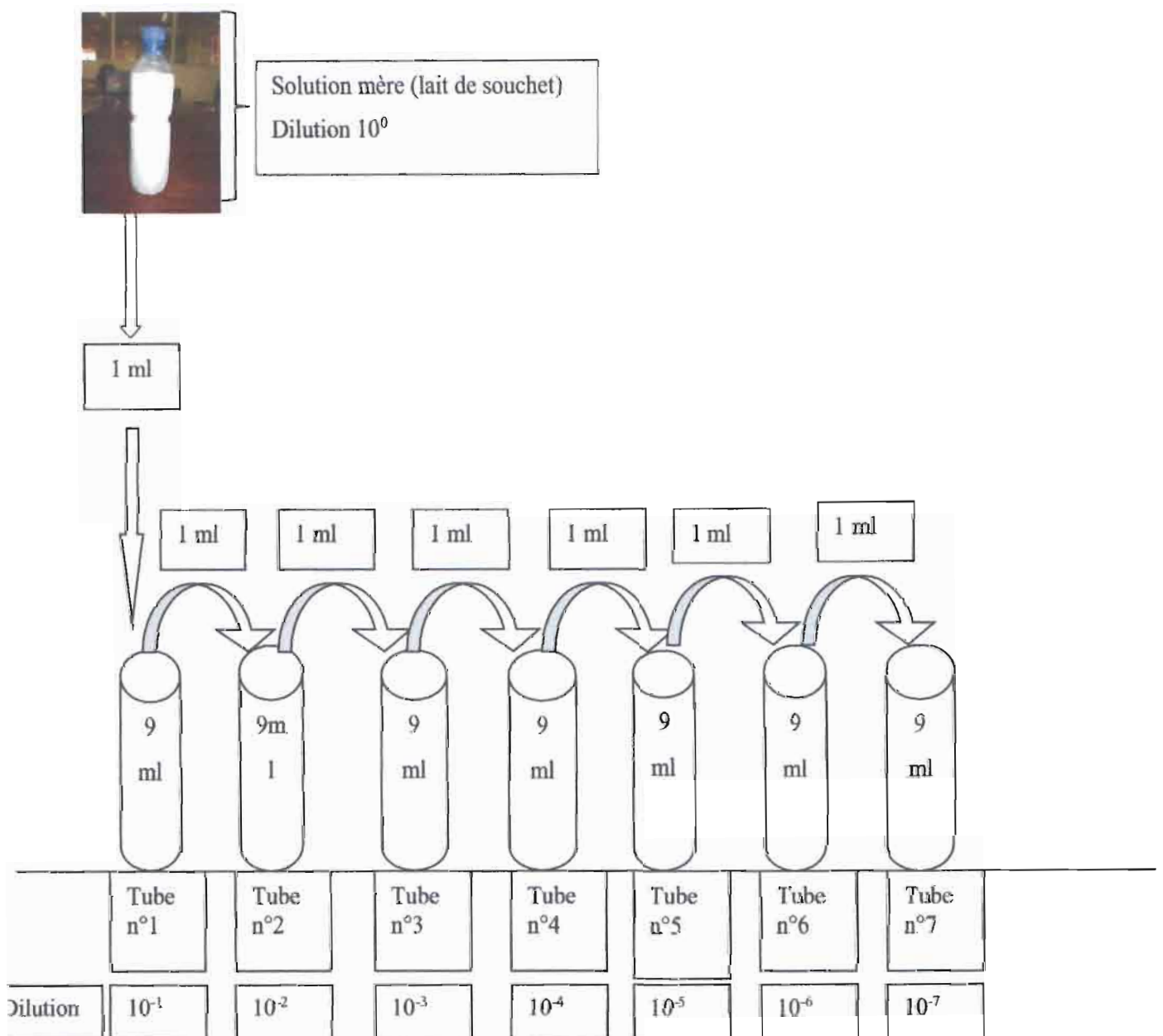


Figure 2: la technique de dilution en cascade à partir d'une solution mère

IV.4. Ensemencement

La technique utilisée est l'ensemencement en profondeur. Les boîtes de Pétri stériles sont étiquetées (date, milieu de culture, dilution et code de l'échantillon) et il y est introduit 1 ml de dilution auquel il est ajouté environ 10 à 15 ml de milieu préalablement stérilisé. La solution obtenue est homogénéisée suivant la technique standardisée suivante : maintenir la boîte couverte sur la surface de la paillasse et lui faire décrire quatre (04) cercles dans le sens des aiguilles d'une montre, quatre (04) cercles en sens inverse, quatre (04) allers retours de haut en bas et quatre (04) allers retours de gauche à droite. Les boîtes ainsi ensemencées sont laissées à solidifier. Un témoin négatif est réalisé en coulant environ 10 à 15 ml de la gélose dans une boîte de Pétri stérile.

IV.5. Incubation

- Les boîtes de dilutions 10^0 à 10^{-6} étaient incubées dans une étuve de 30°C pour la recherche de la flore aérobie mésophile totale.
- Les boîtes de dilutions 10^0 à 10^{-5} étaient incubées dans une étuve de 37°C et 44°C respectivement pour la recherche de coliformes totaux et thermotolérants.
- Les boîtes de dilutions 10^0 à 10^{-6} étaient incubées dans une étuve de 25°C pour la recherche de levures et moisissures.

Les durées d'incubation sont données dans le tableau 6 ci-dessus.

IV.6. Dénombrement des colonies et expression des résultats

Pour le dénombrement, les boîtes de deux (02) dilutions successives sont retenues et le nombre de colonies retenu pour les calculs est fonction du type de microorganisme recherché.

De ce fait :

- Les boîtes dont le nombre de colonies est situé entre 5 et 150 sont retenues pour le dénombrement des coliformes
- Les boîtes dont le nombre de colonies est situé entre 5 et 300 sont retenues pour le dénombrement de la flore totale et des levures et moisissures.

Le nombre de colonies sur chaque boîte est compté de la façon suivante : la boîte de pétri est orientée en direction de la lumière et les colonies sont pointées et comptées à l'aide d'un marqueur après vingt-quatre (24) heures d'incubation. Après quarante-huit (48) heures

d'incubation, la même opération est répétée et les nouvelles colonies sont pointées pour être comptées. Après soixante-douze (72) heures, la même opération est répétée. Le temps de dénombrement est fonction des microorganismes recherchés. Le nombre de microorganismes est calculé suivant la formule ci-dessous:

$$N = \frac{\sum C}{V \times (n_1 + 0,1 \times n_2) d}$$

N = Nombre total de germes (UFC/ml)

∑C : Somme des colonies des boîtes des deux (02) dilutions retenues

n₁ : Nombre de boîte de la plus faible dilution

n₂ : Nombre de boîte de la seconde dilution

d : Facteur de dilution correspondant à la plus faible dilution

V : volume de l'inoculum introduit (ml)

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

I. Suivi de la production du lait de souchet

I.1. Sites de Dassasgho et de la Zone 1 de Ouagadougou.

I.1.1. Description du procédé de production

Le suivi des procédés de production du lait de souchet réalisé chez les deux (02) productrices révèle qu'ils sont similaires, à l'exception du fait que la productrice de la Zone 1 ne réalise pas un trempage des tubercules. Les tubercules secs de pois sucré sont achetés sur la place du marché de chaque quartier. Ces tubercules sont triés pour être débarrassés des impuretés (déchet des insectes, cailloux, tubercules abîmés). Ils sont ensuite lavés, trempés dans de l'eau pendant douze (12) heures environ. Les tubercules ainsi réhydratés sont lavés une seconde fois, essorés et pilés sans pour autant les concasser en vue de les rendre propre. Après cette opération, ils sont lavés, essorés puis triés. C'est alors qu'intervient l'étape d'un double broyage des tubercules au moulin qui est suivie par l'ajout d'eau fraîche et des glaçons au broyat obtenu. Le mélange obtenu est filtré à l'aide d'un tamis pour être débarrassé de ses résidus. Le filtrat obtenu est sucré et filtré une nouvelle fois pour être débarrassé des impuretés éventuelles du sucre. Une faible quantité de sel pour rehausser le goût y est ajoutée ainsi que de l'arôme synthétique (fraise). Le lait végétal ainsi obtenu est bien mélangé puis conditionné dans des bidons de 0,5 l et stocké au réfrigérateur.

Le procédé de fabrication suit le diagramme repris dans la figure 3.

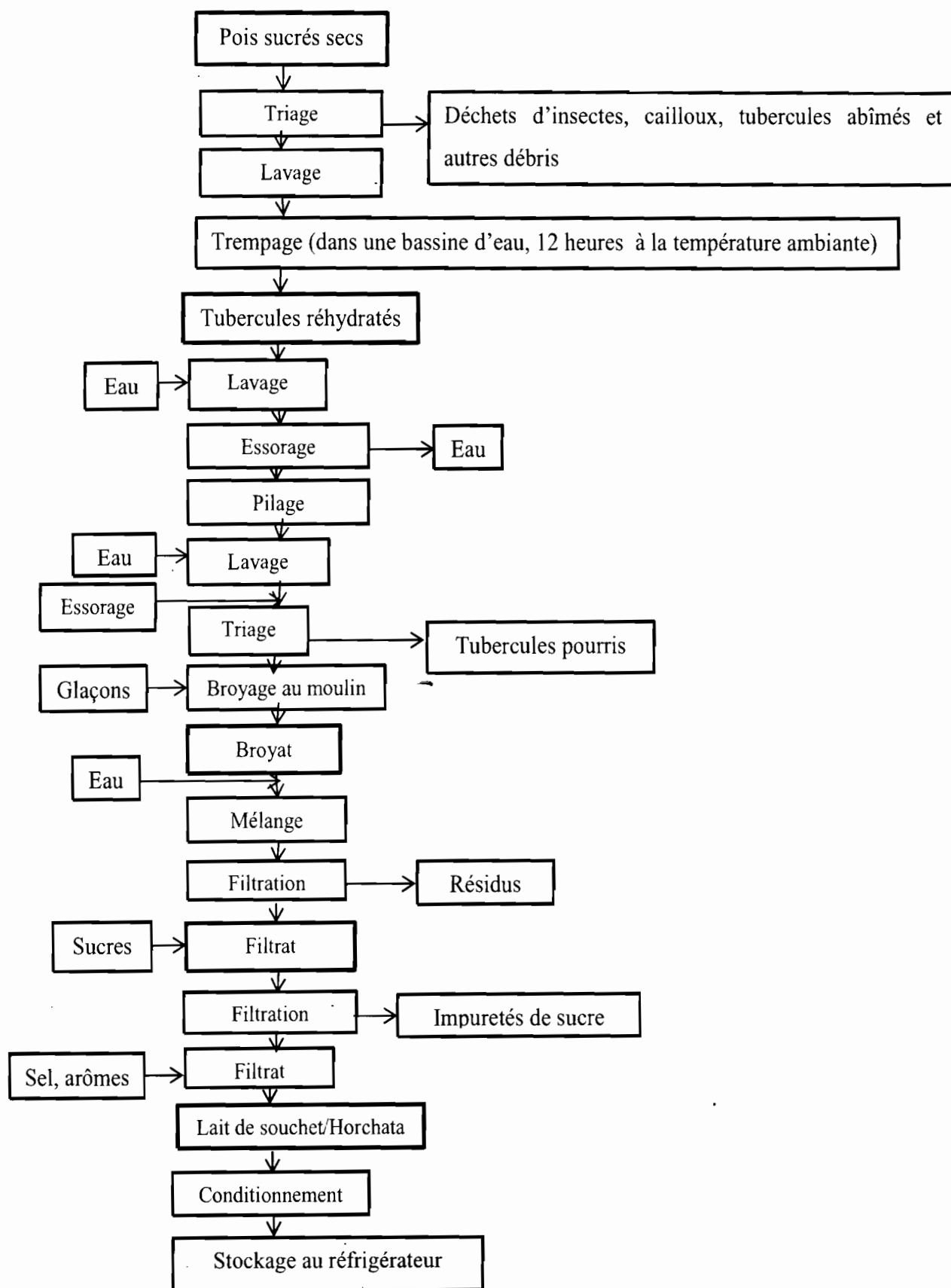


Figure 3: Diagramme de production du lait de souchet de la productrice de Dassasgho.

