

Ministère des Enseignements  
Secondaire et Supérieur (M.E.S.S)

-----  
Université Polytechnique de  
Bobo-Dioulasso (U.P.B)

-----  
Unité de Formation et de Recherche en  
Science et Technologie  
(U.F.R/S.T)

-----  
Génie Biologique  
Option Agroalimentaire

Ministère de la Recherche Scientifique et  
de l'Innovation (M.R.S.I)

-----  
Centre National de la Recherche  
Scientifique et Technologique (C.N.R.S.T)

-----  
Institut de Recherche en Sciences  
Appliquées et Technologies  
(I.R.S.A.T)

-----  
Département Technologie Alimentaire  
(D.T.A)

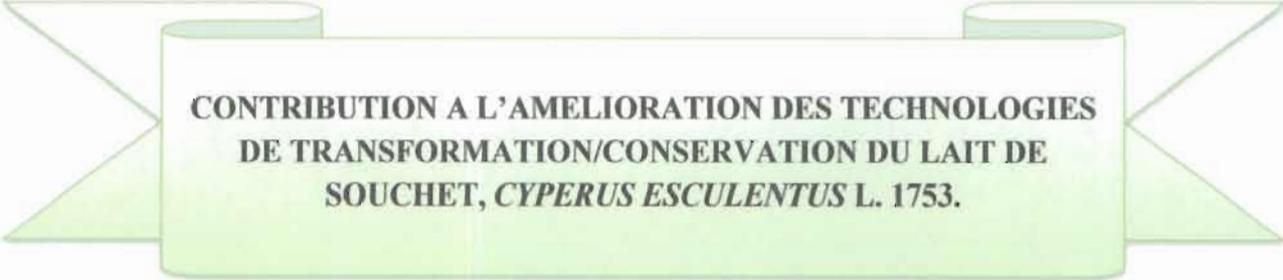
## **MÉMOIRE DE FIN DE CYCLE**

Pour l'obtention de la

**LICENCE PROFESSIONNELLE EN GENIE BIOLOGIQUE**

**OPTION : AGRO-ALIMENTAIRE**

**THÈME :**



**CONTRIBUTION A L'AMELIORATION DES TECHNOLOGIES  
DE TRANSFORMATION/CONSERVATION DU LAIT DE  
SOUCHET, *CYPERUS ESCULENTUS* L. 1753.**

Présenté et soutenu par : TAMBOURA Djénéba

Le 14 juin 2014

**Maître de stage :**  
**Dr Charles PARKOUDA**

**Directeur de mémoire :**  
**Pr Aboubacar TOGUYENI**

N° d'ordre :

## DEDICACES

*Je dédie ce présent rapport*

*A mes parents, mes frères et sœurs qui m'ont  
soutenu tout au long de ma formation*

*A tous ceux qui de loin ou de près m'ont soutenu.*

*Puissiez-vous trouver dans ce présent travail, entière  
satisfaction et l'expression de ma profonde gratitude.*

## Table des matières

DEDICACES.....	ii
REMERCIEMENTS .....	vi
RESUME.....	ix
INTRODUCTION.....	1
1-Objectif général.....	2
2-Objectifs spécifiques .....	2
CHAPITRE 1 : GENERALITES .....	3
I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL.....	3
I. 1. Création de l'IRSAT .....	3
I .2. Création du Département Technologie Alimentaire (DTA).....	3
I. 3. Organisation du DTA.....	3
I. 4. Activités du DTA .....	4
I.5.Clientèle .....	5
I. 6. Expertise.....	5
II. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	6
II.1. Description botanique du souchet.....	6
II.2. Caractéristiques biochimiques des tubercules de souchet .....	7
II.3. Utilisations du souchet.....	8
II.4. Vertus médicinales.....	10
CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES.....	11
I. Matériel .....	11
I.1. Zones d'étude.....	11
I.2. Matériel biologique .....	11
I.3. Matériel de transformation.....	12
I.4. Matériel d'analyse.....	12
I.4.1. Physique .....	12
I.4.2. Biochimiques et microbiologiques.....	12
II.1. Analyses physico chimiques.....	13
II.1.1. Dosage des glucides.....	13
II.1.2. Mesure du pH et dosage de l'acidité.....	16
II.1.3. Détermination de la teneur en eau .....	17
II.1.4. Détermination des cendres totales .....	17
II.1.5. Dosage des protéines .....	18

II.1.6. Dosage de la matière grasse.....	19
II.1.7. Analyse physique.....	20
II.2. Dosage des éléments minéraux.....	20
II.2.1. Dosage des macroéléments.....	20
II.2.2. Dosage des oligoéléments.....	23
II.3. Analyses microbiologiques.....	24
II.3.1. Préparation de diluant.....	24
II.3.2. Préparation des milieux de culture.....	24
II.3.3. Préparation de la suspension mère.....	25
II.3.4. Préparation des dilutions consécutives.....	25
II.3.5. Ensemencement/Incubation.....	25
II.3.6. Expression des résultats.....	26
III. Productions.....	26
III.1. Suivi de la production de lait de souchet dans une unité de production artisanale d'un promoteur privé.....	26
III.1.1. Matériel de production.....	27
III.1.2. Conditions de travail.....	27
III.1.3. Méthode de production.....	27
III.2. Production à l'atelier du DTA.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.2.1. Diagramme de Production amélioré.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.2. Production à l'atelier du DTA.....	30
III.2.1. Diagramme de Production amélioré.....	30
III.2. 2. Conditions de travail.....	30
III.2.2 Essais de stabilisation du lait de souchet.....	30
III.2.2.1. Lait de tubercules de souchet cuits à la vapeur.....	30
III.2.2.2. Lait de tubercules de souchet blanchis.....	31
Chapitre 3 : RESULTATS ET DISCUSSION.....	32
I. Analyse des caractéristiques physiques du souchet des différentes zones de production.....	32
II. Composition biochimique du souchet des différentes zones de production.....	32
III. Composition en éléments minéraux des tubercules de souchet produit au Burkina Faso.....	36
IV. Caractéristiques microbiologiques du lait de souchet produit par l'unité de production suivi.....	38
V. Amélioration de la qualité du lait de souchet.....	38
V.1. Diagramme amélioré de production du lait de souchet.....	38
V.2. Essai de stabilisation du lait de souchet.....	41

VI. Caractéristiques microbiologiques et suivi de conservation des différents laits de souchet produits .....	41
VI.1. Caractéristiques microbiologiques à différentes étapes de la production .....	41
VI.2. Suivi de l'évolution des paramètres microbiologiques des laits de souchet conservés au réfrigérateur .....	44
VI.3. Suivi des caractéristiques organoleptiques des laits de souchet au cours de leur conservation au réfrigérateur .....	47
VII. Proposition de diagramme amélioré de production du lait de souchet .....	50
CONCLUSION .....	53
PERSPECTIVES.....	53

## REMERCIEMENTS

Le présent document résulte des efforts inestimables de plusieurs personnes, à qui nous témoignons notre gratitude.

Nous tenons à remercier particulièrement :

- Le projet valorisation des produits locaux (MRSI/ANVAR), qui a financé nos travaux de stage,
  - African Network for Agriculture, Agroforestry and Natural Resources Education (ANAFE) / Strengthening Africa's Strategic Agricultural Capacity for Impact on Development (SASACID) pour l'appui financier dans la réalisation de la présente étude,
  - Le Dr Bréhima DIAWARA, Directeur de Recherche et Directeur de l'IRSAT, pour nous avoir acceptées dans sa structure.
  - Le Dr Hagrétou LINGANI/SAWADOGO, Maître de Recherche, Chef du Département Technologie Alimentaire, pour nous avoir acceptées dans sa structure et pour sa disponibilité à nous accompagner tout au long du stage.
  - Le Pr Aboubacar TOGUYENI, notre Directeur de mémoire, qui n'a ménagé aucun effort, pour nous soutenir dans la réalisation de ce travail.
  - Le Dr Charles PARKOUDA, Chargé de Recherche et notre maître de stage, pour l'encadrement et les conseils dont nous avons bénéficié tout au long de notre stage.
  - Tous les enseignants, le personnel administratif et de soutien de l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Technologie (UFR/ST).
  - Toute l'équipe technique du DTA, pour l'accueil et toutes les formes de contribution à notre formation pratique, précisément :
  - Ky inoussa et Paré Adama, Techniciens au laboratoire de physico chimie, pour les instructions et participations diverses lors des analyses,
  - Le Dr Donatien KABORE, pour la vérification des résultats microbiologiques et les indications pour leurs interprétations ;
  - M. COMBARY Michel, Responsable Technique du laboratoire de physico-chimie, pour les instructions et orientations lors des analyses et interprétations des résultats.
  - SEMDE Zénabou, Ingénieur de Recherche pour sa disponibilité et son suivi pendant le déroulement de notre stage.
  - A Mr TOE Rufin, promoteur privé du souchet pour son soutien les conseils prodigués,
- Nos remerciements vont aussi à nos camarades pour toute leur participation.

## Liste des tableaux

Table I: Classification du souchet comestible .....	7
Table II: Composition biochimique des tubercules de souchet Source: Oladele et al. (2007).....	8
Table III: Teneur en minéraux des tubercules souchet (mg/100g) Source: Oladele et al. (2007).....	8
Table IV: Echantillons récoltés, provenance, codes et nature .....	11
Table V: les paramètres analysés et les milieux utilisés.....	24
Table VI: caractéristiques physiques des tubercules (moyenne ± écarts types).....	32
Table VII: composition biochimique des tubercules de souchet produit au Burkina Faso (moyenne ± écart-type).....	35
Table VIII: Résultats des analyses microbiologiques des productions de Bobo .....	38
Table IX: Résultats des analyses microbiologiques à différentes étapes de la production.....	43
Table X: Résultats du suivi des paramètres microbiologiques de l'essai de conservation au réfrigérateur d'échantillons de lait de souchet stabilisé.....	46
Table XI: Résultats du Suivi des caractéristiques organoleptiques des essais de productions conservés au réfrigérateur .....	48

## Liste des figures

Figure 1: Organigramme du Département Technologie Alimentaire (DTA).....	4
Figure 2: Diagramme de production de lait de souchet dans l'unité de production du promoteur privé .....	29
Figure 3: composition en éléments minéraux des tubercules de souchet produit au Burkina Faso .....	37
Figure 4: Diagramme amélioré de Production du lait de souchet .....	40
Figure 5: Diagramme de production de la farine de souchet.....	51
Figure 6: Diagramme de production du lait de souchet.....	52

## Liste des photos

Photo 1: plant de souchet comestible .....	7
Photo 2 Tubercules de souchet (TAMBOURA 2013):.....	7
Photo 3:Pied à coulisse numérique Castorama (TAMBOURA 2013) .....	12
Photo 4: Lait de souchet conditionné (TAMBOURA 2014).....	47

## SIGLES ET ABREVIATIONS

**AFNOR** : Association Française de Normalisation

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

**CNRST** : Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique

**COFRAC** : Comité Français d'Accréditation

**DTA** : Département Technologie Alimentaire

**ESI** : Ecole Supérieure d'Informatique

**IDR** : Institut du Développement Rural

**INSSA** : Institut Supérieur des Sciences de la Santé

**IRSAT** : Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies

**ISEA** : Institut des Sciences Exactes et Appliquées

**ISNV** : Institut des Sciences de la Nature et de la Vie

**ISO** : Organisation Internationale de Standardisation

**IUT** : Institut Universitaire de Technologies

**NF** : Norme Française

**PME** : Petites et Moyennes Entreprises

**PMI** : Petites et Moyennes Industries

**UFC** : Unité Formant Colonie

## RESUME

La production du souchet (*Cyperus esculentus*) est estimée à plus de 16000 tonnes par an dans les régions des Hauts-Bassins, de la Boucle du Mouhoun, de Sud-Ouest et des Cascades. C'est une culture actuellement en promotion au Burkina Faso dont l'amélioration de la qualité du lait de souchet a fait l'objet de la présente étude. Cette étude a été centrée sur l'évaluation de la qualité nutritionnelle des tubercules de souchet cultivés au Burkina Faso, l'amélioration de la technologie de production du lait de souchet. L'évaluation de la qualité nutritionnelle a montré que les tubercules de souchet contiennent des sucres totaux ( $39,93 \pm 0,01$  à  $62,69 \pm 0,00$  %), des sucres réducteurs ( $2,54 \pm 0,01$  à  $5,82 \pm 0,02$  %), de l'amidon ( $3,88 \pm 0,00$  à  $4,91 \pm 0,00$  %), des teneurs en eau ( $6,83 \pm 0,03$  à  $9,94 \pm 0,03$  %), en cendre ( $1,55 \pm 0,23$  à  $2,00 \pm 0,02$  %), des protéines ( $3,43 \pm 0,06$  à  $8,35 \pm 0,21$  %), des matières grasses ( $20,30 \pm 0,01$  à  $27,37 \pm 0,46$  %) et différents éléments minéraux. L'étude a montré qu'il existe une différence significative entre les différents tubercules collectés dans les différentes régions. Le suivi des diagrammes de production a relevé des charges microbiennes constituées de flore totale ( $9.10^5$  à  $2,7.10^6$  CFU/ml), de levure et moisissures ( $8,4.10^3$  à  $3,8.10^5$  CFU/ml). Différents diagrammes ont été testés et cela a permis de proposer celui qui améliore la durée de conservation à 21 jours comparativement aux diagrammes traditionnels appliqués par les promoteurs qui est de 2 jours. Le suivi des différents diagrammes de production a montré que la contamination microbienne intervient surtout lors du broyage des tubercules des souchets, en attendant l'acquisition des broyeurs nous préconisons que des farines de souchet contrôlées soit élaborées pour un meilleur contrôle de la qualité du lait de souchet.

Mots clés : Souchet, *Cyperus esculentus*, lait, transformation, nutrition, hygiène,

## INTRODUCTION

Le souchet ou pois sucré, localement appelé *Tiongon*, est une plante herbacée rhizomateuse de la famille des cypéracées, originaire de la Méditerranée et de l'Est de l'Asie. Le souchet est cultivé pour ses tubercules qui ont une bonne valeur nutritionnelle car contenant une quantité appréciable de matières grasses (22-35%), de glucides (50%), de protéines (6-7%), d'éléments minéraux (phosphore, calcium), de vitamines (vitamine du groupe B) et de fibres alimentaires (Bamishaiye *et al.* 2011 ; Belewu *et al.* 2007). Le souchet a des propriétés curatives et antioxydantes et des effets bénéfiques sur le "mauvais cholestérol" (LDL) produit dans l'organisme humain (Bamishaiye *et al.* 2011). En Afrique sub-saharienne, le souchet est cultivé essentiellement au Mali, au Burkina Faso, au Nigéria et au Niger.

Au Burkina Faso, le souchet comestible est cultivé dans les régions agricoles du Sud-Ouest, des Cascades et des Hauts Bassins particulièrement dans les provinces de la Comoé (Banfora et Soubakaniédougou), de la Léraba (Wéléni et Kankalaba), du Kéné Dougou (Samogoyiri, Koloko) et du Poni (Bouroum-Bouroum et Loropéni). La production annuelle du souchet est d'environ 15 522 tonnes (SP/CPSA, 2006).

La production est principalement destinée à l'exportation et à l'autoconsommation. Le souchet est généralement consommé à l'état frais, sec ou grillé en tant que friandise, ou transformé en lait de souchet. D'autres types de produits dérivés existent tels que l'huile et la farine (Bamishaiye *et al.* 2011).

La production du lait de souchet au Burkina Faso est surtout artisanale et majoritairement effectuée par des personnes n'ayant pas reçu de formation en agroalimentaire, ignorant le plus souvent les Bonnes Pratiques de Fabrication et d'Hygiène (BPF/BPH) lors des processus de transformation et de conservation. Or le lait obtenu des tubercules de souchet, est un produit très instable surtout au regard des conditions de production/commercialisation souvent inappropriées. C'est pour remédier à ces insuffisances que dans le cadre des activités du projet « Valorisation du Souchet (*Cyperus esculentus*) au Burkina Faso : appui à l'émergence de PME/PMI » il nous a été confié le thème : « Contribution à l'**amélioration des technologies de transformation /conservation du lait de souchet** » pour notre étude.

