UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

Influence de la concentration du sel sur la qualité microbiologie et physico-chimique de la choucroute fabriquée localement

Nduwayo, Bolis

2023-03
UB
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/398

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE D'AGRONOMIE ET DE BIO-INGENIERIE

DEPARTEMENT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE DES ALIMENTS

MASTER EN SCIENCES ET TECHNOLOGIE DES ALIMENTS

BP 2940 BUJUMBURA , BURUNDI

INFLUENCE DE LA CONCENTRATION DU SEL SUR LA QUALITE MICROBIOLOGIE ET PHYSICO-CHIMIQUE DE LA CHOUCROUTE FABRIQUEE LOCALEMENT

Mémoire

Présenté et défendu publiquement en vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences et Technologie des Aliments

Option : Technologie Post-récolte

Par

NDUWAYO Bolis

Sous la direction de : Pr. SINDAYIKENGERA Séverin

Bujumbura, Mars 2023

Influence de la concentration du sel sur la qualité microbiologie et physico-chimique de la choucroute fabriquée localement

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY :

Dr Ir NIYUKURI Jonathan: Président du jury

Doctorant MUVUNYI Robert: Secrétaire du jury

Pr. SINDAYIKENGERA Séverin: Membre du jury

DEDICACE

Je dédie ce mémoire **:**

A Dieu tout puissant;

A mon père;

A ma mère;

A mes frères et sœurs;

A mes cousins, cousines;

Aux familles de NIYUKURI Jean Pierre, NDAYISHINGUJE Gérard, NIYUNGEKO Alphonse, MBARUSHIMANA Dismas;

A tous ceux qui me sont chers.

REMERCIEMENTS

J'aimerais d'abord remercier Dieu le Tout puissant qui m'a accordé le courage, la patience et la santé tout au long de mon cursus académique.

Je remercie particulièrement à mon directeur de mémoire Pr. Séverin SINDAYIKENGERA pour ses orientations et ses conseils moraux que scientifiques.

Mes remerciements vont aussi à l'endroit du Centre National de Technologie Alimentaire (CNTA) qui m'a donné l'occasion d'utiliser leur matériel durant toutes mes expérimentations ainsi qu'aux personnels qui m'ont guidé dans les travaux de laboratoire et ceux de la bibliothèque.

Que toutes les personnes qui m'ont enseigné depuis l'école primaire jusqu'au mastère à l'université du Burundi et spécialement les professeurs du département de Sciences et Technologie des Aliments (STA) trouvent dans ce document le fruit de leurs efforts.

Mes sincères remerciements vont à l'endroit de mes parents, frères et sœurs qui m'ont soutenu moralement et financièrement pour travailler avec plus de courage et persévérance et à qui j'éprouve un profond respect.

Je tiens également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire plus particulièrement aux collègues étudiants de la Faculté d'Agronomie et de Bio-Ingénierie (FABI) pour une bonne collaboration qu'ils m'ont témoignés et à qui nous disons merci.

Influence de la concentration du sel sur la qualité microbiologie et physico-chimique de la choucroute fabriquée localement

RESUME

La choucroute est un produit fermenté à base du chou et les bactéries pathogènes peuvent s'y développer au cours de la fermentation si les règles et les conditions d'hygiène ne sont pas respectées. La présente étude porte sur l'évaluation de la qualité microbiologique de trois catégories de choucroute avec différents concentration en sel (1%, 3%, 5%) mais également à différentes durées de fermentation (3jours ,7jours et 15jours).

Pour y arriver, la choucroute a été fabriquée au sein du CNTA et 9 échantillons ont été prélevés et soumis aux analyses microbiologiques et physico-chimiques dans les laboratoires de ce même Centre.

Dans la choucroute ayant une concentration en sel de 1%, les résultats obtenus pour les bactéries pathogènes sont $2{,}2.10^5$ UFC /g pour *la FTAM ; 0 UFC/g pour les coliformes et les salmonelles et* 10^2 UFC/g pour les *Levures et Moisissures; 5.10*^{1} UFC/g *pour les Staphylococcus aureus* et les bactéries lactiques sont $2{,}2.10^5$UFC/g pour les *Lactobacilles*.

