

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I

FACULTÉ DES SCIENCES

DÉPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE



THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

FACULTY OF SCIENCES

DEPARTMENT OF MICROBIOLOGY

CENTRE DE CONTRÔLE DE QUALITE DES DENRÉES ALIMENTAIRES DE N'DJAMENA

N'DJAMENA FOOD QUALITY CONTROL CENTER

**CARACTÉRISTIQUES BIOCHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES DU
MENEU, CONDIMENT PRODUIT PAR FERMENTATION DE GRAINES
D'*Amblygonocarpus andongensis* (WELW. EX OLIV.) HAMS (1899) AU SUD
DU TCHAD.**

Mémoire rédigé et présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master en Microbiologie

Option : Microbiologie Alimentaire et Industrielle

Par :

HOUVOUNASSOU LHINGA

Matricule : 19Y2558

Licencié en Sciences Biologiques

Sous la codirection de :



TCHIKOUA Roger

Maître de Conférences

Université de Yaoundé I

BODERING Alain

Maître assistant

Université de Doba (Tchad)

Année académique : 2022 - 2023

DÉDICACE

À mes parents :

Mon père LHINGA galion

et

Ma mère NDAGANOU Monique

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé aux laboratoires de microbiologie et de physico-chimie du Centre de Contrôle de Qualité des Denrées Alimentaires (CECOQDA) de N'Djamena.

Tout d'abord je tiens à remercier Dieu le Tout Puissant pour le courage qu'il m'a accordé pour réaliser ce mémoire.

Qu'il me soit permis à la fin de ce travail, d'adresser mes sincères remerciements et ma profonde gratitude :

Au Pr TCHIKOUA Roger, Maître de Conférences de l'Université de Yaoundé I, directeur de mémoire. Professeur, je vous exprime ma sincère gratitude pour votre grande qualité d'encadrement. Nous admirons avec respect votre sens d'écoute, votre générosité, votre détermination et les efforts que vous fournissez pour la formation de la jeunesse africaine. Du fond du cœur, je vous dis merci.

Au Dr BODERING Alain, Maître-assistant (CAMES) de l'Université de Doba, merci d'avoir accepté de codiriger ce travail, pour m'avoir guidé et soutenu. Merci pour votre patience, votre générosité à me transmettre vos connaissances scientifiques. Que vous trouviez ici l'expression de ma reconnaissance et de ma profonde gratitude.

Mes remerciements s'adressent également à ceux qui m'ont fait l'honneur d'accepter la responsabilité d'évaluer le travail :

Au Pr ESSIA NGANG Jean Justin, Chef de Département de Microbiologie de l'Université de Yaoundé I, pour avoir accepté de présider le jury d'évaluation de notre travail, malgré vos lourdes responsabilités. Nous vous exprimons notre profonde gratitude.

Au Pr SADO KADEM Sylvain Leroy, pour avoir accepté de juger ce mémoire.

A tous les enseignants de la Faculté des sciences de l'Université de Yaoundé I et en particulier ceux du Département de Microbiologie qui ont tout mis en œuvre pour parfaire notre formation.

À tout le personnel du CECOQDA dont le Professeur SOUDY. Il s'agit de : **BALLET Samson**, Directeur Général de la qualité microbiologique des aliments, eaux et boissons, **Marthe RIRABE** chef de Département de microbiologie des aliments, **HASSANA Mahamat**, chef de Département de physico-chimie, **NOUDJITLOUM François** correspondant qualité physico-chimique, **Dr Amine**. Merci Professeur pour l'opportunité que vous nous avez donné de passer un stage au CECOQDA pour la réalisation de notre étude.

Nous remercions particulièrement **M. Adembeye Sylvain et M. Firmin**, techniciens de laboratoire de microbiologie des aliments, eaux et boissons pour votre disponibilité même les jours non ouvrables, et sans laquelle nous ne serions parvenus aux résultats escomptés.

Je n'oublie pas de remercier tous les stagiaires qui ont contribué à l'avancement de ce mémoire à savoir **MADJI Nadège et KOSSO**

À mes promotionnaires, en particulier : **KEDMAYLA Nathanaël, MAKONE Flore.**

À tous mes amis : Barnabas DJOUNA, HAISSOU Richard, MBOROSSOU Obed, LINGUE, Roboam, NADJILEM Narcisse, MBORTCHOGUE Gédéon, LINAMAMOU Obed, DJOK'S Clément, BAHAOUSSOU Marc, NAMKA DAÏBA, BAINAMBI Silas, Isaac VAMOULGUE, MBATBAINA Gendarme, ALLAFI Jérôme, DERA GOHOMBA, GAMMA Élie, pour les meilleurs moments passés ensemble et votre soutien qui ont sans doute été important pour le bon déroulement de mes études. Soyez-en remerciés.

À KELO ZINA, pour l'accueil et l'excellent temps passé ensemble à N'Djamena et votre soutien matériel et financier. Trouve ici ma profonde reconnaissance.

À mes grand-frères : SANA LHINGA, DEPTASSIA LHINGA, KOTORNA LHINGA, KARAMBA LHINGA, GUIRFOGO LHINGA, DANGAYE LHINGA, SOUDERA LHINGA, pour m'avoir soutenu moralement et financièrement durant mon parcours scolaire.

À tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail qu'ils trouvent ici l'expression de ma gratitude.

SOMMAIRE

DÉDICACE.....	i
REMERCIEMENTS	ii
SOMMAIRE	iv
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	vi
LISTE DE TABLEAUX	vii
LISTE DE FIGURES	viii
LISTE DES ANNEXES	ix
RESUME.....	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : REVUE DE LA LITTÉRATURE	4
1.1. <i>Amblygonocarpus andongensis</i> : présentation de l'espèce végétale	5
1.1.1. Origine et répartition géographique.....	5
1.1.2. Description botanique.....	5
1.1.3. Vertus thérapeutiques	5
1.1.4. Utilité de la graine d' <i>Amblygonocarpus andongensis</i> dans l'alimentation	6
1.1.5. Composition et valeur nutritionnelle de graines	6
1.2. Condiments fermentés : définition et rôle culturel	7
1.3. Généralité sur la fermentation des aliments	7
1.3.1. Études de fermentation des graines d' <i>Amblygonocarpus andongensis</i>	9
1.3.2. Caractéristiques physico-chimiques des condiments fermentés.....	10
1.3.3. Caractéristiques microbiologiques des condiments fermentés	11
1.3.4. Micro-organismes indésirables dans les condiments fermentés	13
1.4. Diversité des aliments fermentés.....	14
1.5. Effets bénéfiques des aliments fermentés pour la santé	15
1.5.1. Préservation et la durée de conservation	16
1.5.2. Amélioration de la valeur nutritionnelle des aliments.....	16
1.5.3. L'élimination des composés antinutritionnels.....	16
1.6. Détermination des populations microbiennes des aliments fermentés	17
1.6.1. Méthodes dites « cultures dépendantes »	17
CHAPITRE 2 : MATÉRIEL ET MÉTHODES	19
2.1. Cadre et durée.....	20

2.2.	Matériel	20
2.2.1.	Matériel biologique	20
2.2.2.	Matériel de laboratoire	20
2.3.	Méthodologie.....	20
2.3.1.	Enquête.....	21
2.3.2.	Site et échantillonnage.....	21
2.3.3.	Effet de la fermentation sur les paramètres physico chimiques du <i>Meneu</i>	22
2.3.3.1.	Mesure du pH des graines et du Meneu	22
2.3.3.2.	Détermination de la teneur en eau et en matière sèche.....	22
2.3.3.3.	Teneur en cendres brutes	22
2.3.3.4.	Détermination de la teneur en lipides	23
2.3.4.	Effet de la fermentation sur les paramètres microbiologiques du <i>Meneu</i>	24
2.4.	Analyses statistiques.....	26
CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION		27
3.1.	RÉSULTATS	28
3.1.1.	Résultats de l'enquête.....	28
3.1.2.	Caractéristiques physicochimiques du <i>Meneu</i>	30
3.1.2.1.	Variation des paramètres physicochimiques du Meneu en fonction de marchés ..	32
3.1.3.	Caractéristiques microbiologiques	35
3.1.3.1.	Variation des paramètres microbiologiques du Meneu en fonction des marchés.....	36
3.2.	DISCUSSION	40
CONCLUSION ET PERSPECTIVES		43
CONCLUSION		44
PERSPECTIVES.....		44
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES		45
ANNEXES		xi

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

<i>A. andongensis</i>	: <i>Amblygonocarpus andongensis</i>
CECOQDA	: Centre de Contrôle de qualité des Denrées Alimentaires
CO₂	: Dioxyde de carbone
<i>E. coli</i>	: <i>Escherichia coli</i>
EPT	: Eau peptonée tamponnée
GO	: Gélose ordinaire
HTA	: Hypertension artérielle
ISO	: Organisation Internationale de Normalisation
MG	: Matière grasse
Mg	: Milligramme
MRS	: Man Rogassa Sharpe
MS	: Matière sèche
MYP	: Mannitol egg yolk polymysin
OMS	: organisation mondiale de la santé
pH	: Potentiel d'hydrogène
TBX	: Tryptone Bile x-slucuronide
UFC	: Unité Formant Colonie
VRBL	: Violet Red Bile Lactose
XLD	: Xylose-Lysine-Décarboxylate
FAO	: Food and Agriculture Organization

LISTE DE TABLEAUX

Tableau I: Composition chimique des graines d' <i>Amblygonocarpus andongensis</i>	7
Tableau II: Exemples d'aliments fermentés traditionnels consommés dans différents pays ...	15
Tableau III: Résultats de l'enquête menée autour de l'activité du <i>Meneu</i>	30
Tableau IV: Caractéristiques physico-chimiques du <i>Meneu</i> après fermentation et du témoin	32
Tableau V: Caractéristiques microbiologiques du <i>Meneu</i> après fermentation et témoin (Log ₁₀ UFC/g)	36

LISTE DE FIGURES

Figure 1: Méthodologie adoptée pour cette présente étude.....	21
Figure 2 : Diagramme de production du Meneu.....	29
Figure 3 : Répartition de pH en fonction des marchés et matière première.....	33
Figure 4 : Répartition de la teneur en eau en fonction des marchés et matière première.....	33
Figure 5 : Répartition des teneurs en cendre en fonction des marchés et matière première	34
Figure 6 : Répartition des teneurs en lipide en fonction des marchés et matière première.....	34
Figure 7 : Concentration des coliformes totaux en fonction des marchés et matière première	37
Figure 8 : Concentration des <i>Escherichia coli</i> en fonction des marchés et matière première .	37
Figure 9 : Concentration des <i>Staphylococcus aureus</i> en fonction marchés et matière première	38
Figure 10 : Concentration des <i>Bacillus cereus</i> en fonction des marchés et matière première .	38
Figure 11 : Concentration des champignons en fonction des marchés et matière première	39

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Composition de quelques milieux de culture.....	xi
Annexe 2: Germes recherchés, milieux de culture et températures d'incubation	xiii
Annexe 3 : Quelques matériels de laboratoire	xiii
Annexe 4: Résultats de tests biochimiques (API 20E).....	xv
Annexe 5: Fiche d'enquête.....	xvi

RESUME

Le *Meneu* est un produit alimentaire issu de la fermentation des graines d'*Amblygonocarpus andongensis* au Tchad. Il est utilisé comme condiment dans la préparation pour relever le goût et l'arôme des sauces. Sa fabrication par les femmes rurales ou urbaines constitue une des principales activités génératrices de revenus. Bien que le *Meneu* occupe une place importante dans la société Tchadienne. Aucune étude n'a été effectuée sur les changements physicochimiques et microbiologiques au cours de la fermentation qui conduit à l'obtention de ce produit. La présente étude visait à déterminer les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du *Meneu* vendu sur les marchés locaux. Pour ce faire, une enquête préliminaire a été menée dans le Département de lac-wey, précisément dans la ville de Moundou, située au sud du Tchad. Cette enquête a été menée auprès des 22 commerçantes de *Meneu* qui effectuent leur activité dans 03 marchés différents (Djarabé, Guelmbag et Dessert). Cette enquête visait à se documenter sur les techniques de production et à recueillir les informations sur la fréquence de production et le mode de consommation. Après l'enquête, les échantillons du *Meneu* ont été collectés et les paramètres physicochimiques et microbiologiques ont été analysés au laboratoire. Les résultats des analyses physicochimiques montrent que les échantillons de graines fermentées présentent des taux élevés en humidité ($57,85 \pm 0,96$ à $63,7 \pm 0,35\%$), cendres ($5,86 \pm 0,04$ à $8,26 \pm 0,26\%$), lipides ($7,75 \pm 0,03$ à $11,4 \pm 1,58\%$) par rapport aux graines non fermentées. Cependant, il y a certains paramètres qui sont faibles tels que : pH (4,8 à 5,9). Les variations des paramètres physico-chimiques (pH, humidité, cendres, lipides) entre les deux échantillons des graines d'*A. andongensis* (fermentées et non fermentées) sont dues à la fermentation du *Meneu*. Les analyses microbiologiques ont révélé une forte contamination des échantillons de *Meneu* en coliformes totaux, *Escherichia coli*, *Staphylococcus*, *Bacillus cereus* et levures et moisissures. Les concentrations de ces microorganismes ont varié d'une vendeuse à une autre et d'un marché à un autre marché. Par contre, une absence de *Salmonella* dans tous les échantillons analysés a été constatée. Les données de cette étude ouvrent ainsi de nouvelles pistes de recherche pour l'amélioration des procédés traditionnels de transformation et de la qualité du *Meneu*.

Mots clés : *Amblygonocarpus andongensis*, fermentation, condiment, *Meneu*, microbiologie, physico-chimie, Tchad.

ABSTRACT

Meneu is a food product derived from the fermentation of *Amblygonocarpus andongensis* seeds in Chad. It is used as a condiment to enhance the taste and aroma of sauces. Its manufacture by rural or urban women is one of the main income-generating activities. *Meneu* occupies an important place in Chadian society. No studies have been carried out on the physicochemical and microbiological changes during the fermentation process that leads to this product. The aim of the present study was to determine the physicochemical and microbiological characteristics of *Meneu* sold on local markets. To this end, a preliminary survey was carried out in the Department of Lac Wey, specifically in the town of Moundou, located in southern Chad. The survey was conducted among 22 *Meneu* traders operating in 03 different markets (Djarabé, Guelmbag and Dessert). The aim of the survey was to document production techniques and gather information on production frequency and consumption patterns. After the survey, the *Meneu* samples were collected and the physicochemical and microbiological parameters were analyzed in the laboratory. The results of the physicochemical analyses show that fermented seed samples have higher levels of moisture (57.85 ± 0.96 to $63.7 \pm 0.35\%$), ash (5.86 ± 0.04 to $8.26 \pm 0.26\%$) and lipids (7.75 ± 0.03 to $11.4 \pm 1.58\%$) than unfermented seeds. However, some parameters are low, such as pH (4.8 to 5.9). Variations in physico-chemical parameters (pH, moisture, ash, lipids) between the two samples of *A. andongensis* seeds (fermented and unfermented) are due to *Meneu* fermentation. Microbiological analyses revealed high contamination of the *Meneu* samples with total coliforms, *Escherichia coli*, *Staphylococcus*, *Bacillus cereus* and yeasts and moulds. Concentrations of these microorganisms varied from vendor to vendor and market to market. However, *Salmonella* was absent from all samples analyzed. The data from this study opens up new avenues of research for improving traditional processing methods and the quality of *Meneu*.

Keywords : *Amblygonocarpus andongensis*, fermentation, condiment, *Meneu*, microbiology, physical chemistry, Chad.

INTRODUCTION

Les condiments fermentés traditionnellement font partie des divers aliments fermentés, obtenus par fermentation dans des conditions très variables à travers différentes parties du monde (Bikila, 2020). Ces condiments fermentés occupent encore aujourd'hui une place très importante dans l'alimentation de familles, que ce soit sur le plan culturel, socio-économique ou nutritionnel. Ils représentent une alternative intéressante du point de vue économique et de plus, constituent une technique de conservation peu coûteuse des produits végétaux. Ces condiments traditionnels fermentés sont retrouvés dans de nombreux pays africains et font l'objet de très nombreuses transactions commerciales entre les différents pays et se retrouvent sur tous les marchés locaux (Fatoumata *et al.*, 2016 ; Kambiré *et al.*, 2021). Au Nigéria, le *dawadawa* est obtenu à partir de graines de *Parkia biglobosa*. Au Burkina Faso et au Mali, le *Soumbala* est un condiment fermenté obtenu à partir de graines de néré. En Côte d'Ivoire, le *Soumbara* est préparé à base de graines de soja ou de néré (Agbobatinkpo *et al.*, 2019). Au Cameroun, le *Dadawa* est produit à partir de néré (Mapongmetsem *et al.*, 2012).