I.1.2. Environnement de production

Pour les deux productrices, la production est réalisée dans les points de vente respectifs (maison et boutique située au bord de la voie). Ces dernières sont soumises aux conditions d'air et de température ambiants avec une porte qui reste ouverte durant tout le processus. Les ustensiles utilisés tels que les bassines, les seaux, les tamis, les petits plats et les gobelets ne sont pas stérilisés. Ils sont simplement nettoyés avec un détergent (savon) et rincés avec l'eau de l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA) appelée couramment l'eau de robinet stockée dans un fût en plastique. L'ajout de l'eau, du sel et du sucre après la filtration du broyat est effectué au pif. En effet, elles n'utilisent aucun instrument de mesure. La deuxième filtration est effectuée avec une mousseline et le mélange est fait à la main dans une bassine à l'aide d'un gobelet. La boisson obtenue est conditionnée dans des bidons de récupération de 0,5 l qu'elles réutilisent après les avoir simplement lavés au savon. Ces bidons, conservés dans un vieux sac de maïs vide, sont tout simplement rincés à l'eau pour servir au conditionnement.

I.2. Site du marché de Ouezzin-ville de Bobo-Dioulasso

I.2.1. Description du procédé de production

Les tubercules de souchet sont achetés sur la place du marché de Ouezzin-ville, triés et vannés pour être débarrassés des impuretés (petits cailloux, déchets d'insecte, tubercules abimés et autres débris). Ils sont ensuite lavés à l'eau de robinet à plusieurs reprises. Après cette opération, ils subissent un trempage de trois (03) jours pour qu'ils puissent bien s'hydrater. Ils sont ensuite lavés une deuxième fois puis essorés, triés et broyés au moulin. De l'eau, du sucre et de la glace sont ajoutés au pif au broyat et le tout mixé est tamisé. De l'arôme et un peu de sel sont ajoutés au filtrat obtenu. Ce dernier est récupéré dans une bassine où les autres jus qu'elle vend tels que le jus de gingembre, le jus de bissape, ou le jus de pain de singe appelé couramment "tédo" y sont fabriqués. Le filtrat est tamisé et le lait de souchet ainsi obtenu est conditionné dans des bidons de récupération de 0,5 l et stocké au réfrigérateur. L'ensemble des opérations est schématisé dans la figure 4.

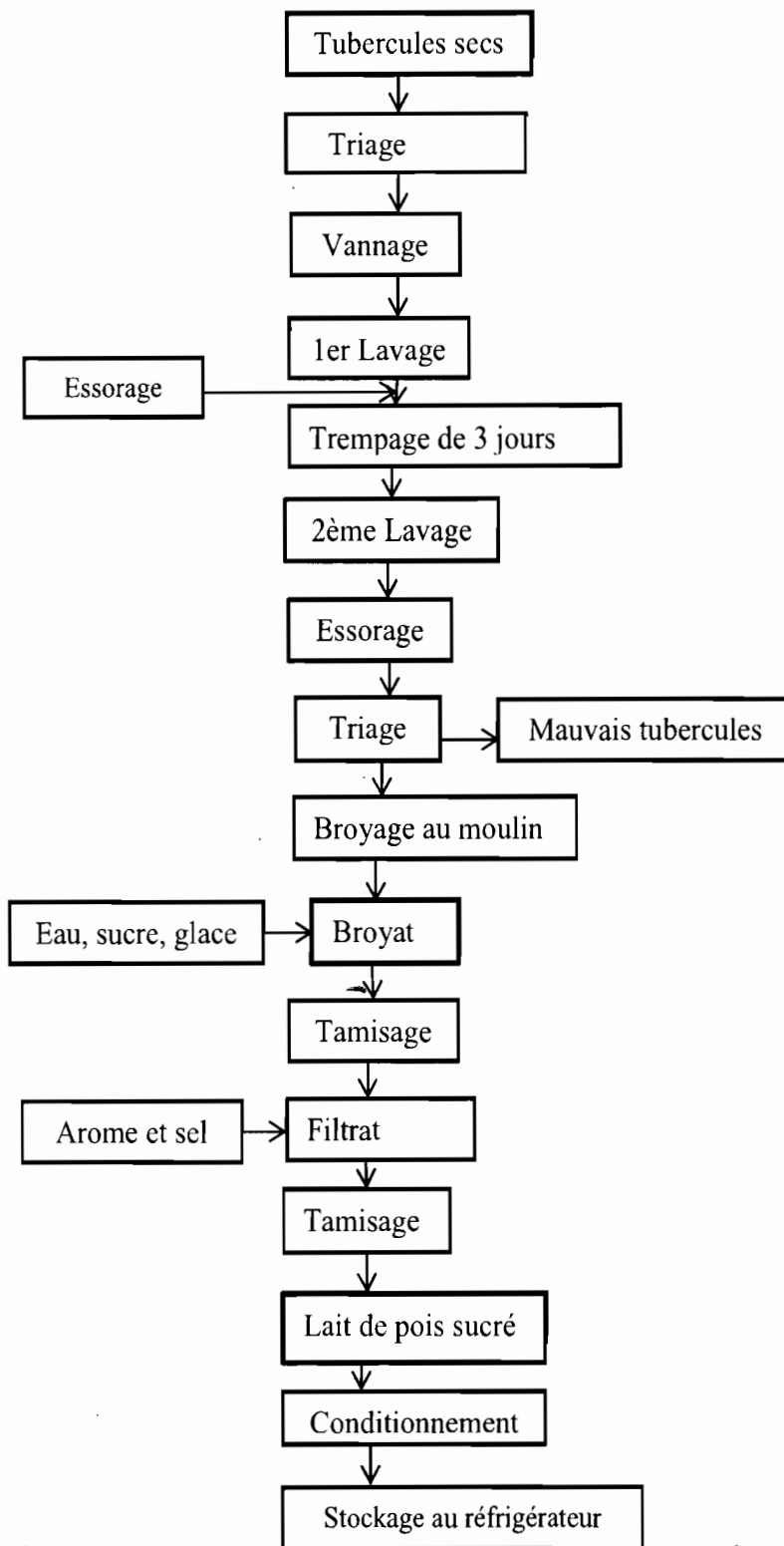


Figure 4: Diagramme de production de lait de souchet de la productrice du marché de Ouezzin-ville de Bobo-Dioulasso.

I.2.2. Environnement de production

Toutes les étapes de la production sont réalisées sous le hangar du point de vente de la productrice où d'autres produits tels que les pâtes alimentaires, les produits de beauté, sont vendus. La productrice est souvent contrainte d'interrompre sa production pour vendre d'autres produits de la boutique. Le matériel de production comprend une bassine, deux seaux, un gobelet et du tissu en mousseline. Durant toute la production, le mixage est fait à la main à l'aide d'un gobelet.

II. Suivi de la préparation des tubercules de souchet de bouche

II.1. Site du Groupe Scolaire Jean Paul II de Bobo-Dioulasso

II.1.1. Description du procédé

Une fois les tubercules secs achetés, ils sont triés, lavés à l'eau de robinet puis trempés durant soixante-douze (72) heures. Les tubercules réhydratés ainsi obtenus sont essorés, triés une deuxième fois. Afin d'éliminer le maximum d'impuretés collées aux tubercules, ils sont mélangés à du sable fin préalablement lavé et sont pilés au mortier. Un deuxième lavage intervient pour éliminer le sable suivi d'un tri des tubercules cassés. Après un troisième lavage, les tubercules ainsi obtenus sont transvasés dans un plateau pour la commercialisation. L'ensemble des opérations est schématisé dans la figure 5.

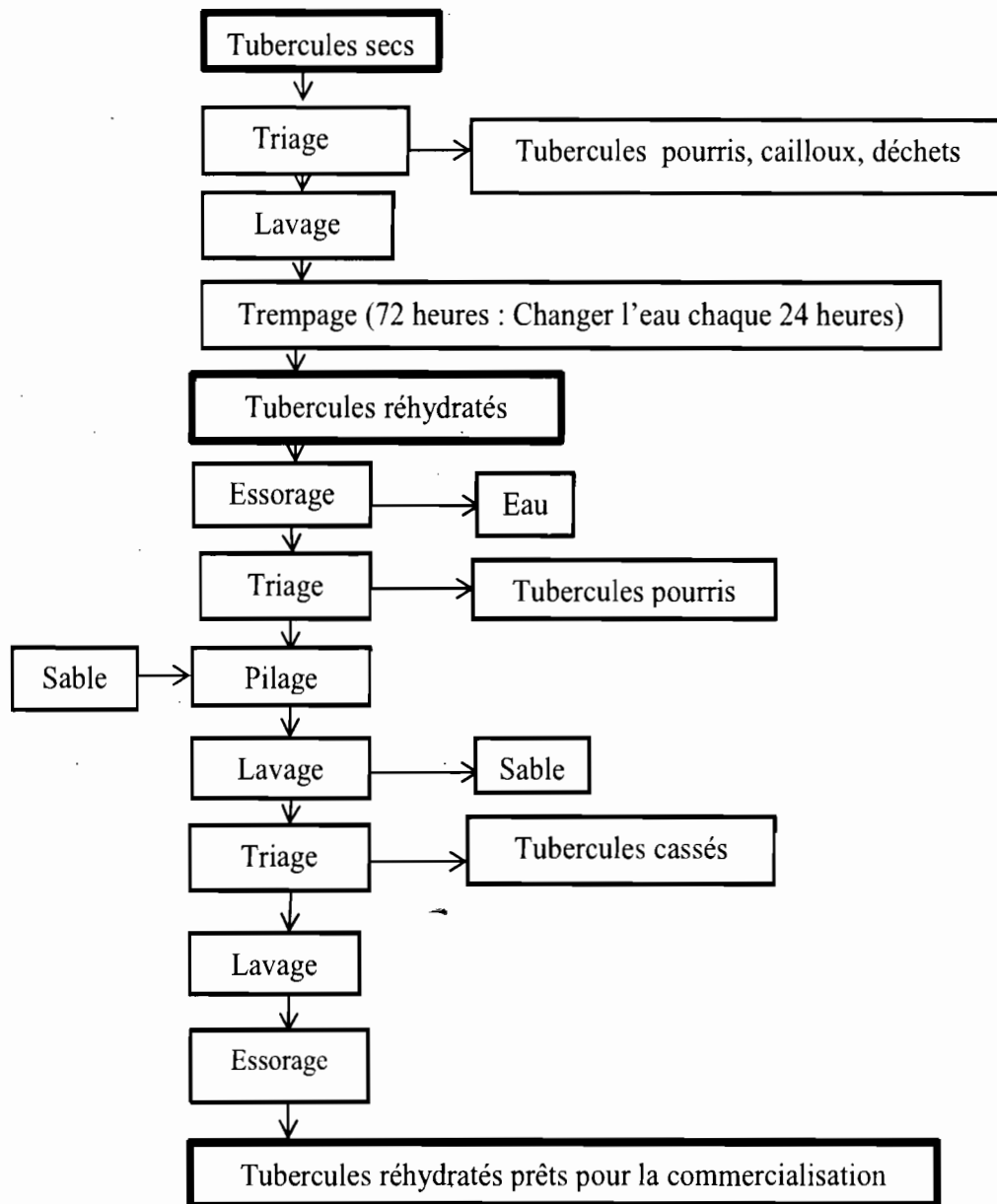


Figure 5: Diagramme de préparation de tubercules réhydratés de souchet (GSJP II).

II.1.2. Conditions de travail

Les tubercules sont trempés dans une bassine utilisée pour les travaux ménagers et munie d'un couvercle. L'eau de trempage provient d'un fût sans couvercle préalablement rempli à partir du robinet. Le mortier utilisé est le même qui sert à piler d'autres condiments tels que le gingembre, la menthe, etc. Tout le travail se fait dans la cour avec les mêmes ustensiles pour la cuisine familiale.

II.2. Site de l'école Ouezzin-ville de Bobo-Dioulasso

II.2.1. Description du procédé

Les tubercules secs sont triés pour être débarrassés des impuretés (cailloux, déchets d'animaux et autres débris). Après le triage, ils sont lavés et trempés dans une bassine pendant soixante-douze (72) heures. Ce trempage est suivi d'un deuxième lavage par frottement des tubercules les uns contre les autres. Les tubercules sont transférés dans un plat pour être commercialisés. Les étapes sont schématisées dans la figure 6.