## **OBJECTIFS DE L'ETUDE**

### **1-Objectif général**

L'objectif général de la présente étude est de contribuer à l'amélioration de la qualité du lait de souchet et au revenu des promoteurs.

### **2-Objectifs spécifiques**

Trois objectifs spécifiques ont été définis, à savoir :

- La caractérisation physique et biochimique des tubercules de souchet cultivé au Burkina Faso;
- L'évaluation de différents types de diagrammes de transformations des tubercules de souchet en lait utilisés par des promoteurs ;
- La mise au point d'un diagramme amélioré de transformation des tubercules de souchet en lait.

# **CHAPITRE 1 : GENERALITES**

## **I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL**

### **I. 1. Création de l'IRSAT**

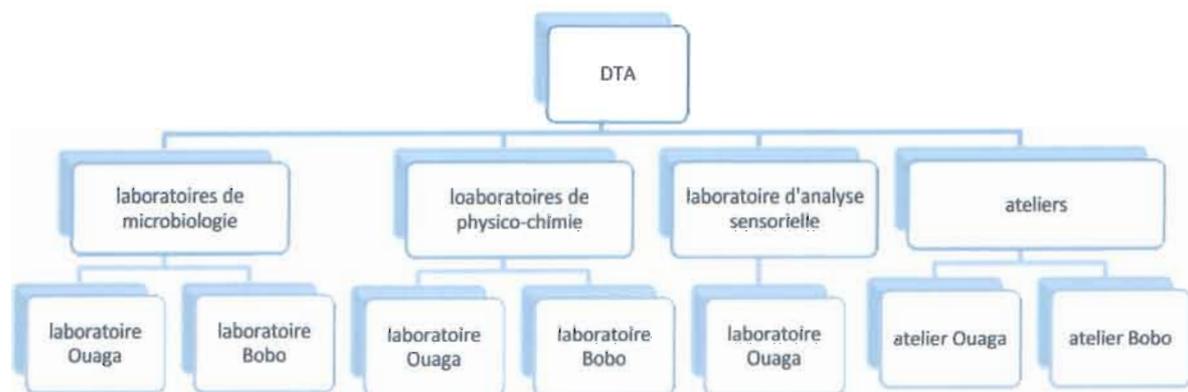
Suite à l'adoption du Plan stratégique national de la recherche scientifique et technologique par le gouvernement burkinabè en 1995, le Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST) a été restructuré en 1997 et l'Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT), l'un des quatre (4) instituts du CNRST a été créé la même année. Le Département Technologie Alimentaire (DTA), le Département Mécanisation (DM), le Département Substances Naturelles (DSN) et le Département Energie (DE) sont les quatre composantes de l'IRSAT.

### **I. 2. Création du Département Technologie Alimentaire (DTA)**

Situé au quartier 1200 logements de Ouagadougou, le Département Technologie Alimentaire (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 Centre National de Recherche Scientifique et Technologique (CNRST). La mise en place du DTA a été suivie en 2000 par la création d'un laboratoire de recherche et d'analyse à Bobo-Dioulasso. Depuis sa création, le DTA s'est fixé pour objectif d'apporter de la valeur ajoutée aux produits agricoles, animaux et forestiers en vue de diversifier et d'accroître la consommation et l'exportation.

### **I. 3. Organisation du DTA**

Depuis 2005, le DTA est composé de cinq (5) laboratoires et de deux (2) 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 est la maîtrise de la qualité du système d'organisation et des compétences techniques des laboratoires du département en vue d'une reconnaissance internationale des travaux d'analyse qui y sont réalisés.

Le laboratoire de microbiologie de Ouagadougou a été accrédité (en août 2012) sur trois paramètres (flore totale, coliformes totaux et coliformes thermo tolérants) pour une durée de 4 ans par le Comité Français d'Accréditation COFRAC.

#### I. 4. Activités du DTA

Pour atteindre ses objectifs, le Département Technologie Alimentaire (DTA) conduit des activités de Recherche-Développement dans le domaine des procédés post-récolte, de transformation, de conservation/stockage et de conditionnement/emballage des produits alimentaires, des études de consommation, de la formulation et l'amélioration de la valeur nutritive et sanitaire des aliments dans le but de les valoriser. Les programmes de recherche sont axés sur les produits suivants :

- Céréales : riz, mil, maïs, sorgho, fonio
- Oléagineux/ Protéagineux : sésame, beurre de karité, coton, arachide
- Fruits et légumes : bissap, mangue, tamarin, pain de singe
- Racines et tubercules : manioc, igname, patate douce, souchet
- Gommés arabique
- Laites et produits laitiers
- Viandes et produits halieutiques

L'objectif est d'apporter de la valeur ajoutée aux produits agricoles, animaux et forestiers en vue de diversifier et d'accroître la consommation et l'exportation. En plus de ses activités de recherche, le DTA effectue :

- l'analyse et le contrôle-qualité des produits agroalimentaires ;
- la formation/encadrement des étudiants, des techniciens et cadres
- accompagnement des entreprises agroalimentaires
- appui/conseil
- transfert de technologies et de compétences
- promotion des équipements et des procédés
- promotion des produits locaux

#### **I.5. Clientèle**

Le DTA offre la plupart de ses services aux :

- laboratoires et autres structures de recherche ;
- industries, PME-PMI et micro-entreprises ;
- groupements et associations œuvrant dans le domaine agroalimentaire
- importateurs/exportateurs de produits alimentaires ;
- services de contrôle et d'inspection de l'Etat burkinabè ;
- innovateurs ;
- organismes et ONG ;

#### **I. 6. Expertise**

Le DTA capitalise une somme d'expériences dans :

- l'analyse/contrôle qualité
- technologies de transformation
- management de la qualité dans les entreprises et les laboratoires
- sécurité sanitaire
- caractérisation des produits au plan nutritionnel
- conservation, conditionnement, emballage, stockage des denrées alimentaires

## II. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

### II.1. Description botanique du souchet

Le Souchet comestible (*Cyperus esculentus* L. 1753), également appelé Souchet tubéreux ou Souchet sucré, est une espèce de plante herbacée rhizomateuse vivace de la famille des Cypéracées (famille des papyrus et des carex), de la sous-famille des Escridoidea, au genre des *Cyperus*, de l'espèce des *esculentus* et de la variété botanique des *sativus*. La plante est parfois appelée souchet sultan, amande de terre, gland de terre, noix tigrée ou pois sucré. Elle peut mesurer 30 à 80 cm de haut. Chaque pied mère est relié à des pieds fils par des rhizomes superficiels formant ainsi une touffe. Chaque touffe ne développe qu'un seul axe florifère dressé correspondant à la tige. La tige est aérienne, pleine, de section triangulaire et large de 3 à 6 mm. 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 5-10 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 large.

Les fleurs assemblées en épillets plats, échelonnés au sommet des rayons de l'ombelle qui constitue l'inflorescence. Cette ombelle peut être simple ou composée, sous-tendue par 3 à 5 bractées foliacées longues de 5 à 25 cm. L'ombelle comporte de nombreux rayons glabres et longs de 2 à 10 cm. Nous avons une illustration des plants de souchet comestible sur la photo 1.

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 trouve un unique tubercule de forme sphérique, ovale ou allongée de couleur plus ou moins sombre, légèrement écailleux. Ces tubercules peuvent mesurer jusqu'à 1 cm de diamètre, ont une odeur douce et un goût sucré.

Il existe principalement trois variétés de tubercules avec des couleurs différentes, à savoir le noir, le brun et le jaune. La variété jaune (photo 2) est préférée aux autres variétés en raison de ses propriétés intrinsèques telles que sa plus grande taille, sa couleur attrayante et son corps charnu. La variété jaune donne également plus de lait, contient moins de gras et plus de protéines et moins de facteurs antinutritionnels en particulier les polyphénols (Okafor *et al.* 2003). Nous avons la classification du souchet comestible dans le tableau I.



Photo 1: plant de souchet comestible (www.infflora.ch)



Photo2: Tubercules de souchet (TAMBOURA 2013)

Table 1: Classification du souchet comestible

Règne	<u>Plantae</u>
Classe	<u>Liliopsida</u>
Ordre	<u>Cyperales</u>
Famille	<u>Cyperaceae</u>
Genre	<u>Cyperus</u>
Espèce	<i>esculentus</i>

Source : wikipedia

## II.2. Caractéristiques biochimiques des tubercules de souchet

Les tubercules de souchet sont riches en nutriments notamment en vitamines C et E (www.tigernuts.com), en sucres, en matières grasses, en protéines (Tableau II). Ils contiennent aussi quelques enzymes qui facilitent la digestion comme la Catalase, la Lipase et l'Amylase (www.tigernuts.com), des minéraux comme le Phosphore, le Magnésium, le Potassium, le Calcium, le Fer (Tableau III).

**Table II: Composition biochimique des tubercules de souchet**

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

Source: Oladele *et al.* (2007)

**Table III: Teneur en minéraux des tubercules souchet (mg/100g)**

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

Source: Oladele *et al.* (2007)

### II.3. Utilisations du souchet

Les tubercules de souchet peuvent être utilisés frais, secs ou après transformation.

#### **Souchet de bouche**

Les tubercules de souchet de grosse taille sont appelés souchet de bouche. Ces tubercules sont surtout consommés crus comme des amuse-gueules après réhydratation.

Les tubercules de souchet sont également utilisés comme des amandes en remplacement des fruits secs dans les gâteaux et les pâtisseries. Ils sont parfois grillés avec ou sans trempage dans l'eau, et peuvent être consommés salés pendant l'apéritif. ([www.cfaitmaison.com](http://www.cfaitmaison.com)).

### **Huile de souchet**

C'est une huile de haute qualité extraite grâce à un procédé à froid, afin de s'assurer qu'elle conserve toutes les qualités nutritives uniques du souchet lui-même. C'est une huile de couleur marron doré qui possède une riche saveur de fruits secs. En plus, c'est un produit avec des propriétés nutritives uniques pour la cosmétique et pour suivre une alimentation saine. L'huile est utilisée en cuisine pour les fritures et les assaisonnements (Umerie *et al.* 1996). Au Nigeria, elle participe à la production du biocarburant. Elle sert de lubrifiant dans les appareils fins et est enfin utilisée pour l'imperméabilisation des fibres (Foidl *et al.* 1996).

### **Lait de souchet**

Le lait est un 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%).

Le Lait de souchet ou "Horchata", est un lait végétal fabriqué à partir du jus des tubercules de souchet. C'est un produit rafraîchissant et très nutritif qui est une alternative au lait de vache et au lait de soja.

### **Farine de souchet**

C'est une farine obtenue à partir des tubercules de souchet. Cette farine est autant utilisée pour le domaine de l'alimentation dans la pâtisserie pour la fabrication des desserts et gâteaux, que pour celui de la cosmétique pour la fabrication des crèmes et savon (Umerie *et al.* 1996).

### **Autres utilisations**

Les tubercules peuvent également être germés et utilisés dans la production du caramel (Umerie *et al.* 1996). Au Nigeria, les tubercules frais sont fermentés pour produire une boisson alcoolique locale (Barmina *et al.* 2001) ou comme assaisonnant de la viande (Killinger *et al.* 1946). Ils constituent d'excellents appâts pour la pêche ([www.marches-tropicaux.com](http://www.marches-tropicaux.com)) et sont également un aliment pour les porcs et les dindes sauvages aux Etats-Unis d'Amérique. Les tourteaux obtenus après extraction de l'huile sont utilisés comme aliment de bétail (Dodet 2006).

#### II.4. Vertus médicinales

Le Souchet (*Cyperus esculentus*), une culture sous-utilisée, a été signalé comme étant à teneur élevée en fibres alimentaires, qui pourraient être efficaces dans le traitement et la prévention de nombreuses maladies y compris le cancer du côlon, les maladies de sole coronaires, l'obésité, les troubles intestinaux diabétiques et gastro intestinale (Anderson *et al.* 1994). La farine de souchet est riche en huile de qualité et contient une quantité modérée de protéines. Elle est également une excellente source de certains minéraux utiles tels que le fer et le calcium qui sont essentiels à la croissance du corps et le développement ( Oladele et Aina, 2007). Les tubercules de souchet sont également dit être aphrodisiaque, diurétique carminatives, emménagogue, stimulant et tonique (Chopra *et al.* 1986; Chevallier, 1996). Le Souchet est également utilisé dans le traitement de la flatulence, l'indigestion, la diarrhée, la dysenterie et la soif excessive (Chevallier, 1996). En outre, le souchet contient des acides aminés essentiels plus élevé que celles proposées par la FAO / OMS (1985) pour satisfaire le besoin des adultes (Bosch *et al.* 2005). Le lait de souchet aide à réduire le cholestérol et les triglycérides. Il réduit le cholestérol LDL (« mauvais ») et fait augmenter le HDL (le cholestérol « bon ») grâce à son apport d'acide oelique (il rapporte une quantité similaire à l'huile d'olive). Son contenu de vitamine E aide aussi à diminuer le taux de cholestérol car il produit un effet antioxydant sur les graisses. Il est idéal pour faire face aux problèmes cardiovasculaires. Il est positif pour l'artériosclérose grâce, d'un côté, à l'acide oelique, et aussi, à son contenu d'Arginine, qui est précurseur d'oxyde nitrique ce qui favorise l'effet vasodilatateur. Le lait ou orgeat de souchet sans sucre peut être consommé par les diabétiques, grâce à son contenu d'hydrates de carbone à la base de saccharose et amidon (sans glucose) et par son important contenu d'Archine, qui libère l'hormone qui produit l'insuline. C'est une boisson idéale pour les personnes qui ne tolèrent pas le gluten (coeliaques) et pour ceux qui ne tolèrent pas ou qui sont allergiques au lait de vache et ses dérivés. Il est conseillé pour les personnes qui souffrent des digestions lourdes, des gaz intestinaux et des diarrhées, car il rapporte beaucoup d'enzymes digestifs tels que la catalase, lipase et amylase (www.tigernuts.com).

Soulignons qu'il y a un seul type de cholestérol. Lorsque le cholestérol intervient dans le bon fonctionnement de l'organisme, il est qualifié de bon cholestérol. Par contre lorsque ce dernier agit dans le sens de boucher les artères il est qualifié de mauvais cholestérol.

## CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

### I. Matériel

#### I.1. Zones d'étude

La collecte des échantillons a concerné trois régions qui sont les principales zones de production du souchet au Burkina Faso. Il s'agit de la région de Cascades (Banfora, Mangodara), de la région des Hauts Bassins (Orodara, Koloko) et la région du Sud-Ouest (Loropéni).

#### I.2. Matériel biologique

Pour notre étude nous avons utilisé des tubercules de souchet de grosse taille (souchet de bouche) et des tubercules de petite taille en provenance des régions des cascades, des Hauts-Bassins et du sud-ouest.

Les échantillons ont été collectionnés sur les marchés d'Orodara (un échantillon de tubercules de petite taille) de Banfora (un échantillon de tubercules de petite taille) de Mangodara (un échantillon de tubercules de grande taille) et de Loropéni (trois échantillons de trois variétés différentes dont deux de grande taille et un de petite taille). A Koloko, (trois échantillons dont deux de petite taille et un de grande taille) ont été acheté avec une association de femmes qui cultivent du souchet. Le tableau IV nous donne le codage des échantillons.

**Table IV: Echantillons récoltés, provenance, codes et nature**

Produit	Provenance	Code	Type	Etat chez le marchand
souchet	Loropéni	Lp1	Gros grain	En vrac
		Lp2	Gros grain	En vrac
		Lp3	Gros grain	En vrac
	Koloko	K11	Gros grain	En vrac
		K12	Petit grain	En vrac
		K13	Petit grain	En vrac
	Banfora	Ba	Petit grain	En vrac
	Orodara	Or	Petit grain	En vrac
	Mangodara	Mgd	Gros grain	En vrac

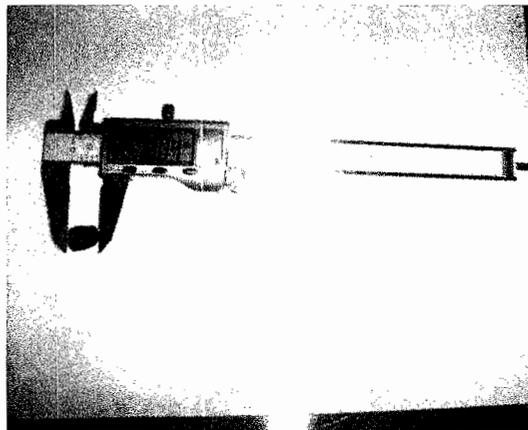
### I.3. Matériel de transformation

Pour la production, nous avons utilisé le matériel disponible à l'atelier du DTA. Il se compose principalement de : d'un foyer à gaz, d'une balance, des bassines en aluminium, des seaux en plastique, des casseroles en aluminium, des tamis en nylon, d'une louche en inox, d'un thermomètre à sonde, d'un réfrigérateur, d'un moulin, d'un cuiseur à vapeur, et d'un pH mètre.