Au cours de la production de ces aliments fermentés, de nombreux travaux ont noté des changements sur les qualités microbiologique, nutritionnelle, sensorielle et fonctionnelle des produits finis obtenus après la fermentation de la matière première (Fatoumata *et al.* 2016 ; Agbobatinkpo *et al.*, 2019 ; Roukaya *et al.*, 2020 ; Kambiré *et al.*, 2021). Les travaux d'Okafor *et al.* (2015) ont montré que pendant la production de l'*Ogiri*, les teneurs en potassium, magnésium, calcium, fer et zinc augmentaient respectivement de 1,18, 1,02, 0,55, 0,44 et 0,38 mg/100g sur le melon fermenté, comparées aux teneurs initiales de ces minéraux dans le melon bouilli qui étaient respectivement de 1,11, 0,94, 0,81, 0,38 et 0,31 mg/100g. De même, la teneur de certains facteurs antinutritionnels tels que l'acide oxalique était réduit à 0,09mg/100g de matières sèches faisant de l'*Ogiri* un aliment de grande qualité nutritive. Par ailleurs, Abiola & Ekunrin (2016) ont montré que la qualité microbiologique au cours de la fermentation du melon était fortement améliorée avec une réduction importante des pathogènes tels que *Staphylococcus aureus* dans l'aliment. Au Cameroun, les travaux de Tchikoua *et al.* (2015) ont montré qu'au cours de la fermentation du *Kutukutu* par *Lactobacillus brevis* G25 et *Lactobacillus fermentum*, la teneur en protéines augmentait de 18,9%, ainsi que la teneur en minéraux tels que le magnésium (de 50,5%) et le fer (de 70,6%) tandis que les phytates étaient réduits de 95%.

Au Tchad, les graines d'*Amblygonocarpus andongensis* sont utilisées depuis des générations pour la production du condiment fermenté qui confère aux plats des caractéristiques organoleptiques appréciables. Les graines d'*Amblygonocarpus andongensis*

après la fermentation sont dénommées *Meneu* en *ngambay*, une langue locale au Tchad. Le *Meneu* peut être consommé directement après la fermentation sans cuisson. Il peut également être utilisé pour agrémenter les sauces qui accompagnent les pâtes de céréales. La production du *Meneu* par les femmes rurales ou urbaines constitue une des principales activités génératrices de revenus. Les activités de production restent toujours artisanales. Produit de manière artisanale et vendu sur les différents marchés dans des conditions insalubres, le *Meneu* peut héberger des germes pouvant être pathogènes pour l'homme et altérer la qualité nutritionnelle. Le *Meneu* offre un milieu favorable à la croissance microbienne grâce à sa teneur en humidité et éléments nutritifs. En février 2020, plus de 85 personnes dont les enfants de 7 à 15 ans ont fait des malaises suite à une intoxication alimentaire dans la commune de Moundou. A l'origine de l'intoxication, une jeune femme voulant remercier ceux qui l'ont aidé à regagner son foyer, a offert un festin dont le principal met était la sauce longue. La sauce longue est une sauce froide préparée à partir des ingrédients parmi lesquels figure le *Meneu*. Les personnes ayant mangé ce repas ont eu des maux de ventre, suivis de vomissements accompagnés diarrhées. Cependant, malgré cela, aucune étude n'a été menée sur l'effet de la fermentation des graines d'*Amblygonocarpus andongensis* sur les paramètres microbiologiques et physicochimiques de ce condiment. D'où l'objectif général de ce travail qui vise à évaluer le changement des paramètres physicochimiques et microbiologiques au cours de la fermentation des graines d'*Amblygonocarpus andongensis* en *Meneu*. De cet objectif découle l'hypothèse selon laquelle lors de la fermentation des graines d'*Amblygonocarpus andongensis*, les paramètres microbiologiques et physicochimiques changent dans le *Meneu*. Spécifiquement, il s'agira de :

- Réaliser une enquête sur les techniques de production et l'utilisation de *Meneu* ;
- Évaluer les changements physicochimiques après la transformation des graines d'*Amblygonocarpus andongensis* en *Meneu* ;
- Évaluer les changements microbiologiques après la transformation des graines d'*Amblygonocarpus andongensis* en *Meneu*.

**CHAPITRE 1 :
REVUE DE LA LITTÉRATURE**

1.1. *Amblygonocarpus andongensis* : présentation de l'espèce végétale

1.1.1. Origine et répartition géographique

Amblygonocarpus andongensis se rencontre dans la zone de savane depuis le nord du Ghana jusqu'au Soudan vers l'Est, et vers le Sud, en passant par l'Ouganda et la Tanzanie, jusqu'au Botswana, Zimbabwe et au Mozambique (Louppe *et al.*, 2008). Il est largement répandu en Afrique tropicale et se trouve généralement dans les habitats humides et sablonneux. L'arbre a été signalé en Afrique Centrale et particulièrement au nord Cameroun (Mapongmetsem *et al.*, 2012 ; Boursi *et al.*, 2021) et au sud du Tchad (Madjimbé *et al.*, 2018 ; Nguemo *et al.*, 2018).

1.1.2. Description botanique

Amblygonocarpus est un genre de plantes à fleurs de la famille des légumineuses, les *Fabaceae* appartenant de la sous-famille des *Mimosoideae* (Ugwah *et al.*, 2014). L'arbre de taille petite à moyenne atteignant 20 (-25) m de haut, glabre ; fût rectiligne, dépourvu de branches jusqu'à 10 m de haut, atteignant 90 cm de diamètre, sans contreforts ; écorce écailleuse, brun grisâtre à noirâtre. Ses feuilles sont alternes, composées bipennées avec 2-5 (-6) paires de pennes ; pétiole de 4-9 cm de long. Les fruits sont des gousses oblongues, indéhiscents, de 8-17(-20) cm × 2-3,5 cm, de section généralement quadrangulaire arrondie, ligneuse brune, brillante, cloisonnée entre les graines, renfermant une dizaine de graines. Les graines sont de 10(-13) mm × 7-3 mm légèrement aplaties, dures, brunes (Louppe *et al.*, 2008). Le genre *Amblygonocarpus* comprend une seule espèce (*Amblygonocarpus andongensis* (Welw. ex Oliv.) Hams (1899)). Il ressemble au genre *Tetrapleura*, qui diffère par les valves de ses gousses qui sont épaissies selon la bande et par ses anthères glandulaires. Ecologiquement, *A. andongensis* se rencontre dans la forêt claire décidue. Un arbre à usages multiples dont le bois et le charbon de bois ont des caractéristiques favorables.

1.1.3. Vertus thérapeutiques

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) estime que 80% de la population des pays en développement utilisent les ressources forestières pour satisfaire leur besoin en matière de santé et d'alimentation. La FAO quant à elle estime que 75% à 90% des habitants de ces pays usent des produits naturels comme source de remède contre les maladies (Sawadogo, 2010). En effet, différentes parties d'*Amblygonocarpus andongensis* sont employées en médecine locale : une décoction de racines est administrée comme émétique pour traiter les empoisonnements alimentaires, et contre les coliques et la toux et comme vermifuge. Son

écorce est employée comme antidote pour les morsures des serpents, et une décoction d'écorce est appliquée sur les plaies (Loupe *et al.*, 2008 ; Ugwah *et al.*, 2014). L'arbre a des activités contre les piqûres venimeuses, la diarrhée, la dysenterie, la constipation et les problèmes pulmonaires. *Amblygonocarpus andongensis* a été décrit comme ayant des valeurs thérapeutiques et économiques évidentes (Ugwah *et al.*, 2014). Nguemo *et al.* (2018) ont rapporté que la décoction de feuilles est employée par les populations tchadiennes pour le traitement de l'hypertension artérielle (HTA) et de diabète.

Les vertus thérapeutiques des graines fermentées d'*Amblygonocarpus andongensis* pourraient être en partie expliquées par la grande diversité en éléments nutritifs qui les composent. Selon les connaissances indigènes, la consommation régulière serait en effet un bon moyen pour prévenir voire lutter contre la tension artérielle.

1.1.4. Utilité de la graine d'*Amblygonocarpus andongensis* dans l'alimentation

La graine est la principale ressource tirée de cet arbre. Son aire de consommation dépasse largement les régions productrices et son usage alimentaire concerne aussi bien les populations rurales qu'urbaines. La graine d'*A. andongensis* est nutritive. Le produit fini est le condiment obtenu par fermentation de graines et utilisé pour assaisonner les sauces. Il est appelé *Meneu* par les *ngambay*, une ethnie au sud du Tchad. Il a non seulement de fortes vertus organoleptiques, mais aussi nutritives. Dans certaines provinces du Tchad, surtout celles du sud, et pendant les périodes de soudure, ce condiment remplace la viande ou le poisson pour combler les besoins en protéines. Il n'est pas seulement utilisé dans les préparations des sauces accompagnant les pâtes des céréales telles que le riz, le sorgho, le mil, le maïs, le béré-béré mais aussi consommé directement après la fermentation, avec de beurre de karité, du pigment, l'oignon, etc. Cependant, aucune étude scientifique ne s'est intéressée à son potentiel en tant que condiment fermenté.

1.1.5. Composition et valeur nutritionnelle de graines

Une étude réalisée par Malaisse et Guy en 1985 a rapporté la composition chimique de graines d'*Amblygonocarpus andongensis*. Il en ressort que la graine est un aliment énergétique avec une masse en glucides de 69,2 g. Elle renferme également de protéines, de lipides, de minéraux et de fibres (tableau I).

Tableau I: Composition chimique des graines d'*Amblygonocarpus andongensis*

Energie en KJ	Poids sec	Protéines en g	Lipides en g	Cendres en g	Glucides en g	Calcium en mg	Phosphore en mg	Fer en mg	Fibres en g
1708	00	12,1	11,6	2,9	69,2	20	80	5	4,2

1.2. Condiments fermentés : définition et rôle culturel

Les condiments sont des aliments qui ont subi un processus de fermentation spontané ou contrôlé, impliquant des microorganismes tels que des bactéries, des levures ou des moisissures. Ce processus transforme la composition chimique de l'aliment, créant des saveurs et des arômes uniques, tout en améliorant sa conservation. Les condiments fermentés sont largement utilisés dans de nombreuses cultures à travers le monde pour agrémenter les plats et ajouter de la complexité aux saveurs (Fatoumata *et al.*, 2016 ; Madodé *et al.*, 2018 ; Abakar *et al.*, 2019 ; Roukaya *et al.*, 2020 ; Kambiré *et al.*, 2021).

Au Tchad, les condiments fermentés occupent une place prépondérante dans la cuisine traditionnelle (Abakar *et al.*, 2019). Ils sont utilisés pour rehausser le goût des plats locaux tels que le mil, le sorgho, les légumes et les viandes. Ces condiments sont appréciés pour leur saveur caractéristique et leur capacité à prolonger la durée de conservation des aliments dans des environnements où les ressources sont limitées. Il existe très peu d'études qui ont abordé les sujets de condiments traditionnels au Tchad et pourtant ils participent grandement à sécurité alimentaire. Selon (FAO, 2009b), dans les familles pauvres, qui ne disposent pas suffisamment de moyens pour acheter de la viande quotidiennement, un condiment fermenté à base de graine de fruit de néré (appelé *Ndii* en Sara, *dawadawa* en arabe et *soumbala* en Afrique de l'ouest) la remplace dans les sauces.

1.3. Généralité sur la fermentation des aliments

La fermentation est un phénomène naturel, se produisant lors de la décomposition de la matière organique. En effet, l'utilisation de la fermentation par l'homme a débuté de manière empirique (Merrad et Kaabeche, 2020). La fermentation est une réaction biochimique qui consiste à libérer de l'énergie à partir d'un substrat organique sous l'action d'enzymes microbiennes et à rejeter des produits le plus souvent encore énergétiques. Elle pourrait être décrite dans le domaine agro-industriel comme un processus dans lequel les micro-organismes modifient les propriétés sensorielles et fonctionnelles d'un aliment en un produit final désiré (Noumo, 2011).

Aujourd'hui, les aliments fermentés forment les secteurs principaux de l'industrie agroalimentaire (pâtisserie, boissons alcooliques, produits laitiers fermentés...). Pendant la fermentation des aliments, l'action des micro-organismes choisis est employée pour conserver les aliments par la production des acides ou de l'alcool, pour améliorer les qualités organoleptiques des aliments ou pour dégrader les substances anti-nutritionnelles et toxines ce qui augmente la qualité et la valeur nutritionnelle des aliments (Noumo, 2011).

Les fermentations alimentaires sont des processus utilisés initialement comme système de conservation (Marrad et Kaabeche, 2020). Cependant, une grande part de notre alimentation se constitue d'aliments fermentés. Par exemple, les produits laitiers, produits carnés et les matières végétales à savoir les fruits, les feuilles, les céréales, graines, etc. Selon les micro-organismes prédominant dans l'aliment, différents types de fermentations peuvent être observés. Par exemple, la fermentation lactique se produit lorsque les bactéries lactiques sont les micro-organismes prédominants. Lorsque le microbiote est principalement constitué de levures, comme dans la bière ou le vin par exemple il y a une production importante d'éthanol et on parle de fermentation alcoolique. Certains condiments, comme le *soumbala*, sont principalement fermentés par des bactéries du genre *Bacillus*, et on parle alors de fermentation alcaline. Enfin, on parle de fermentation acétique dans les aliments principalement fermentés par des bactéries acétiques, comme le vinaigre par exemple. Les fermentations lactiques et alcooliques sont les plus couramment rencontrées dans les aliments fermentés traditionnels d'Afrique (Saubade, 2016).

Le consommateur est à la recherche de nouveaux aliments et boissons à haute valeur nutritionnelle, faciles et rapides à consommer. Pour répondre à ces attentes, la fermentation lactique de végétaux, plus précisément de fruits, de légumes et de graines de légumineuses est en pleine voie d'expansion, bien que très ancienne. Les effets bénéfiques sur la santé des aliments fermentés sont de plus en plus étudiés ; une partie de ces effets résulte de l'action des microorganismes responsables de la fermentation sur notre organisme, l'autre partie résulte des métabolites produits pendant la fermentation (Fessard, 2017). Les aliments fermentés peuvent être obtenus de deux façons différentes, soit de façon spontanée, soit par l'utilisation de ferments (ou starters). La fermentation spontanée est une fermentation qui met en jeu plusieurs microorganismes initialement présents à la surface du végétal. C'est une fermentation naturelle, non contrôlée et non prévisible. Le produit fermenté spontanément résulte de l'action combinée de plusieurs activités métaboliques de différents microorganismes (Buckenhüskes, 1993, Holzapfel, 1997). Les caractéristiques et les

propriétés sensorielles du produit peuvent être obtenues par « hasard » mais très souvent par les savoir-faire du préparateur.

Les fermentations contrôlées sont de plus en plus utilisées par les industries alimentaires. Les fermentations contrôlées consistent à inoculer la matière première fraîche (légume-feuille ou graines) avec un ou plusieurs microorganismes, qu'on appelle ferments ou starters, dans le but d'accélérer le processus de fermentation et d'apporter des propriétés intéressantes, en excluant tous les autres microorganismes. Contrairement aux fermentations spontanées, dans ce type de fermentation, le microorganisme initiant la fermentation a été volontairement choisi pour conduire la fermentation, la rendant ainsi aisément contrôlable. Dans la plupart des fermentations contrôlées, la matière première est d'abord traitée afin d'éliminer et contrôler la microflore naturelle, ensuite le starter est rajouté pour conduire la fermentation (Fessard, 2017).

1.3.1. Études de fermentation des graines d'*Amblygonocarpus andongensis*

La fermentation des graines d'*A. andongensis* est une pratique ancienne au Tchad, transmise de génération en génération. Dans la partie sud du Tchad, en particulier à Moundou, capitale économique du pays, de nombreux aliments fermentés traditionnels sont produits comme le *Meneu*, condiment alimentaire très prisé par les populations. Le *Meneu* est issu de la transformation en occurrence de la fermentation spontanée des graines d'*Amblygonocarpus andongensis*. Il permet aux populations de cette partie du pays de gérer la sous-alimentation à laquelle elles sont confrontées pendant les périodes de soudure. Malgré cela, il n'existe pas d'études scientifiques documentant ce processus de fermentation spécifique.

Certaines études antérieures ont abordé la fermentation des graines d'*Amblygonocarpus andongensis* d'un point de vue anthropologique et culturel. Elles ont souligné l'importance de ce condiment dans la cuisine locale et ont exploré les traditions et les savoirs traditionnels associés à sa préparation (Mapongmetsem *et al.*, 2012 ; Boursi *et al.*, 2021).

Cependant, des recherches plus approfondies sont nécessaires pour examiner les caractéristiques biochimiques et microbiologiques de ce condiment spécifique. Cela permettrait de mieux comprendre les composés bioactifs présents, les compositions chimiques et les micro-organismes impliqués dans le processus de fermentation.