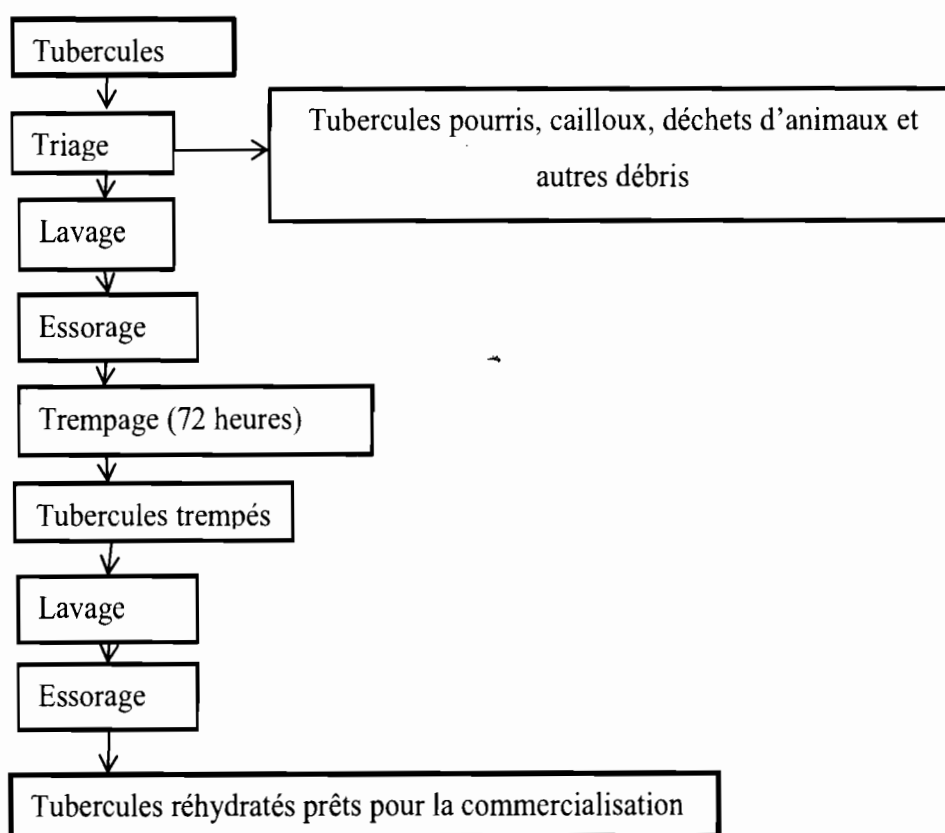


Figure 6: Diagramme de préparation de tubercules réhydratés de souchet (école primaire de Ouezzin-ville).

II.2.2. Conditions de travail

Les tubercules sont triés et lavés dans la même bassine qui sert à tremper le maïs. Ils sont ensuite trempés durant soixante-douze (72) heures dans une marmite destinée aux préparations de repas de fête avec de l'eau de robinet. Après les soixante-douze (72) heures de

trempage, on lave les tubercules en les frottant bien les uns contre les autres. Les tubercules réhydratés ainsi obtenus sont mis dans un plat pour la commercialisation.

Au regard des procédés et des conditions de travail dont nous avons fait cas précédemment, nous avons identifié quelques sources potentielles pouvant être à l'origine de contamination de nos échantillons mentionnés. Ces sources de contamination potentielle sont illustrées par la figure 7.

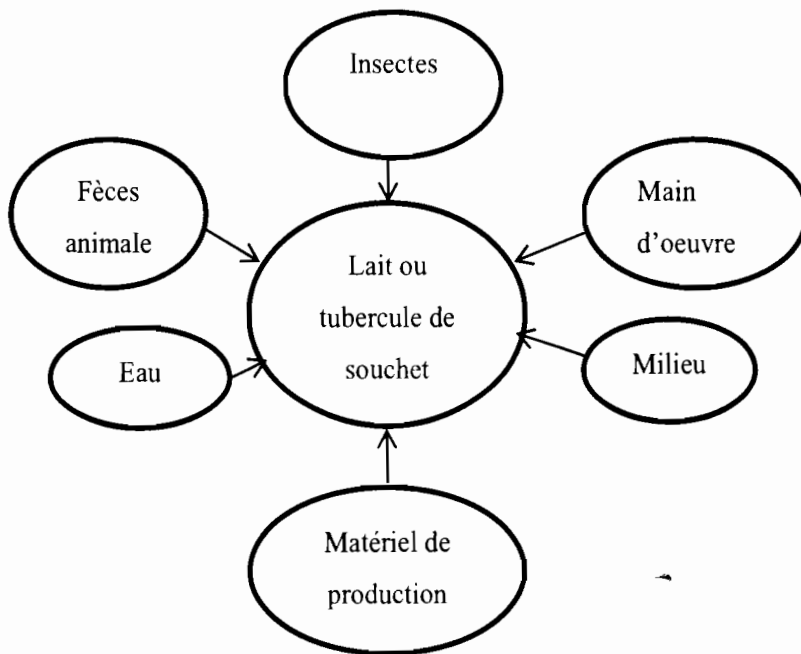


Figure 7: Schéma illustrant quelques sources susceptibles de contaminations des tubercules et des laits de souchet

III. Quelques conditions d'hygiène du matériel et équipements du personnel et les mauvaises pratiques de ces opérations

-Le trempage : cette opération pourrait être une source de contamination si la qualité de l'eau utilisée n'est pas maîtrisée mais également si les conditions telles que la durée de l'opération et l'hygiène du matériel utilisé ne sont pas respectées.

-Le pilage : cette opération peut entraîner une contamination si le mortier n'est pas propre ou en bon état.

-Le broyage : le broyage peut induire une contamination du broyat à travers les appareillages (broyeurs) souvent mal nettoyés ou à travers les mains du meunier et l'air ambiant.

-La filtration : Elle se fait à l'aide de tamis dont le maillage pourrait être une source de passage de contaminants physiques (sable, fractions de tubercules...), de contaminants microbiologiques (microorganismes).

-La main d'œuvre: elle est souvent un vecteur important de microorganismes à travers les mains qui peuvent être porteuses de germes provenant d'autres sources de contamination.

IV. Résultats des analyses physico-chimiques

IV.1. Laits de souchet

Les résultats des analyses physico-chimiques des laits de souchet sont présentés dans la figure 8.

Les teneurs en extrait sec total des échantillons de laits de souchet varient entre 12,39% et 20,85% (tableau 7 en annexe). La plus faible teneur est obtenue avec l'échantillon 4 et la plus élevée avec l'échantillon 13. La moyenne de l'extrait sec pour l'ensemble des échantillons de Ouagadougou est de 16,30% contre 17,79% pour l'ensemble des échantillons récoltés dans la ville de Bobo-Dioulasso (figure 8A). Nous pouvons donc dire que les échantillons de Ouagadougou contiennent moins d'eau que ceux de Bobo-Dioulasso. On note une différence de valeurs entre les échantillons de productrices différentes de même qu'entre deux (02) échantillons (tableau 6 en annexe: échantillons 13 et 17) d'une même productrice. La différence de valeur pourrait s'expliquer par la composition (teneur en matière organique et en matière minérale non volatiles) de la matière première utilisée. Ces variabilités pourraient s'expliquer par la teneur en matière sèche totale (sucres, protéines, lipides, fibres, sels minéraux) mais également par les conditions de fabrication (la quantité de sucres, de sel et d'arômes (tels que les sucres vanillés) ajoutés) qui peuvent différer d'une production à l'autre d'une même productrice et de productrices différentes. Nos résultats se rapprochent de ceux obtenus par Cortes *et al* (2004) qui ont trouvé des teneurs en matière sèche de lait de souchet comprises entre 13,61 et 22,06%. Les différences observées entre les valeurs de leur expérience et les nôtres pourraient être liées aux conditions de travail. L'extrait sec d'une boisson est un paramètre très important en ce sens qu'il permet d'apprécier le nombre de dilution.

Résultats et discussion

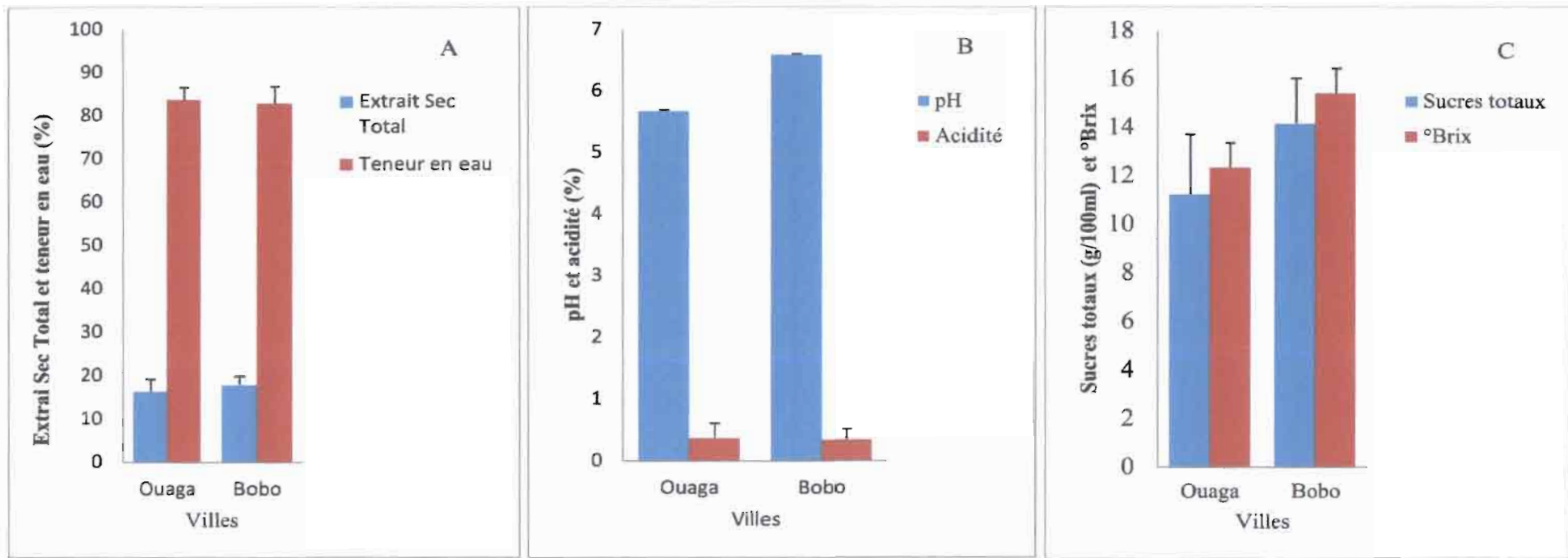


Figure 8: Extrait sec total et teneur en eau (A), pH et acidité (B) et sucres totaux et degré Brix (C) des échantillons de laits de souchet en fonction des villes.

L'acidité des échantillons de lait de souchet est comprise entre 0,11 et 0,90 % avec des pH qui varient entre 4,73 et 6,95 (tableau 7 en annexe). Les échantillons 13 et 16 ont les faibles acidités et l'échantillon 2 a l'acidité la plus élevée. L'échantillon 4 a le plus faible pH et l'échantillon 19 le plus élevé. On remarque une variation entre les pH et aussi entre les acidités des différents échantillons de laits de souchet. Cependant les pH des échantillons de laits provenant d'une même productrice diffèrent peu entre eux (échantillons 12 et 16). Par contre, des différences importantes sont observées entre les productions en ce qui concerne l'acidité. On remarque également que l'acidité et le pH d'un échantillon produit et analysé le même jour (échantillon 11) sont plus faibles que ceux d'un échantillon analysé vingt-quatre (24) heures après production (échantillon 15). Les conditions de production et la durée de conservation influenceraient donc l'acidité et le pH du lait de souchet. La moyenne des acidités des échantillons de Ouagadougou reste supérieure à celle des échantillons de Bobo-Dioulasso (figure 8B). On observe le cas inverse avec pH (figure 8B). Les pH de nos échantillons diffèrent de ceux trouvés par Aggary *et al* (2013) qui ont obtenu des pH compris entre 6,61 et 7,41. Cette différence pourrait être due aux conditions d'analyse. En effet, les pH bas de nos échantillons de lait de souchet pourraient être liés à un développement de certains microorganismes notamment les bactéries lactiques, les levures et les moisissures dans les échantillons. Les teneurs en acidité élevées pourraient s'expliquer par la qualité de la matière première liée aux conditions de trempage assez long qui peut induire une fermentation.