### I.4. Matériel d'analyse

#### I.4.1. Physique

L'analyse physique a porté sur la détermination des dimensions (longueur et épaisseur) des tubercules et leur poids. Pour ce faire, nous avons utilisé un pied à coulisse numérique pour la détermination des dimensions et une balance analytique pour le poids.



**Photo3:Pied à coulisse numérique  
Castorama (TAMBOURA 2013)**

#### I.4.2. Biochimiques et microbiologiques

Pour les analyses, le matériel usuel de laboratoire de microbiologie et de physico-chimie a été utilisé. Il est composé de :

##### **Pour les Analyses microbiologiques**

- un autoclave
- des tubes d'incubation binder
- un bain de mari
- des milieux de culture (MRS, PCA, Sabouraud)

- des boites de pétri, tubes à essai
- un pH-mètre consort
- une balance analytique Ohaus
- stomacher
- un agitateur vortex

#### **Pour les Analyses physico-chimiques**

- un broyeur
- une balance analytique
- un dessiccateur
- une étuve
- des nacelles
- un four
- des creusets en porcelaine
- un agitateur magnétique
- un centrifugeur
- un spectrophotomètre
- un pH-mètre
- une plaque chauffante
- un minéralisateur
- un distillateur
- des matras
- la verrerie (erlenmeyer, bécher, burette, pipette)
- des réactifs (acide sulfurique concentré, soude en pastille, indicateur, pastilles Kjeltabs, hexane, DNS, tartrate sodico-potassique, orcinol, DNSO, I<sub>2</sub>/KI etc.)

## II. Méthodologie

### II.1. Analyses physico chimiques

#### II.1.1. Dosage des glucides

a) Dosage des sucres totaux par la méthode à l'orscinol sulfurique.

- *Principe*

C'est une méthode de dosage spectrophotométrique. En présence d'acide sulfurique concentré et à chaud, les glucides subissent une hydrolyse quantitative en libérant des oses libres et des

unités osidiques qui sont déshydratés en dérivés 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.

- *Mode opératoire*

Pour le dosage, on pèse environ 0,1g de farine de souchet finement broyée qui est mise en suspension dans 50 ml d'eau distillée. Le mélange est mis sous agitation magnétique pendant 10 mn avant de compléter le volume à 100 ml avec de l'eau distillée. On prélève alors 1 ml de cette solution à laquelle on ajoute 2 ml du réactif à l'orcinol sulfurique, puis 7 ml de la solution d'acide sulfurique à 60%. Le mélange est homogénéisé, porté au bain marie bouillant pendant 20min, puis placé à l'obscurité pendant 45 mn. Après 10 mn 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 d'étalonnage établie avec le D-glucose comme sucre de référence (les détails concernant l'établissement de la courbe étalon sont en annexe). Les résultats sont exprimés en équivalent D-glucose.

b) dosage des sucres réducteurs par la méthode au 3,5- dinitrosalicylate (DNS)

- *Principe*

C'est une méthode de dosage spectrophotométrique. En milieu basique fort et chaud, les sucres réducteurs, grâce à leur fonction réductrice (groupement hémiacétalique), réduisent le 3,5-dinitrosalicylate de sodium en un composé coloré qui présente un maximum d'absorption à 546 nm.

- *Mode opératoire*

On pèse environ 1g de farine de souchet finement broyée qu'on met en suspension dans 25ml d'eau distillée chaude (60°C). Le mélange est maintenu sous agitation magnétique pendant 1h30mn, puis centrifugé et le filtrat est recueilli dans une fiole jaugée de 100 ml. Le résidu est lavé deux fois avec 25 ml d'eau distillée sous agitation pendant 30 mn. Les filtrats sont recueillis et le volume est ajusté à 100 ml avec de l'eau distillée.

On prélève alors 1 ml de cette solution glucidique à laquelle, on ajoute 2 ml du réactif au DNS. Le mélange est homogénéisé, porté au bain marie bouillant pendant 15 mn, puis refroidi rapidement à l'eau distillée. Après homogénéisation l'absorbance est lu à 546 nm à

l'aide d'un spectrophotomètre. Les concentrations en sucres réducteurs sont calculées à partir d'une courbe d'étalonnage établie avec du D-glucose comme sucre de référence (les détails concernant l'établissement de la courbe étalon sont en annexe).

c) Dosage de l'amidon en présence d'iode

- *Principe*

C'est une méthode de dosage spectrophotométrique. L'amidon est une macromolécule constituée de deux polymères de D-glucose : Amylose et amylopectine. En présence d'amylose et d'amylopectine l'iode ( $I_2$ ) interagit pour donner une coloration respectivement bleue et brune. Les spectres des complexes  $I_2$ -amylose et  $I_2$ -amylopectine sont différents. De ce fait ces complexes ont des longueurs d'ondes maximales pour l'amylose ( $\gamma_{max}=630nm$ ) et l'amylopectine ( $\gamma_{max}= 548nm$ ) qui sont différentes. En plus l'amylose absorbe dans le proche visible tandis que l'amylopectine n'y absorbe pas. On peut donc utiliser cette différence spectrale pour doser simultanément l'amidon totale, l'amylose et l'amylopectine dans un matériel biologique. Dans cette manipulation on considérera que l'absorbance à 580 nm est liée à la fois à l'amylose et à l'amylopectine, par contre l'absorbance à 720 nm est liée essentiellement à l'amylose.

- *Mode opératoire*

Pour le dosage de l'amidon on pèse environ 5mg de farine de souchet finement broyé préalablement délipidés et séchés qu'on met en suspension dans 0.5ml de méthylsulfoxyde (DNSO).ce mélange est porté au bain marie bouillant pendant 45mn. Après refroidissement la solution est ensuite mélangée avec de l'eau distillée (0.5ml) et porté à nouveau au bain marie bouillant pendant 30mn afin de gélatiniser l'amidon puis refroidi rapidement. Alors on prélève 0,1ml de cette solution à laquelle on ajoute 0,1ml de réactif à l'iode. Après homogénéisation, l'absorbance est lue à 580nm avec un spectrophotomètre. Une courbe de référence établie avec l'amidon soluble (amidon de pomme de terre) a été réalisée pour déterminer la teneur en amidon (les détails concernant l'établissement de la courbe de référence sont en annexe).

## II.1.2. Mesure du pH et dosage de l'acidité

### a) Mesure du pH

- *Principe*

Les mesures du pH des tubercules de souchet sont réalisées par potentiométrie à l'aide d'un pH-mètre de marque Consort.

- *Mode opératoire*

Pour mesurer le pH, on pèse environ 5g de farine de souchet auxquels on ajoute 25ml 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 dans les échantillons. Le pH- mètre est préalablement étalonné avant chaque utilisation avec les solutions tampons pH 4,0 et pH 7,0.

### b) Détermination de l'acidité titrable

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

- *Principe*

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

- *Mode opératoire*

Pour déterminer l'acidité titrable, on pèse environ 5 g de farine de souchet dans un erlenmeyer auxquels on ajoute 30 ml d'alcool bouillant à 95°C (éthanol). Le mélange est porté à ébullition. On ajoute ensuite 3 à 6 gouttes de phénolphtaléine et le mélange est titré avec du NaOH à 0,1 N jusqu'à obtention d'une coloration rose persistante pendant quelques secondes.

Un blanc est préparé avec 30 ml d'alcool auxquels on ajoute 3 à 6 gouttes de phénolphtaléine.

Expression des résultats :

Indice d'acide (IA) :

PM : Poids moléculaire de NaOH

N: Titre de NaOH

Ve : Chute de la burette pour l'échantillon

$V_0$  : Chute de la burette pour le blanc

$P_e$  : Prise d'essai de l'échantillon

### II.1.3. Détermination de la teneur en eau

- *Principe*

La teneur en eau (H %) a été déterminé selon la **Norme Française NF V O3-707 (2000)**, consistant à déterminer par différence de pesée des échantillons avant et après dessiccation à l'étuve.

- *Mode opératoire*

Pour déterminer la teneur en eau du souchet, on pèse, 5g de tubercules préalablement broyés que l'on renverse dans une nacelle préalablement lavé, séché et pesé. L'ensemble est ensuite placé dans l'étuve à 105°C pendant 12h. La nacelle est ensuite refroidi au dessiccateur pendant 30 minutes puis pesé. La teneur en eau exprimée en pourcentage pondéral est donnée par la relation :

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

$P_0$ =Poids vide des nacelles en gramme,

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

$PE$ =prise essai en gramme.

### II.1.4. Détermination des cendres totales

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

- *Principe*

Les cendres sont obtenues selon la **Norme Internationale ISO 2171 (2007)**. Cette méthode consiste à faire une pesée différentielle des échantillons avant et après minéralisation par voie sèche. Les cendres (minéraux) sont obtenues par incinération au four à 550°C de façon à obtenir la totalité des cations sous forme de carbonate et autres sels minéraux anhydres.

- *Mode opératoire*

Dans un creuset propre, sec et préalablement pesé et taré, on pèse environ 5g de souchet broyé. L'échantillon est ensuite soumis à une minéralisation au four à 550°C pendant 12h. A la fin de la minéralisation, le creuset est retiré, refroidit au dessiccateur pendant 30 minutes avant d'être pesé. Le pourcentage de cendres est donné par la relation suivante :

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

$P_0$  = Poids à vide des creusets

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

PE = Prise d'essai

MS = Matière sèche

% H = teneur en eau

### II.1.5. Dosage des protéines

- *Principe*

Les protéines totales ont été déterminées selon la **Norme Française NF VO3 50 (1970)** par la méthode de Kjeldahl.

L'azote organique des échantillons à analyser est transformé en azote minéral sous forme ammoniacale grâce à l'action oxydante de l'acide sulfurique concentré bouillant en présence d'un catalyseur. Après déplacement par la soude, l'ammoniac est distillé puis titré en présence d'un réactif coloré par acidimétrie. La teneur en protéines totales est calculée en multipliant la quantité d'azote par un facteur de conversion (5,7), soit 16 % d'azote dans les protéines.

- *Mode opératoire*

Pour la détermination des protéines, on pèse environ 1g de tubercule préalablement broyé à l'aide d'un papier cigarette que l'on renverse dans un matras. A cette prise d'essai, on a ajouté 7ml d'acide sulfurique concentré et une pastille de catalyseur Kjeldahl. Ensuite on procède à la minéralisation de la solution obtenue sur un bloque chauffant à la température progressive de

90 à 400°C.30min après la décoloration totale de la solution on arrête la minéralisation. On laisse le minéralisât refroidir et après on le dilue avec environ 50ml d'eau distillé et on procède à une distillation. Et pour finir, on titre le distillat obtenue avec une solution d'acide sulfurique à 0.1N jusqu'au virage de la solution au rouge.

Expression des résultats

$$\% \text{ Azote} = \frac{0,014 \times 0,1 \times (V_E - V_B)}{PE} \times 100$$

$V_E$  = Chute de la burette (échantillon)

$V_B$  = chute de la burette (blanc)

PE = Prise d'essai

0.1 = Titre acide sulfurique

0.014 = Poids molaire de l'azote  $\times 10^{-3}$

$$\% \text{ Protéines/ MS} = [\% \text{ N} \times 5,7] \times \frac{100}{100 - \% \text{ H}}$$

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

MS : Matière sèche

### II.1.6. Dosage de la matière grasse

- *Principe*

Les lipides ont été extraits par la méthode au Soxhlet en utilisant l'hexane comme solvant d'extraction selon la **Norme Internationale ISO 659 (1998)**.

- *Mode opératoire*

Cinq grammes (5g) de tubercules de souchet broyés sont pesés directement dans une cartouche et recouverts d'un coton déshydraté et mis dans des extracteurs Soxhlets. Dans un ballon de 250 ml préalablement pesé ( $P_V$ ), on introduit 200 ml d'hexane. Le dispositif est alimenté en eau courant. Le ballon est chauffé doucement à 60°C-70°C pendant 4h. Chaque

fois que le Soxhlet se remplit de solvant, celui-ci siphonne, c'est-à-dire qu'il reflue vers le ballon. Après extraction, le solvant est évaporé au rotavapor. Le ballon contenant la matière grasse est placé à l'étuve pendant 1h pour éliminer les traces du solvant, puis refroidi au dessiccateur. Le ballon est pesé ( $P_f$ ) jusqu'à obtenir un poids constant et la teneur en matières grasses est exprimée en pourcentage pondéral selon la relation :

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

$P_f$  = Poids final

$P_v$  = Poids vide de ballon

PE = Prise d'essai

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

MS : Matière sèche

### II.1.7. Analyse physique

En ce qui concerne l'analyse physique, nous avons eu à déterminer les dimensions (longueur et épaisseur) et le poids des tubercules. Pour ce faire, nous avons compté 30 tubercules sur lesquels nous avons mesuré individuellement les dimensions à l'aide d'un pied à coulisse numérique. Pour le poids, nous avons également compté 100 tubercules qui ont été pesés ensemble à l'aide d'une balance analytique.

## II.2. Dosage des éléments minéraux

Le dosage des éléments minéraux a été réalisé par l'équipe du Bureau National des Sols sous contrôle qualité. Le protocole utilisé est celui décrit ci-après.

### II.2.1. Dosage des macroéléments

#### - Principe

La teneur des macroéléments des matières végétales sont déterminée après minéralisation de l'échantillon

Les échantillons ont été traités à chaud avec un mélange d'acide sulfurique concentré et d'acide salicylique. L'acide sulfurique détruit, par son action oxydante les matières organiques et libère ainsi l'azote sous forme d'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) qui est aussitôt fixé sous forme de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) et les traces de nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) présents dans

l'échantillon sont d'abord fixés par l'acide salicylique pour être ensuite réduits en ammoniacque par le sodium thiosulfate. La minéralisation est accélérée par l'emploi d'un catalyseur (sélénium) et par l'augmentation de la température en présence d'hydrogène peroxyde (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

#### - **Minéralisation**

Dans un tube de minéralisation de capacité 75 ml, 0,5 g de chaque échantillon broyée et tamisée à 0,5 mm a été pesé. On y ajoute 5 ml de la solution d'extraction (acide sulfurique-sélénium-acide salicylique, 7,2%) dans chaque tube. Un blanc est préparé avec 5 ml de la solution d'extraction. Les échantillons sont ensuite laissés au repos pendant au moins 2 heures, au bout desquelles ils sont transférés sur le bloc de minéralisation et chauffés à des températures variant de 100°C à 340°C. Le minéralisat obtenu est refroidi à la température ambiante pendant 12 heures environ. Il est ensuite dilué avec 50 ml d'eau distillée, puis bien homogénéisé, refroidi de nouveau et complété avec de l'eau distillée à 75 ml. La solution finale obtenue est décantée et 20 ml de chaque aliquote est utilisé pour le dosage des macro-micronutriments.

A la fin de la minéralisation, le phosphore est dosé en spectrométrie à 880 nm par la méthode au bleu de molybdène à l'aide d'un auto-analyseur (SKALAR 1000). Le potassium et le sodium sont dosés à l'aide du photomètre à flamme (KORNING 400). Le calcium et le magnésium, après dilution au lanthane [La(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>6H<sub>2</sub>O] sont dosés respectivement à 422,7 nm et 285,2 nm à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique (PERKIN ELMER 100). A partir des solutions mères, des gammes de solution étalon ont été préparées pour le dosage de chaque macronutriment.