1.3.2. Caractéristiques physico-chimiques des condiments fermentés

Les paramètres physico-chimiques des condiments fermentés traditionnels peuvent varier en fonction du type de condiment, des ingrédients utilisés, des techniques de fermentation et des conditions de production (Abakar *et al.*, 2019 ; Fatoumata *et al.*, 2016 ; Roukaya *et al.*, 2020). Les caractéristiques physico-chimiques des aliments fermentés sont souvent très différentes de celles de la matière première initiale : pH, acidité, potentiel redox ou activité antioxydante, micro-macrostructure. Par conséquent, la texture, le goût, la sensation en bouche de ces denrées sont très éloignés de ceux de la matière première dont ils sont issus (Savary-Auzeloux et Rul, 2021). Voici quelques caractéristiques courantes que l'on peut retrouver dans ces condiments :

Acidité : Les condiments fermentés traditionnels ont souvent une acidité élevée en raison de la production d'acides organiques pendant la fermentation. Les acides lactique, acétique et citrique sont couramment présents dans ces condiments, ce qui contribue à leur goût aigre caractéristique.

pH : Le pH des condiments fermentés peut varier en fonction de la durée de fermentation et des types de micro-organismes impliqués. La plupart des condiments fermentés ont un pH acide. Cela contribue à la stabilité et à la conservation du produit. Par ailleurs, certaines études ont montré que les condiments fermentés à base des graines de *Parkia biglobosa* en Afrique sont alcalins (Agbobatinkpo *et al.*, 2019).

Teneur en sel : Les condiments fermentés traditionnels sont souvent riches en sel. Le sel joue un rôle important dans la fermentation en inhibant la croissance des micro-organismes indésirables et en favorisant la croissance des bactéries lactiques bénéfiques.

Texture : La texture des condiments fermentés peut varier, allant de croquante à molle, en fonction des ingrédients utilisés et des techniques de fermentation. Certains condiments peuvent également présenter des fibres provenant des ingrédients de base. Le *Meneu* est généralement consommé sous forme molle et peut se conserver sous forme séchée.

Arômes et saveurs : Les condiments fermentés traditionnels ont souvent des arômes et des saveurs uniques et complexes. Ces arômes et saveurs sont le résultat de la fermentation et de l'action des micro-organismes sur les composés présents dans les ingrédients. Certains condiments peuvent avoir des arômes piquants, acides ou fermentés.

Contenu nutritionnel : Les condiments fermentés peuvent contenir divers nutriments et composés bioactifs bénéfiques. La fermentation peut augmenter la digestibilité des ingrédients, libérer des vitamines et des minéraux, et produire des composés bioactifs tels que

des antioxydants. Pour croître et fonctionner, les micro-organismes doivent trouver dans l'environnement l'ensemble des substances nécessaires à leur énergie et à leurs synthèses cellulaires (Marchandin, 2007). Ils ont besoin d'eau, d'énergie, d'azote, de vitamines et de minéraux et divers facteurs de croissance (Bourgeois et al., 1996). Les hydrates de carbone, sous forme de sucres, fournissent la principale source d'énergie. Les moisissures et les levures ont des besoins nutritifs plus faibles que les bactéries (Marchandin, 2007).

Il convient de noter que les caractéristiques physico-chimiques des condiments fermentés traditionnels peuvent varier d'une région à l'autre et d'une culture à l'autre en raison des pratiques locales et des variations dans les ingrédients et les techniques de fermentation utilisées. Il est donc important d'étudier spécifiquement les condiments fermentés traditionnels d'intérêt pour obtenir des informations plus détaillées sur leurs caractéristiques physico-chimiques spécifiques, d'où cette étude.

1.3.3. Caractéristiques microbiologiques des condiments fermentés

Les microorganismes jouent un rôle central dans le processus de fermentation des condiments. Les bactéries lactiques, notamment les genres *Lactobacillus* et *Pediococcus*, sont souvent dominantes lors de la fermentation des condiments, contribuant à la production d'acide lactique et à la préservation des aliments. D'autres microorganismes tels que les levures, les moisissures et certaines espèces du genre *Bacillus* peuvent également être présents dans les condiments fermentés (Boureima et al., 2019). Ils peuvent contribuer à la formation d'arômes spécifiques et influencer la texture du condiment. Tankoano et al. (2017) ont affirmé que certains *Bacillus* étaient associés à la fermentation des céréales à base de mil. Cela est peut-être lié à un effet de contamination car le rôle fermentaire des *Bacillus* est reconnu surtout dans les graines. Ainsi, *Bacillus subtilis* est par exemple à l'origine de la fermentation des graines de néré (*Parkia biglobosa*) pour donner le *soumbala* ou des graines d'oseille (*Hibiscus sabdariffa*) dans le cas de la production du *bikalga* (Ouoba et al., 2008) ou des graines de baobab (*Adansonia digitata*) pour la production du *Maari* (Pakouda et al., 2015).

Il est crucial d'évaluer l'équilibre microbiologique afin de garantir la sécurité alimentaire, car une contamination par des microorganismes pathogènes peut compromettre la qualité du condiment et présenter des risques pour la santé.

❖ Bactéries lactiques :

Les bactéries lactiques constituent l'un des groupes de microorganismes le plus largement utilisé dans la production de divers types d'aliments fermentés. Le groupe des

bactéries lactiques est un groupe de microorganismes très diversifiés caractérisés par la formation d'acide lactique en tant que métabolite primaire du métabolisme des sucres (Fessard, 2017). Les bactéries lactiques interviennent dans la fabrication de nombreux produits alimentaires notamment les laits fermentés et yaourt, les boissons fermentées alcoolisées. Elles participent à l'augmentation de la conservation des mets fermentés et à l'inhibition des germes pathogènes (Mensah, 1997 Tamime, 2013). Ces bactéries lactiques sont également des probiotiques des systèmes digestif et immunitaire.

Les probiotiques sont des microorganismes provenant de certains aliments, confèrent à l'organisme hôte des bénéfices en matière de santé. Pour exercer leurs effets sur l'hôte, il est nécessaire qu'ils atteignent vivants leur site d'action à un niveau de population suffisant, de l'ordre de 10^7 bactéries/ml. Plusieurs auteurs ont démontré que les lactobacilles du yaourt survivaient au cours de leur passage à travers tout le tube gastro-entérique. Elles permettent de lutter efficacement contre les germes pathogènes présents dans le tube digestif (Cissé, 2020). Les bactéries lactiques améliorent l'équilibration de la microflore intestinale et réduisent le risque d'allergie alimentaire (Yao *et al.*, 2009). Les condiments fermentés consommés au Tchad sont en ce sens, de bonnes sources de probiotiques dues aux levures et bactéries lactiques dénombrées dans les produits finis. Ce qui expliquerait dans une certaine mesure les vertus digestives et antidiarrhéiques qui leur sont prêtées.

Les fermentations lactiques permettent la conservation de l'aliment en inhibant le développement de bactéries pathogènes ou d'altérations à travers l'acidification et la production de bactériocines. Cependant, l'importance reconnue des bactéries lactiques et des levures ne doit pas minimiser le rôle des champignons et des espèces du genre *Bacillus* dans la production d'aliments fermentés ou de condiments.

❖ **Levures :**

Les levures sont des champignons unicellulaires et se développent préférentiellement dans les aliments riches en glucides tels que les fruits. Il existe environ 500 espèces des levures. Cependant, seules quelques espèces sont régulièrement utilisées pour la production des aliments fermentés et principalement les boissons alcooliques. L'espèce *Saccharomyces cerevisiae* est la plus utilisée. Les levures sont généralement utilisées pour produire l'éthanol, le CO₂, et les arômes. D'autres métabolites produits en faibles quantités par les levures sont l'acétate d'éthyle, les alcools supérieurs (pentanol, isopentanol, et isobutanol), les composés soufrés, les acides aminés et nucléotides et peuvent tous contribuer aux changements des propriétés sensorielles des aliments (Noumo, 2011) Les champignons sont responsables de la

fermentation du soja pour produire le *tempeh* et le *sufu* (Han *et al.*, 2001; Kiers *et al.*, 2000), deux aliments asiatiques très consommés, tandis que différentes espèces de *Bacillus* sont responsables de la fermentation de graines de caroube et de soja pour produire le *soumbala* et le *kinema*, respectivement (Ouoba *et al.*, 2004).

❖ **Moisissures :**

Les moisissures peuvent être des agents de dégradation dangereux tout comme des alliés utiles dans l'alimentation compte tenu de leur propriété lytique. Les principaux genres de moisissure sont *Penicillium* et *Mucor*. Le genre *Mucor* peut se développer sur les grains de riz et intervenir dans le processus de saccharification, c'est-à-dire la transformation des substances amylacées ou cellulosique en sucres fermentescibles. Le genre *Penicillium* quant à lui, est reconnu pour sa capacité à produire des arômes utiles dans la fabrication des fromages, ou de produire des antibiotiques dans les denrées alimentaires fermentées (Boureima *et al.*, 2019).

1.3.4. Micro-organismes indésirables dans les condiments fermentés

✓ ***Bacillus* pathogènes :**

Le genre de *Bacillus* regroupe un ensemble de bactéries appartenant à la famille des *bacillaceae*. Centaines souches sont non pathogènes pour l'homme, d'autres par contre, comme *Bacillus cereus* peut se multiplier dans les céréales ou autres produits et y produire une entérotoxine qui provoque des diarrhées par un mécanisme similaire à celui de entérotoxines *Escherichia coli* (Ouoba *et al.*, 2008). Le pathogène le plus virulent du genre *Bacillus* est *Bacillus anthracis* pouvant être utilisé comme une arme biologique de destruction massive (Jonczyk- Matysiak *et al.*, 2014).

✓ **Entérobactéries :**

Les entérobactéries sont à l'origine de plusieurs maladies dont les gravités varient en fonction du niveau de pathogénicité. Elles sont réputées pour leur capacité à réduire les nitrates en nitrites et de fermenter le glucose. Environ 80% des bactéries de ce groupe isolées au laboratoire dans les aliments fermentés appartient aux genres *Escherichia*, *Salmonella*, *Shigella*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Proteus*, *Morganella* et *Yersinia* (Tankoana *et al.*, 2017). La présence des microorganismes serait liée à un manque d'hygiène lors des procédés de transformation. La fermentation et la cuisson permettent la réduction de ces microorganismes, sauf ceux capables de sporuler (Saubade, 2016). *Enterobacter sakazakii*, *Klebsiella pneumo. Spp pneumonia*, *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus* étaient les pathogènes présents (Akaki *et al.*, 2008).

Pour les autres pathogènes, des études ont montré que la non maîtrise des procédés permettait d'être à un niveau de contamination très faible et inférieur au seuil de détection. La fermentation et surtout la cuisson sont des points importants à contrôler pour la réduction des pathogènes (Savadogo *et al.*, 2011 ; Saubade, 2016). Les stabilisants naturels produits par les microorganismes (les acides organiques, le dioxyde de carbone, le peroxyde d'hydrogène, le diacétyle, l'éthanol et des bactériocines) participent à la préservation et à l'innocuité de ces bouillies fermentées garantissant ainsi leur sécurité sanitaire (Cissé *et al.*, 2016).

1.4. Diversité des aliments fermentés

La fermentation est le moyen ancestral et reste le moyen principal et le plus abordable de conservation des aliments dans beaucoup d'endroits. C'est un procédé intéressant dans un contexte de développement durable et d'amélioration des systèmes alimentaires puisqu'il produit peu d'effluents et requiert peu d'énergie pour être mis en place (Humblot, 2015). Les aliments fermentés sont présents dans absolument tous les régimes du monde et sont extrêmement diversifiés ; plus de 5000 ont été référencés (Lortal *et al.*, 2020), et chaque nation a ses propres types et/ou formes d'aliments fermentés représentant le régime de base à partir des matières premières disponibles (Abakar *et al.*, 2019).

Le tableau II liste quelques aliments les plus fréquents préparés et consommés dans différents pays. Une large variété de matières première est utilisée : les céréales comme le mil, le maïs, le riz ou le sorgho ; les racines comme le manioc ou le taro ; les légumineuses comme les haricots, les petits pois ou le soja, mais aussi les fèves de cacao et les baies de café. Les aliments fermentés sont préparés principalement en Afrique et en Asie, mais aussi en Amérique Latine et dans les îles du Pacifique. Ils sont consommés sous forme de boissons, de bouillies, de soupes, etc. et sont désignés par des noms spécifiques (Humbot, 2015). Parfois, différents noms sont utilisés pour désigner des aliments identiques ou similaires, menant à des confusions concernant leur identification. Par exemple, l'*ogi* est aussi appelé *akamu* ou *agidi*, de plus, il peut être fabriqué à partir de maïs, de mil ou de sorgho en utilisant un procédé similaire (Beuchat, 1997).

Les technologies utilisées pour préparer ces aliments sont elles aussi très variées, ce qui résulte en de complexes changements des caractéristiques biochimiques, nutritionnelles et sensorielles. Les modifications sensorielles participent à la typicité des produits qui peuvent parfois être difficiles à consommer si l'on n'y est pas habitué. Il peut y avoir une ou plusieurs étapes de fermentation pouvant durer quelques heures à plusieurs mois, selon l'aliment. Les fermentations sont le plus souvent spontanées et par conséquent non contrôlées mais parfois

des cultures starters sont employées ; par exemple, *Bacillus subtilis* est responsable de l'aspect visqueux du *natto*, un aliment fermenté japonais (Humbot, 2015).

Tableau II: Exemples d'aliments fermentés traditionnels consommés dans différents pays

Matière première	Nom local du produit	Pays d'origine	Sources
Graines de néré	<i>Soumbala</i>	Burkina Faso	Fatoumata <i>et al.</i> (2016),
	<i>Netetu</i>	Sénégal	Kambiré <i>et al.</i> (2021)
	<i>Afitin, iru</i>	Benin	Ahouansou (2012)
Graines de soja	<i>Natto</i>	Japon	(Humbot, 2015)
	<i>Soydawadawa</i>	Nigeria	Madodé <i>et al.</i> (2018) ; Abakar <i>et al.</i> (2019)
Graines d' <i>Hibiscus sabdariffa</i>	<i>Yanyanku</i>	Benin	Agbobatinkpo <i>et al.</i> (2019)
	<i>Bikalga</i>	Burkina Faso	Roukaya <i>et al.</i> (2020)
Feuilles de <i>Senna obtusifolia</i>	<i>Kawal</i>	Tchad	Abakar <i>et al.</i> (2019)
Graines de baobab	<i>Maari</i>	Burkina Faso	Abakar <i>et al.</i> (2019)

1.5. Effets bénéfiques des aliments fermentés pour la santé

L'homme est maintenant considéré comme une entité constituée d'un hôte et des microbiotes qui lui sont associés (microbiote intestinal, de la peau, du tractus uro-génital...). Depuis quelques années, le rôle capital du microbiote intestinal dans notre santé a été mis en lumière. La préservation de l'équilibre entre cet hôte et ses microbiotes est considérée comme un facteur clé pour le maintien de la santé. A ce titre, les aliments fermentés, vecteurs de microorganismes, sont apparus comme des acteurs majeurs de l'interaction avec le microbiote intestinal. Aussi, un nouveau regard est porté sur ces aliments, avec parfois des extrapolations fortes sur leurs bénéfices santé, qu'il apparait important de clarifier (Lortal *et al.*, 2020).

1.5.1. Préservation et la durée de conservation

Puisque la fermentation permet la préservation des matières premières, il est évident que les aliments fermentés jouent un rôle majeur en santé publique, en particulier dans les pays chauds et dans ceux où les autres modes de préservation (comme le froid) sont peu répandus. Ces produits contribuent donc parfois à couvrir les besoins nutritionnels de base des populations (Savary-Auzeloux et Rul, 2021).

La durée de conservation d'un aliment est définie comme la période pendant laquelle l'aliment reste consommable, sûr pour la santé, sans aucun risque pathogène (innocuité) et gardant l'ensemble de ses propriétés sensorielles et nutritionnelles (salubrité). Plusieurs facteurs peuvent affecter la durée de conservation d'un aliment comme le pH, l'activité de l'eau, la quantité d'oxygène disponible et la microflore de l'aliment. L'augmentation de la durée de conservation est le principal objectif de la fermentation lactique. La production d'acide pendant la fermentation diminue le pH et crée un environnement acide non propice à la croissance des autres microorganismes contaminants et pathogènes (Fessard, 2017).

1.5.2. Amélioration de la valeur nutritionnelle des aliments

Sur le plan nutritionnel, la fermentation microbienne abaisse les taux de glucides et d'oligosaccharides non digestibles dans les légumineuses. De plus, certains acides aminés peuvent être synthétisés pendant ce processus, qui augmente également les teneurs en vitamines B. Plusieurs études ont montré que la fermentation augmente la biodisponibilité des nutriments avec des facteurs de multiplication allant de 1,1 à plus de 10,5. Ces augmentations de biodisponibilité peuvent être expliquées par les réductions de teneurs en facteurs antinutritionnels mais aussi par la synthèse d'autres nutriments. Pendant la fermentation, certaines vitamines sont produites par les microorganismes fermentaires. Dans les produits laitiers par exemple, on note une augmentation des teneurs en acide folique (Noumo, 2011).