Le degré Brix des échantillons de lait de souchet varie entre 8,2 et 18°Brix. La plus faible valeur est obtenue avec l'échantillon 5 et la valeur la plus élevée avec l'échantillon 13 (tableau 7 en annexe). On constate une variation du degré Brix entre les différents échantillons, cependant les échantillons de lait de souchet prélevés chez une même productrice ont le même degré Brix (échantillon 12 et 16). Cela pourrait s'expliquer par les moments d'échantillonnage différents d'une part, et par l'adjonction de quantité variable de sucre et d'eau lors de la fabrication en fonction des productrices d'autre part. Cela pourrait également s'expliquer par la provenance des tubercules (les tubercules achetés au même endroit) pour les différentes productions mais surtout cela peut être lié aux conditions de travail. En effet, vu la méthode de mesure (pas d'utilisation de balance ni d'instrument de mesure des produits liquides) des quantités d'ingrédients ajoutés, il est presque certain qu'il y ait des différences entre les différentes productions. La moyenne du Brix des échantillons de Ouagadougou reste inférieure à celle des échantillons de Bobo-Dioulasso (figure 8C). Cela voudrait dire que les productrices de Ouagadougou utiliseraient moins de sucre ajouté que

celles de Bobo-Dioulasso. Cette mesure qui donne la teneur en matière sèche soluble du lait de souchet répond à la norme internationale CODEX STAN 149-1985 qui stipule que la teneur en matière sèche soluble d'un jus ne doit pas être supérieure à 20% m/m, déterminé par réfractométrie à 20°C, sans correction pour l'acidité, et exprimé en °Brix par rapport aux échelles internationales de saccharose. Cette même norme stipule aussi que cette teneur ne doit pas être inférieure à la valeur correspondante à celle du fruit à l'état frais. Au regard de cette dernière stipulation, les échantillons 4, 5 et 10 ne répondent pas à la norme. En effet, Pascal *et al* (1984) ont reporté une teneur en sucres pour le pois sucré de 11,8%. Nos valeurs (8,2-18°Brix) se rapprochent de celles trouvées par Ilboudo (2005) qui avait obtenu des valeurs variant entre 13 et 20°Brix et de celles de Ouédraogo (2009) situées entre 14,3 et 17,4 (échantillons issus de la fabrication des productrices) et entre 14,1 et 17,1 (échantillons issus de fabrication expérimentale), de même que celles trouvées par Agarry *et al* (2013) qui avaient trouvé 10,28 et 10,35°Brix. Les quelques différences obtenues pourraient s'expliquer par les conditions de travail.

Les teneurs en sucres totaux des échantillons de lait de souchet se situent entre 6,36 et 16,51g/100 ml (tableau 7 en annexe). La plus faible teneur est obtenue avec l'échantillon 4 et la teneur la plus élevée avec l'échantillon 18. On note des différences significatives entre les sucres totaux des différents échantillons. Cependant, la moyenne des sucres totaux des échantillons de Ouagadougou reste inférieure à celle des échantillons de Bobo-Dioulasso (figure 8C). Cela pourrait être lié à la nature de la matière première et aux conditions de travail également.

De façon générale, les moyennes de tous les paramètres analysés sur les échantillons de Ouagadougou restent inférieures à celles de Bobo-Dioulasso excepté celle de l'acidité.

IV.2. Tubercules de souchet

Les résultats des analyses physico-chimiques des tubercules de souchet sont présentés dans la figure 9.

Résultats et discussion

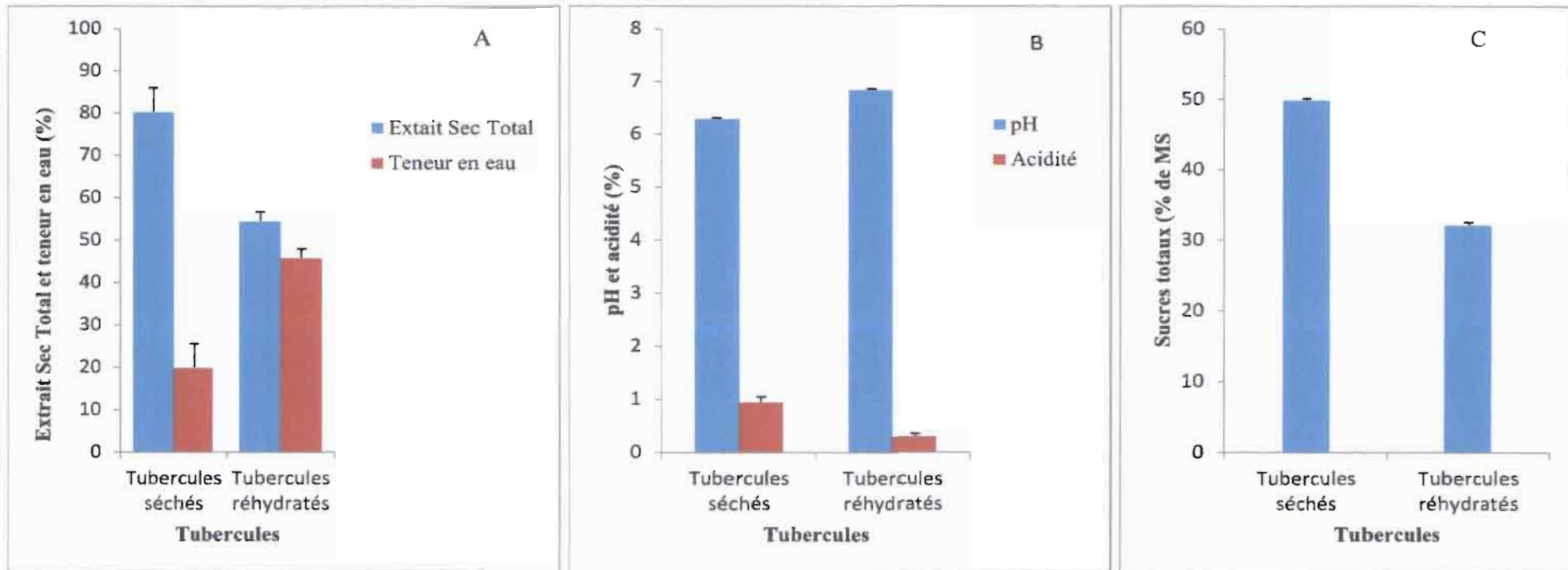


Figure 9 : Extrait sec total et teneur en eau (A), pH et acidité (B) et sucres totaux (C) en fonction des échantillons de tubercules de souchet.

Les taux d'humidité des échantillons de tubercules se situent entre 14,44 et 48,03% (tableau 7 en annexe). Le plus faible taux est obtenu avec l'échantillon 4, et le plus élevé avec l'échantillon 12. La moyenne des taux d'humidité des tubercules séchés (19,82%) est plus faible que celle des tubercules réhydratés (45,63%) (figure 9A). Pour deux (02) échantillons prélevés chez une même productrice (échantillons 7 et 8), il existe de faibles variations entre les taux d'humidité (tableau 8 en annexe). Ces résultats pourraient s'expliquer par l'état de la matière première : tubercules séchés (échantillons 1 à 6) qui ont perdu une partie de leur eau à cause du séchage, et tubercules réhydratés (échantillons 7 à 12) dont la teneur en eau a augmenté à cause du trempage. Ces valeurs pourraient s'expliquer aussi par la forme et la taille de la matière première (ovales, ronds, gros, petits), la durée de séchage et de trempage. Nos valeurs diffèrent de celles trouvées par Coşkuner *et al* (2001) qui se situaient entre 6,59-6,9% pour les tubercules séchés. Cela pourrait s'expliquer par le degré de séchage des tubercules analysés. La teneur en eau est un paramètre à maîtriser pendant le stockage car elle peut favoriser le développement de microorganismes et occasionner la détérioration des tubercules.

Le pH des tubercules séchés de souchet est compris entre 5,90-6,49 et l'acidité est comprise entre 1,41-1,91%. Pour les tubercules réhydratés, le pH est compris entre 6,18-7,09 et l'acidité est comprise entre 0,22-0,50% (tableau 8 en annexe). La plus petite valeur de pH est celle de l'échantillon 3 et la plus grande celle de l'échantillon 12 (tableau 8 en annexe). Pour l'acidité, la plus faible valeur est celle de l'échantillon 10 et la plus grande celle de l'échantillon 8 (tableau 8 en annexe). La moyenne des pH des tubercules séchés est inférieure à celle des tubercules réhydratés ; on observe le cas inverse avec l'acidité (figure 9B). Nos résultats relatifs aux tubercules séchés se rapprochent de ceux de Tamboura (2013) qui a obtenu des pH variant entre 6,53-6,96. Par contre, le même auteur indique une acidité comprise entre 3,63-6,08% qui diffèrent de nos valeurs. Ces valeurs pourraient s'expliquer par la nature des tubercules, les conditions d'analyse, les conditions de stockage au cours de la vente. En cas de mauvais stockage, les bactéries lactiques peuvent se développer, entraîner l'acidification du produit, ce qui contribuera à abaisser le pH de ces derniers. La moyenne de l'acidité des échantillons de tubercules séchés reste supérieure à celle des tubercules réhydratés. On remarque le cas inverse avec la moyenne du pH.

Les teneurs en sucres totaux des échantillons de tubercules séchés sont comprises entre 46,37% et 53,12% (tableau 8 en annexe). Les tubercules réhydratés ont des teneurs en sucres totaux variant entre 26,61% et 35,69%. La plus petite teneur est obtenue avec l'échantillon 8

et la plus grande teneur à l'échantillon 3. Les tubercules séchés présentent une moyenne en sucres totaux supérieure à celle des tubercules réhydratés (figure 9C). Ces teneurs pourraient s'expliquer par le taux de sucres de la matière première qui peut varier d'un tubercule à l'autre. Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par Koffi *et al* (2005) qui avaient trouvé 20,2% comme teneur en sucres totaux.

V. Résultats des analyses microbiologiques

V.1. Laits de souchet

Les résultats des différentes analyses microbiologiques des laits sont consignés dans la figure 10.

La flore aérobie mésophile totale de nos échantillons de laits de souchet varie entre $1,5 \cdot 10^5$ et $1,8 \cdot 10^8$ UFC/ml (tableau 9 en annexe). La plus faible charge microbienne est obtenue avec l'échantillon 19, et la plus élevée avec l'échantillon 8. Des différences sont observées d'une part entre les charges microbiennes des différents échantillons, et d'autre part entre deux (02) échantillons (échantillons 1 et 2) différents d'une même productrice. La moyenne de la charge en flore totale des échantillons de Ouagadougou reste supérieure à celle de Bobo-Dioulasso (figure 10A). Ces résultats indiquent une variabilité dans les conditions de production tant du point de vue de la qualité des échantillons que des procédés de production. Ces données sont d'ailleurs concordantes avec les résultats des analyses physico-chimiques qui montraient des différences dans la composition des échantillons entre deux productions chez une même productrice. Ces résultats obtenus sont comparables à ceux d'Ilboudo (2005) qui avait trouvé une charge microbienne comprise entre $3,8 \cdot 10^4$ et $1,9 \cdot 10^8$ UFC/ml, et à ceux de Tamboura (2013) qui avait obtenu une charge microbienne variant entre $9 \cdot 10^5$ et $2,7 \cdot 10^6$ UFC/ml. En comparant nos résultats aux valeurs seuils de la norme AFNOR sur les jus de fruits ou légumes, qui préconise une charge microbienne $< 5 \cdot 10^5$ UFC/ml (Guiraud, 1998), nous pouvons dire que seul l'échantillon 19 est conforme.