#### - **Calcul et expression des résultats**

La concentration du phosphore total dans les échantillons est déterminée par la relation suivante:

Avec :

$$P(ppm) = \frac{(A - Ab)K.VT.D}{p}$$

$$K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{Ci}{Ai - Ao}$$

A : absorbance de l'échantillon

Ab : absorbance du blanc

K : constante des séries de gamme

VT : volume total

D : facteur de dilution

p : poids de la prise d'essai

n : nombre des standards

C<sub>i</sub> : concentration en phosphore de la série de gamme i

A<sub>i</sub> : absorbance de phosphore de la série de concentration C<sub>i</sub>

A<sub>0</sub> : absorbance de phosphore de la série de concentration 0 ppm

P : concentration du phosphore en ppm

Les concentrations en calcium et en magnésium sont déterminées par la relation :

$$Ce(ppm) = \frac{(A - A_0)K \cdot VT \cdot D}{p}$$

Avec :

$$K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{A_i - A_0}$$

C<sub>i</sub> : concentration du standard

A<sub>i</sub> : absorbance du standard

A<sub>0</sub> : absorbance de l'échantillon à blanc

C<sub>e</sub> : la concentration de l'élément dosé (e)

p : prise d'essai

D : facteur de dilution

K : constante des séries de gamme

VT : volume total

D : facteur de dilution

n : nombre des standards

A : absorbance de l'échantillon

Les concentrations de potassium et de sodium sont déterminées par la relation :

$$Ce(ug/g) = \frac{(L - B)K \cdot VT \cdot D}{p}$$

C<sub>e</sub> : la concentration de l'élément dosé (e)

L : lecture obtenue en mesurant l'échantillon

B : lecture obtenue en mesurant le blanc

K : constante des séries standards

D : facteur de dilution

P : poids de l'échantillon

VT : volume total

## II.2.2. Dosage des oligoéléments

### - Principe

Les oligoéléments (Cu, Fe, Mn et Zn) sont dosés dans les échantillons par absorption atomique après une minéralisation acide. La solution de minéralisation est un mélange d'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>, 30%), d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 96%) et d'acide perchlorique (HClO<sub>4</sub>, 70%).

### - Minéralisation

Une quantité de poudre de chaque échantillon (0,5 g) séchée et tamisée à 2 mm est prélevée dans des tubes de minéralisation de 75 ml et on y ajoute 15 ml de solution d'extraction. L'ensemble est porté sur le bloc de minéralisation et chauffé progressivement (75°C à 240°C) jusqu'à apparition de vapeurs blanches. Les tubes sont ensuite retirés et refroidis.

### - Dosage du cuivre, du fer et du zinc

Le minéralisat des échantillons est dilué avec 50 ml d'eau distillée. Après refroidissement, le mélange obtenu est complété à 75 ml d'eau distillée puis agité de nouveau et refroidit complètement. Le Cu, Fe et le Zn sont mesurés par absorption atomique respectivement à 324,8 ; 248,3 et 219,9 nm.

### - Dosage du manganèse

Pour chaque échantillon, 20 ml d'extrait sont prélevés et transvasés dans une fiole de 25 ml auquel on ajoute 2,5 ml de lanthane 2000 ppm. L'ensemble est complété au trait de jauge avec de l'eau distillée et le Mn est mesurée en absorption atomique à 279,5 nm.

### - Calcul et expression des résultats

La concentration de chaque oligo-élément est déterminée par la relation suivante :

$$Ce(ppm) = \frac{(A - A_0)K \cdot V_T \cdot D}{p}$$

Avec :

$$K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{Ci}{Ai - A_0}$$

Ce : la concentration de l'élément dosé (e)

Ci : la concentration du standard

A : l'absorbance de l'échantillon

Ai : l'absorbance du standard

A<sub>0</sub> : l'absorbance de l'échantillon à blanc

D : facteur de dilution

K : la constante de la série de standard

N : le nombre de standards

P : prise d'essai  
V<sub>T</sub> : volume total

### II.3. Analyses microbiologiques

Les paramètres analysés sont consignés dans le tableau IV avec les milieux utilisés et le couple temps/température d'incubation.

**Table V: les paramètres analysés et les milieux utilisés**

Paramètres analysés	Références de la méthode	Milieux utilisés	Temps / Températures d'incubation
Flore totale	NI ISO 4833 (2003)	Plate Count Agar (PCA)	72±3h à 30°C
Levures et moisissures	NF ISO 7954 (1988)	Sabouraud + chloramphénicol	3,4 et 5 jours à 25°C
Bactéries lactiques	NI ISO 15214 (1998)	Agar de MRS	72±3h à 30°C

#### II.3.1. Préparation de diluant

Le diluant est une eau peptonée utilisée pour la préparation des suspensions mères et des dilutions pour l'ensemencement. Ce diluant ne doit pas induire de variation qualitative ni quantitative dans la flore microbienne ; il doit assurer la survie de tous les microorganismes, sans pour autant favoriser leur multiplication (BOURGEOIS et LEVEAU, 1991). Il est préparé à partir de 9,5g de poudre déshydratée qui sont dissouts dans 1l d'eau distillée. La solution obtenue doit être bien homogénéisée et le pH ajusté si nécessaire à 7±0,2. Le diluant obtenu est distribué dans des tubes (9ml/tube) pour les dilutions décimales et en flacons (90ml/flacon) pour la préparation des suspensions mères. Les tubes et flacons contenant le diluant sont ensuite stérilisés à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

#### II.3.2. Préparation des milieux de culture

- Le milieu PCA est un milieu gélosé, utilisé pour la culture de germes n'ayant pas d'exigence particulière. Pour sa préparation, 23,5g de milieu déshydraté sont dissouts

dans 1l d'eau distillée. La solution obtenue est portée à ébullition jusqu'à dissolution complète ; le pH est mesuré et ajusté à  $7,0 \pm 0,2$  à  $25^{\circ}\text{C}$ . Le milieu est ensuite stérilisé à l'autoclave à  $121^{\circ}\text{C}$  pendant 15 minutes.

- Le milieu Sabouraud chloramphénicol est utilisé pour la recherche des levures et moisissures. Pour sa préparation, 65,5g du milieu déshydraté sont dissouts dans 1l d'eau distillée, puis portés à ébullition pour une dissolution complète. Le pH est mesuré et ajusté à  $5,6 \pm 0,2$  à  $25^{\circ}\text{C}$  et le milieu est stérilisé à l'autoclave à  $121^{\circ}\text{C}$  pendant 15mn.
- Le milieu Agar de Man Rogosa, Sharpe (MRS) est utilisé pour la recherche de bactéries lactiques. Pour sa préparation, 62g du milieu déshydraté sont dissouts dans 1l d'eau distillée, agité pendant 5min, puis chauffé au bain marie bouillant jusqu'à dissolution complète. Le pH est mesuré et ajusté à  $6,2 \pm 0,2$  et le milieu est stérilisé à l'autoclave à  $121^{\circ}\text{C}$  pendant 15min.

### **II.3.3. Préparation de la suspension mère**

On prélève aseptiquement 10 g de l'échantillon homogénéisé dans un sachet stomacher stérile auquel on ajoute 90 ml de diluant stérile. On mélange la solution obtenue au stomacher pendant 2 minutes. Cette suspension correspond à la dilution  $10^{-1}$ .

### **II.3.4. Préparation des dilutions consécutives**

A partir de la suspension mère, on réalise la dilution  $10^{-2}$  en prélevant 1ml de cette suspension qu'on introduit dans un tube à essai contenant 9ml de diluant stérile. La dilution  $10^{-2}$  ainsi obtenue est homogénéisée par agitation au vortex. Puis on procède de même à partir de la dilution  $10^{-2}$  pour obtenir la dilution  $10^{-3}$  et ainsi de suite...

### **II.3.5. Ensemencement/Incubation**

Pour les ensemencements, on prélève aseptiquement 1ml des dilutions décimales retenues qu'on introduit dans une boîte de pétri. On ajoute ensuite environ 10-15 ml de milieu en surfusion sur le prélèvement ; le tout est mélangé en effectuant des rotations avec les boîtes couvertes. Les contenus des boîtes sont laissés pour solidification pendant 15 minutes, avant d'être incubés aux températures respectives suivant les microorganismes recherchés.

### II.3.6. Expression des résultats

Après incubation, le nombre des colonies sur chaque boîte est compté. Les boîtes de deux dilutions successives contenant entre 5 et 300 colonies sauf pour les coliformes (5 à 150) sont retenues et le nombre de microorganismes N est calculé suivant la formule suivante :

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

N : nombre total de germes exprimé en UFC/g

$\sum C$  : somme des colonies des boîtes des deux dilutions,

n1 : nombre de boîtes de la plus faible dilution,

n2 : nombre de boîtes de la seconde dilution,

d : facteur de dilution correspondant à la plus faible dilution

## III. Productions

Dans le cadre de nos activités, nous avons effectué une sortie à Bobo-Dioulasso pour suivre des activités de production de lait de souchet. Nous avons suivi quatre productions dans une unité de production artisanale d'un promoteur privé. Pour chaque production des échantillons ont été prélevés pour des analyses microbiologiques. Nous avons également réalisés des essais de production de lait de souchet accompagnés d'analyses microbiologique et de suivi de conservation au réfrigérateur à l'atelier du DTA.

### III.1. Suivi de la production de lait de souchet dans une unité de production artisanale d'un promoteur privé

Dans le cadre de nos activités, nous avons effectué une sortie à Bobo-Dioulasso du 16/09/2013 au 20/09/2013 pour suivre des activités de production de lait de souchet. Nous avons suivi quatre productions au niveau d'une unité artisanale de production du lait de souchet d'un promoteur privé sise au secteur 05 de la ville de Bobo Dioulasso. Pour chaque production des échantillons ont été prélevé pour des analyses microbiologiques.

### **III.1.1. Matériel de production**

Le matériel de production est composé de :

- Une balance pour peser les tubercules de souchet ;
- Un congélateur pour la conservation du lait de souchet ;
- Un panier en plastique pour l'essorage des tubercules ;
- Un fût en plastique pour l'extraction du lait de souchet ;
- Des bassines et des seaux en plastique pour le lavage des tubercules ;
- Des gobelets pour le conditionnement ;
- Un pilon et un mortier en bois pour le nettoyage des tubercules ;
- Une glacière pour le transport des tubercules au moulin ;
- Une spatule en bois pour les différents mélanges ;
- Deux morceaux de tissu blanc pour la filtration du jus ;
- Des tabliers pour le personnel.

### **III.1.2. Conditions de travail**

Toutes les opérations à l'exception du broyage sont réalisées à domicile. Le matériel de transformation est lavé avec du savon et de l'eau de robinet. Le broyage est réalisé dans un moulin public qui est rincé avec de l'eau de robinet. Il n'y a pas de port de blouse (usage de tablier), de coiffe et de cache-nez lors de la transformation ; usage d'emballages recyclés non désinfectés pour le conditionnement du lait de souchet.

### **III.1.3. Méthode de production**

#### **a. Prétraitement des tubercules**

Le prétraitement consiste à piler légèrement les tubercules mélangés avec du sable et de l'eau afin de les rendre propre, et à les laver ensuite pour les débarrasser des petits cailloux et des impuretés. Après quoi, ils sont essorés et séchés sur un sachet en plastique étalé à même le sol.

#### **b. Lavage des tubercules**

Les tubercules prétraités sont pesés et lavés avec du savon. Leur lavage avec du savon consiste à faire de la mousse de savon et à utiliser cette mousse pour bien froter les tubercules entre eux à la main, bien les rincer et les essorer par la suite. Après cette étape, les tubercules sont acheminés au moulin pour être broyés.

### **c. Broyage**

Les tubercules sont broyés en ajoutant de l'eau au fur et à mesure. La pâte issue de cette opération est broyée à nouveau pour donner une pâte plus fine. A la fin du broyage de la glace est renversée dans la pâte pour sa conservation durant le transport et l'extraction.

### **d. Extraction du lait de souchet**

A l'atelier, on procède immédiatement à l'extraction du lait de souchet avec de l'eau glacée. La quantité d'eau à utiliser est mesurée et versée dans la pâte. Après avoir bien mélangé, on passe à la filtration en utilisant du tissu blanc en coton attaché autour d'un fût en plastique. . La pâte issue de la filtration est pressée avec un morceau de tissu blanc pour recueillir le maximum de lait de souchet possible. Le lait de souchet issu de la pression est filtré et mélangé au lait de souchet obtenu lors de la filtration. L'ensemble du lait de souchet ainsi obtenu est sucré (sucre blanc), salé (sel en poudre), pour ce faire, une certaine quantité du lait de souchet est prélevé dans un seau en plastique et on y dissout le sel et le sucre, la solution est filtrée et ajoutée au reste du lait et le produit final est bien mélangé à l'aide d'une spatule en bois. La figure 2 représente le diagramme de production du lait de souchet.

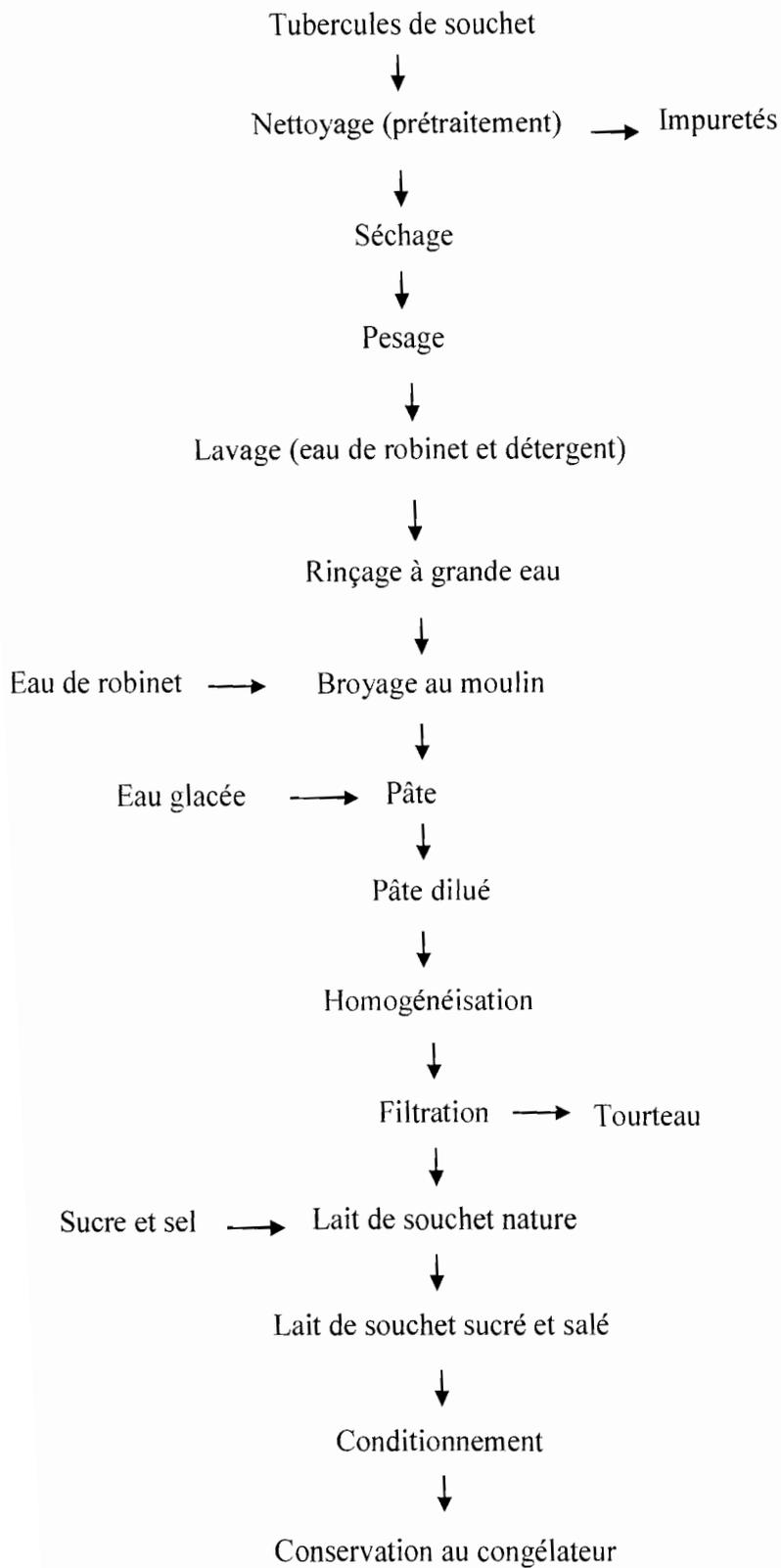
### **e. Conditionnement**

Le lait de souchet ainsi obtenu est conditionné à l'aide d'un entonnoir et d'un gobelet en plastique dans des bidons recyclés (0,5l, 1l, 5l) et conservé au congélateur. Le produit obtenu a une durée de conservation de deux jours au réfrigérateur et de sept jours au congélateur.