1.5.3. L'élimination des composés antinutritionnels

Les végétaux peuvent contenir plusieurs facteurs antinutritionnels comme les saponines, les tanins, les inhibiteurs enzymatiques (anti-protéase, anti-amylase, anti-invertase, anti-trypsine), les oxalates, l'acide phytique, les lectines ou les glucosides cyanogéniques (KO et OE, 2009 cité par Fessard, 2017) et en acides aminés essentiels et elles ont une valeur énergétique importante.

La fermentation de feuilles de *Senna obtusifolia* permettrait l'élimination des facteurs antinutritionnels contenus dans les feuilles fraîches et contribue aussi à l'amélioration de la

valeur nutritionnelle (Abakar *et al.*, 2019). Ils sont appelés antinutritionnels car ils interfèrent avec l'absorption des nutriments. L'acide phytique est présent dans les céréales et les graines oléagineuses et constitue, chez les plantes, la forme de stockage principale de phosphore. La fermentation a permis d'éliminer 85,5 % en inhibiteur anti-trypsine présent dans les flocons de soja (Refstie *et al.*, 2005 cité par Fessard, 2017). L'activité des microorganismes peut, dans certains cas, réduire la toxicité de la matière première (dégradation des composés cyanogènes du manioc par exemple) la rendant tout simplement comestible. C'est vrai également pour la modification de certains composés allergènes (présents dans le lait ou le soja par exemple) (Lortal *et al.*, 2020).

1.6. Détermination des populations microbiennes des aliments fermentés

Au regard de l'importance de microorganismes dans l'amélioration de la qualité nutritionnelle, organoleptique et sanitaire des aliments fermentés, plusieurs études ont été réalisées sur la composition des populations microbiennes de divers aliments fermentés. L'analyse du microbiote des aliments fermentés à base de graines peut se faire à l'aide de deux (2) techniques : les techniques dites « cultures dépendantes » et les méthodes dites « cultures indépendantes » (Saubade, 2016 ; Bationo, 2018 ; Picard, 2020). Seules, les premières démarches seront utilisées dans ce travail.

1.6.1. Méthodes dites « cultures dépendantes »

Ces méthodes se rapportent aux méthodes classiques de culture microbiologique (caractéristiques physiologique, morphologique et biochimique). Elles ont l'avantage de permettre le dénombrement de différents types de microorganismes cultivables. Elles permettent également d'isoler des souches pures de microorganismes dans le but, soit, d'étudier le comportement et leur physiologie, soit, de les sélectionner sur leur base des fonctions spécifiques d'intérêt, pour les utiliser comme cultures starters (Bationo, 2018 ; Saubade, 2016). Aussi, ces méthodes permettent d'obtenir relativement rapidement une donnée quantitative sur une population microbienne et est généralement peu coûteuse (Picard, 2020). En revanche, l'utilisation de ces méthodes pour l'estimation de la diversité microbienne dans les aliments fermentés présente de nombreux inconvénients. Il s'agit principalement du temps de mise en œuvre et du recours à des milieux de culture sélectifs qui sont différents des milieux d'origine de microorganismes, ce qui entraîne ainsi un biais dû à une sous-estimation de la population microbienne. Ainsi, la diversité microbienne et

l'abondance relative des espèces ont souvent été sous-estimées par les méthodes de cultures microbiologiques (Bationo, 2018).

CHAPITRE 2 : MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Cadre et durée

Le cadre géographique de la présente étude a été ciblé à cause de la production massive de *Meneu* dans la zone. Il s'agit du département de lac Wey (commune de Moundou). Le produit est largement consommé et constitue une source génératrice de revenus pour cette population. L'étude a porté essentiellement sur des analyses microbiologiques et physico-chimiques. Les analyses ont été réalisées aux laboratoires du Centre de Contrôle de Qualité des Denrées Alimentaires (CECOQDA) en utilisant les méthodes standards. Cette étude s'est déroulée de novembre 2022 à décembre 2023.

2.2. Matériel

Le matériel utilisé dans le cadre de ce travail est constitué de matériel biologique et de matériel de laboratoire.

2.2.1. Matériel biologique

Ce matériel était constitué d'échantillons de condiment (*Meneu*) et des graines collectées sur les différents marchés utilisés.

2.2.2. Matériel de laboratoire

Afin de mener à bien ce travail, le matériel de laboratoire tel que : Autoclave Balance électrique, Étuves, Plaque chauffante, Agitateur, pH mètre, Hotte laminaire, Vortex, Bain marie, Mixeur ou Stomacher, Boîtes de pétri, Tubes à essai, Erlenmeyer, Ballons, Pipettes pasteur, Béchers, Compteur des colonies, Four a été utilisé.

2.3. Méthodologie

La méthodologie qui a servi à la réalisation de cette étude a été répartie en trois (3) étapes. La première étape a consisté à mener une enquête sur les procédés de fabrication, le mode de consommation du *Meneu*, sur l'âge et niveau d'étude. La seconde étape a consisté à faire l'échantillonnage des graines d'*Amblygonocarpus andongensis* et du *Meneu*. La dernière s'est focalisée à l'analyse des graines et *Meneu* sur le plan physico-chimique et microbiologique. La figure 4 montre la démarche méthodologique pour cette étude.

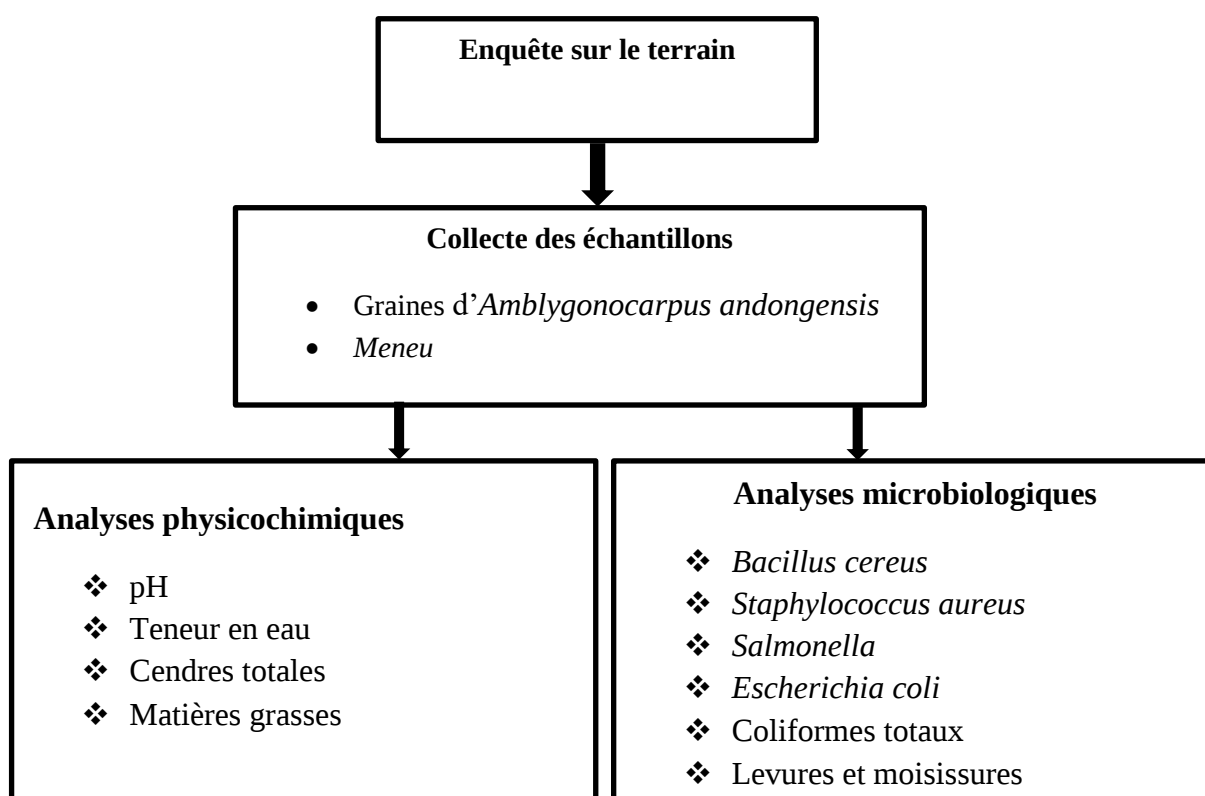


Figure 1: Méthodologie adoptée pour cette présente étude.

2.3.1. Enquête

Une enquête préliminaire a été menée dans l'arrondissement de la ville de Moundou, située sud du Tchad. Cette enquête visait à se documenter la technologie de production, de l'âge, du sexe, sur la fréquence de commercialisation et le mode conditionnement. Seules les personnes vendant de ce produit ont été retenues. Les personnes enquêtées étaient composées uniquement des commerçants du *Meneu* et des graines. Elles étaient soumises au questionnaire de la fiche d'enquête (annexe 5).

2.3.2. Site et échantillonnage

Cette étude a été portée sur le *Meneu*, condiment issu de la fermentation des graines d'*Amblygonocarpus andongensis*. La collecte des échantillons du *Meneu* a été effectuée dans trois (3) marchés de la commune de Moundou à savoir marché de Djarabé, marché de Guelmbag et marché de Dessert. Le choix des marchés a été fait sur la base de la présence effective des commerçants du *Meneu* et des graines. Pour l'échantillonnage, 3 vendeurs ont été choisis au hasard dans chaque marché retenu dont au total 9 échantillons du *Meneu* et de la matière première (graines) ont été prélevés.

Tous les échantillons prélevés ont été emballés, étiquetés, mis dans des sacs en plastiques stériles et transportés dans des conditions aseptiques aux laboratoires du Centre de Contrôle de Qualité des Denrées Alimentaires (CECOQDA) pour diverses analyses.

2.3.3. Effet de la fermentation sur les paramètres physico chimiques du Meneu

Les analyses physico-chimiques des échantillons collectés ont été effectuées. En effet, les teneurs en eau, en matière sèche, en minéraux ou cendres, en lipides et le pH ont été mesurés.

2.3.3.1. Mesure du pH des graines et du Meneu

Dix (10) g d'échantillons ont été pesés, introduits dans un bécher, ajoutés 100 ml d'eau déminéralisée. Le mélange a été homogénéisé mécaniquement pendant 05 minutes. Après mélange, les électrodes du pH-mètre ont été plongées dans le bécher. La lecture a été faite lorsque l'afficheur est stable (Doukani *et al.*, 2013).

2.3.3.2. Détermination de la teneur en eau et en matière sèche

La teneur en eau de *Meneu* a été déterminée par la méthode décrite par **Makloulf (2012)**.

❖ **Principe** : Le principe consiste à éliminer la teneur en eau des échantillons par dessiccation à 105°C à l'étuve.

❖ **Mode opératoire** : Pour ce faire, le creuset à vide a été d'abord nettoyé, séché et pesé (M0). Une quantité de *Meneu* (5g) a été introduite dans le creuset (M1=M0+5g) et l'ensemble a été placé à l'étuve à 105°C pendant 24 heures. Après séchage, le creuset a été sorti de l'étuve, refroidi dans un dessiccateur et pesé (M2) à nouveau.

❖ **Lecture des résultats** :

La teneur en eau (%) a été déterminée par la formule suivante :

$$TE\% = \frac{M1 - M2}{M1 - M0} \times 100$$

2.3.3.3. Teneur en cendres brutes

La teneur en cendres a été déterminée selon la méthode décrite par Mahandry (2012).

❖ **Principe** : Il consiste en une incinération des échantillons à 550°C dans un four à moufle pendant 8 heures, puis en un pesage des résidus.

❖ **Mode opératoire :** Dans un creuset d'incinération séché et préalablement taré, 5g de *Meneu* ont été introduits puis mis à l'étude à 105°C pendant 20heures pour le séchage. Après séchage et refroidissement, le creuset a été pesé de nouveau. Le creuset contenant la matière sèche a été ensuite soumis à une incinération pendant 8heures à 550°C. Les cendres brutes obtenues ont été refroidies au dessiccateur et pesées.

❖ **Lecture des résultats**

La teneur en cendres brutes exprimée en g pour 100g de matières sèches est calculée par la formule :

$$TC = \frac{M2 - Mo}{M1 - Mo} \times 100$$

Avec :

TC% : Teneur en cendres brutes en g pour 100g d'échantillon

Mo : Masse en g de creuset d'incinération vide

M1 : Masse en g de creuset muni de l'échantillon avant incinération

M2 : Masse en g de creuset avec les cendres

2.3.3.4. Détermination de la teneur en lipides

La méthode utilisée a été celle de dosage Gravimétrique utilisant la n-hexane pour extraire la matière grasse (Mahandry, 2012).

❖ **Principe :** La matière grasse est extraite par l'hexane. Après évaporation du solvant, le résidu est séché puis pesé.

❖ **Mode opératoire :** Une quantité de cinq (5) grammes d'échantillons séchés est introduite dans des capsules et 150 ml de n-hexane sont introduits dans le ballon contenant des pierres ponce pour assurer une agitation permanente durant le chauffage. L'hexane est chauffé pendant 8heures à une température de 105°C. Le solvant d'extraction s'évaporerait à travers le Soxhlet, se condenserait au niveau du réfrigérant, siphonnerait et retournerait dans le ballon, apportant avec lui les résidus lipidiques. L'appareil était démonté. La majeure partie du solvant a été chassée par distillation à l'aide de l'évaporateur rotatif à 95°C pour récupérer le solvant qui pourrait être réutilisé plusieurs fois, les lipides restant dans le ballon. Le ballon a été placé à l'étuve pendant 1heure à 105 °C, puis au dessiccateur pour le refroidissement pendant 30 min. Une série de pesées ont

été réalisées, toujours après avoir séché le ballon à l'étuve puis au dessiccateur jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

❖ **Lecture des résultats**

La teneur en lipides est donnée par la relation :

$$MG = \frac{M2 - M1}{Mo} \times 100$$

Avec :

MG% : Teneur en matières grasses exprimée en g pour 100g d'échantillon

Mo : Masse en g de l'échantillon

M1 : Masse en g du ballon avant extraction

M2 : Masse en g du ballon et la matière grasse après extraction.

2.3.4. Effet de la fermentation sur les paramètres microbiologiques du Meneu

Afin d'évaluer la contamination des échantillons après fermentation, vingt-cinq grammes (25g) de *Meneu* ont été dilués dans 225 ml de l'eau peptonée stérile pour la préparation de la solution mère (dilution 10^{-1}). Ce mélange a été agité à l'aide d'un appareil Stomacher pendant 2 minutes. A partir de cette solution mère, une série de dilutions décimales successives a été réalisée dans des conditions aseptiques. Un volume (1ml) de la solution mère a été prélevé à l'aide d'une pipette stérile et introduit dans un tube contenant 9 ml d'eau peptonée stérile. Un volume (1ml) a été de nouveau prélevé de cette dernière solution et introduit dans le tube suivant contenant la même quantité d'eau peptonée. La dilution a été réalisée jusqu'à l'obtention de la dilution désirée (ISO 6887, 2017).

Après avoir effectué les dilutions, 0,1 ou 1ml de chaque dilution a été inoculé sur la gélose. La gélose utilisée variait en fonction du microorganisme recherché (annexe 2).

Pour l'isolement de *Bacillus cereus*, 0,1ml de chaque dilution a été inoculée et étalée sur la gélose Mannitol egg Yolk Polymysin (MYP). La préparation obtenue a été ensuite incubée pendant 24heures à 30°C (NF ISO 9732, 2005).

Pour l'isolement de *Staphylococcus aureus*, 0,1ml de chaque dilution a été inoculée et étalée sur la gélose Baird Parker (BP). La préparation obtenue a été ensuite incubée pendant 24heures à 37°C (NF EN ISO 6888-2, 2003).

Le principe de dénombrement des bactéries lactiques était basé sur l'ensemencement en profondeur d'un milieu MRS (Man Rogosa Sharpe) de 1ml de chaque dilution choisie. L'incubation en aérobiose a été faite à 30°C pendant 3 jours. Les colonies ont été comptées après la période d'incubation (NF ISO 15214, 1998).

En ce qui concerne l'isolement des coliformes totaux, 1ml de chaque dilution a été inoculée dans les boîtes de pétri et la gélose Violet Red Bile Lactose (VRBL) a été coulée. La préparation obtenue a été ensuite incubée pendant 24 heures à 37°C (NF ISO 4832, 2006).

Pour ce qui est de l'isolement de levures et moisissures, 0,1ml de chaque dilution a été inoculée et étalée la gélose Sabouraud au chloramphénicol. La préparation obtenue a été ensuite incubée à 25°C pendant 3 jours (NF V 08-059, 2002).

Pour la recherche d'*Escherichia coli*, l'isolement a été obtenu après ensemencement de 1ml sur gélose TBX pendant 24 heures d'incubation à 44°C (NF ISO 16649-2, 2001). Toutes les colonies caractéristiques ont été dénombrées.