Résultats et discussion

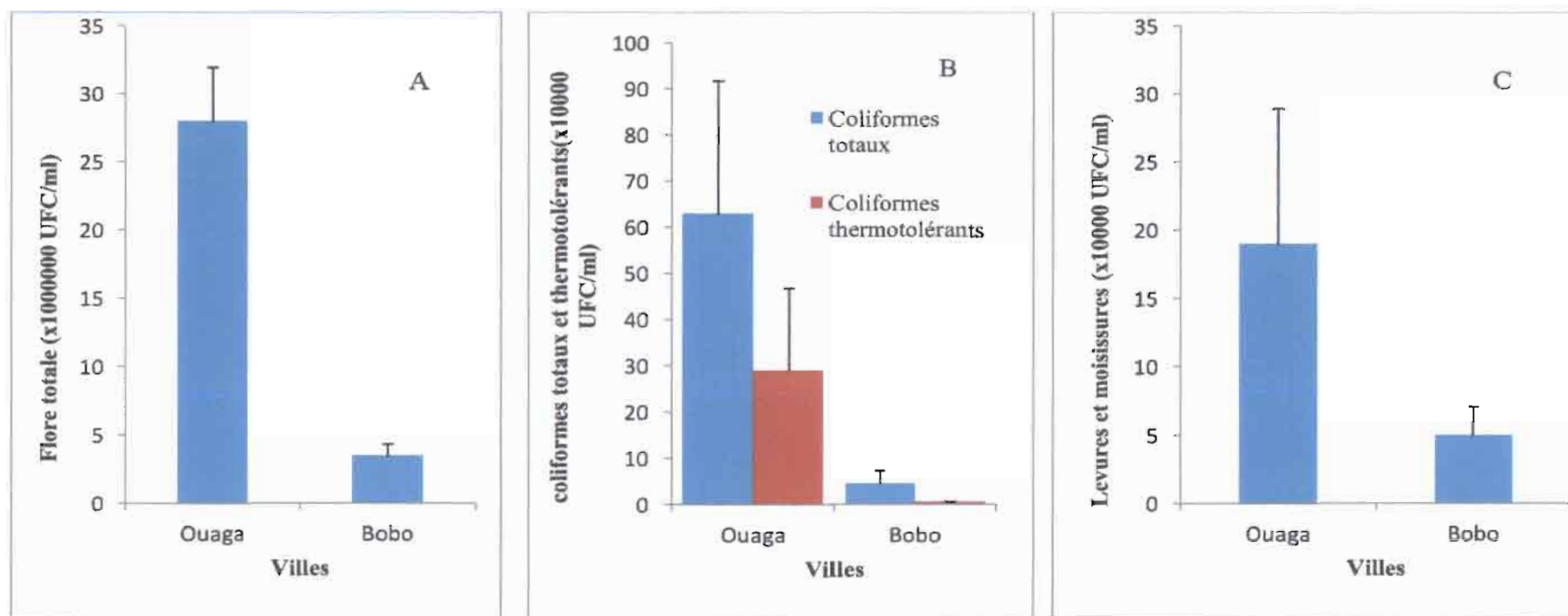


Figure 10: Flore totale (A), coliformes totaux et thermotolérants (B), levures et moisissures (C) des échantillons de laits de souchet en fonction des villes.

En ce qui concerne les échantillons de laits de souchet, les charges microbiennes sont très élevées et ces fortes valeurs pourraient s'expliquer tant par les conditions de production que par la qualité des produits initiaux. En effet la flore totale est un indicateur d'hygiène qui permet de renseigner sur la salubrité d'un produit. La présence de cette flore pourrait signifier que les laits de souchet n'ont pas été fabriqués dans les règles d'hygiène, ce qui les a prédisposés à une contamination par les germes. Elle pourrait aussi s'expliquer par des conditions inappropriées de stockage et de vente (glacière qui ne permet pas de maintenir constante la température des échantillons au sortir du réfrigérateur), par le matériel de mouture (moulin public à multi-usage) et de fabrication qui est mal ou pas désinfecté. La flore aérobique mésophile est constituée de germes qui peuvent s'avérer dangereux dans le cas d'une charge microbienne élevée pouvant engendrer des toxi-infections. La photo 8 montre des colonies de flore totale dénombrées sur une boîte de Pétri.



Photo 8: Boîte de Pétri montrant des colonies de flore aérobique mésophile totale

Les charges en coliformes totaux des échantillons de lait de souchet vont de $7,9.10^2$ à $2,5.10^6$ UFC/ml (tableau 9 en annexe). La plus petite charge correspond à celle de l'échantillon 2 et la plus grande charge correspond à celle de l'échantillon 8. La charge en coliformes thermotolérants des échantillons de laits de souchet varie de $5,7.10^2$ à $1,9.10^6$ UFC/ml. La plus petite charge est obtenue avec l'échantillon 19 et la plus grande charge avec l'échantillon 4 (tableau 8 en annexe). Il est observé d'une part des différences significatives entre les charges microbiennes des différents échantillons et d'autre part entre deux (02) échantillons de même provenance. Ces données sont d'ailleurs concordantes avec les résultats des analyses physico-chimiques qui montraient des différences dans la composition des échantillons entre deux productions chez une même productrice. Aussi, la moyenne de la charge en coliformes des échantillons de Ouagadougou reste supérieure à celle

des échantillons de Bobo-Dioulasso (figure 10B). Nos résultats sont comparables à ceux trouvés par Ilboudo (2005) qui avait obtenu 6.10^3 à $9,3.10^6$ UFC/ml comme charges en coliformes totaux. En comparant nos résultats aux valeurs seuils de la norme AFNOR sur les jus de fruits ou légumes, qui préconise une charge microbienne $\leq 10^2$ UFC/ml (Guiraud, 1998), nous pouvons dire qu'aucun échantillon n'est conforme.

Pour les coliformes, nous remarquons une charge élevée de ces microorganismes dans nos différents échantillons. Cela pourrait se justifier par la qualité de la matière première (tubercules séchés à même le sol) et les conditions de production. Les coliformes étant des germes indicateurs de manquement aux règles d'hygiène, la présence de ces microorganismes pourrait aussi être liée à un mauvais nettoyage ou désinfection des ustensiles de production ou à la productrice elle-même si elle n'applique pas les bonnes pratiques d'hygiène lors de la production. L'eau utilisée lors des différentes productions peut être également une source de contamination si elle n'est pas de bonne qualité. Les coliformes sont des germes qui peuvent se révéler pathogènes si la charge est très élevée. La photo 9 montre des colonies de coliformes dénombrées sur une boîte de Pétri.



Photo 9: Boîte de Pétri montrant des colonies de coliformes

Les échantillons de laits de souchet présentent une charge en levures et moisissures comprise entre $1,7.10^3$ et $4,7.10^5$ UFC/ml (tableau 9 en annexe). La plus petite charge est celle de l'échantillon 13 et la plus grande charge est celle de l'échantillon 8. D'une part on note une nette variation de la charge en levures et moisissures des échantillons d'une même productrice, et d'autre part de productrices différentes. Aussi la moyenne de la charge en levures et moisissures des échantillons de Ouagadougou reste nettement supérieure à celles

des échantillons de Bobo-Dioulasso (figure 10C). Nos valeurs $1,7.10^3$ et $4,7.10^5$ UFC/ml sont comprises entre celles rapportées par Ilboudo (2005) et Ouédraogo (2009) qui avaient trouvé respectivement des charges de $2,9.10^3$ à $7,3.10^6$ UFC/ml et $1,2.10^1$ à $1,5.10^6$ UFC/ml. En comparant nos résultats aux valeurs seuils de la norme AFNOR sur les jus de fruits ou légumes, qui fixe une charge microbienne en levures et moisissures à $<10^3$ UFC/ml (Guiraud, 1998), nous pouvons dire que tous les échantillons sont hors norme. Ces résultats pourraient s'expliquer par les conditions de travail qui sont propices au développement des levures et moisissures. En effet, les ustensiles mal nettoyés après un mauvais stockage peuvent être des vecteurs de transmission de ces microorganismes dans les échantillons, car ces derniers sont présents aussi bien dans l'air ambiant, dans la poussière que sur les surfaces humides. Aussi des conditions favorables tels un pH acide, la présence de sucre dans le milieu, pourraient favoriser le développement des levures et moisissures. Ce qui concorde avec nos résultats d'analyses physico-chimiques. La présence de ces microorganismes témoigne également d'une mauvaise désinfection des tubercules avant la transformation en boisson ou d'une nouvelle contamination lors de la mouture. Une rupture de la chaîne de froid pourrait aussi induire une prolifération rapide de ces germes. Ces germes sont à l'origine d'une modification des caractéristiques organoleptiques des produits (odeur, aspect gluant, dégagement gazeux, fermentation, aspect trouble). La photo 10 montre des colonies de levures et moisissures dénombrées sur une boîte de Pétri.



Photo 10: Boîtes de Pétri montrant des colonies de levures et moisissures

V.2. Tubercules de souchet

La figure 11 présente les résultats des analyses microbiologiques des tubercules séchés et des tubercules réhydratés de souchet.

Résultats et discussion

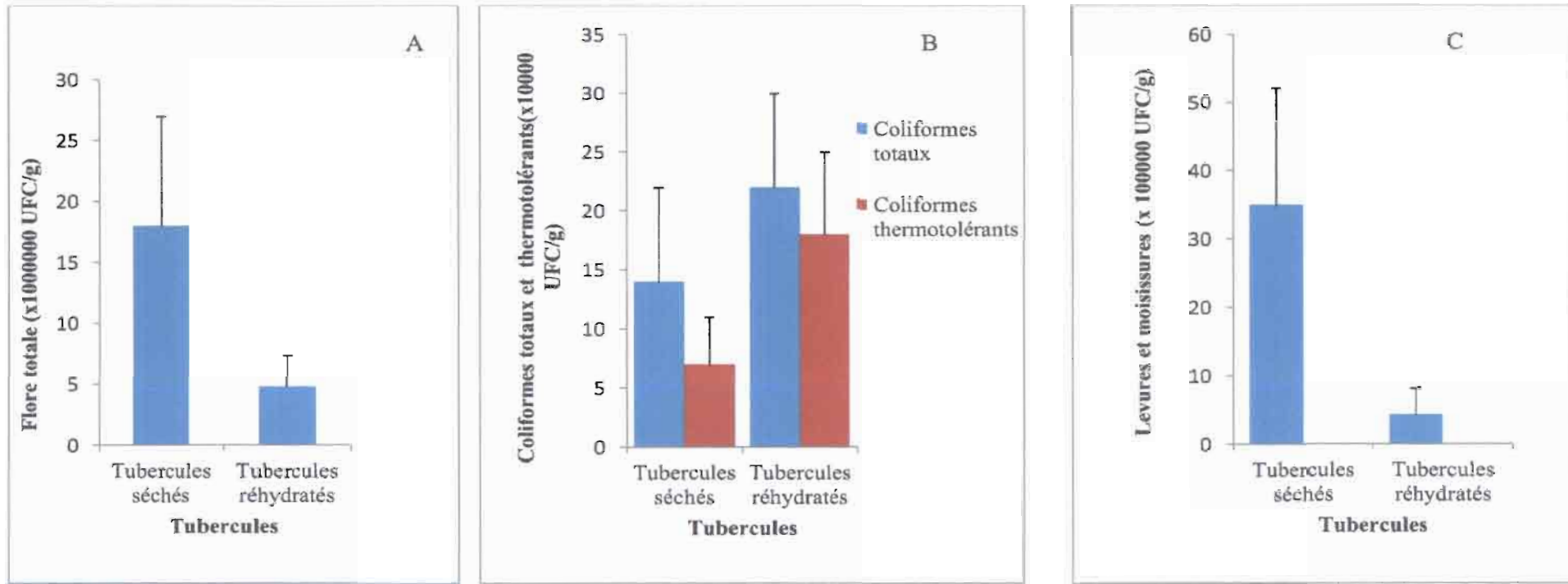


Figure 11 : Flore totale (A), coliformes totaux et thermotolérants (B), levures et moisissures (C) des échantillons de tubercules de souchet.