Le recyclage des bidons consiste en un lavage avec de l'eau de robinet et du savon, suivi d'un rinçage abondant à l'eau de robinet.

Pour une production de 10 kg de tubercules, on utilise :

- 50l d'eau glacée ;
- 4 kg de sucre blanc en poudre ;
- 2 cuillères à soupe de sel en poudre.



**Figure 2: Diagramme de production de lait de souchet dans l'unité de production du promoteur privé**

## **III.2. Production à l'atelier du DTA**

### **III.2.1. Diagramme de Production amélioré**

Après avoir suivi la production du lait de souchet dans une unité artisanale, nous avons réalisé des essais à l'atelier du DTA en vue d'élaborer un diagramme amélioré pour la production de cette boisson en tenant compte des points critiques observés au niveau du diagramme utilisé par l'entreprise.

### **III.2. 2. Conditions de travail**

Toutes les opérations de transformations sont réalisées dans une même salle de production close et climatisée préalablement nettoyée à l'aide d'une serpillière et du détergent. Tout le matériel de transformation est préalablement lavé avec de l'eau de robinet et de détergent, puis désinfecté avec de l'eau de javel à 12° Chl diluée à 0,75% . Lors de la transformation le port de matériel de protection (blouse, coiffe, cache-nez, chaussures) est obligatoire.

### **III.2.2 Essais de stabilisation du lait de souchet**

Nous avons essayé de stabiliser le lait de souchet en utilisant des traitements thermiques et en effectuant des analyses microbiologiques à différentes étapes de la production et de la conservation. Les deux traitements thermiques utilisés sont la cuisson à la vapeur et le blanchiment. Le but de ses traitements thermiques était non seulement de réduire la charge microbienne des tubercules mais aussi de désactiver les endoenzymes.

#### **III.2.2.1. Lait de tubercules de souchet traités à la vapeur**

Nous avons suivi presque la même procédure que précédemment. La seule différence est qu'après la réhydratation les tubercules sont cuits à la vapeur pendant 5mn avant d'être broyés. Pour la cuisson à la vapeur, c'est à partir du moment où l'eau utilisée pour la cuisson bout que les tubercules sont renversé dans le couscoussier et en ce moment on chronomètre le temps de cuisson. Une fois le temps atteint, les tubercules sont immédiatement renversés dans un instrument lavé et désinfecté pour être broyés. La température des tubercules à la fin de la cuisson tourne au tour de 99°C.

### **III.2.2.2. Lait de tubercules de souchet blanchis**

C'est presque la même procédure que celle du lait de tubercules de souchet cuit à la vapeur. La seule différence est qu'à la place de la cuisson à la vapeur, les tubercules sont blanchis pendant 20mn. Le blanchiment a consisté à faire bouillir l'eau de robinet et d'utiliser cette eau pour tremper les tubercules pendant un bout de temps. Pour le trempage, les tubercules sont renversés dans un instrument avec couvercle dans lequel on renverse l'eau bouilli et l'ensemble est placé dans une glacière en vue de maintenir la température constante. A la fin du blanchiment, la température des tubercules tourne au tour de 60°C.

## Chapitre 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

### I. Analyse des caractéristiques physiques du souchet des différentes zones de production

Les résultats de l'analyse physique des échantillons de souchet sont consignés dans le tableau VI.

Au niveau des échantillons de Loropéni, une différence significative est observée au niveau de la longueur des souchets de bouche qui varie de  $13,29 \pm 1,99$  à  $18,28 \pm 2,87$ , cette différence est moindre au niveau du poids, tandis qu'il n'y a pas de différence significatives au niveau de l'épaisseur qui varie de  $7,36 \pm 1,00$  à  $8,50 \pm 0,99$ . En plus l'échantillon ayant la plus grande longueur, a le plus grand poids mais la plus petite épaisseur. Par contre, le souchet petit grain a sensiblement les mêmes dimensions que les autres souchets de sa catégorie. Pour le reste on remarque que les souchets petits grain ont pratiquement les mêmes dimensions. C'est au niveau du souchet gros grain qu'une différence significative est observée au niveau de leurs longueurs.

Table VI: caractéristiques physiques des tubercules (moyenne  $\pm$  écarts types)

Sites	Codes	Longueur (mm)*	Epaisseur (mm)*	Poids (g)**
Loropéni	Lp1	$13,29 \pm 1,99$	$8,5 \pm 0,99$	0,75
	Lp2	$18,28 \pm 2,87$	$7,36 \pm 1,00$	1,08
	Lp3	$11,6 \pm 1,09$	$7,82 \pm 0,72$	0,69
Koloko	K11	$17,08 \pm 1,83$	$7,35 \pm 0,82$	0,84
	K12	$11,07 \pm 1,12$	$7,32 \pm 0,82$	0,49
	K13	$11,29 \pm 2,24$	$7,47 \pm 0,67$	0,54
Banfara	Ba	$11,26 \pm 0,99$	$8,8 \pm 0,66$	0,5
Orodara	Or	$12,28 \pm 2,00$	$6,87 \pm 0,84$	0,54
Mangodara	Mgd	$15,33 \pm 7,75$	$8,75 \pm 1,18$	1,20

\* : moyenne de 30 tubercules au niveau de chaque échantillon

\*\* : moyenne de 100 tubercules pour chaque échantillon

### II. Composition biochimique du souchet des différentes zones de production

Les résultats de l'analyse biochimique des tubercules de souchet sont consignés dans le tableau VII.

Concernant le taux d'humidité, des variations importantes sont observées entre les sites mais aussi en intrasites. La plus faible valeur est obtenue avec l'échantillon en provenance d'Orodara (6,83%) et la plus forte valeur avec celui de Loropini 1 (9,94%). L'écart observé entre les taux d'humidité des différents échantillons, particulièrement pour la même localité, pourrait s'expliquer par des variations dans le degré de séchage que se fixe chaque producteur, le taux d'humidité traduisant la teneur en eau d'un produit après le séchage. Oladele *et al* (2007) ont trouvé une teneur en humidité des tubercules de souchet de 3,50 à 3,78%, valeur différente de celles de notre étude. Il faut signaler que des teneurs élevées en eau peuvent être favorables à des transformations indésirables dans les produits alimentaires, tant sur le plan microbiologique (développement de germes indésirables) que physico-chimiques (réactions enzymatiques). Ces transformations peuvent avoir des effets néfastes sur la santé des consommateurs, et/ou la qualité commerciale des produits.

L'analyse de la teneur en cendres des tubercules provenant des différentes localités révèle des variabilités, bien que faibles, intra et inter sites. Ces teneurs varient de 1,55 (Koloko 1) à 2,00% (Loropeni 3). Toutefois, la variabilité est moins importante que pour le taux d'humidité. Ainsi par exemple, les échantillons de Loropéni Lp<sub>1</sub> et Lp<sub>2</sub> ont sensiblement la même teneur en cendres, de même que ceux de Koloko Kl<sub>1</sub> et Kl<sub>2</sub>. En inter site, les échantillons venant de Banfora, d'Orodara et de Mangodara ont aussi sensiblement la même teneur en cendres. Les valeurs obtenues au cours de cette étude sont nettement plus faibles que celles de la littérature, en particulier au Nigéria où Oladele *et al.* (2007) ont trouvé des teneurs en cendres des tubercules de souchet allant de 3,97 à 4,25%.

Les résultats de l'analyse de l'acidité des tubercules de souchet, obtenus au cours de cette étude, montrent que cette acidité est comprise entre 3,63 (Mangodara) et 6,08gH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/100g (Koloko K1). Les analyses statistiques réalisées révèlent une différence significative entre les acidités des échantillons provenant de Banfora, Orodara et Mangodara. Il ressort également que les échantillons de Loropéni ont sensiblement la même acidité alors que des différences ont observées entre les échantillons de Koloko.

Concernant le pH, il est observé également une variabilité intra et inter sites. Les échantillons d'Orodara (Or) ont le plus faible pH (6,53) et ceux de Loropéni (LP) le plus élevé (6,93). On note une différence significative entre les pH des différents échantillons de Loropéni et de Koloko. Il en est de même pour les échantillons de Banfora, Orodara et Mangodara.

Pour ce qui est des protéines, il ressort de notre étude, que les tubercules de souchet ont une teneur en protéines qui varie de 3,43 à 8,35%. L'échantillon Lp2 a la plus faible teneur en protéines et l'échantillon K11 la plus forte teneur. Une variabilité intra site, en particulier pour les échantillons de Loropéni, et inter site (échantillons provenant des sites de Banfora, Orodara et Mangodara) est observée. Par contre les échantillons K12 et K13 ont sensiblement la même teneur en protéines. Oladele *et al* (2007) ont trouvé une teneur en protéine des tubercules de souchet de 7,50 à 9,70%, valeur différente de celles de notre étude.

La détermination de la teneur en matière grasse des tubercules révèlent des valeurs comprises entre 20,30% (Banfora) et 27,37% (Mangodara). On note une différence significative entre les teneurs en matière grasse des échantillons provenant de la même localité mais aussi des échantillons provenant de localités différentes. Oladele *et al* (2007) ont trouvé une teneur en matière grasse des tubercules de souchet de 32,13 à 35,43%, valeur différente de celles de notre étude.

Les tubercules de souchet ont une teneur en sucres totaux variant de 39,93% à 62,69%. L'échantillon Mg a la plus faible teneur en sucres totaux et l'échantillon Lp3 la teneur la plus élevé. A ce niveau, il y a également une variation sensible de la teneur en sucres totaux des échantillons de la même localité mais aussi des différents échantillons des différentes provenances. Oladele *et al* (2007) ont trouvé une teneur en sucres totaux des tubercules de souchet de 41,22 à 46,99%, valeur différente de celles de notre étude.

La teneur en sucres réducteurs des tubercules de souchet varie de 2,54% à 5,82%. Lp<sub>1</sub> est l'échantillon qui a la plus faible teneur en sucres réducteurs. Il y a également une variation sensible de la teneur en sucres réducteur des échantillons de la même localité mais aussi des différents échantillons des différentes provenances (Ba, Or et Mgd).

La teneur en amidon des tubercules de souchet est comprise entre  $4,91 \pm 0,00$  et  $3,88 \pm 0,00\%$ . On note une différence significative entre les teneurs en amidon des échantillons de différentes provenances ainsi que des échantillons provenant de la même localité. Les échantillons K1<sub>1</sub> et Ba ont la plus forte teneur en amidon. La plus faible teneur en amidon est obtenue avec l'échantillon K1<sub>3</sub>.

Majoritairement, les résultats de notre étude sur la composition biochimique des tubercules de souchet sont différents de ceux de la littérature. Cette différence peut s'expliquer par la nature de variétés utilisées pour les études.

Table VII: composition biochimique des tubercules de souchet produit au Burkina Faso (moyenne de trois échantillons  $\pm$  écart-type)

	Lp1	Lp2	Lp3	K11	K12	K13	Ba	Or	Mg
<b>Humidité (%)</b>	9,94 $\pm$ 0,03	9,49 $\pm$ 0,08	8,92 $\pm$ 0,07	9,01 $\pm$ 0,08	8,61 $\pm$ 0,01	8,84 $\pm$ 0,1	8,57 $\pm$ 0,08	6,83 $\pm$ 0,03	9,03 $\pm$ 0,03
<b>Cendre (%)</b>	1,98 $\pm$ 0,09	1,84 $\pm$ 0,03	2,00 $\pm$ 0,02	1,55 $\pm$ 0,23	1,81 $\pm$ 0,05	1,65 $\pm$ 0,06	1,69 $\pm$ 0,07	1,78 $\pm$ 0,06	1,84 $\pm$ 0,00
<b>Protéines (%)</b>	4,79 $\pm$ 0,24	3,43 $\pm$ 0,06	6,31 $\pm$ 0,09	8,35 $\pm$ 0,21	6,87 $\pm$ 0,09	6,81 $\pm$ 0,18	6,23 $\pm$ 0,02	6,46 $\pm$ 0,11	5,84 $\pm$ 0,10
<b>Matière grasse (%)</b>	21,51 $\pm$ 0,27	23,88 $\pm$ 0,34	20,40 $\pm$ 0,52	22,03 $\pm$ 0,23	21,68 $\pm$ 0,15	20,83 $\pm$ 0,35	20,30 $\pm$ 0,01	26,37 $\pm$ 0,13	27,37 $\pm$ 0,46
<b>Sucres totaux (%)</b>	57,94 $\pm$ 0,01	58,4 $\pm$ 0,01	62,69 $\pm$ 0,00	44,37 $\pm$ 0,01	45,51 $\pm$ 0,00	45,15 $\pm$ 0,00	42,64 $\pm$ 0,01	40,82 $\pm$ 0,01	39,93 $\pm$ 0,01
<b>Sucres réducteurs (%)</b>	2,54 $\pm$ 0,01	3,31 $\pm$ 0,01	2,63 $\pm$ 0,01	2,61 $\pm$ 0,01	2,58 $\pm$ 0,01	3,91 $\pm$ 0,02	3,08 $\pm$ 0,00	3,52 $\pm$ 0,01	5,82 $\pm$ 0,02
<b>Amidon (%)</b>	4,04 $\pm$ 0,00	4,53 $\pm$ 0,00	4,64 $\pm$ 0,00	4,91 $\pm$ 0,00	4,25 $\pm$ 0,00	3,88 $\pm$ 0,00	4,91 $\pm$ 0,00	4,39 $\pm$ 0,00	3,98 $\pm$ 0,00
<b>Acidité</b>	4,83 $\pm$ 0,07	4,22 $\pm$ 0,14	4,53 $\pm$ 0,40	6,08 $\pm$ 0,14	5,94 $\pm$ 0,30	5,34 $\pm$ 0,17	4,58 $\pm$ 0,12	4,92 $\pm$ 0,03	3,63 $\pm$ 0,10
<b>pH</b>	6,69 $\pm$ 0,01	6,96 $\pm$ 0,03	6,67 $\pm$ 0,00	6,74 $\pm$ 0,00	6,60 $\pm$ 0,00	6,64 $\pm$ 0,01	6,60 $\pm$ 0,02	6,53 $\pm$ 0,01	6,69 $\pm$ 0,00

### **III. Composition en éléments minéraux des tubercules de souchet produit au Burkina Faso**

Les résultats des analyses de la composition en éléments minéraux des échantillons de tubercules de souchet sont représentés dans la figure 3.

Les données des analyses révèlent que les tubercules de souchet sont riches en Magnésium (Mg) qui varie de 817 à 1218 mg/100g, en Calcium (Ca) qui varie de 639 à 1132 mg/ 100g et en Potassium (K) qui varie de 318 à 850 mg/100g. Par contre, leurs teneurs en Sodium (Na) qui varie de 29 à 64 mg/100g, en Manganèse (Mn) qui varie de 6,92 à 14,41mg/100g, en Phosphore (P) qui varie de 7 à 13mg/100g, en fer (Fe) qui varie de 3,21 à 19,53mg/100g en Zinc (Zn) qui varie de 1,67 à 3,43mg/100g et en Cuivre qui varie de 0,49 à 0,70 mg/100g(Cu) sont relativement faibles.

Pour ce qui est du Magnésium (Mg), les tubercules de Loropéni sont les plus riches en cet élément tandis que pour le calcium (Ca), ce sont les tubercules d'Orodara qui en contiennent le plus comparativement aux autres localités. Pour les teneurs en Potassium (K), ce sont les tubercules Loropéni qui sont les plus riches en cet élément.