Expression des résultats de dénombrement

La lecture des résultats a été faite par dénombrement des colonies caractéristiques de chaque germe. Le calcul du nombre de microorganismes par gramme ou par millilitre pour chaque germe recherché a été fait en utilisant les boîtes de Pétri de deux dilutions successives à l'aide de la formule suivante :

$$N = \frac{\sum \text{colonies}}{(n_1 + 0,1 \times n_2) \times v \times d}$$

N : Nombre de microorganismes par g ou ml de produit ;

$\sum \text{Colonies}$: Somme des colonies comptées sur les boîtes retenues de deux dilutions successives ;

n_1 : Nombre de boîtes retenues à la première dilution ;

n_2 : Nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution ;

d : Première dilution retenue ;

v : Volume d'échantillon inoculé à chaque boîte de Pétri.

Pour ce qui est du dénombrement des Salmonelles, la démarche adoptée était différente des germes dénombrés ci-dessus. La norme ISO 6579 (2017) a été utilisée et faite quatre (4) étapes :

Pré-enrichissement : Après l'ensemencement des différents milieux de culture pour le dénombrement des germes étudiés ci-haut, le reste de la solution mère préparée dans l'eau peptonée tamponnée a été récupéré pour être incubé à 37 °C pendant 24 h.

Enrichissement : nous avons ensemencé 0,1ml du bouillon pré-enrichi dans 10ml de milieu Rappaport Vassiliadis Soja (RVS) et nous avons incubé à 41,5°C pendant 24heures. Parallèlement, nous avons ensemencé 1ml du bouillon pré-enrichi dans 10ml de milieu Muller Kaufmann (MKTTn) et incubé à 37°C pendant 24heures.

Isolement : Les milieux d'isolement Xylose-Lysine-Décarboxylate (XLD) et Hektoen ont été coulés en boîte de Pétri. Après solidification, ils sont ensemencés par stries en surface à l'aide d'une anse de platine trempée dans les milieux enrichis précédemment. Les boîtes de Pétri ont été incubées pendant 24 heures à 37 °C. A l'issue de ce délai, les colonies suspectes des Salmonelles sur XLD sont de couleur rouge avec ou sans centre noir et sur Hektoen, elles sont de couleur verte avec ou sans centre noir.

Identification : En cas de suspicion, on effectue la phase de confirmation en prélevant quelques colonies typiques, en les replaçant sur Gélose Ordinaire (GO) et en les incubant pendant 24 heures à 37°C, et effectue ensuite un certain nombre de tests biochimiques (la galerie API 20E) pour confirmer que l'organisme observé est effectivement *Salmonella*.

2.4. Analyses statistiques

Les données obtenues ont été analysées en utilisant le logiciel Statgraphics 19-X64 pour l'analyse de variance, le calcul de moyennes et écartypes. Le test de plages multiples de Duncan pour comparer les moyennes. Le logiciel Sigma 14.5 quant à lui a été utilisé pour la représentation graphique des données. Les valeurs obtenues pour chaque flore étudiée en fonction des échantillons ont été comparées à la référence normative des critères microbiologiques aux épices (Division de la sécurité alimentaire de Luxembourg de 2016). L'interprétation des résultats a été effectuée suivant le plan à classes

CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. RÉSULTATS

3.1.1. Résultats de l'enquête

Les résultats des enquêtes révèlent que, sur un effectif de 22 vendeurs de *Meneu* interviewés dans les trois marchés, 18,2% ont moins de 40 ans et 81,8 % ont plus de 40 ans. S'agissant du sexe, il ressort que les 22 vendeurs enquêtés sont toutes des femmes. À propos du niveau d'étude, 72,7 % des enquêtés ont un niveau primaire, 27,3 % de niveau secondaire. Un pourcentage de 100 % des vendeurs ont déclaré consommer le *Meneu* régulièrement et l'utiliser dans la préparation des sauces. Trois types d'accompagnement consommés avec le *Meneu* ont été cités. Il s'agit des pains (22,72 %), de beurre de karité (90,9 %) et l'oignon (54,55 %). La plupart des vendeurs rencontrés ont témoigné des effets bénéfiques de la consommation du *Meneu*. En effet, 68,18 % des enquêtés ont affirmé que la consommation du *Meneu* limite le diabète en régulant le taux de sucre dans le sang et réguler également la tension artérielle. Les résultats consignés dans le tableau III montre les activités menées autour du *Meneu*.

La technologie de production du condiment à base des graines d'*Amblygonocarpus andongensis* (*Meneu*) est illustrée par le diagramme de production de la figure 5. Il ressort de cette figure que le *Meneu* passe par plusieurs étapes. Les graines d'*Amblygonocarpus andongensis* subissent dans un premier temps un vannage ou triage. Le but du triage est d'éliminer les graines endommagées pour la suite du processus de fabrication. Après le triage, les graines sont concassées pour les réduire en petits morceaux (granulés), ce qui permet de faciliter la cuisson des graines qui sont très dures. Après cette étape, on tamise pour séparer les granulés aux graines finement concassées (farines). Les granulés sont ensuite cuits à la vapeur puis refroidis avant d'être mélangés aux farines issues du concassage. L'ensemble est laissé fermenter dans les sacs de jute ou un récipient pendant 2 jours pour donner du condiment (*Meneu*). Durant cette période de maturation, la fermentation favorise le développement des caractéristiques organoleptiques du *Meneu*.

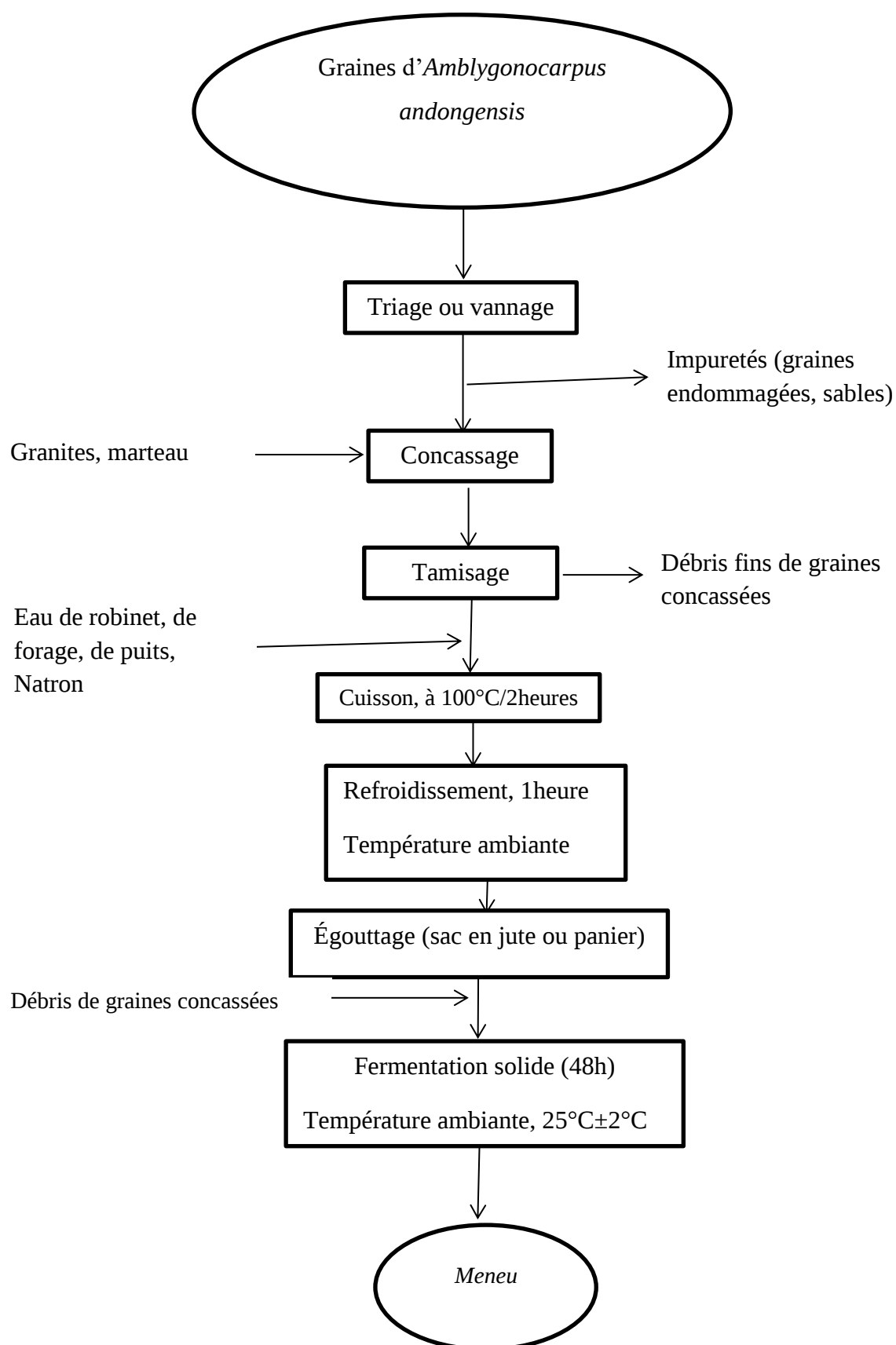


Figure 2 : Diagramme de production du Meneu

Tableau III: Résultats de l'enquête menée autour de l'activité du *Meneu*

Variables		Effectif	Pourcentage (%)
Age	< 40	4	18,2
	>40	18	81,8
Niveau d'instruction	Primaire	16	72,7
	Secondaire	06	27,3
	Universitaire	00	00
Situation matrimoniale	Marié	19	86,4
	Célibataire	03	13,60
	Divorcé	00	00
Consommation du Meneu			
Oui		22	100
Non		00	00
Accompagnement avec Meneu ou utilisation			
Sans accompagnement		21	95,45
Pain		05	22,72
Sauces		22	100
Beurre de karité		20	90,9
Oignon		12	54,55
Maladies traitées par la consommation du Meneu			
Hypertension artérielle		15	68,18
Diabète		10	45,45

3.1.2. Caractéristiques physicochimiques du *Meneu*

Le tableau IV présente les caractéristiques physicochimiques des échantillons de *Meneu* collectée dans les différents marchés étudiés (Djarabé, Guelmbag et Dessert). Au regard de ces résultats, le pH du *Meneu* obtenu au marché de Djarabé a varié de 4,8 et 5,2. Les moyennes les plus élevées ont été obtenues dans les échantillons de Djarabé 1. La teneur en eau obtenue est située entre 59,27 et 60,95%. Les teneurs en eau les plus importantes ont été enregistrées dans les échantillons de Djarabé 3. Le taux le plus faible a été mesuré dans les échantillons de Djarabé 1. Par ailleurs, il n'y a pas de différence significative entre les valeurs

de Djarabé 1 et de Djarabé 2. Les teneurs moyennes en cendres ont fluctué de 6,89 à 7,8%. Les plus basses valeurs de cendres ont appartenu aux échantillons de Djarabé 2, mais les deux autres valeurs (Djarabé 1, Djarabé 3), statistiquement, il n'y a pas une différence significative. En ce qui concerne les teneurs lipidiques, les moyennes sont comprises entre 7,75 et 8,26%. Les moyennes des échantillons de Djarabé 1 et Djarabé 2 n'ont pas une différence significative. Le taux élevé en lipides a été enregistré dans les échantillons de Djarabé 3.

Les résultats de ce tableau montrent que le *Meneu* collecté au marché de Guelmbag a un pH variant de 4,8 et 5,9. Il y a une différence de significativité entre les moyennes. Toutefois, la moyenne la plus faible a été obtenue dans les échantillons de Guelmbag 3. Pour ce qui est de la teneur en eau, les moyennes obtenues ont fluctué entre 57,85 et 62,69%. Par ailleurs, la forte teneur en eau étant celle de *Meneu* provenant des échantillons de Guelmbag 2. Il y a une différence statistiquement significative entre les valeurs de Guelmbag 1, Guelmbag 2 et Guelmbag 3. La teneur en matière sèche a varié de 37,31 à 42,15%, la plus forte valeur moyenne a été enregistrée dans l'échantillon de Guelmbag 1. Cependant, la teneur de tous les échantillons a enregistré une différence significative. Les teneurs moyennes en cendres ont fluctué de 5,86 à 6,95%. Les plus basses valeurs ont été observées chez la première vendeuse (Guelmbag 1), mais les deux autres valeurs (Guelmbag 2 et Guelmbag 3), il n'y a pas une différence significative. Les teneurs en lipidiques étant comprises entre 8,19 et 9,32%, les moyennes des échantillons (Guelmbag 1, Guelmbag 2 et Guelmbag 3) sont statistiquement différentes. Le taux le plus élevé a été enregistré dans l'échantillon provenant de Guelmbag 3 (Tableau IV).

Il ressort pour le *Meneu* collecté au marché de Dessert que le pH est compris entre 5,1 et 5,87. Il y a une différence significative entre les valeurs obtenues. Toutefois, le pH le plus élevé a été constaté dans l'échantillon de Dessert 3 avec une valeur de 5,87. Le Dessert 1 a présenté la valeur la plus basse. S'agissant de teneur en eau, les moyennes obtenues oscillaient entre 58,06 et 59,4% (Tableau IV). Il n'y a pas de différence significative entre les moyennes des échantillons de Dessert 1 et Dessert 3, contrairement au Dessert 2 qui a été le taux le plus élevé. Par ailleurs, les moyennes de teneur en matière sèche ont varié de 40,47 à 41,94%. Au regard de ces valeurs, les basses moyennes ont été obtenues de l'échantillon de Dessert 2, par contre les autres valeurs (Dessert 1 et Dessert 3) sont statistiquement non significatives.

Les graines d'*Amblygonocarpus andongensis* (matière première) ont un pH de $6,27 \pm 0,06$, une matière sèche de $93,73 \pm 0,06$ %, une teneur en cendre de $4,48 \pm 0,08$ % et une

teneur en lipide de $6,39 \pm 0,21\%$. Comparativement au *Meneu*, on note une diminution de valeurs du pH, une augmentation la teneur en eau, en cendres et en lipides (Tableau IV).

Tableau IV: Caractéristiques physico-chimiques du *Meneu* après fermentation et du témoin

Paramètres	pH	Teneur en eau (%)	Cendres (%)	Lipides (%)
Djarabé 1	$5,2 \pm 0,10^b$	$59,27 \pm 0,07^a$	$7,6 \pm 0,40^b$	$8,26 \pm 0,04^b$
Djarabé 2	$4,8 \pm 0,10^a$	$59,28 \pm 0,02^a$	$7,8 \pm 0,20^b$	$8,26 \pm 0,03^b$
Djarabé 3	$4,9 \pm 0,10^a$	$60,95 \pm 0,03^b$	$6,89 \pm 0,02^a$	$7,75 \pm 0,01^a$
Guelmbag 1	$5,9 \pm 0,10^c$	$57,85 \pm 0,4^a$	$5,86 \pm 0,37^a$	$8,83 \pm 0,28^b$
Guelmbag 2	$5,4 \pm 0,10^b$	$62,69 \pm 0,04^c$	$6,53 \pm 0,07^b$	$9,32 \pm 0,01^c$
Guelmbag 3	$4,8 \pm 0,2^a$	$62,11 \pm 0,01^b$	$6,95 \pm 0,03^b$	$9,32 \pm 0,01^c$
Dessert 1	$5,1 \pm 0,10^a$	$59,53 \pm 0,54^b$	$7,73 \pm 0,33^b$	$9,77 \pm 0,19^b$
Dessert 2	$5,4 \pm 0,20^b$	$58,06 \pm 0,02^a$	$8,26 \pm 0,04^c$	$8,42 \pm 0,02^a$
Dessert 3	$5,9 \pm 0,12^c$	$59,24 \pm 0,02^b$	$6,43 \pm 0,00^a$	$11,40 \pm 0,02^c$
Matière première	$6,2 \pm 0,01$	$6,27 \pm 0,06$	$4,48 \pm 0,08$	$6,39 \pm 0,21$

Les moyennes suivies d'une même lettre sur la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%. Valeurs moyennes $\pm$ Ecartype. Djarabé (1, 2, 3) : représentent le nombre des échantillons prélevés au marché de Djarabé ; Guelmbag (1, 2, 3) : représentent le nombre des échantillons prélevés au marché de Guelmbag ; Dessert (1, 2, 3) : représentent le nombre des échantillons prélevés au marché de Dessert.

3.1.2.1. Variation des paramètres physicochimiques du *Meneu* en fonction de marchés

La figure 3 montre le pH des différents marchés. Il ressort que le pH a varié de 4,97 à 5,46. Cependant, le marché de Djarabé a présenté la valeur du pH le plus bas tandis que le marché de Dessert le pH le plus élevé. Nous constatons également que toutes les valeurs du pH des échantillons du *Meneu* sont inférieures à celle du pH des graines non fermentées (matière première).