La flore totale des échantillons de tubercules se situe entre $1,5.10^5$ et $6,0.10^7$ UFC/g (tableau 10 en annexe). La plus petite charge est celle de l'échantillon 6 et la plus grande charge correspond à l'échantillon 3. On note des différences significatives entre charges de différents échantillons de préparatrices de même que chez une même préparatrice. On note également que la moyenne de la charge microbienne en flore totale des tubercules séchés (échantillons 1 à 6) est nettement supérieure à celle des tubercules réhydratés (échantillons 7 à 12) (figure 11A). Cela pourrait s'expliquer par le fait que les tubercules réhydratés ont subi des traitements (trempage, lavage, pilage avec du sable...) dans le but de réduire leur charge et de les rendre propres à la consommation. Les tubercules secs ont subi également un lavage mais l'opération de séchage (Séchage au soleil à même le sol, absence de protection contre le vent et la poussière) reste une étape critique au cours de laquelle il peut y avoir une nouvelle contamination de ces derniers. En comparant nos résultats aux valeurs seuils de la norme Québec (2009) des produits de quatrième gamme, qui préconise une charge microbienne en flore aérobie mésophile totale située entre 10^7 et 10^8 UFC/g, nous pouvons dire que tous les échantillons sont conformes.

La charge en coliformes totaux des tubercules de souchet varie entre $9,5.10^2$ et $4,8.10^5$ UFC/g (annexe tableau 10). Pour les coliformes thermotolérants, elle reste comprise entre $5,8.10^2$ et $4,3.10^5$ UFC/g (tableau 9 en annexe). L'échantillon 6 a la plus faible charge en coliformes totaux et thermotolérants et les échantillons 3 et 11 les charges les plus élevées respectivement en coliformes totaux et en coliformes thermotolérants. Il est observé d'une part des différences significatives entre les charges microbiennes des différents échantillons et d'autre part entre deux (02) échantillons de même provenance (tableau 9 en annexe). Ces données sont d'ailleurs concordantes avec les résultats des analyses physico-chimiques qui montraient des différences dans la composition des échantillons entre deux (02) préparations d'une même préparatrice. Aussi, la moyenne de la charge en coliformes (totaux et thermotolérants) des tubercules réhydratés reste élevée par rapport à celle des tubercules séchés (figure 11B). La présence des coliformes pourrait s'expliquer par la qualité de la matière première qui, provenant du sol (ce dernier étant un vecteur de transport de ces microorganismes), pourrait contaminer nos échantillons. On peut lier la présence de ces germes à un manquement de bonne pratique de commercialisation vu les conditions de vente (manque de couverture, exposition aux mouches, au vent et à la poussière). En comparant nos valeurs aux valeurs seuils de la norme Québec des produits de quatrième gamme (2009), qui

préconise une charge en coliformes $\leq 10^3$ UFC/g, nous pouvons dire que seuls les échantillons 4 et 6 sont conformes.

La charge en levures et moisissures des tubercules de souchet est comprise entre $5,9.10^1$ et $1,2.10^7$ UFC/g. La plus petite charge est celle de l'échantillon 11 et la plus grande charge celle de l'échantillon 3 (tableau 10 en annexe). La moyenne de la charge en levures et moisissures des tubercules séchés est largement supérieure à celle des tubercules réhydratés (figure 11C). Cela pourrait s'expliquer par les conditions de travail qui peuvent différer d'une préparatrice à l'autre. Les conditions de stockage et de vente ne sont pas en reste. En effet un stockage à long terme ou dans des conditions inadéquates (salle humide, présence de petits nuisibles) peut favoriser un développement de levures et moisissures sur la surface externe des tubercules. Cela pourrait s'expliquer par les différents traitements qu'ont subis les tubercules réhydratés. L'étape de lavage permet de les débarrasser d'une grande partie de ces germes. Seulement 25% de nos échantillons répondent à la norme AFNOR, qui préconise une charge en levures et moisissures $\leq 10^3$ UFC/g. Une vue d'ensemble de nos résultats permet de constater que nos échantillons restent fortement chargés en levures et moisissures.

Nous proposons, au vu des résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques, une fiche technique (tableau 10) pour minimiser les risques de contamination du lait de souchet et du souchet de bouche. Cette fiche a été établie au regard des étapes de production et des conditions de travail (des productrices de lait de souchet, et des préparatrices de souchet de bouche) pouvant présenter des risques de contamination, de même que l'hygiène de la main d'œuvre productrice et du matériel.

Résultats et discussion

Tableau 6: Fiche technique servant à minimiser les risques de contamination du lait de souchet et du souchet de bouche

| Etapes de production | Défaillance(s) de l'étape | Mesures correctives ou préventives |
|-------------------------------------|--|--|
| Triage | -Mauvais triage des tubercules abimés et autres impuretés physiques | -Bien trier dans une assiette bien propre afin de s'assurer que tous les tubercules abimés ont été isolés de la matière première à utiliser |
| Lavage (main, matériel, tubercules) | -Maintien des bracelets et des bagues au cours de la production -Nettoyage du matériel de production avec un détergent -Lavage des tubercules à l'eau du robinet | -Débarrasser la main de tout objet pouvant engendrer une contamination (bague, bracelet...) -Laver l'avant-bras et les mains afin de s'assurer de la propreté des parties du corps pouvant rentrer en contact avec le produit -Laver les tubercules avec de l'eau du robinet additionnée de désinfectant (eau de javel) et Bien rincer les tubercules à l'eau de robinet |
| Pilage | -Mortier avec de petites fissures pouvant emmagasiner des facteurs de contamination | -Utiliser du matériel dont la surface est lisse et homogène -A défaut, supprimer cette étape pour éviter une contamination des tubercules déjà lavés |
| Trempage | -Non renouvellement de l'eau de trempage | -Renouveler l'eau de trempage toutes les 24 heures -Tremper les tubercules dans de l'eau bouillante pendant quelques minutes avant l'extraction du jus (blanchiment) |
| Broyage | -Utilisation des moulins publics qui sont mal nettoyés pour le broyage -Contamination du broyat entraînant l'arrêt de la production | -Utiliser un mixeur destiné exclusivement à la fabrication du lait de souchet |
| Filtrage | -Absence de matériel de filtrage destiné uniquement à la production du lait de souchet -Diamètre des mailles des filtres inadéquat | -Utiliser un filtre de mailles très fines adapté au filtrage du lait de souchet -Bien désinfecter le filtre |
| Conditionnement | -Réutilisation des emballages -Nettoyage et rinçage des emballages à l'eau du robinet. -Vente de tubercules réhydratés dans des contenants mal recouverts. | -Procéder à une désinfection des emballages avant leur utilisation -Rincer les emballages désinfectés dans de l'eau de robinet chaude -Utiliser un matériel de conditionnement transparent muni d'un dispositif de fermeture. |

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le lait de souchet de même que les tubercules de souchet constituent des aliments riches de par leur composition en éléments nutritifs. Ces aliments sont utilisés dans les régimes alimentaires des personnes intolérantes au lactose et au gluten. Ces produits sont faits artisanalement et peuvent donc présenter des risques pour la santé humaine d'où le choix de notre thème de mémoire. Les résultats obtenus à l'issue de notre étude montrent que les laits de souchet et les tubercules de souchet ont une flore microbienne assez élevée, qu'il s'agisse de la flore aérobie mésophile totale, des coliformes ou des moisissures et levures. Cette charge microbienne élevée serait liée aux conditions de transformation et de vente de ces produits qui ne respectent pas les bonnes pratiques de fabrication et d'hygiène comme constaté au cours des suivis de production réalisés auprès de certaines transformatrices.

Afin de remédier à cette problématique et de mettre des produits de bonne qualité sur le marché, nous recommandons aux productrices et vendeuses de :

- réaliser une désinfection des emballages récupérés avant leur réutilisation et les stocker dans un endroit propre et bien protégé ;
- appliquer les bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication en commençant par la propreté de l'environnement de production, la désinfection du matériel de production, mais aussi en veillant à la propreté de soi-même ;
- veiller au respect de la chaîne de froid pour une bonne conservation des laits de souchet et une protection adéquate des tubercules de souchet pendant la production et la vente ;
- se doter si possible d'un moulin destiné uniquement à la mouture des tubercules de souchet ;
- procéder à une désinfection des tubercules de souchet avant toute utilisation afin de réduire leur charge microbienne.

Nous recommandons aux autorités et personnel technique d'initier des formations sur les bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication à l'intention des transformatrices du souchet.

A l'endroit du DTA nous recommandons que la fonctionnalité des équipements du laboratoire soit revue dans le but de faciliter les manipulations.

PERSPECTIVES

Pour une bonne évaluation de la qualité microbiologique et de la qualité biochimique des produits du souchet, il serait nécessaire de :

- mener des études sur les emballages afin de proposer des contenants adéquats pour le conditionnement des laits de souchet ;
- modéliser la relation entre la température et le développement des microorganismes dans les produits du souchet à travers un suivi de la température des différents échantillons au niveau des points de vente, au laboratoire et durant le stockage;
- réaliser des tests de stabilisation et de conservation des produits du souchet ;
- établir un diagramme de concentré de lait de souchet.
- évaluer la qualité nutritionnelle du lait et des tubercules de souchet et identifier les facteurs antinutritionnels de ces derniers.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adejuyitan J.A. (2011) , Tigernut processing : its food uses and health benefits, *Am. J. Food Technol.*, 6(3), 197-201
- Ahmet.N.N, Yalçin.C, Erşan K (2001). Chemical composition and technological evaluation of chufa tuber (*Cyperus esculentus L.*). *GIDA* 26(4) : 243-246.
- Alou A.K (2008). Plan d'affaire 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).Extrait etude de marché. Vol 14. pp 3.
- Belewu M.A. and K.Y. Belewu (2007). Comparative physico-chemical evaluation of tiger-nut, soybean and coconut milk sources. *International Journal of Agriculture and Biology*, 5 : 785- 787.
- Cortes C., M.J.Esteve, A.Frigola and F.Torregosa (2004). Physical and chemical properties of different commercially available types of "horchata de chufa". *Italian J.Food Sci.*, 16 (1): 113-121.
- Coskuner Y, Ecran R, Karababa E, Nazlican AN (2002). Physical and chemical properties of chufa (*Cyperus esculentus*) tubers grown in the cukurova region of Turkey. *J Sci Food Agri* 82 : 625-31.
- Dancza, I. (1994). A mandulapalka(*Cyperus esculentus L.*) elofordulaca Kesthely-Heviz hataraban. *Novenyvedelem* 30 :475-476. De Vries, F.T. (1991). Chufa (*Cyperus esculentus, Cyperacea*): A weedy cultivar or a cultivated weed ? *Econ. Bot* 45 : 27-37.
- Djomdi, E. R., Ndjouenkeu R., (2007). Soaking behavior and milky extract performance of tiger nut (*Cyperus esculentus*) tubers. *Journal of food Engineering* 78, 546-550
- Ezebor F; Igwe C.C; Owolabi F.A.T et S.O Okoh (2005). Comparaison de la Caractéristique physico-chimique, par oxydation et hydrolyse des stabilités d'huile et graisse de *Cyperus esculentus L.* et *butyrospermum parkii* (karité).
- Gerhold, K.H. (1999). Breitet sich Erdmandelgras
- Killinger G.B, Stokes W.E., (1946). Chufas in Florida. University of Florida Agricultural Experient Station Bulletin n°.419, 16p.
- Guiraud J-P., (1998). Critères de qualité microbiologique pour les jus de fruits et legumes crus selon AFNOR.