Les valeurs obtenues pour la composition en éléments minéraux au cours de cette étude sont majoritairement plus élevés que celles de la littérature, en particulier celles d'Oladele *et al.* (2007) au Nigéria. Cette différence peut s'expliquer par la différence de variété mais aussi par la nature des sols sur lesquels les tubercules ont été cultivés.

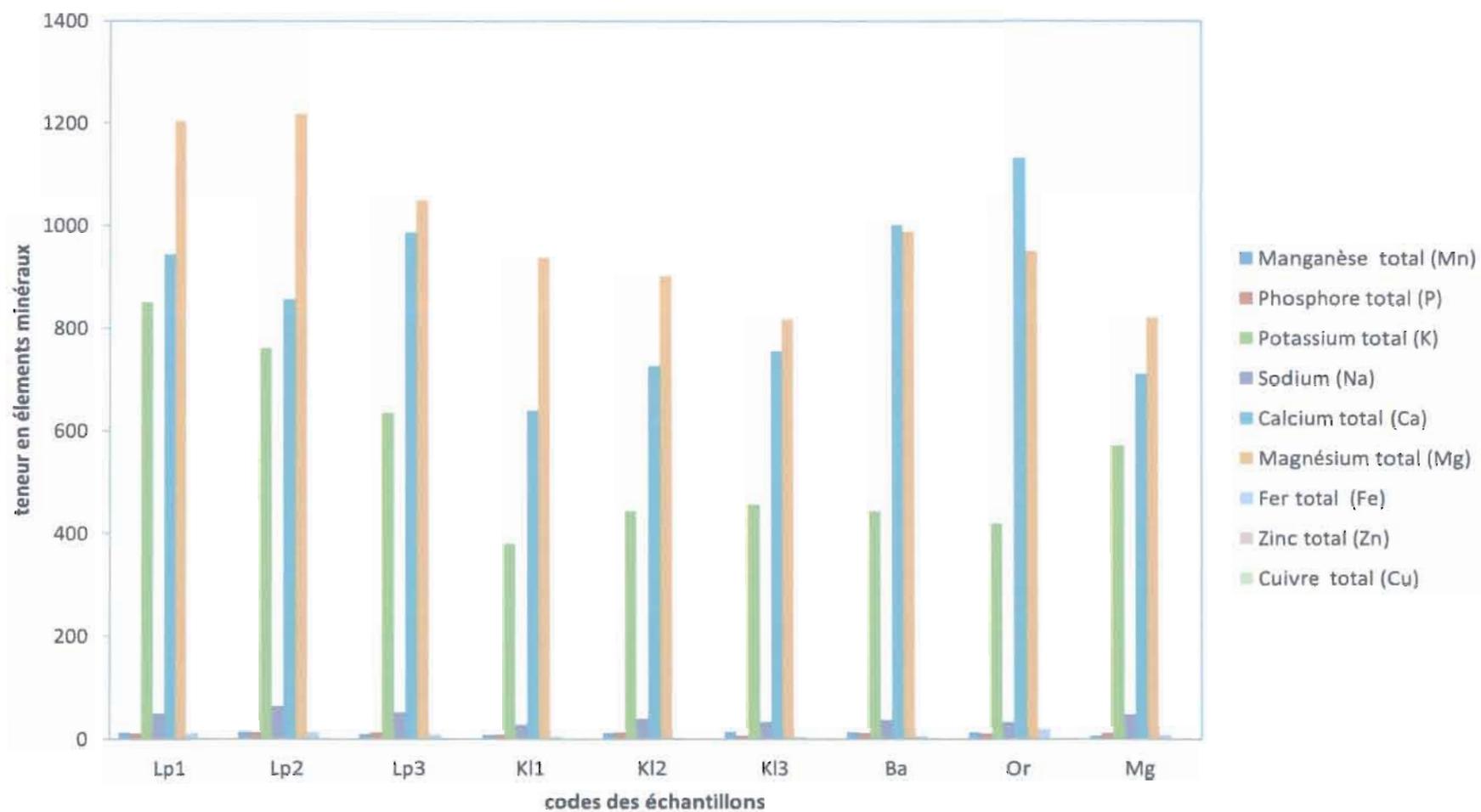


Figure 3: composition en éléments minéraux des tubercules de souchet produit au Burkina Faso

#### IV. Caractéristiques microbiologiques du lait de souchet produit par l'unité de production suivi

Les résultats des analyses microbiologiques des différentes productions de Bobo sont consignés dans le tableau VIII.

La flore totale, qui traduit la charge microbienne des produits, a varié de  $9.10^5$  à  $2,7.10^6$  CFU/ml au cours des différentes productions. Quant aux levures et moisissures, qui constituent la flore d'altération des aliments et qui peuvent entraîner des modifications du goût, de la texture et de l'apparence, les charges des différentes productions ont varié de  $8,4.10^3$  à  $3,8.10^5$  CFU/ml. L'importance de cette charge en flore totale, en levures et moisissures est due aux conditions de travail mais aussi au moulin utilisé pour le broyage des tubercules, qui n'est pas destiné exclusivement à cette tâche. Il pourrait y avoir eu des contaminations à partir d'autres produits. Il faut en effet signaler que le moulin n'est pas systématiquement bien lavé après chaque utilisation.

**Table VIII: Résultats des analyses microbiologiques des productions de Bobo**

Nature du lait de souchet	Date de prélèvement	Flore totale (CFU/ml)	Levures & moisissures (CFU/ml)
Lait sucré	17/09/2013	$2,7.10^6$	$2,8.10^4$
Lait non sucré	17/09/2013	$2,2.10^6$	$9,5.10^3$
Lait non sucré	18/09/2013	$9,6.10^5$	$8,4.10^3$
Lait sucré	18/09/2013	$9.10^5$	$3,8.10^5$
Lait sucré	19/09/2013	$1,1.10^6$	$4,7.10^4$
Lait non sucré	19/09/2013	$1,3.10^6$	$9,9.10^3$

#### V. Amélioration de la qualité du lait de souchet

##### V.1. Diagramme amélioré de production du lait de souchet

A l'issu du suivi de la production du lait de souchet dans l'unité privée, nous avons réalisé plusieurs essais à l'atelier du DTA pour améliorer le diagramme de production. Aux termes des essaies, le diagramme de production décrit dans la figure 3 est proposé.

### **a. Triage et lavage des tubercules**

Les tubercules sont d'abord triés et pesés avant d'être lavés avec de l'eau de robinet en prenant soin de bien frotter les tubercules entre eux à la main. Un détergent a été utilisé pour les laver à nouveau avant leur rinçage abondamment avec de l'eau de robinet.

### **b. Désinfection des tubercules**

Les tubercules lavés subissent un bain germicide qui consiste à préparer une solution d'eau de javel à 12° Chl diluée à 0,75% et à les y tremper pendant 15mn et par la suite de les rincer abondamment avec de l'eau de robinet.

### **c. Réhydratation**

A la fin du lavage, on procède à une réhydratation des tubercules par trempage pendant une nuit. Après cette phase de réhydratation, les tubercules sont rincés, désinfectés et rincés abondamment avec de l'eau de robinet bouilli et refroidi avant d'être broyés.

### **d. Broyage**

Les tubercules sont broyés en ajoutant de l'eau de robinet bouilli et refroidi au fur et à mesure. La pâte issue de cette opération est broyée à nouveau pour donner une pâte plus fine.

### **e. Extraction du lait de souchet**

La pâte issue du broyage est diluée avec de l'eau de robinet bouilli et refroidi. Après mélange, la solution est filtrée avec un tamis en nylon.

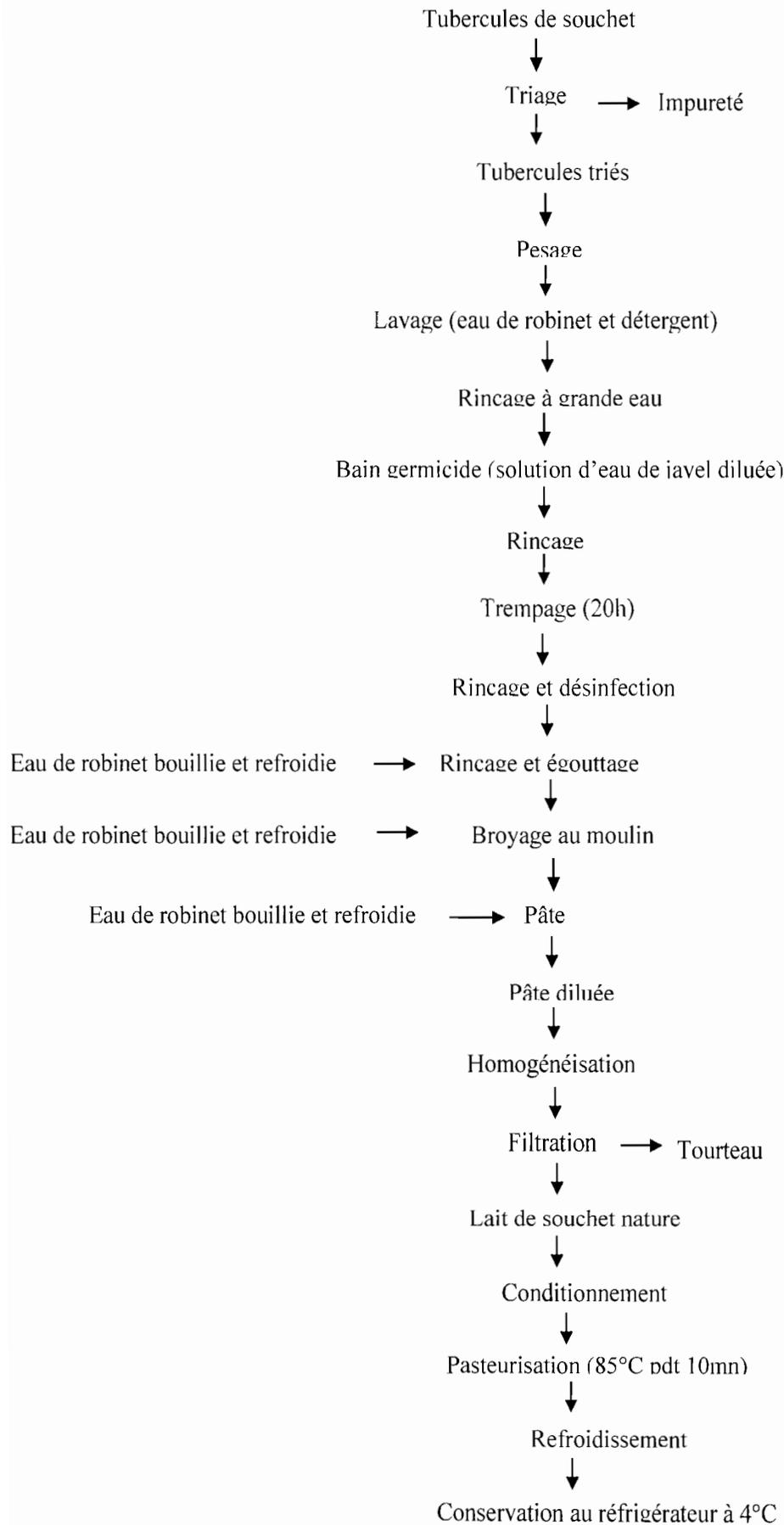
### **f. Conditionnement**

Le lait de souchet ainsi obtenu est conditionné à l'aide de gobelet en plastique dans des bouteilles neuves qui ont été préalablement trempés pendant 30mn dans une solution d'eau de javel diluée puis rincé avec de l'eau chaude avant d'être trempé dans de l'eau chaude jusqu'au moment du conditionnement.

### **g. Pasteurisation et conservation**

Le lait conditionné est pasteurisé à 85°C pendant 10 mn, immédiatement refroidit et conservé au réfrigérateur à 4°C.

Pour une production de 1kg de tubercules de souchet nous avons utilisés 4l d'eau (broyage et dilution de la pâte). La figure 4 représente le diagramme amélioré de production du lait de souchet.



## **V.2. Essai de stabilisation du lait de souchet**

Pour les essais de stabilisation du lait, deux formulations basées sur le diagramme de la figure 4 ont été utilisées. Les diagrammes de ces formulations sont pratiquement identiques, en dehors du fait qu'avant le broyage, les tubercules sont soit blanchies lorsqu'il s'agit du lait de tubercules blanchies, soit cuites à la vapeur s'il s'agit du lait de tubercules cuites à la vapeur.

## **VI. Caractéristiques microbiologiques et suivi de conservation des différents laits de souchet produits**

### **VI.1. Caractéristiques microbiologiques à différentes étapes de la production**

Les analyses microbiologiques des différentes étapes des différentes productions montrent que la production à partir du diagramme amélioré n'a pas entraîné un arrêt de la prolifération de la charge microbienne des tubercules au cours de la transformation. Cependant, on observe une chute après une pasteurisation bien qu'elle reste toujours un peu plus élevée comparativement à la matière première. Pour les tubercules non lavés, elle est de  $5,6 \cdot 10^2$  UFC/ml pour la flore totale,  $1,1 \cdot 10^2$  UFC/ml pour les levures et moisissures et  $<10$  pour les bactéries lactiques. Après lavage avec du détergent, désinfection, réhydratation et désinfection de nouveau, pour les tubercules réhydratés et désinfectés, elle est de  $3,9 \cdot 10^5$  UFC/ml pour la flore totale,  $1,9 \cdot 10^5$  UFC/ml pour les bactéries lactiques et de  $1,7 \cdot 10^4$  UFC/ml pour les levures et moisissures, Cela pourrait être attribué à une mauvaise désinfection, dû à une concentration inadéquate, un temps de désinfection insuffisant ou une mauvaise qualité du désinfectant. La prolifération microbienne va continuer pendant le broyage et l'extraction du lait de souchet. Ce lait a  $3,9 \cdot 10^8$  UFC/ml de flore totale,  $1,3 \cdot 10^8$  UFC/ml de bactéries lactiques et  $3,8 \cdot 10^6$  UFC/ml de levures et moisissures. Après pasteurisation, le produit fini a  $7,7 \cdot 10^2$  UFC/ml de flore totale,  $3,8 \cdot 10^1$  UFC/ml de bactéries lactiques et les levures et moisissures sont  $<10$  UFC/ml.

Pour ce qui concerne les essais de stabilisations, pour le premier essai, les résultats des analyses microbiologiques, montrent que la charge microbienne des tubercules non lavés qui est de  $7,0 \cdot 10^2$  UFC/ml pour la flore totale,  $7,3 \cdot 10^1$  UFC/ml pour les levures et moisissures et  $<10$  UFC/ml pour les bactéries lactique est moins élevée que celle des tubercules lavés désinfectés et réhydratés qui est de  $5,6 \cdot 10^5$  pour la flore totale,  $1,3 \cdot 10^3$  pour les bactéries

lactiques . Après traitement à la chaleur (blanchiment ou traitement à la vapeur) elle est presque entièrement détruite. On observe une contamination microbienne de nouveau du produit lors du broyage qui donne  $2,7.10^4$  à  $1,0.10^5$  UFC/ml pour la flore totale,  $2,8.10^3$  à  $6,1.10^3$  UFC/ml de bactéries lactique et  $3,7.10^3$  à  $1,1.10^4$  UFC/ml de levures et moisissures; qui se poursuit légèrement au cours de l'extraction du lait de souchet. Après pasteurisation, la charge microbienne du produit fini diminue et est de  $6,4.10^1$  à  $3,2.10^3$  UFC/ml de flore totale, de  $< 10$  à  $8,1.10^1$  UFC/ml de bactéries lactiques et de  $< 10$  pour les levures et moisissures; mais elle reste toujours supérieur à celle de la matière première au départ en ce qui concerne la flore totale. Les résultats du deuxième essai de stabilisation confirment ceux du premier

La flore aérobie mésophile totale (flore totale) de nos produits pasteurisés qui varie de  $6,1.10^2$  à  $9,8.10^3$  est supérieur à celle qu'elle doit être (100 selon le *Critères d'interprétation pour les bactéries recherchées par millilitre pour les boissons pasteurisées* (Source : UE 2005)).

Par contre pour ce qui en est des autres paramètres microbiologiques (bactéries lactiques et les levures et moisissures), des produits pasteurisés est majoritairement bon selon *Critères d'interprétation pour les bactéries recherchées par millilitre pour les boissons pasteurisées* (Source : UE 2005) qui fixe cette charge à 10 pour ces deux paramètres microbiologiques).