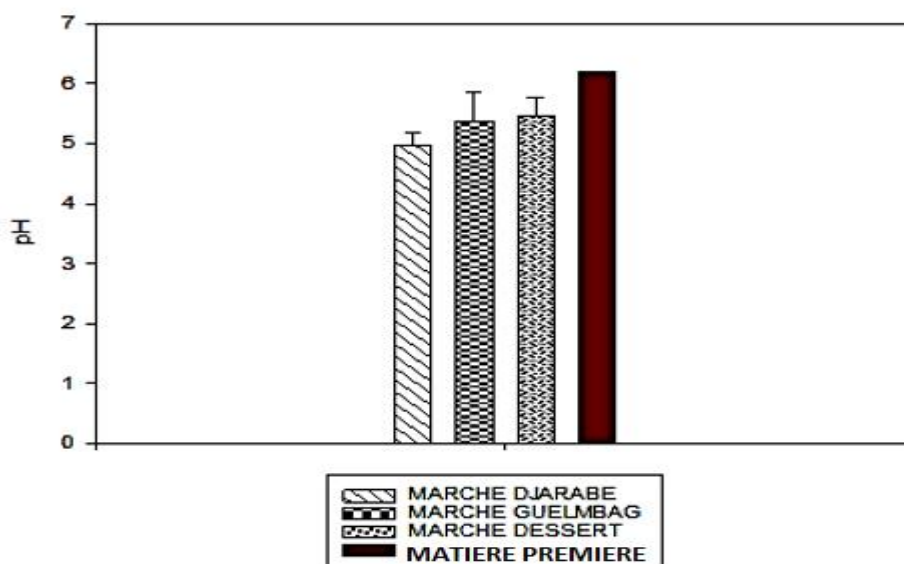


Figure 3 : Répartition de pH en fonction des marchés et matière première

La teneur en eau variait de 58,89 à 60,88%. La valeur de la teneur en eau obtenue du marché de Guelmbag a été la moyenne la plus élevée suivie du marché de Djarabé. L'analyse statistique montre qu'il n'y a pas une différence significative entre le marché de Dessert et le marché de Djarabé. Par ailleurs, on constate une faible teneur en eau au niveau des graines non fermentées (témoin) comparée au *Meneu* (figure 4).

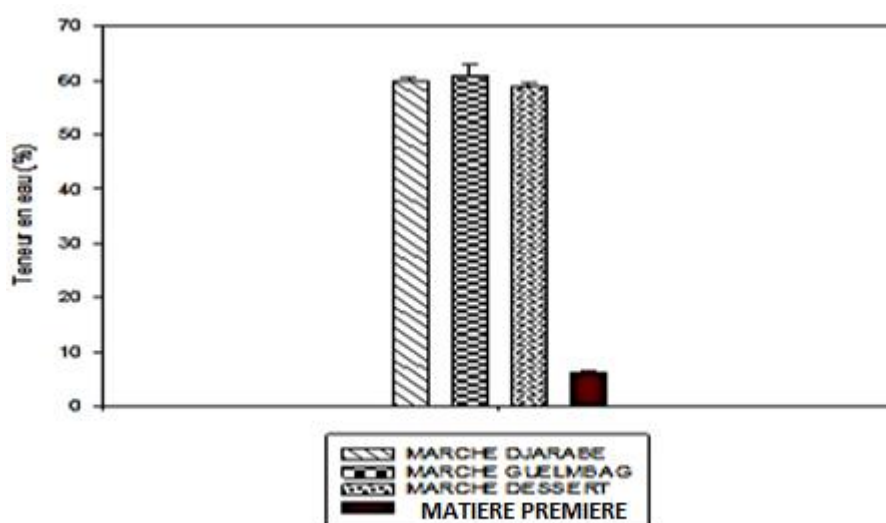


Figure 4 : Répartition de la teneur en eau en fonction des marchés et matière première

Le taux des cendres représente la quantité totale en sels minéraux présente dans un aliment. Nous constatons d'après la figure 5 que la valeur obtenue au marché de Guelmbag a été inférieure à celles des marchés de Djarabé et de Dessert. Par ailleurs, on note qu'il n'y a pas une différence significative entre les moyennes du marché de Djarabé et du marché de Dessert. Tandis que la matière première est pauvre en matière minérale.

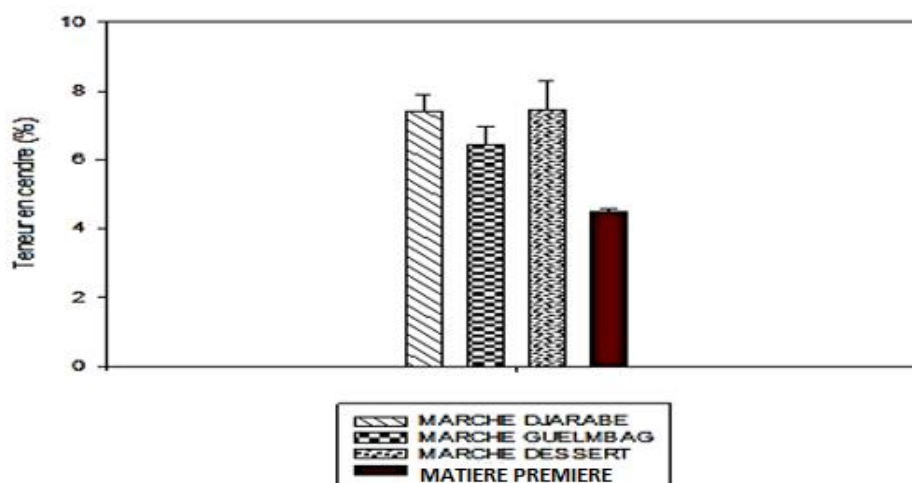


Figure 5 : Répartition des teneurs en cendre en fonction des marchés et matière première

La figure 6 montre la teneur en lipides en fonction des marchés. Cette teneur a fluctué de 8,09 à 9,86%. Le marché de Dessert a présenté la valeur la plus élevée suivie de celle du marché de Guelmbag. Il ressort également de cette figure que la teneur de témoin a été faible par rapport aux teneurs des produits finis de différents marchés.

Ainsi, au regard de ces différentes figures, nous pouvons conclure que tous les paramètres ont varié d'un marché à l'autre.

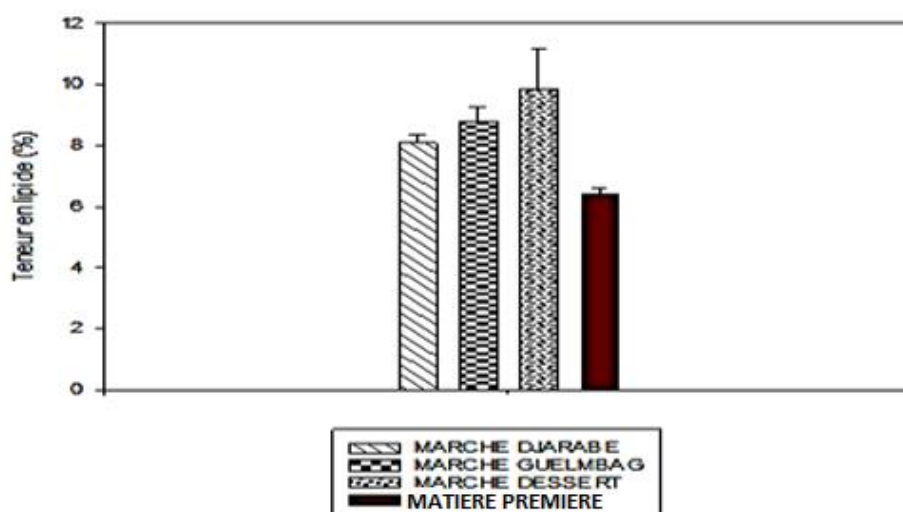


Figure 6 : Répartition des teneurs en lipide en fonction des marchés et matière première

3.1.3. Caractéristiques microbiologiques

Le tableau V présente les résultats des caractéristiques microbiologiques du *Meneu* collecté aux différents marchés. Ce tableau révèle que les coliformes totaux ont été dénombrés dans le *Meneu* du marché de Djarabé avec des concentrations variant de 3,72 à 5,3 Log₁₀UFC/g. Le même constat a été fait pour les *E. coli* (2,38 à 4,3 Log₁₀UFC/g), les *Staphylococcus aureus* (2 à 5,3 Log₁₀UFC/g), les *Bacillus cereus* (3,6 à 5,3 Log₁₀UFC/g) et les levures et moisissures (2 à 3,6 Log₁₀UFC/g). Il n'y a pas une différence significative entre les concentrations de Djarabé 2 et Djarabé 3 des microorganismes tels que coliformes, *E. coli*, *Staphylocoques* et *Bacillus cereus*. Il ressort également que la flore fongique a enregistré une différence significative entre les différentes vendeuses (Djarabé 1, Djarabé 2 et Djarabé 3).

Ce tableau montre aussi que 100% des échantillons du *Meneu* collecté au marché de Guelmbag ont été contaminés par les coliformes totaux, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, levures et moisissures à des proportions variant respectivement de 4,34 à 5,35 Log₁₀UFC/g, de 2,38 à 5,48 Log₁₀UFC/g, de 3,71 à 5,3 Log₁₀UFC/g et de 1,99 à 3,47 Log₁₀UFC/g.

Il révèle également que les coliformes totaux ont été présents dans tous les échantillons du *Meneu* collecté au marché de Dessert variant de 2,48 à 3,71 Log₁₀UFC/g. Le même constat a été fait pour les *E. coli* (2,3 à 3,32 Log₁₀ UFC/g), les *Staphylocoques* (3,58 à 5,3 Log₁₀UFC/g), les *Bacillus cereus* (4,69 à 5,3 Log₁₀UFC/g) et les levures et moisissures (1,59 à 1,98 Log₁₀UFC/g).

Par ailleurs, le *Salmonella* a été absente dans tous les échantillons du *Meneu* collecté aux différents marchés. Il ressort également de ce travail que la charge des flores recherchées a varié d'une vendeuse à l'autre au sein du marché.

Tableau V: Caractéristiques microbiologiques du *Meneu* après fermentation et témoin
(Log₁₀UFC/g)

Paramètres	Coliformes	<i>E. coli</i>	<i>S.aureus</i>	<i>B. cereus</i>	LM	<i>Salmonella</i>
Djarabé 1	3,72 ±0,03 ^a	2,38±0,06 ^a	2±0,02 ^a	3,6±0,01 ^a	2±0,04 ^a	Absence
Djarabé 2	5,3±0,04 ^b	4,3±0,06 ^b	5,3 ±0,02 ^b	5,3 ±0,07 ^b	3,6±0,02 ^c	Absence
Djarabé 3	5,29±0,09 ^b	4,3±0,02 ^b	5,33±0,06 ^b	5,29±0,11 ^b	3,43±0,10 ^b	Absence
Guelmbag 1	4,34±0,05 ^a	2,7 ±0,05 ^a	5,3±0,05 ^b	5,3±0,02 ^a	1,99±0,09 ^a	Absence
Guelmbag 2	5,35±0,09 ^b	2,38±0,08 ^a	3,71±0,08 ^a	5,3±0,05 ^a	2±0,05 ^a	Absence
Guelmbag 3	5,3±0,01 ^b	5,48±0,02 ^b	5,3±0,07 ^b	5,3±0,02 ^a	3,47±0,07 ^b	Absence
Dessert 1	3,71±0,02 ^c	3,32±0,04 ^b	3,58±0,17 ^a	4,69±0,1 ^a	1,6±0,07 ^a	Absence
Dessert 2	2,48±0,02 ^a	2,3±0,03 ^a	5,3±0,05 ^b	5,3±0,07 ^b	1,59±0,11 ^a	Absence
Dessert 3	3,48±0,01 ^b	3,32±0,02 ^b	5,3±0,03 ^b	5,3±0,06 ^b	1,98±0,15 ^b	Absence
Matière première	1±0,00	1±0,00	3±0,02	2±0,01	2±0,01	Absence
DSA	2	2	2	3	5	Absence

Les moyennes suivies d'une même lettre sur la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%. *E. coli* : *Escherichia coli* ; *S. aureus* : *Staphylococcus aureus*, BC : *Bacillus cereus* ; LM : Levures et moisissures ; Djarabé (1, 2, 3) : représentent le nombre des échantillons prélevés au marché de Djarabé ; Guelmbag (1, 2, 3) : représentent le nombre des échantillons prélevés au marché de Guelmbag ; Dessert (1, 2, 3) : représentent le nombre des échantillons prélevés au marché de Dessert. DSA : Division de la sécurité alimentaire- Ministère de la Santé, Grand-Duché De Luxembourg, 2016

1.3.3.1. Variation des paramètres microbiologiques du *Meneu* en fonction des marchés

La figure 7 montre les charges de coliformes. La concentration de coliformes a été plus faible dans le témoin (1 Log₁₀UFC/g). Le *Meneu* vendu au marché de Guelmbag contient des charges élevées en coliformes (4,98Log₁₀UFC/g) suivi du marché de Djarabé. L'analyse statistique a montré qu'il y a une différence significative (P< 0,05) entre les concentrations de coliformes au marché de Dessert et Guelmbag.

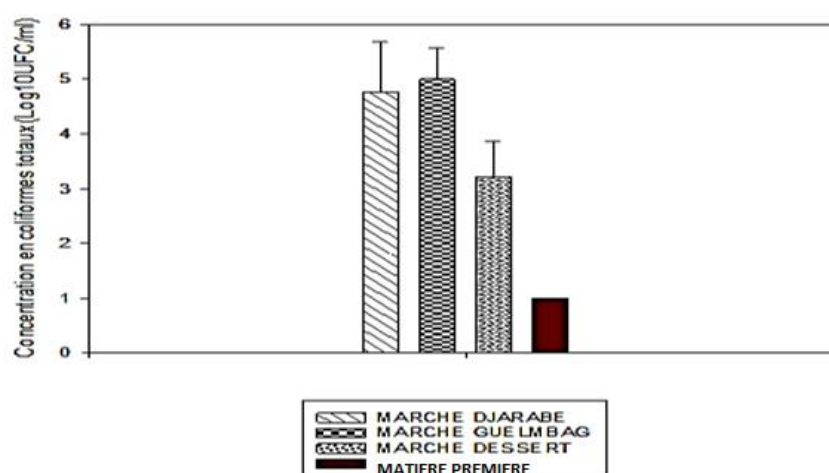


Figure 7 : Concentration des coliformes totaux en fonction des marchés et matière première

Les résultats présentés sur la figure 8 indiquent que les charges des *Escherichia coli* ne montrent pas que la contamination la plus élevée a été observée au marché de Djarabé avec une charge de 3,66 Log₁₀UFC/g suivie du marché de Guelmbag. La plus faible concentration a été remarquée au témoin (1 Log₁₀UFC/g).

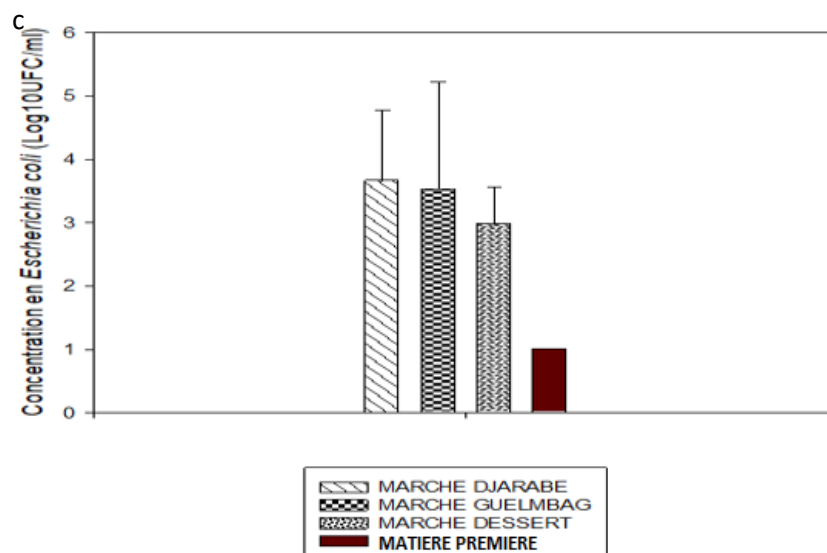


Figure 8 : Concentration des *Escherichia coli* en fonction des marchés et matière première

Les concentrations de *Staphylococcus aureus* dans les différents marchés présentées dans la figure 9 montrent que le Meneu vendu sur le marché Guelmbag a été plus contaminé en Staphylocoques avec une moyenne de 4,77 Log₁₀UFC/g suivi du marché de Dessert. Par ailleurs, la contamination a été faible au niveau de témoin comparée au Meneu collecté.