- **Holm, L. G.L.Plucknett, J.V.Pancho, and J.P.Herberger (1997)**. The world's worst weeds. Distribution and biology. Hawii University Presse. Honolulu.
- **Hopf.(1993)**. Domestication of plants in the world either aus. Clarendon Press, Oxfort. Pflanzenchutz Praxis 1:29.
- Gouvernement du Québec. Dépôt légal (2009). Lignes directives et normes pour l'interprétation des résultats analytiques en microbiologie alimentaire. Bibliothèque nationale du Canada. ISBN 978-2-550-56811-7.
- **L.Ban-Koffi ; G.J. Nemlin ; S.Levevre et A.Kamenan (2005)**. Caractérisation physico-chimique et potentialités thérapeutiques du pois sucré (*cyperus esculentus L. Cyperaceae*). Agronomie africaine 17 (1) : pp 63-71.
- **M.J Ilboudo épouse Zoundi (2005)**. Etude de la qualité microbiologique du jus de pois sucré. Rapport de stage pour l'obtention du Diplôme Universitaire de Technologie en Contrôle Qualité option : Industrie Agro-Alimentaire (D.U.T-C.Q.I.A). Université de Ouagadougou/ Burkina Faso.
- **M.U.Ukwuru, C.L.Ibeneme and G.I.Agbo (2011)**. New product developpment from Tigernt (*Cyperus esculentus*) and their sensory, proximate and microbiological evaluation. Pakistan Journal of Nutrition10(2).101-105.
- **Muhammad N.O, Bamishaiye E.I, Bamishaiye O.M, Usman L.A, Salawu M.O, Nafiu M.O and Oloyede O.B, (2011)**. Physicochemical Properties and Fatty Acid Composition of *Cyperus esculentus* (Tiger Nut) Tuber Oil. Bioresearch Bulletin 5 : 51-54.
- **Nwobosi, P.N.U. Isu, N.R. and Agarry, O.O (2013)**. Influence of pasteurization and use of natural tropical preservatives on the quality attributes of tigernut drink during storage. International Journal of Food and Nutrition Science vol2 No1.
- **Oladele A.K and Aina J.O (2007)**. Chemical composition and fuctional properties of flour produced from two varieties of tigernut (*cyperus esculentus*)Okafor JNC Mordi JI Ozumba AU Solomon HM and O Olatunji Preliminary studies on the characterization of contaminants in tigernut (Yellow variety). In Proceedings of 27th annual Nigerian Institute of Food Science and Technology (NIFST) Conference.13-17 October, 2003. pp. 210-211.
- **Osagie A.U, Okoye W.I, Oluwayose B.O and Dawodu O.A (1986)**. Chemical quality parameters and fatty acid position of oils of underexploited tropical seeds. Nig. J. Appl. Sci. ; 4 : 151-162.

Références bibliographiques

- **Ouédraogo O.A (2009)**. Contribution à la mise au point d'un procédé de production et de conservation d'une boisson à base de *Cyperus esculentus L.* Mémoire de fin d'étude pour l'obtention d'une licence professionnelle en agroalimentaire. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso/ Burkina Faso.
- **Shaker M.A, Ahmed M.G, Amany M.B, and Shereen L.N (2009)**. Chufa tubers (*Cyperus esculentus L.*) : As a new source of food. World Applied Sciences Journal 7(2) : 151-156.
- **Sanful R.E. (2009)**. Production and Sensory evaluation of tigernut beverages. Pak J Nutr 8(5) : 688-50.
- **Serrallach (1927)**. Die wurzelknolle von *Cyperus esculentus L.* Ph. Thesis, University Frankfurt an Main.
- **Tamboura D (2013)**. Contribution à l'amélioration des technologies de transformation/conservation du lait de souchet, *Cyperus esculentus L.* 1753. Mémoire de fin de cycle pour l'obtention de la licence professionnelle en génie biologique option agroalimentaire. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso/ Burkina Faso.

Sites internet

- *Cyperus esculentus L.* (Famille: *Cyperaceae*, *Cyperacées*) Synonymes : souchet tubéreux, souchet sucré, souchet sultan, amande de terre www.infoflora.ch (page web consulté le 02/02/2014)
- **Zohary D, Hopf M. 2000**. Domestication of plants in the Old World. New York: Oxford University Press (page web consulté le 07/11/2014)
- Bourgogne, France ; http://tel.archivesouvertes.fr/docs/00/26/15/12/PDF/thèse_M.Dodet.pdf (consulté le 16/11/14)
- Burkina-Faso- Marchés tropicaux et méditerranéens, stratégies et investissement en Afrique. <http://www.marches-tropicaux.com> (07/11/2014)
- **Dodet M. (2006)**. Diversité Génétique et Phénologie de *Cyperus. esculentus L* (*Cyperaceae*) pour une gestion de l'espèce dans les cultures de Haute Lande. Thèse de doctorat de l'Université de Bourgogne, France ; http://tel.archivesouvertes.fr/docs/00/26/15/12/PDF/thèse_M.Dodet.pdf (consulté le 22 juillet 2014)

Références bibliographiques

- Fabriquer de l'horchata de chufa ou du lait de souchet
www.cfaitmaison.com/index.html : (Page web consultée le 15 Août 2014)
- <http://www.aromatiques.com> (consulté le 15/08/14)
- <http://www.fasopresse.net/societe/3249-valorisation-du-souchet-une-mauvaise-herbe-devenue-une-culture-de-rente> (consulté le 15/08/14)
- http://www.marches.tropicaux.com/en.wikipedia.org/wiki/Cyperus_esculentus.
(Consulté le 15/08/2014)
- Le "souchet" pour une alimentation saine. Tigernuts Traders,s.I. Valencia (Spain).
www.tigernuts.com (page web consulté le 29 Août 2014)
- Le souchet (en amande et en farine) ; 2013. [http : // vivre-sans-gluten.over-blog.com/le-souchet-en-amande-ou-en-farine](http://vivre-sans-gluten.over-blog.com/le-souchet-en-amande-ou-en-farine)
- mhtml: file://f:\[Innovation] Burkina Faso : Foire agrosylvopastorale et artisanale de sindou. L'huile de pois sucré, une innovation majeure. Posté par Afro Concept News le 22 mars 2014. (consulté le 27/08/2014)
- Nikema (2014).Valorisaton du souchet: Une mauvaise herbe devenue une culture de rente. Sidwaya mardi 6 mai; 05 :40. (Consulté le 18 Août, 2014)
- Tigernuts Traders, S.L, Plaza País Valenciano n°7; www.tigernut.com (page web consultée le 08 juillet 2014)
- TDR pour l'atelier sectoriel (2013). Thème:«quelles stratégies de renforcement de la résilience des populations face aux changements climatiques pour une sécurité alimentaire durable». TDR_Atelier_Sectoriel_MASA_JNP 16 Banfora. (consulté le 16/11/14)

ANNEXES

COMPOSITION DES MILIEUX DE CULTURE

| Composants | Quantité |
|---|----------|
| Diluant | |
| Chlorure de sodium | 8,5g |
| Bactopeptone | 1g |
| H ₂ O distillée qsp | 1000ml |
| pH = 7,00 ± 0,2 | |
| Gélose Plate Count Agar (PCA) | |
| Agar-Agar | 1,0g |
| Peptone de caséine | 5,0g |
| Extrait de Levure | 2,5g |
| D (+) glucose | 14,0g |
| H ₂ O distillée qsp | 1000ml |
| pH = 7,2 ± 0,2 | |
| Gélose Violet Red Bile Lactose Agar (VRBL) | |
| Peptone de viande | 7,0g |
| Extrait de levure | 3,0g |
| Chlorure de sodium | 5,0g |
| Lactose | 10g |
| Rouge neutre | 0,03mg |
| Cristal violet | 0,002g |
| Sel biliaire | 1,5g |
| Agar-Agar | 13,0g |
| H ₂ O distillée qsp | 1000ml |
| pH = 7,4 ± 0,2 | |
| Gélose Sabouraud au chloramphénicol | |
| Extrait de levure | 5,0g |
| D (+) Glucose | 20,0g |
| Chloramphenicol | 0,1g |
| Agar-Agar | 11g |
| H ₂ O distillée qsp | 1000ml |
| pH = 6,8 ± 0,2 | |

Diluant

Il assure la survie des microorganismes et est utilisé pour la préparation des suspensions mères et des dilutions successives pour l'ensemencement. Le diluant est préparé à partir d'ingrédients de base que sont le NaCl : 8,5 g/l et la peptone 1 g/l. Après préparation, le pH est mesuré puis ajusté si nécessaire en se référant au pH requis qui est de $7,00 \pm 0,2$. Ensuite, il est transvasé dans un dispenser pour être distribué dans les tubes à essai (9ml/ tube) pour les dilutions décimales et en flacons (90ml/ flacon) pour la préparation des solutions mères. Les flacons sont vissés légèrement et les tubes à essai bouchonnés puis le tout est stérilisé à l'autoclave à 121°C pendant quinze (15) minutes. Après refroidissement à la température ambiante, ces solutions sont soit utilisées soit stockées au réfrigérateur à la température de 3°C à 4°C .

Milieu Plate Count Agar (PCA)

Le PCA est un milieu de culture gélosé utilisé pour la culture des germes ne présentant pas d'exigence particulière. Ce milieu est utilisé pour dénombrer la flore aérobie mésophile totale. Pour ce faire, on pèse une masse 23,5g de milieu déshydraté que l'on ajoute dans 1l d'eau distillée à utiliser. Le mélange est homogénéisé et la solution est placée dans une cocotte-minute à 80°C pendant vingt (20) minutes pour dissolution complète de l'Agar. Le pH initial est mesuré puis ajusté si nécessaire à $7,2 \pm 0,2$. Après, le milieu est stérilisé à l'autoclave pendant quinze (15) minutes à 121°C . Enfin le milieu est maintenu en surfusion à 45°C . pour une utilisation immédiate ou conservé au réfrigérateur pour utilisation ultérieure. La photo 11 montre un flacon contenant de la gélose PCA.



Photo 11: Flacon contenant de la gélose PCA.

Milieu Violet Red Bile Lactose Agar (VRBL)

Ce milieu (photo 12) a été utilisé pour le dénombrement des coliformes totaux et thermo tolérants. Pour sa préparation, on pèse une masse 39,5g de milieu déshydraté que l'on ajoute dans 1l d'eau distillée à utiliser. La préparation de ce milieu suit le même processus que le milieu PCA jusqu'à l'ajustement du pH à $7,4\pm 0,2$. Après ajustement du pH, le milieu ne subit pas une stérilisation mais est réchauffé à la cocotte-minute à 80°C pendant cinq (05) minutes avant l'ensemencement.



Photo12: Flacons contenant de la gélose VRBL

Milieu Yeats Glucose Chloramphénicol (YGC) et Gélose Sabouraud au chloramphénicol (GS)

Ce sont des milieux sélectifs utilisés pour le dénombrement des levures et moisissures. Pour la préparation du GS, on pèse une masse 45g de milieu déshydraté que l'on ajoute dans 1l d'eau distillée à utiliser. Les autres étapes à suivre sont les mêmes que pour la préparation du milieu PCA. Le pH est ajusté à $5,5\pm 0,2$. La photo 13 montre un flacon de la gélose Sabouraud au Chloramphénicol.



Photo 13: Flacon contenant de la gélose Sabouraud au Chloramphénicol

Tableau 7: Résultats des analyses physico-chimiques des laits de souchet

Ces résultats ont été obtenus en faisant une moyenne globale des trois prises d'essai de tous les échantillons sur chaque paramètre analysé. Même procédé appliqué pour les écart-types.