**Table IX: Résultats des analyses microbiologiques à différentes étapes de la production**

Type de production	Étapes de la production concernées par les analyses	Paramètres analysés		
		Flore totale (UFC/g)	Bactéries lactiques (UFC/g)	Levures et moisissures (UFC/g)
Production d'amélioration de diagramme	Tubercules non lavés	$5,6.10^2$	Moins de 10	$1,1.10^2$
	Tubercules lavés et désinfectés	$1,9.10^4$	Moins de 10	Moins de 10
	Tubercules lavés, désinfectés et réhydratés	$8,6.10^7$	$2,7.10^6$	$1,4.10^7$
	Tubercules désinfectés après réhydratés	$3,9.10^5$	$1,9.10^5$	$1,7.10^4$
	Pâte	$7,5.10^8$	$2,8.10^7$	$1,5.10^7$
	Lait de souchet nature	$3,9.10^8$	$1,3.10^8$	$3,8.10^6$
	Lait pasteurisé (85°C pdt 10mn)	$7,7.10^2$	$3,8.10^1$	Moins de 10
Essai de stabilisation 1	Tubercules non lavés	$7,0.10^2$	Moins de 10	$7,3.10^1$
	Tubercules lavés désinfectés et réhydratés	$5,6.10^5$	$1,3.10^3$	Moins de 10
	Tubercules réhydratés lavés et traité à la vapeur	Moins de 10	Moins de 10	Moins de 10
	Pâte de Tubercules traité à la vapeur	$2,7.10^4$	$2,8.10^3$	$3,7.10^3$
	Lait de Tubercules traité à la vapeur	$3,2.10^4$	$8,6.10^3$	$1,5.10^3$
	Lait Pasteurisé de Tubercules traité à la vapeur	$3,6.10^3$	$8,1.10^1$	Moins de 10
	Tubercules lavés et blanchit	$6,4.10^1$	Moins de 10	Moins de 10
	Pâte de Tubercules Blanchis	$1,0.10^5$	$6,1.10^3$	$1,1.10^4$
	Lait de Tubercules Blanchis	$2,1.10^5$	$9,1.10^4$	$1,1.10^4$
Lait Pasteurisé de Tubercules Blanchis	$3,2.10^3$	$8,2.10^1$	Moins de 10	
Essai de stabilisation 2	Tubercules non lavés	$5,6.10^2$	Moins de 10	$1,1.10^2$
	Tubercules lavés et désinfectés	$1,9.10^4$	Moins de 10	Moins de 10
	Tubercules lavés désinfectés et réhydratés	$8,6.10^7$	$2,7.10^6$	$1,4.10^7$
	Tubercules, réhydratés lavés et blanchis	$1,6.10^2$	Moins de 10	Moins de 10
	Pâte de Tubercules Blanchis	$1,3.10^6$	$7,5.10^5$	$5,4.10^4$
	Lait de Tubercules Blanchis	$9,1.10^6$	$9,9.10^5$	$4,8.10^5$
	Lait Pasteurisé de Tubercules Blanchis	$9,8.10^3$	Moins de 10	Moins de 10
	Tubercules lavés, réhydratés et traité à la vapeur	$6,4.10^1$	Moins de 10	Moins de 10
	Pâte de Tubercules traité à la vapeur	$1,3.10^8$	$3,0.10^6$	$4,1.10^6$
	Lait de Tubercules traité à la vapeur	$4,8.10^7$	$4,3.10^7$	$5,4.10^5$
Lait Pasteurisé de Tubercules traité à la vapeur	$6,1.10^2$	Moins de 10	Moins de 10	

## **VI.2. Suivi de l'évolution des paramètres microbiologiques des laits de souchet conservés au réfrigérateur**

Le résultat du suivi de l'évolution des paramètres microbiologiques des laits de souchet conservés au réfrigérateur est consigné dans le tableau X.

Les différents laits de souchet sont conservés dans leurs emballages (bouteilles) au réfrigérateur à 4°C. A partir de la 2<sup>e</sup> semaine, au niveau du lait de tubercules traités à la vapeur, il y a eu une prolifération de la Flore totale (FT) qui est passé de  $3,2 \cdot 10^4$  à  $1,8 \cdot 10^5$  UFC/g et des Bactéries lactiques (BL) qui passent de  $8,6 \cdot 10^3$  à  $1,3 \cdot 10^5$  UFC/g (tableau X). Les Levures et moisissures (LM) se sont très peu multipliées. Par contre pour le lait pasteurisé de tubercules traités à la vapeur, seul la prolifération des BL est remarquable en passant de  $8,1 \cdot 10^1$  à  $1,8 \cdot 10^5$  UFC/g. En ce qui concerne les produits des tubercules blanchis (laits non pasteurisé et pasteurisé), au cours de la 2<sup>e</sup> semaine, au niveau du lait de tubercules blanchis, on a une prolifération des BL qui est passé de  $9,1 \cdot 10^4$  à  $5,7 \cdot 10^5$  UFC/g. par contre à ce niveau, on note une réduction de la FT qui de  $2,1 \cdot 10^5$  est revenu à  $9,8 \cdot 10^4$  UFC/g. en ce qui concerne le lait pasteurisé de tubercules blanchis, les levures et moisissures sont restés stable, la Flore totale et les bactéries lactiques ont diminué et sont passés respectivement de  $3,2 \cdot 10^3$  à  $7,5 \cdot 10^2$  UFC/g et  $8,2 \cdot 10^1$  UFC/g à  $<10$ .

Au cours de la 3<sup>e</sup> semaine, tous les paramètres microbiologiques du lait de tubercules traités à la vapeur n'ont fait qu'augmenter et passer de  $1,8 \cdot 10^5$  à  $1,7 \cdot 10^7$  UFC/g pour la Flore totale, de  $1,3 \cdot 10^5$  à  $1,5 \cdot 10^6$  UFC/g pour les Bactéries lactiques et de  $8,5 \cdot 10^3$  à  $6,5 \cdot 10^4$  UFC/g pour les levures et moisissures. En ce qui concerne le lait pasteurisé de tubercules traités à la vapeur, la Flore totale et les Bactéries lactiques ont diminué seul les levures et moisissures se sont multiplier en passant de  $<10$  à  $8,2 \cdot 10^1$  UFC/g. au niveau des produits issu de blanchiment, au niveau du lait de tubercules blanchis il y a eu une augmentation de tous les paramètres microbiologiques qui sont passés de  $9,8 \cdot 10^4$  à  $5,3 \cdot 10^6$  UFC/g pour la flore totale, de  $5,7 \cdot 10^5$  à  $4,4 \cdot 10^7$  UFC/g pour les bactéries lactiques et de  $2,5 \cdot 10^4$  à  $1,5 \cdot 10^5$  UFC/g pour les levures et les moisissures. En ce qui concerne le lait pasteurisé de tubercules blanchis, les bactéries lactiques ainsi que les levures et moisissures sont resté stables et une diminution légère de la flore totale est observée.

Il ressort donc que dans les laits non pasteurisés, déjà plus chargés au départ, la prolifération microbienne, s'est poursuivie malgré l'application du froid durant la période de conservation au réfrigérateur. Pour ce qui est des produits pasteurisés, la prolifération microbienne est plus faible comparativement aux produits non pasteurisé. Nous pouvons conclure ni la cuisson, ni

le blanchissement, ne suffisent à eux seuls à stabiliser les laits de souchets et qu'une étape de pasteurisation est nécessaire.

**Table X: Résultats du suivi des paramètres microbiologiques de l'essai de conservation au réfrigérateur d'échantillons de lait de souchet stabilisé**

Période d'analyse Echantillons	Jour de la production			2 <sup>e</sup> semaine après			3 <sup>e</sup> semaine après		
	FT (UFC/ml)	BL (UFC/ml)	LM (UFC/ml)	FT (UFC/ml)	BL (UFC/ml)	LM (UFC/ml)	FT (UFC/ml)	BL (UFC/ml)	LM (UFC/ml)
Lait de Tubercules traités à la vapeur	$3,2.10^4$	$8,6.10^3$	$1,5.10^3$	$1,8.10^5$	$1,3.10^5$	$8,5.10^3$	$1,7.10^7$	$1,5.10^6$	$6,5.10^4$
Lait Pasteurisé de Tubercules traités à la vapeur	$3,6.10^3$	$8,1.10^1$	<10	$4,9.10^3$	$1,8.10^5$	<10	$6,1.10^2$	<10	$8,2.10^1$
Lait de Tubercules Blanchis	$2,1.10^5$	$9,1.10^4$	$1,1.10^4$	$9,8.10^4$	$5,7.10^5$	$2,5.10^4$	$5,3.10^6$	$4,4.10^7$	$1,5.10^5$
Lait Pasteurisé de Tubercules Blanchis	$3,2.10^3$	$8,2.10^1$	<10	$7,5.10^2$	<10	<10	$6,5.10^2$	<10	<10

### **VI.3. Suivi des caractéristiques organoleptiques des laits de souchet au cours de leur conservation au réfrigérateur**

Nous avons suivi l'évolution de l'aspect, de la couleur, de l'odeur et du goût des laits de souchet conservés au réfrigérateur à 4°C. Les contrôles sont effectués chaque semaine jusqu'à l'observation d'un changement notable.

Les résultats du suivi des caractéristiques organoleptiques effectué au cours de la conservation des laits de souchet au réfrigérateur consigné dans le tableau XI montrent :

D'une part pour la production à partir du diagramme amélioré que le lait de souchet nature est resté stable durant les deux premières semaines. A partir de la troisième semaine, ce lait devient plus sucré et commence à se fermenter et se gâte complètement au cours de la quatrième semaine. En ce qui concerne le lait de souchet nature pasteurisé, on observe une bonne conservation du point de vue organoleptique du produit au cours des trois premières semaines. A partir de la quatrième semaine le produit devient plus sucré.

D'autre part, au niveau des essais de stabilisation, les deux types de laits non pasteurisés (lait de tubercules traités à la vapeur et lait de tubercules blanchis) sont stables au cours des deux premières semaines du point de vue organoleptique. À partir de la 3<sup>ème</sup> semaine, ces laits deviennent un peu plus sucrés. Cela signifie qu'il y a eu une hydrolyse des constituants glucidiques durant cette période. Au cours de la 4<sup>ème</sup> semaine, le goût sucré de ces produits augmente, ce qui signifie que l'hydrolyse des constituants glucidiques s'est poursuivie. En plus de cela, il y a eu un début de fermentation de ces produits.

En ce qui concerne les laits pasteurisés, ils sont restés stables durant les trois premières semaines. A partir de la 4<sup>ème</sup> semaine ces produits deviennent un peu plus sucrés.



**Photo 1: Lait de souchet conditionné  
(TAMBOURA 2014)**

**Table XI: Résultats du Suivi des caractéristiques organoleptiques des essais de productions conservés au réfrigérateur**

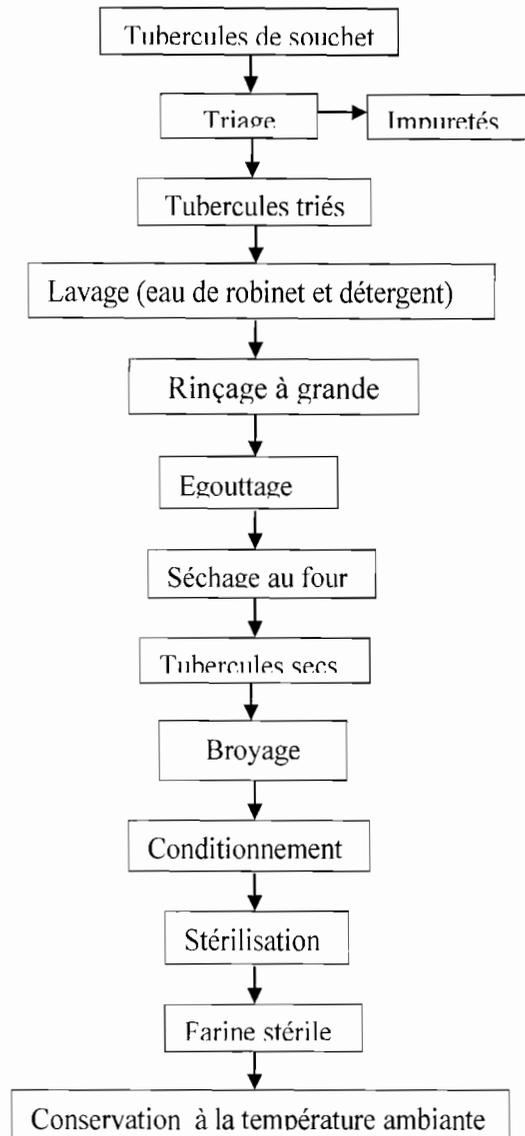
Type de production	Nature du lait	Observations			
		1 <sup>ère</sup> semaine	2 <sup>e</sup> semaine	3 <sup>e</sup> semaine	4 <sup>e</sup> semaine
Production d'amélioration	Lait de souchet nature	Pas de changement d'Odeur, de couleur, d'aspect ni de goût		changement du goût (goût plus sucré), odeur légèrement aigre.	Formation de deux phases, produit gluant, odeur nauséabonde
	Lait de souchet nature pasteurisé	Pas de changement d'Odeur, de couleur ni d'aspect, un goût plus sucré à partir de la 3 <sup>ème</sup> semaine			
Essai de stabilisation n°1	Lait de Tubercules Blanchis	Pas de changement d'Odeur, de couleur, d'aspect ni de goût		Leger changement du goût (goût plus sucré).	Leger changement du goût (goût plus sucré), odeur légèrement aigre
	Lait Pasteurisé de Tubercules Blanchis	Pas de changement d'Odeur, de couleur ni d'aspect, un goût plus sucré à partir de la 3 <sup>ème</sup> semaine			
	Lait de Tubercules traités à la vapeur	Pas de changement d'Odeur, de couleur, d'aspect et de goût		Leger changement du goût peu perceptible (goût plus sucré).	Leger changement du goût (goût plus sucré), odeur légèrement aigre
	Lait Pasteurisé de Tubercules traités à la vapeur	Odeur, couleur, aspect caractéristique du produit fini avec un goût plus sucré à partir de la 3 <sup>ème</sup> semaine			

Essai de stabilisation n°2	Lait de Tubercules Blanchis	Odeur, couleur, aspect et goût caractéristique du produit fini	Leger changement du goût peu perceptible (goût plus sucré).	Leger changement du goût (goût plus sucré), odeur légèrement aigre
	Lait Pasteurisé de Tubercules Blanchis	Odeur, couleur, aspect caractéristique du produit fini avec un goût plus sucré à partir de la 3 <sup>ème</sup> semaine		
	Lait de Tubercules traités à la vapeur	Odeur, couleur, aspect et goût caractéristique du produit fini	Leger changement du goût peu perceptible (goût plus sucré)	Leger changement du goût (goût plus sucré), odeur légèrement aigre
	Lait Pasteurisé de Tubercules traités à la vapeur	Odeur, couleur, aspect caractéristique du produit fini avec un goût plus sucré à partir de la 3 <sup>ème</sup> semaine		