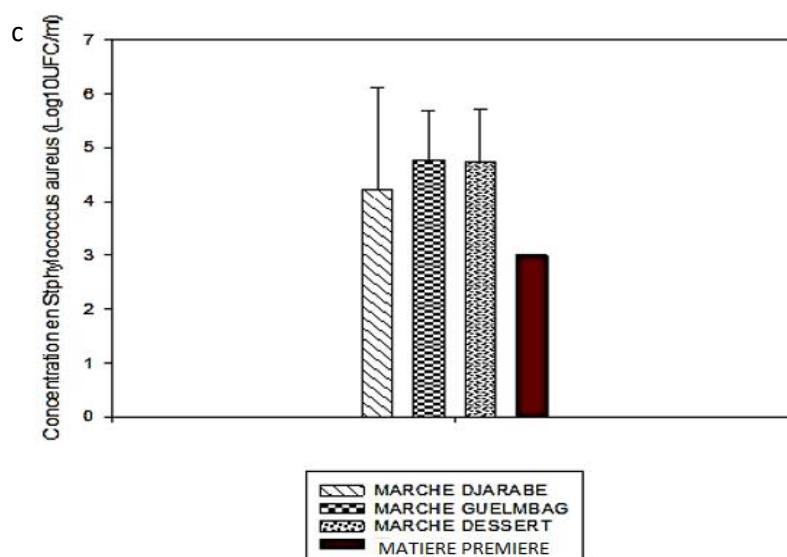


Figure 9 : Concentration des *Staphylococcus aureus* en fonction marchés et matière

L'analyse statistique a indiqué que les concentrations de *Bacillus cereus* obtenues aux marchés Guelmbag et Dessert n'ont pas présenté une différence significative ($P > 0,05$). Cependant, la charge de *Bacillus cereus* au marché de Guelmbag étant la charge la plus importante avec des concentrations de $5,3 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/g}$ et une faible charge a été observée au marché de Djarabé. Il ressort que la concentration en *Bacillus cereus* dans le témoin ($2 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/g}$) a été plus faible comparée aux produits (figure 10).

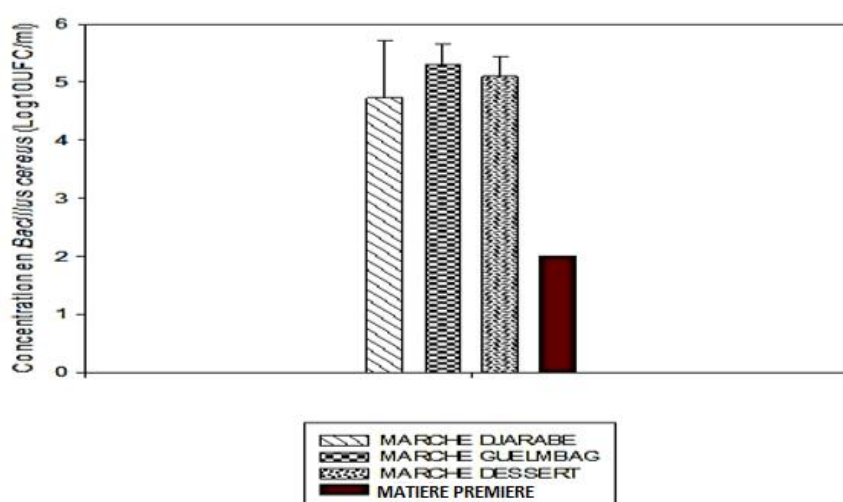


Figure 10 : Concentration des *Bacillus cereus* en fonction des marchés et matière première

La figure 11 indique que la charge de levures et moisissures du *Meneu* vendu au marché de Djarabé a été la plus élevée, suivie par le marché de Guelmbag. La charge de témoin étant plus élevée à celle obtenue au marché de Dessert (1,72 Log₁₀UFC/g).

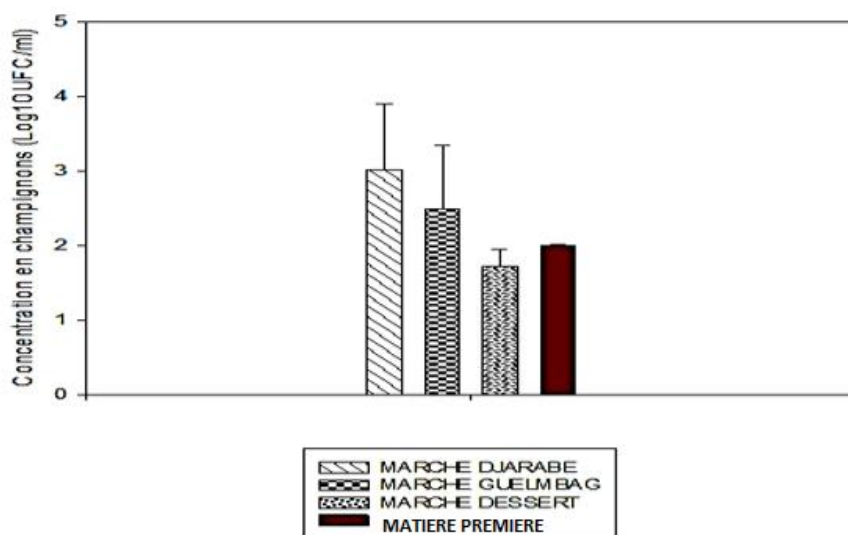


Figure 11 : Concentration des champignons en fonction des marchés et matière première

3.2. DISCUSSION

L'objectif de ce travail était d'évaluer les changements physico-chimiques et microbiologiques au cours de la production du *Meneu*, condiment obtenu à partir de la fermentation des graines d'*Amblygonocarpus andongensis*. Durant cette étude, l'on a constaté une baisse du pH, une augmentation de teneurs en eau, en cendres, en lipides et de la qualité microbiologique dans les produits par rapport aux graines non fermentées.

La diminution du pH observée au cours de la production du *Meneu* pourrait s'expliquer par la dégradation par les bactéries lactiques des sucres contenus dans les graines d'*Amblygonocarpus andongensis* en acides organiques. Les travaux effectués sur la composition nutritionnelle des graines d'*Amblygonocarpus andongensis* montrent qu'elles sont composées de 69,2% de sucres pouvant être utilisés pour la production des acides organiques (Malaisse & Guy, 1985). Begriche (2021), lors de ses travaux sur le chou a montré une la diminution du pH allant de 6,3 à 3,8 après environ 80 heures de fermentation.

Pour ce qui est de l'augmentation de la teneur en eau au cours de la production du *Meneu*, cela pourrait s'expliquer par le fait qu'au cours de la production du *Meneu*, les graines concassées d'*Amblygonocarpus andongensis* sont trempées et cuites dans de l'eau. C'est donc au cours de ce processus que la teneur en eau augmente au cours de la production du *Meneu*.

Au cours de ce travail, on a également noté l'augmentation de la teneur en lipides au cours de la production du *Meneu*. Cette augmentation en lipides dans le *Meneu* pourrait être due par l'augmentation des graisses formées par la microflore présente dans le milieu au cours de la production du *Meneu* (Reebe *et al.*, 2000 ; Igbabul *et al.*, 2014).

Durant ce travail, l'on a également noté l'augmentation de la teneur en cendres totales au cours de la production du *Meneu*. Cette augmentation du taux de cendres dans le *Meneu* pourrait être due à l'ajout du sel gemme, obtenu à partir des débris végétaux, au cours de la production. En effet, durant le processus du *Meneu*, les productrices ajoutent le sel gemme aux graines d'*Amblygonocarpus andongensis* dans le but de les attendrir et de réduire la durée de cuisson des graines. Cet ajout de sel gemme influence la qualité du *Meneu* en termes de la composition minérale et de caractéristique organoleptique. Une étude menée sur la composition en cations et en anions du sel gemme végétal obtenu à partir de la cendre du palmier à huile a révélé la présence importante des minéraux tels que le potassium (K), sodium (Na), calcium (Ca), magnésium (Mg), chlorure (Cl⁻), hydrogénocarbonate (HCO₃⁻), carbonate (CO₃²⁻) et hydroxyde (HO⁻) (Koriko *et al.*, 2021).

Bien que les changements physicochimiques lors de la production du *Meneu* aient été observés dans les différents sites de collecte, il a été également constaté de manière générale que ces changements varient quantitativement d'une localité à une autre. Ceci pourrait s'expliquer par la variabilité des quantités d'ingrédients utilisés par les productrices au cours de la production du *Meneu*. D'ailleurs, de nombreuses études ont souligné l'influence du lieu de production sur la qualité des aliments obtenus (Abakar *et al.*, 2019 ; Fatoumata *et al.*, 2016 ; Roukaya *et al.*, 2020).

Par ailleurs, les résultats des analyses microbiologiques ont indiqué que tous les échantillons des graines d'*Amblygonocarpus andongensis* et du *Meneu* ont été contaminés par les coliformes totaux, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, levures et moisissures. Selon Fatoumata *et al.* (2016) et Roukaya *et al.* (2020), les germes contenus dans la moutarde africaine de néré et d'oseille de guinée, produits similaires au *Meneu*, sont nombreux et appartiennent à diverses catégories de bactéries et de champignons. En plus, la présence des bactéries lactiques retrouvées sont les principaux microorganismes associés à la fermentation des aliments (Bukola & Abiodun, 2008). Par contre, l'on a constaté que les concentrations des germes pathogènes retrouvés ont augmenté lors de la production du *Meneu*. L'augmentation de la concentration des germes pathogènes dans le *Meneu* pourrait dans un premier être attribuée à l'augmentation de la teneur en eau au cours de la production. Ensuite, le non-respect des conditions d'hygiène tel que l'utilisation du matériel souillé, le non lavage des mains et la production dans un environnement non contrôlé pourrait également expliquer cette augmentation de la contamination. Des études ont montré que le non-respect des règles d'hygiène lors de la production des aliments pourrait augmenter la charge microbienne dans les produits finis (Degnon *et al.*, 2012 ; Kassé *et al.*, 2014). La richesse du *Meneu* en composés nutritionnels pourrait également favoriser la multiplication des microorganismes. De plus, le pH du *Meneu* parfois élevé (pH : 5,9) à cause de l'ajout de sel gemme, pourrait également créer un environnement favorable pour la croissance des germes pathogènes.

De manière générale, ces germes ont été présents dans le *Meneu* à des proportions variables selon les vendeuses d'une part et les marchés d'autre part. Selon Kassé *et al.* (2014), la variabilité des concentrations microbiennes dans des produits pourrait dépendre de la densité de fréquentation de la rue sur l'hygiène environnementale et donc la contamination du produit. Tous les échantillons analysés, à l'exception de *Salmonella* et de la charge des levures et moisissures, sont de qualité microbiologique non satisfaisante selon la

réglementation de la Division de la sécurité alimentaire de Luxembourg de 2016 relative aux critères applicables aux épices.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CONCLUSION

L'objectif était d'évaluer les changements physicochimiques et microbiologiques du *Meneu* au cours de la fermentation des graines d'*Amblygonocarpus andongensis*.

L'enquête nous a permis d'établir le diagramme de production de *Meneu*, de le classer dans le groupe des aliments fermentés traditionnels. C'est un aliment connu et consommé depuis longtemps par les populations locales et dont la fabrication s'appuie sur le savoir et le savoir-faire ancestraux.

Le *Meneu* présente des taux plus élevés en eau, en cendres et lipides par rapport à ceux enregistrés aux graines non fermentées qui sont (6,27%) d'eau, (4,48%) de cendres et (6,39%) de lipides. Cependant, certains paramètres comme le pH diminuent au cours de la production du *Meneu*.

Le *Meneu* contient une diversité de microorganismes (coliformes totaux, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, levures et moisissures). Cette diversité microbienne augmente au cours de la production du *Meneu*.

PERSPECTIVES

Dans l'optique d'améliorer ce travail, on se propose dans un futur proche de :

- Améliorer la qualité nutritionnelle et microbiologique du *Meneu* à travers l'utilisation des starters lactiques ;
- Evaluer le changement des paramètres sensoriels lors d'une fermentation contrôlée.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abakar I. L., Guira F., Tapsoba F., Zongo C., Abdoullahi H. O., Tidjani A. & Savadogo (2019).** Le Kawal, un condiment à base de feuilles fermentées de *Senna obtusifolia* : Technologies et valeurs nutritionnelles. *African Journal Food Agriculture Nutrition*, 19(2) :14244-14260.
- Abiola C. & Ekunrin M.F. (2016).** Effect of fermentation on the microbial, nutriment and antinutrient contents of Melon (*Cucumis melo* L.) husk. *Microbiology Journal*, 6 : 9-14.
- Agbobatinkpo P. B., Mouele-Balimbi J., Adnsi L., Azokpota P. & Hounhouigan D.J. (2019).** Effet des variantes technologiques de production de *yanyanku* et du contenant de fermentation des graines de néré sur la qualité du sonru. *Bulletin de Recherche Agronomique au Bénin (BRAB)*, 48-60.
- Ahouansou R. H. (2012).** Contribution à la mise au point et à l'optimisation des équipements de transformation agroalimentaire au Bénin : cas de la décortiqueuse de néré et de la presse *afitin*. Thèse de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi, 285 pages.
- Akaki K. D., Aw S., Loiseau G. & Guyot J-P. (2008).** Etude du comportement des souches de *Bacillus cereus* ATCC 9139 et d'*Escherichia coli* atcc 25922 par la méthode des challenge-tests lors de la confection de bouillies à base de pâte de mil fermentée en provenance d'Ouagadougou (Burkina-Faso). *Revue Ivoire Sciences Technology*, 11 : 103-117.
- Bationo F. (2018).** Les aliments céréaliers fermentés africains : un autre moyen de participer à la couverture des besoins en folates. Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'université de Montpellier, France, 285 pages.
- Begrache L. (2021).** Impact des paramètres de fabrication sur la composition microbiologique et physico-chimique des légumes fermentés. Mémoire de Master, Université de Rennes I, 36 pages.
- Beuchat L.R. (1997).** Traditional fermented foods, in: Doyle, M.P., Beuchat, L.R., Montville, T.J. (Eds.), *Food Microbiology - fundamentals and frontiers*. ASM press, Washington DC, 629-648.
- Bikila W. L. (2020).** Microbiology of Ethiopian Traditionally Fermented Beverages and Condiments. *International Journal of Microbiology*, 1-8.
- Boureima K., Hama C., Tapsoba F., Adama S., Cheikna Z., Traoré Y. & Savadogo A. (2019).** Bouillies fermentées traditionnelles à base de céréales au Burkina Faso :

- diversité, technologies de production et microorganismes à potentiel probiotique associés. *Revue Scientific Technology Synthèse*, 25(2) : 12-24.
- Bourgeois C-M. & Larpent J-P. (1996).** Aliments fermentés et fermentation alimentaire, 2^{ème} édition Technologie et Documentation. Lavoisier- Paris, 232 pages.
- Boursi J., Abega J. P., Houjayfa M. O., dazeck D. F. R., Aminatou H. & Adjoudji O. (2021).** Study of the production of « Dadawa » from seeds of *Amblygonocarpus andongensis* in Adamawa, Cameroon. *International Journal of Research in Agriculture Biological & Environment*, 2(3): 2582-61072.
- Buckenhüskes H. J. (1993).** Selection criteria for lactic acid bacteria to be used as cultures for various food commodities. *FEMS Microbiol Revue*, 12:253-72.
- Bukola C.A. & Abiodun A.O. (2008).** Screening of lactic acid bacteria strains isolated from some Nigerian fermented foods for EPS Production. *World Applied Sciences Journal*, 4 (5) : 741-747.
- Cissé H., Savadogo A., Taalé E., Tapsoba F., Guira F., Zongo C. & Traoré Y. (2016).** Influence des substrats carbonés et minéraux sur l'activité des substances BLIS (Bacteriocin-Like Inhibitory Substances) produites par des souches de *Bacillus* isolées à partir d'aliments fermentés au Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, 106 (1) : 10236 –10248.
- Cissé O. I. K. (2020).** Les boissons fermentées traditionnelles du Sénégal : diagnostic des procédés, études de la maturation et essais de stabilisation. Thèse de doctorat. Université de Cheikh Anta diop de Dakar, Sénégal, 185 pages.
- Coulibaly D. M., Parkouda C., Compaore S. C. & Savadogo A. (2020).** Traditional technologies for processing African locust bean seeds (*Parkia biglobosa* Jacq. R. Br.) in West Africa: review on the main derivatives and production constraints. *Journal of Applied Biosciences*, 152: 15698 –15708.
- Degnon G. R., D'oignon T. J., Youssou S. & Logan S.Y. (2012).** Évaluation de la qualité microbiologique et physicochimique des poissons capturés et commercialisés au port de pêche industrielle de Cotonou. *International Journal Biological and Chemical Science*, 6(1): 166-174.
- Doukani K., Souhila T., Freha G., Fatma M., Mohamed O., Mourad B. (2013).** Caractérisation physico-chimique du blé fermenté par Stockage Souterrain (*Matmora*). *Revue Ecologie-Environnement*, (9) : 1112-5888.