| Villes | Echantillons | Paramètres | | | | |
|-------------------------|--------------|-----------------------|-----------------------------|-------------|--------------------|-------------------------|
| | | Extrait sec total (%) | Acidité (% d'acide oléique) | pH | Degré Brix (°Brix) | Sucres totaux (g/100ml) |
| OUAGADOUGOU | 1 | 20,34 ± 0,02 | 0,87 ± 0,04 | 5,01 ± 0,01 | 14,6 | 11,10 ± 0,60 |
| | 2 | 20,07 ± 0,04 | 0,90 ± 0,08 | 5,55 ± 0,01 | 12,9 | 10,74 ± 0,75 |
| | 3 | 16,12 ± 0,04 | 0,35 ± 0,02 | 5,51 ± 0,00 | 12,2 | 10,21 ± 0,67 |
| | 4 | 12,39 ± 0,01 | 0,31 ± 0,04 | 4,73 ± 0,01 | 10,2 | 6,36 ± 0,52 |
| | 5 | 12,49 ± 0,05 | 0,15 ± 0,06 | 6,77 ± 0,00 | 8,2 | 7,80 ± 0,18 |
| | 6 | 14,67 ± 0,01 | 0,20 ± 0,03 | 5,76 ± 0,02 | 12,1 | 10,93 ± 0,52 |
| | 7 | 18,19 ± 0,04 | 0,27 ± 0,12 | 6,09 ± 0,01 | 14,3 | 14,78 ± 0,79 |
| | 8 | 17,97 ± 0,02 | 0,43 ± 0,03 | 5,20 ± 0,01 | 14,3 | 13,82 ± 0,75 |
| | 9 | 17,57 ± 0,06 | 0,45 ± 0,00 | 5,67 ± 0,01 | 13,1 | 13,29 ± 0,68 |
| | 10 | 14,42 ± 0,07 | 0,17 ± 0,00 | 6,37 ± 0,01 | 11,3 | 11,06 ± 0,40 |
| Moyennes et écart-types | | 16,43 ± 0,04 | 0,41 ± 0,04 | 5,67 ± 0,01 | 12,32 | 11,01 ± 0,59 |
| BOBO-DIOULASSO | 11 | 19,75 ± 0,01 | 0,22 ± 0,00 | 6,61 ± 0,00 | 17 | 15,16 ± 1,86 |
| | 12 | 18,16 ± 0,10 | 0,28 ± 0,00 | 6,37 ± 0,00 | 15 | 14,96 ± 0,70 |
| | 13 | 20,85 ± 0,02 | 0,11 ± 0,00 | 6,57 ± 0,00 | 18 | 15,66 ± 0,00 |
| | 14 | 17,05 ± 0,03 | 0,17 ± 0,00 | 6,58 ± 0,00 | 15 | 12,83 ± 3,37 |
| | 15 | 19,54 ± 0,03 | 0,56 ± 0,00 | 6,71 ± 0,00 | 17 | 15,11 ± 0,93 |
| | 16 | 18,47 ± 0,15 | 0,11 ± 0,09 | 6,30 ± 0,00 | 15 | 15,06 ± 0,00 |
| | 17 | 16,91 ± 0,02 | 0,31 ± 0,05 | 6,40 ± 0,00 | 14 | 14,01 ± 3,06 |
| | 18 | 18,92 ± 0,03 | 0,29 ± 0,00 | 6,70 ± 0,00 | 16 | 16,51 ± 1,27 |
| | 19 | 15,19 ± 0,01 | 0,28 ± 0,00 | 6,95 ± 0,00 | 14 | 10,44 ± 0,35 |
| | 20 | 14,45 ± 0,01 | 0,39 ± 0,00 | 6,73 ± 0,00 | 13 | 11,66 ± 0,90 |
| Moyennes et écart-types | | 17,93 ± 0,04 | 0,27 ± 0,01 | 6,59 ± 0,00 | 15,4 | 14,14 ± 1,24 |

Tableau 8: Résultats des analyses physico-chimiques des tubercules séchés et réhydratés de souchet.

Ces résultats ont été obtenus en faisant une moyenne globale des trois prises d'essai de tous les échantillons sur chaque paramètre analysé. Même procédé appliqué pour les écart-types.

| Ville | Echantillons | Paramètres | | | | | |
|----------------|-------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------------|-------------|----------------------|--------------|
| | | Nature des tubercules | Humidité (%) | Acidité (% d'acide oléique) | pH | Sucres totaux (% MS) | |
| BOBO-DIOULASSO | 1 | Tubercules séchés | 26,40 ± 0,01 | 1,42 ± 0,03 | 6,29 ± 0,06 | 46,37 ± 0,31 | |
| | 2 | | 15,50 ± 0,01 | 1,57 ± 0,04 | 6,42 ± 0,00 | 47,93 ± 0,25 | |
| | 3 | | 28,06 ± 0,06 | 1,70 ± 0,03 | 5,90 ± 0,01 | 53,12 ± 0,07 | |
| | 4 | | 14,44 ± 0,03 | 1,62 ± 0,07 | 6,35 ± 0,01 | 52,38 ± 0,29 | |
| | 5 | | 19,93 ± 0,01 | 1,41 ± 0,01 | 6,27 ± 0,00 | 49,19 ± 0,27 | |
| | 6 | | 14,60 ± 0,03 | 1,91 ± 0,01 | 6,49 ± 0,00 | 50 ± 0,07 | |
| | Moyennes et écart-types | | | 19,82 ± 0,03 | 1,61 ± 0,03 | 6,29 ± 0,01 | 49,83 ± 0,21 |
| | 7 | Tubercules réhydratés | 47,85 ± 0,07 | 0,24 ± 0,03 | 6,97 ± 0,01 | 33,06 ± 0,44 | |
| | 8 | | 45,24 ± 0,15 | 0,50 ± 0,00 | 6,82 ± 0,01 | 26,61 ± 0,03 | |
| | 9 | | 46,54 ± 0,14 | 0,45 ± 0,00 | 6,18 ± 0,03 | 28,17 ± 0,70 | |
| | 10 | | 44,23 ± 0,01 | 0,22 ± 0,00 | 7,02 ± 0,00 | 34,28 ± 0,14 | |
| | 11 | | 41,94 ± 0,03 | 0,28 ± 0,06 | 6,95 ± 0,02 | 35,69 ± 0,60 | |
| | 12 | | 48,03 ± 0,03 | 0,23 ± 0,00 | 7,09 ± 0,01 | 34,77 ± 0,73 | |
| | Moyennes et écart-types | | | 45,64 ± 0,07 | 0,32 ± 0,02 | 6,84 ± 0,01 | 32,10 ± 0,44 |

Tableau 9: Résultats des analyses microbiologiques des laits de souchet

Ces résultats ont été obtenus en faisant une moyenne de tous les valeurs de chaque paramètre analysé en fonction de la nature des tubercules. Même procédé utilisé pour les écart-types.

| Villes | Echantillons | Provenance | Paramètres | | | |
|-------------------------|--------------|-------------------------|---|----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| | | | Flore aérobie mésophile totale (UFC/ml) | Coliformes totaux (UFC/ml) | Coliformes thermo tolérants (UFC/ml) | Levures et moisissures (UFC/ml) |
| OUAGADOUGOU | 1 | Zone 1 | 7,1.10 ⁶ | 1,5.10 ⁵ | 7,8.10 ⁴ | 8,0.10 ⁴ |
| | 2 | Zone 1 | 1,7.10 ⁷ | 7,9.10 ² | 5,5.10 ² | 3,9.10 ⁴ |
| | 3 | Dassasgho | 5,5.10 ⁵ | 2,0.10 ⁴ | 1,3.10 ⁴ | 9,8.10 ³ |
| | 4 | Stade municipal | 6,5.10 ⁷ | 2,1.10 ⁶ | 1,9.10 ⁶ | 1,1.10 ⁶ |
| | 5 | Dapoya | 2,6.10 ⁶ | 6,9.10 ⁴ | 5,8.10 ⁴ | 2,9.10 ⁴ |
| | 6 | Cité An III | 8,6.10 ⁵ | 6,9.10 ⁴ | 1,1.10 ⁴ | 1,4.10 ⁴ |
| | 7 | Kalgondé | 3,7.10 ⁶ | 6,8.10 ⁴ | 6,6.10 ⁴ | 6,2.10 ⁴ |
| | 8 | Karpala | 1,8.10 ⁸ | 2,5.10 ⁶ | 4,7.10 ⁵ | 4,7.10 ⁵ |
| | 9 | Zone 1 | 1,3.10 ⁶ | 1,3.10 ⁶ | 2,7.10 ⁵ | 2,3.10 ⁴ |
| | 10 | SIAO secteur 30 | 1,8.10 ⁶ | 3,3.10 ⁴ | 6,7.10 ³ | 5,7.10 ⁴ |
| Moyennes et écart-types | | | 2,8±0,4.10 ⁷ | 6,3± 2,9.10 ⁵ | 2,9±1,8.10 ⁵ | 1,9±1,0.10 ⁵ |
| BOBO-DIOULASSO | 11 | Marché de Ouezzin-ville | 5,6.10 ⁶ | 3,4.10 ⁵ | 1,1.10 ⁴ | 7,7.10 ³ |
| | 12 | LMVTD | 5,0.10 ⁶ | 2,7.10 ⁴ | 1,2.10 ³ | 1,0.10 ⁵ |
| | 13 | Domicile Ouezzin-ville | 6,5.10 ⁵ | 1,3.10 ⁴ | 2,7.10 ³ | 1,7.10 ³ |
| | 14 | LOC | 3,5.10 ⁶ | 7,2.10 ³ | 6,1.10 ³ | 7,0.10 ³ |
| | 15 | Marché de Ouezzin-ville | 2,7.10 ⁶ | 2,0.10 ⁴ | 1,8.10 ⁴ | 3,5.10 ⁴ |
| | 16 | LMVTD | 8,9.10 ⁶ | 8,7.10 ³ | 4,0.10 ³ | 8,4.10 ⁴ |
| | 17 | Domicile Ouezzin-ville | 6,6.10 ⁶ | 2,5.10 ³ | 2,1.10 ³ | 2,3.10 ⁵ |
| | 18 | LOC | 1,0.10 ⁶ | 5,0.10 ³ | 4,3.10 ³ | 7,1.10 ³ |
| | 19 | Grand marché | 1,5.10 ⁵ | 1,6.10 ³ | 5,7.10 ² | 8,2.10 ³ |
| | 20 | Grand marché | 6,6.10 ⁵ | 3,3.10 ⁴ | 2,0.10 ⁴ | 1,9.10 ⁴ |
| Moyennes et écart-types | | | 3,5±0,9.10 ⁶ | 4,6±3,1.10 ⁴ | 7,0±2,1.10 ³ | 5,0±2,2.10 ⁴ |

Tableau 10: Résultats d'analyses microbiologiques des tubercules séchés et des tubercules réhydratés de souchet

Ces résultats ont été obtenus en faisant une moyenne de tous les valeurs de chaque paramètre analysé en fonction de la nature des tubercules. Même procédé utilisé pour les écart-types.

| Ville | Nature des échantillons | Echantillons | Paramètres | | | |
|----------------|-------------------------|--------------|--|---------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| | | | Flore aérobie mésophile totale (UFC/g) | Coliformes totaux (UFC/g) | Coliformes thermo tolérants (UFC/g) | Levures et moisissures (UFC/g) |
| Bobo-Dioulasso | Tubercules séchés | 1 | $2,0 \cdot 10^7$ | $3,5 \cdot 10^5$ | $2,5 \cdot 10^5$ | $3,4 \cdot 10^6$ |
| | | 2 | $2,1 \cdot 10^6$ | $6,8 \cdot 10^3$ | $4,2 \cdot 10^3$ | $7,0 \cdot 10^5$ |
| | | 3 | $6,0 \cdot 10^7$ | $4,8 \cdot 10^5$ | $1,6 \cdot 10^5$ | $1,2 \cdot 10^7$ |
| | | 4 | $1,9 \cdot 10^6$ | $1,3 \cdot 10^3$ | $6,7 \cdot 10^2$ | $3,2 \cdot 10^5$ |
| | | 5 | $2,5 \cdot 10^7$ | $6,4 \cdot 10^3$ | $4,4 \cdot 10^3$ | $4,6 \cdot 10^6$ |
| | | 6 | $1,5 \cdot 10^5$ | $9,5 \cdot 10^2$ | $5,8 \cdot 10^2$ | $1,2 \cdot 10^5$ |
| | Moyennes et écart-types | | $1,8 \pm 0,9 \cdot 10^7$ | $1,4 \pm 0,8 \cdot 10^5$ | $7 \pm 4 \cdot 10^4$ | $3,5 \pm 1,7 \cdot 10^6$ |
| | Tubercules réhydratés | 7 | $5,5 \cdot 10^5$ | $4,6 \cdot 10^3$ | $3,1 \cdot 10^3$ | $3,1 \cdot 10^3$ |
| | | 8 | $3,8 \cdot 10^6$ | $2,6 \cdot 10^4$ | $1,3 \cdot 10^4$ | $2,6 \cdot 10^6$ |
| | | 9 | $1,9 \cdot 10^7$ | $2,6 \cdot 10^4$ | $2,1 \cdot 10^4$ | $1,0 \cdot 10^3$ |
| | | 10 | $1,2 \cdot 10^6$ | $4,6 \cdot 10^5$ | $4,2 \cdot 10^5$ | $1,1 \cdot 10^2$ |
| | | 11 | $1,7 \cdot 10^6$ | $4,4 \cdot 10^5$ | $4,3 \cdot 10^5$ | $5,9 \cdot 10^1$ |
| | | 12 | $2,9 \cdot 10^6$ | $3,8 \cdot 10^5$ | $2,1 \cdot 10^5$ | $2,1 \cdot 10^2$ |
| | Moyennes et écart-types | | $4,8 \pm 2,6 \cdot 10^6$ | $2,2 \pm 0,8 \cdot 10^5$ | $1,8 \pm 0,7 \cdot 10^5$ | $4,3 \pm 3,9 \cdot 10^5$ |