## **VII. Proposition de diagramme amélioré de production du lait de souchet**

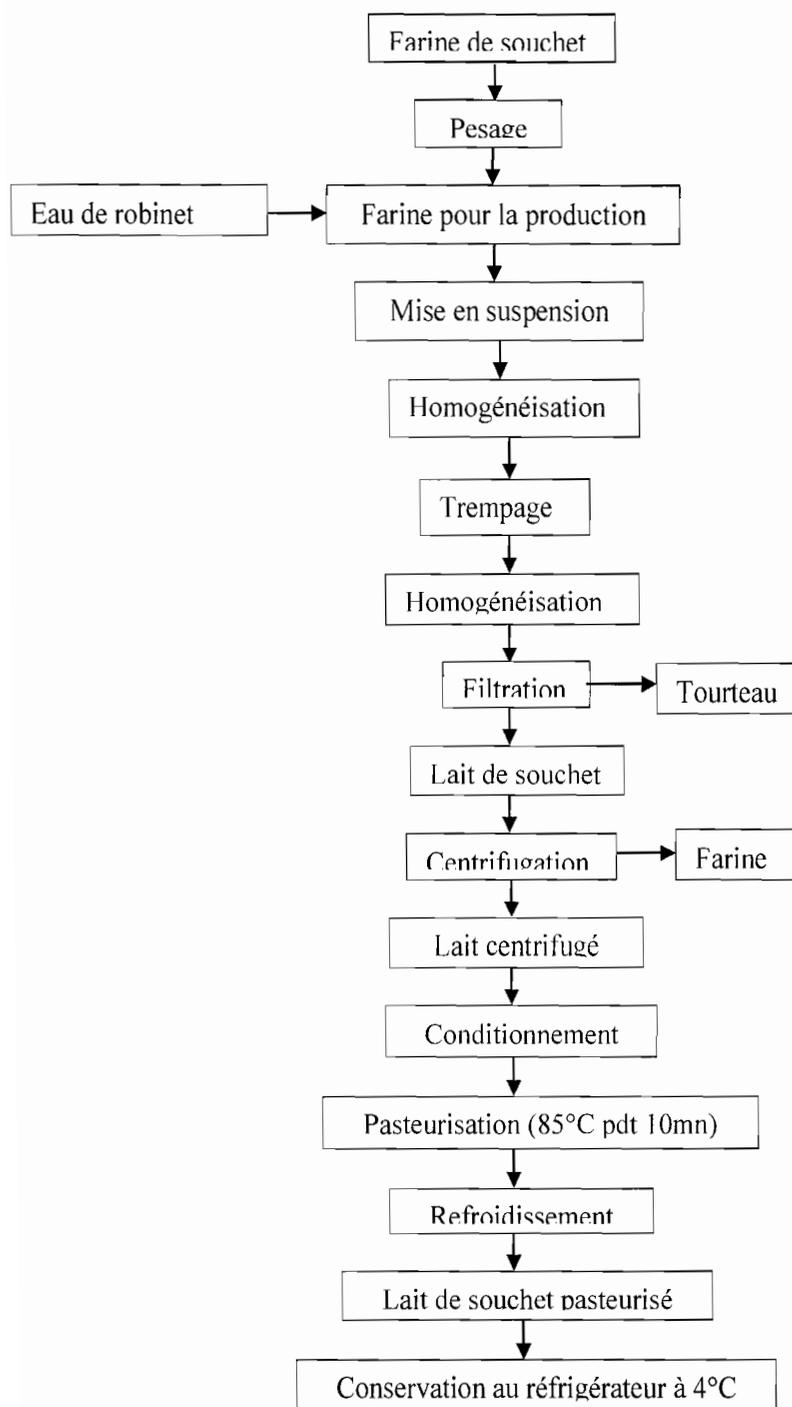
Majoritairement, les producteurs de lait de souchet partent des tubercules pour la production de cette boisson. Lors de la transformation, le broyage des tubercules est réalisé dans des moulins publics qui ne sont pas désinfectés avant l'opération, ce qui contribue à une forte contamination du produit fini puisqu'il n'est pas pasteurisé. Or avec les essais que nous avons eu à faire, malgré l'application des BPH/BPF, la désinfection du moulin avant le broyage qui est réalisé dans un environnement clos et propres (salle de production climatisée) les analyses microbiologiques révèlent qu'il y a une contamination du produits après le broyage. Au regard de cela, au lieu de partir des tubercules pour la production du lait de souchet, nous proposons la mise à la disposition des producteurs de cette boisson une farine saine à partir de laquelle ils vont produire du lait de souchet et l'application des BPH/BPF lors des différentes opérations de transformation en vue de réduire au maximum la charge microbienne du produit fini. Pour se faire, pour la production de la farine, nous proposons la procédure suivante (résumé dans la figure 5) :

Faire un triage des tubercules, bien les laver avec de l'eau de robinet pour les débarrasser du sable et des impuretés et bien sécher les tubercules au four. Les tubercules bien secs sont broyés dans un environnement sain avec un broyeur préalablement désinfecté, un personnel bien propre et bien protégé (port de chaussures de l'atelier, de blouse, de gans, de coiffe et de cache-nez) et du matériel lavé et désinfecté. A la fin du broyage, la farine doit être conditionnée dans des emballages stériles et si possible stérilisé avant d'être stocké à la température ambiante dans un environnement approprié.



**Figure 5: Diagramme de production de la farine de souchet**

Pour la production du lait de souchet (figure 6), utiliser la farine obtenue précédemment. Pour ce faire, l'environnement de travail doit être bien propre, le matériel bien lavé et désinfecté, le personnel bien propres et connaissant et appliquant les BPH/BPF. Après tout cela, peser la farine et la suspendre dans une quantité d'eau bien définie (eau de robinet), bien homogénéiser le mélange et (peser et ajouter du sucre dans le mélange selon nos goûts). Laisser le mélange reposer pendant un bout de temps pour pouvoir extraire le maximum possible du jus. Par la suite, homogénéiser de nouveau le mélange et procéder à la filtration. Par la suite, centrifuger le jus afin de réduire le dépôt de farine qu'il contient, les conditionner dans des emballages en bouteilles stériles et pasteuriser le lait. Après pasteurisation refroidir immédiatement le lait et le conserver au réfrigérateur à 4°C.



**Figure 6: Diagramme de production du lait de souchet**

## **CONCLUSION**

Notre étude sur la valeur nutritionnelle des tubercules de souchet des régions des Hauts-Bassins, des Cascades et du Sud-Ouest révèle que ces tubercules sont très riches en sucres et en matières grasses. Ils sont aussi riches en éléments minéraux tel que le Magnésium, le Calcium et le Potassium.

En ce qui concerne l'étude de la qualité sanitaire du lait de souchet, nous constatons que les produits issus des différents suivis sont plus chargés en microorganismes par rapport aux produits des différents essais à l'atelier. Ce qui s'explique par la différence des conditions de travail.

Pour finir nous soulignons que le manque de bonnes conditions d'hygiène durant la production du lait de souchet et la rupture de la chaîne du froid durant la conservation sont les principaux facteurs qui entraînent une altération rapide de ce produit.

## **PERSPECTIVES**

En perspective, nous proposons un approfondissement de l'étude de la qualité nutritionnelle des tubercules du souchet par la détermination de la nature des acides gras des tubercules, mais aussi par la détermination de ses différentes vitamines ainsi que les facteurs antinutritionnels.

Notre étude sur la qualité sanitaire du lait de souchet n'a concerné que la détermination de la charge microbienne. Pour un approfondissement de l'étude nous proposons une identification des composants de la Flore totale et la recherche de germes de contamination.

Enfin pour améliorer la qualité du lait de souchet, former les transformateurs sur les BPH/BPF et mécaniser la production de cette boisson.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bamisaiye EI and OM Bbamisaiye, (2011). Tigernut: As a plant, its derivatives and benefits
- Barminas G. T.; Maina H. M., Tahir S. ,Kubmarawa D., Tsware, (2001). A preliminary investigation into the biofuel characteristics of tigernut (*Cyperus esculentus*) oil. *Bioresource technology* 79, 87-89.
- Belewu MA and OA Abodunrin Preparation of Kunnu from unexploited rich food source: Tiger nut (*Cyperus esculentus*). *World Journal of Dairy and Food Sciences*, 2006; 1: 19-21.
- Djomdi, Ejoh R., Ndjouenkeu R., (2007). Soaking behavior and milky extract performance of tigernut (*Cyperus esculentus*) tubers. *Journal of food Engineering* 78, 546-550.
- Dodet M. (2006). Diversité génétique et phénologie de *C esculentus* L (cyperaceae) pour une gestion de l'espèce dans les cultures de Haute-Lande. Thèse de doctorat de l'université de Bourgogne, France.
- Enebeli J.N.,Umérie S.C., (1996). Malt caramel from tubers of *Cyperus esculentus*. *Bioresource technology* 57,215-216.
- Foidl N., Foidl G., Sandez M., Hackel S., (1996). *Jatropha curcas* L as a source of production of biofuel in Nicaragua. *Bioresource technology* 58, 77-82.
- Killinger G.B, Stokes W.E., (1946). Chufas in Florida. University of Florida Agricultural Experiment Station Bulletin, n°.419, 16p.
- OA Dawodu, Okoye WI, Oluwayose BO and Osagie AU Chemical quality parameters and fatty acid position of oils of underexploited tropical seeds. *Nig. J. Appl. Sci.* 1986; 4:151-162.
- Oladele A.K and Aina J.O (2007). Chemical composition and functional 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.

### **Sites internet**

Tigernuts profile, document PDF [www.tigernuts.com](http://www.tigernuts.com) (page web consulté 14/07/2013)

Faire soi-même de l'horchata de chufas ou du lait de souchet (lait végétal de noix tigrées)  
[www.cfaitmaison.com](http://www.cfaitmaison.com) (page web consulté le 08/09/2013)

*Cyperus esculentus* L. (Famille: Cyperaceae, Cyperacées) Synonymes : souchet tubéreux, souchet sucré, souchet sultan, amande de terre [www.infoflora.ch](http://www.infoflora.ch) (page web consulté le 02/02/2014)

## ANNEXES

### Annexe 1: composition des milieux de culture

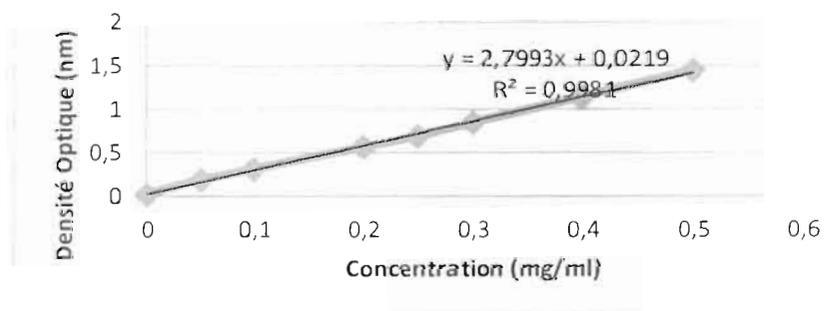
Milieux	Composants	Quantité (g/l)
PCA	- Tryptone	5
	- Glucose	1
	- Extrait de levure	2,5
	- Agar	15
Sabouraud	- Neopeptone	10
	- Glucose	40
	- Chloramphénicol	0,5
	- Agar	15
Agar de MRS	- Peptone	10
	- Extrait de viande	8
	- Extrait de levure	4
	- Glucose	20
	- Tween 80	1
	- Hydrogénophosphate de potassium	2
	- Acétate de sodium, 3H <sub>2</sub> O	5
	- Citrate d'ammonium	2
	- Sulfate de magnésium, 7H <sub>2</sub> O	0,2
	- Sulfate de manganèse, 4H <sub>2</sub> O	0,05
	- agar	10

Annexe 3 : Procédure d'établissement des courbes étalons pour les déterminations des composés glucidiques.

**Procédure d'établissement de la courbe étalon n°1 sucres totaux**

Tubes	0	1	2	3	4	5	6	7
Solution de glucose	0	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	1
Eau distillée	1	0,9	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0
Concentration	0	0,05	0,1	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5
DO 0	0,021	0,189	0,312	0,565	0,706	0,845	1,143	1,444
DO 1	0,024	0,187	0,312	0,564	0,701	0,842	1,142	1,456
DO 2	0,021	0,190	0,313	0,564	0,657	0,857	1,143	1,444
DO Moy	0,022	0,189	0,312	0,564	0,688	0,848	1,143	1,448
Ecart type	0,002	0,002	0,001	0,000	0,022	0,008	0,001	0,006
CV	6,82%	0,80%	0,16%	0,00%	3,20%	0,88%	0,04%	0,41%

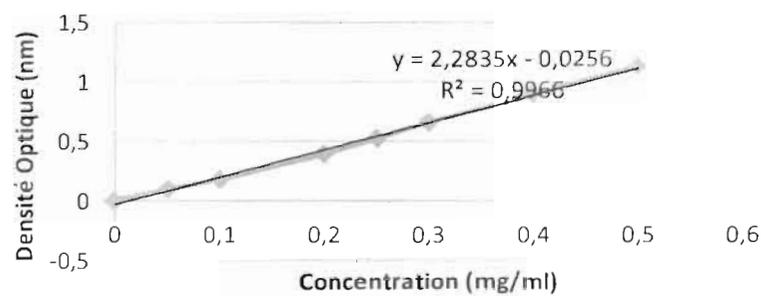
**Courbe étalon n°1 sucres totaux**



**Procédure d'établissement de la  
Courbe étalon n° 2 sucres totaux**

Tubes	0	1	2	3	4	5	6	7
Solution de glucose	0	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	1
Eau distillée	1	0,9	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0
Concentration	0	0,05	0,1	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5
DO 0	0,009	0,099	0,182	0,394	0,523	0,648	0,9	1,119
DO 1	0,008	0,101	0,182	0,396	0,523	0,636	0,886	1,137
DO 2	0,008	0,099	0,185	0,395	0,532	0,697	0,921	1,137
DO Moy	0,008	0,100	0,183	0,395	0,526	0,660	0,902	1,131
Ecart type	0,000	0,001	0,002	0,001	0,005	0,031	0,018	0,000
CV	0,00%	1,00%	0,82%	0,13%	0,86%	4,62%	1,94%	0,00%

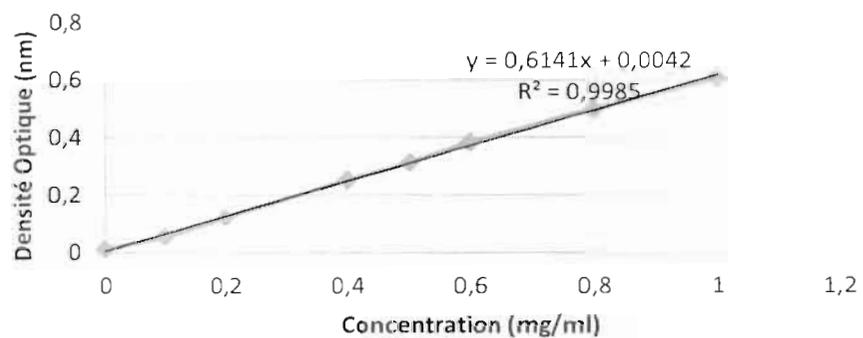
**Courbe étalon n°2 sucres  
totaux**



### Procédure d'établissement de la courbe étalon pour la détermination des sucres réducteurs

Tubes	0	1	2	3	4	5	6	7
Solution de glucose	0	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	1
Eau distillée	1	0,9	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0
Concentration (mg/ml)	0	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	1
DO 1	0,010	0,055	0,137	0,248	0,311	0,371	0,492	0,580
DO 2	0,011	0,058	0,117	0,263	0,302	0,394	0,489	0,611
DO 3	0,010	0,054	0,111	0,247	0,325	0,388	0,519	0,636
DO Moy	0,011	0,055	0,122	0,253	0,313	0,384	0,500	0,608
Ecart type	0,001	0,001	0,011	0,007	0,009	0,010	0,013	0,028
CV	4,76%	0,92%	9,14%	2,90%	3,03%	2,53%	2,70%	4,61%

### Courbe étalon sucres réducteurs



### Procédure d'établissement de la courbe étalon pour la détermination de l'amidon

Identité	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
référence	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V amidon (ml)	0,000	0,010	0,020	0,03	0,040	0,050	0,060	0,070	0,080	0,090	0,100
C amidon (mg/ml)	0,0000	0,0100	0,0200	0,0300	0,0400	0,0500	0,0600	0,0700	0,0800	0,0900	0,1000
DO1	0,0070	0,0920	0,2150	0,2880	0,4160	0,5410	0,5830	0,7190	0,7960	0,8960	1,0000
DO2	0,0120	0,0640	0,2140	0,3030	0,4390	0,4850	0,5870	0,7350	0,788	0,9210	0,9790
DO3	0,0120	0,1010	0,2220	0,2880	0,4170	0,4880	0,6070	0,6780	0,7930	0,8760	0,9790
Moy	0,0103	0,0857	0,2170	0,2930	0,4240	0,5047	0,5923	0,7107	0,7945	0,8977	0,9860
Ecart type	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,00	0,02	0,01

### Courbe étalon amidon