- Fatoumata C., Soronipoho S., Souleymane T., Kouakou B. & Marcellin D. K (2016).** Caractéristiques biochimiques et microbiologiques de moutardes africaines produites à base de graines fermentées de *Parkia biglobosa* et de *Glycine max*, vendues en Côte d'Ivoire. *International Journal Biological Chemical Scientific*, 10(2): 506-518.
- Food and Agriculture Organization (FAO), (2009).** Profil nutritionnel de pays : la République du Tchad.
- Guiguindibaye Madjimbe, Touroumgaye Goalbaye, Mamounata O. Belem & Bansedi NGARIKLA (2018).** Evaluation des ressources ligneuses et leur exploitation comme bois de chauffe et de service dans le Département de Barh-kôh au sud du Tchad. *International Journal Biological Chemical. Scientific*, 12(6): 2856-2870.
- Han B.Z., Rombouts F.M., & Nout M.J. (2001).** A Chinese fermented soybean food. *International Journal of Food Microbiology*, 65:1-10.
- Holzappel W (1997).** Use of starter cultures in fermentation on a household scale. *Food Control*, 8 : 241-58.
- Humblot C. (2015).** Les relations aliments-microbiotes-hôte. Habilitation à diriger des recherches. Université de Montpellier, France, 75 pages.
- Igbabul B.D., Amove J. & Twadue I. (2014).** Effect of fermentation on the proximate composition, antinutritional factors and functional properties of cocoyam (*Colocasia esculenta*) flour. *African Journal of good Science and Technology*, 5(3): 67-74.
- International Organisation for Standardization (ISO 6887-2, 2017) :** Microbiologie de la chaîne alimentaire - Préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique.
- Jończyk-Matysiak E., Klak M., Weber-Dabrowska B., Borysowski J., & Górski A. (2014).** Utilisation possible de bactériophages actifs contre *Bacillus anthracis* et d'autres membres du groupe *B. cereus* face à une menace de bioterrorisme. *BioMed research international*, 14 pages.
- Kambiré O., Konan M.Y., Aminata C., Zambalé B. I. A. B & Koffi-Nevry R. (2021).** Mycoflore de trois types de « soubala » issus de graines de *Parkia biglobosa* vendus dans les marchés de Korhogo, Côte d'Ivoire. *Afrique Science* 18(2) : 149-157.
- Kassé M., Mady C., Aminata T., M-N Ducamp-Collin M-N. & Aliou G. (2014).** Qualité microbiologique des tranches de mangues (*Mangifera indica* L.) vendues à Dakar (Sénégal). *International Journal Biological Chemical Scientific*, 8(4) : 1611-1619.

- Koriko M., Tchegueni S., Alassani F., Degbe A. K. & Tchangbedji G. (2021).** Extraction et caractérisation physicochimique d'un sel végétal à partir de la cendre du Palmier à huile du Nord du Togo. *Européen Scientific Journal*, 17(43) :102-115.
- Koura K., Peace I. G. O., Azokpota P., Cossi G. J. & Hounhouigan D.J. (2014).** Caractérisation physique et composition chimique des graines de *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. en usage au Nord-Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 75 :6239– 6249.
- Lortal S., Kamel-Eddine E. M., François M., Hélène E., Rul F., Marie-Christine C-V. & Savary-Auzeloux I. (2020).** Aliments fermentés & bénéfices santé : un défi pour la recherche. *Cahiers de Nutrition et de Diététique, Elsevier Masson*, 55 (3) :136-148.
- Louppe D., Oteng-Amoako A. A. & Brink M. (Editeurs) (2008).** Ressources végétales de l'Afrique tropicale 7(1). Fondation PROTA/Blackhuys Publishers/CTA, Wageningen, Pays-Bas.
- Madodé Y. E., Sogbossi C. G., Agbessi M.J., Nougbo J. & Hounhouigan R. M. (2018).** Caractérisation technologique et microbiologique des condiments fermentés de type *afitin* à base de soja au Bénin. *Bulletin de Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*, 01-11.
- Mahandry A. (2012).** Etude de la consommation et de la valeur nutritionnelle des graines de légumineuses de l'Androy. Mémoire de Master. Université d'Antananarivo, Madagascar, 20-23
- Makhlouf H. (2012).** Propriétés physico-chimiques et rhéologiques de la farine et de l'amidon de taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) variété Sosso du Tchad en fonction de la maturité et du mode de séchage. *Alimentation et Nutrition*. Université de Lorraine, Français, 44-45.
- Mapongmetsem P.M., Kapchie V.N. & Tefempa B.H. (2012).** Diversity of local fruit trees and their contribution in sustaining the rural livelihood in northern Cameroon. *Ethiopian Journal of Environment Studies and Management*, 5(1): 12-24.
- Marchandin H. (2007).** Physiologie bactérienne, Faculté de Médecine Montpellier-Nîmes.
- Mensah P. (1997)** Fermentation the key to food safety assurance in Africa? *Food Control*, 8 (5): 271-278.
- Nguemo D. D., Laohudumaye A. B., Mapongmetsem P. M. & Bayegone E. (2018).** Étude ethnobotanique et phytochimique des plantes médicinales utilisées dans le traitement des maladies cardiovasculaires à Moundou (Tchad). *International Journal Biological and Chemical Scientific*, 12(1) : 203-216.

Norme française en International Organization for Standardization (NF EN ISO 4832, 2006). Microbiologie des aliments – méthode horizontale pour le dénombrement des coliformes- Méthode par comptage des colonies, 12pages.

Norme Française en International Organization for Standardization (NF EN ISO 6888-2, 2018). Microbiologie des aliments – méthode horizontale pour le dénombrement des Staphylocoques à coagulase positive.

Norme Française en International Organization for Standardization (NF EN ISO 9732, 2005). Microbiologie des aliments- méthode horizontale pour le dénombrement des *Bacillus cereus* présumptifs, 23pages.

Norme Française en International Organization for Standardization (NF EN ISO 15214, 1998). Microbiologie des aliments- méthode horizontale pour le dénombrement des bactéries lactiques mésophiles.

Norme Française en International Organization for Standardization (NF EN ISO 16649-2, 2001) : Méthode horizontale pour le dénombrement des *Escherichia coli* β -glucuronidase positive ; technique de comptage des colonies à 44°C $\pm$ 1°C au moyen de 5-bromo-4-chloro-3-indoxyl β -D-glucuronate.

Norme Française en International Organization for Standardization (NF EN ISO 6579, 2017) : Microbiologie des aliments : Méthode horizontale pour la recherche des *Salmonella spp.*

Norme Francaise V08-059 (2002). Microbiologie des aliments. Dénombrement des levures et des moisissures par comptage des colonies à 25°C, 8 pages.

Noumo N.T (2011). Influence de la fermentation par *Lactobacillus plantarum* A6 sur la composition chimique et la qualité nutritionnelle des poudres de feuilles de *Moringa oleifera* LAM. Mémoire de Master, Université de N’Gaoundéré/ Cameroun, 123 pages.

NWinyi F. C., Ajoku G. A., Aniagu S.O., Koubmarawa D., Enwerem N. & Dzarma S. (2006). Amblygonocarpus andongensis stem bark in pain relief. *African Journal of Biotchnology*, 5(17):1566-1571.

Okafor D.C., Peter-Ikechukwu A.I., Enwerenzoh R.O., Uzoukwu A.E., Angunwa M.I., Anagwu F. I. & Onyemachi C. (2015). Effect of fermentation on the anti-nutritional factors and mineral composition of Melon seed varieties for *Ogiri* production. *Food Science and Quality Management*, 43: 2224-6088.

Ouoba L. I. I., Thorsen L. & Varnam A. H. (2008). Production d'entérotoxines et de toxines émétiques par *Bacillus cereus* et d'autres espèces de *Bacillus* isolées de

- Soumbala et de Bikalga, condiments alimentaires fermentés alcalins africains. *Revue internationale de microbiologie alimentaire*, 124 (3) : 224-230.
- Ouoba L. I., Diawara B., Amoa-Awua W., Traore A. S. & Moller P. L., (2004).** Genotyping of starter cultures of *Bacillus subtilis* and *Bacillus pumilus* for fermentation of African locust bean (*Parkia biglobosa*) to produce Soumbala. *International Journal of Food Microbiology*, 90:197-205.
- Parkouda C., Ba F., Ouattara L., Tano-Debrah K. & Diawara B. (2015).** Biochemical changes associated with the fermentation of baobab seeds in *Maari*: an alkaline fermented seeds condiment from western African *Journal of Ethnic Foods*, 2(2):58-63.
- Picard O. (2020).** Impact des paramètres de fabrication des légumes fermentés sur leur composition microbiologique : Caractérisation par approche culture-dépendante des populations de micro-organismes dans divers légumes fermentés. *Alimentation et Nutrition*.
- Reebe S., Gonzalez V.N. & Rengifo J. (2000).** Research on trace elements in the common beans. *Food Nutrition Bulletin*, 21: 387-391.
- Rijkers G.T., Bengmark S., Enck P., Haller D., Herz U., Kalliomaki M., Kudo S., LenoirWijnkoop I., Mercenier A., Myllyluoma E., Rabot S., Rafter J., Szajewska H., Watzl B., Wells J., Wolvers D. & Antoine J. M. (2010).** Guidance for substantiating the evidence for beneficial effects of probiotics: current status and recommendations for future research. *Journal of Nutrition*, 140:671S-676S.
- Roukaya A. S, Hallima O. D, Alio S.A, Bakasso Y & Abdourahamane B. (2020).** Caractérisation biochimique et microbiologique de Soumbala de néré (*Parkia biglobosa*) et d'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa*) produits au Niger. *European Scientific Journal*, 16 (3) : 1857-7431.
- Saubade F. (2016).** Potentiel nutritionnel du microbiote d'aliments fermentés à base de céréales : le cas des folates. *Alimentation et Nutrition*. Université Montpellier, Français.
- Savadogo A. & Traore A.S., 2011.** La flore microbienne et les propriétés fonctionnelles des yaourts et laits fermentés. *International Journal of Biological and Chemical Science*, 5 (5) : 2057-2075.
- Savary-Auzeloux I. & Françoise Rul (2021).** Intérêt des aliments fermentés pour la santé. *Pratiques en Nutrition : Santé et alimentation, Elsevier-Masson*, 17 (68) : 8-12.

- Sawadogo S. (2010).** Stratégie nationale de valorisation et de promotion des produits forestiers non ligneux. Rapport du Ministère de l'environnement et du cadre de vie, 64 pages.
- Tamime A. Y. (2013).** Lactic Acid Bacteria - Microbiological and Functional Aspects, 4th edition. CRC Press, *International Journal Dairy Technology*, 66 (1):149-150.
- Tankoano Abel, Michel Bakar Diop, Hagrétou Sawadogo-Lingani, Donatien Kaoré & Aly Savadogo (2017).** Les aspects technologiques, microbiologiques et nutritionnels des aliments fermentés à base de lait et de mil en Afrique de l'ouest. *International Journal of Advanced Research*, 2320-5407.
- Tchikoua R., Tatadjieu N.L. & Mbofung C.M.F. (2015).** Nutritional properties and antinutritional factors of corn paste (*kutukutu*) fermented by different strains of lactic acid bacteria. *International Journal of Food Science*, 1-13.
- Ugwah O.M., Ugwah-Oguejiofor C. J., Abubakar K, Okorie N. A & Njan. A. A (2014).** Anti-diarrhoeal activities of aqueous stem bark extract of *Amblygonocarpus andongensis* (Welw. Ex Oliv.) Exell & Torre. *Nigeria. Journal Pharmacy Science*, 13 (2) :01-11.
- Yao A. A., Egounlety M., Kouame L. P. & Thonart P. (2009)** Les bactéries lactiques dans les aliments ou boissons amylacés et fermentés de l'Afrique de l'Ouest : leur utilisation actuelle. *Annales Médecines Vétérinaires*, 153 : 54-65.

ANNEXES

Annexe 1 : Composition de quelques milieux de culture

Composition du milieu Sabouraud

Ingrédients	g/L
Peptomycol	10,0
Glucose	40,0
Chloramphénicol	0,5
Agar bactériologique	15,0

Composition de milieu VRBL

Ingrédients	G
Peptone	7
Extrait de levure	3
Lactose	10
Chlorure de sodium	5
Sels biliaires	1,5
Rouge neutre	0,03
Cristal violet	0,002
Agar	12 à 18

Composition de milieu Rappaport vassiliadis :

- Peptone papainique de soja	4,50 g
- Chlorure de sodium	7,20 g
- Phosphate monopotassique	1,26 g
- Phosphate dipotassique	0,18 g
- Chlorure de magnésium anhydre	13,40 g
- Vert malachite (oxalate).....	36,0 mg

Composition de milieu Hektoen

Proteose Peptone	12,0 g
Extrait de levure	3,0 g
Sels biliaires n ° 3.....	9,0 g
Lactose.....	12, 0 g
Saccharose.....	12, 0 g
Salicine.....	2, 0 g
Chlorure de sodium.....	5,0 g
Thiosulfate de sodium.....	5,0 g
Ferric ammonium citrate.....	1,5 g
Agar.....	14,0 g
Bleu bromothymol.....	65,0
Fuchsine acide.....	0,1 g

Annexe 2: Germes recherchés, milieux de culture et températures d'incubation

Germes recherchés	Milieux de culture	Températures/Temps d'incubation
<i>Bacillus cereus</i>	MYP	30°C/ 24H
<i>Staphylococcus</i>	BP	37°C/24- 48H
Coliformes totaux	VRBL	37°C/24H
Levures et moisissures	Sabouraud	25°C/3 jours
<i>E. coli</i>	TBX	44°C/24H
<i>Salmonella</i>	RVS	41,5°C/24H
	MKTTn	37°C/ 24H
	XLD	37°C/24H
	Hektoen	37°C/24H
	TSA	37°C/24H
Bactéries lactiques	Gélose de Man, Rogosa, Sharpe (MRS)	37°C/72H

Annexe 3 : Quelques matériels de laboratoire



Four



Dessiccateur contenant des creusets



Compteur de colonies



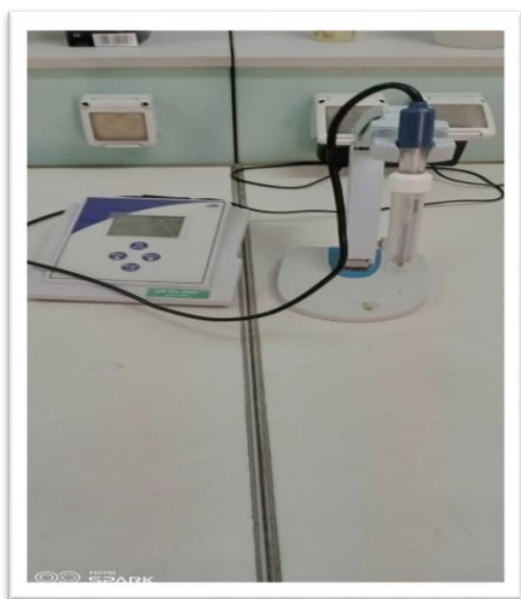
Balance électrique



Evaporateur rotatif



Etuve



pH-mètre



Stomacher

Annexe 4: Résultats de tests biochimiques (API 20E)



Annexe 5: Fiche d'enquête

Salut je suis HOUVOUNSASSOU LHINGA, Etudiant à l'Université de Yaoundé1 en Master 2 microbiologie Alimentaire et industrielle travaillant sur les caractéristiques biochimiques et microbiologiques d'un condiment produit par fermentation de graines d'Amblygonocarpus andongensis au sud du Tchad. Pour la suite de mes travaux, j'aurai besoin que vous répondiez s'il vous plaît à mes différentes questions. **NB : vos informations resteront confidentielles**

Caractéristiques sociodémographiques

Ville de Moundou : Marché n° _____

Nom et prénom du participant : _____

Sexe : Féminin ☐ Masculin ☐ **Age** ☐

Niveau d'études :

Aucun ☐ primaire ☐ secondaire ☐ supérieur ☐

I-Connaissance sur la consommation du Meneu

1-Que savez-vous du meneu ?

2-Consommez-vous *Meneu* ?

Oui ☐ Non ☐

Si non, pourquoi /-----/

Si oui, pourquoi ?/-----/

3-Pour quels plats et aliments d'accompagnements de préférence utilisez-vous le Meneu? -----

4-Utilisez-vous le Meneu à d'autres fins autres que nutritionnelle? : Oui ☐ Non ☐

Si oui lesquelles ? /-----/

II-Procédés de production

1-Comment préparez-vous le Meneu ?

2-Quelle quantité utilisez-vous pour produire le Meneu ?

3-Utilisez-vous d'autres produits pour accélérer la cuisson ?

Oui ☐ Non ☐ si oui lesquels /-----/

4-Utilisez-vous d'autres produits pour la fermentation ?

Oui ☐ non ☐ Si oui Lesquels /-----/

5-Quelles sont les périodes pendant lesquelles vous produisez du Meneu ?

Saison sèche ☐ Saison pluvieuse ☐ Les deux ☐

6-Quelles sont les raisons ?/-----
/

III-Commercialisation du Meneu

1-Quel est votre mode de commercialisation?

Vente en gros ☐ Vente en détail ☐ Les deux ☐

2-Quels sont les débouchés du *Meneu*?

Marché ☐ Cabaret ☐ Marché extérieur ☐

3-Sous quelle forme est vendu le *Meneu* ?

Frais ☐ Séchée ☐

4-Quels sont les prix appliqués aux unités ?

IV-Vertus médicinales

1-Quelles sont les maladies traitées par la consommation de *Meneu* ?