La choucroute ayant une concentration en sel de 3%, les résultats obtenus sont $2{,}05.10^4$UFC/g pour *la FTAM; 0 UFC/g pour les coliformes et les salmonelles et* 2.10^1UFC/g pour les *Levures et Moisissures ; 2.*10^1 *pour les Staphylococcus aureus* et les bactéries lactiques sont $1{,}4.10^4$ UFC/g pour les *Lactobacilles.*

La choucroute ayant une concentration en sel de 5%, les résultats obtenus sont $1{,}2.10^4$ UFC/g pour *la FTAM;* $1{,}5.10^1$ UFC/g pour les *Levures et Moisissures; 1,5.10*^{1} *UFC/g pour les Staphylococcus aureus* et les bactéries lactiques sont $1{,}0.10^4$UFC/g pour les *Lactobacilles.*

Pour toutes les choucroutes analysées, les résultats obtenus ont montré que le sel a influencé positivement car il y a une diminution significative des bactéries pathogènes et lactiques dans tous les échantillons analysés.

Ces résultats reflètent les bonnes pratiques d'hygiènes des locaux, du matériel utilisé, ….car il est remarqué qu'il y a l'absence totale des coliformes et des salmonelles qui sont des indicateurs de la mauvaise pratique d'hygiene. Mais une population assez importante en bactéries lactiques a été observée dans la choucroute fabriquée avec une concentration en sel de 1 %. L'analyse physico-chimique de la choucroute (pH et acidité) a été effectuée pour pouvoir identifier l'état du produit et les résultats ont montré que le pH a beaucoup diminué dans tous les échantillons analysés; ce qui rend le produit trop acide et le milieu devient défavorable pour le développement des bactéries pathogènes.

Mots clés : chou, choucroute, bactéries pathogènes, bactéries lactiques, concentration en sel, temps.

Influence de la concentration du sel sur la qualité microbiologie et physico-chimique de la choucroute fabriquée localement

ABSTRACT

Sauerkraut is a fermented product made from cabbage, and pathogenic bacteria can grow in it during fermentation if hygiene rules and conditions are not followed. The present study focuses on the evaluation of the microbiological quality of three categories of sauerkraut with different salt concentrations (1%, 3%, and 5%) but also at different fermentation times (3 days, 7 days and 15 days).

To achieve this, sauerkraut was manufactured within the CNTA and 9 samples were taken and subjected to microbiological and physico-chemical analysis in the laboratories of the same Center.

In sauerkraut with a salt concentration of 1%, the results obtained for pathogenic bacteria are $2.2.10^5$ CFU / g for FTAM; 0 CFU/g for *coliforms and salmonella* and 10^2 CFU/g for *Yeasts and Moulds*; 5.10^1 CFU/g for *Staphylococcus aureus* and lactic acid bacteria is $2{,}2.10^5$ CFU/g for *Lactobacilli*.

Since sauerkraut has a salt concentration of 3%, the results obtained are $2.02.10^4$ CFU/g for FTAM; 0 CFU/g for coliforms and salmonella and 2.10^1 CFU/g for *Yeasts and Moulds*; 2.10^1 CFU/g for *Staphylococcus aureus* and lactic acid bacteria is $1.4.10^4$ CFU/g for *Lactobacilli*.

Sauerkraut having a salt concentration of 5%, the results obtained are $1.2.10^4$ CFU/g for FTAM; $1{,}5.10^1$ for *Yeasts and Moulds;* $1.5.10^1$ CFU/g for *Staphylococcus aureus* and lactic acid bacteria is $1.0.10^4$ CFU/g for *Lactobacilli*.

For all sauerkraut analyzed, the results obtained showed that salt positively influenced because there is a significant decrease in pathogenic bacteria in all samples analyzed while increasing lactic acid bacteria.

These results reflect the good hygiene practices of the premises, the equipment used,... because it is noted that there is the total absence of *coliforms and salmonella* which are indicators of poor hygienic practice. But a fairly large population of lactic acid bacteria has been observed in sauerkraut made with a salt concentration of 1%.

The physico-chemical analysis of sauerkraut (pH and acidity) was carried out to be able to identify the condition of the product and the results showed that the pH decreased significantly in all the samples analyzed; This makes the product too acidic and the environment becomes unfavorable for the development of pathogenic bacteria.

Keywords: cabbage, sauerkraut, pathogenic bacteria, lactic acid bacteria, salt concentration, time.

TABLE DES MATIERES

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY…… i
DEDICACE ii
REMERCIEMENTS iii
RESUME iv
ABSTRACT v
TABLE DES MATIERES vi
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES viii
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS ix
AVANT-PROPOS x
INTRODUCTION 1
I^{ERE} PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE 3
CHAPITRE I: GENERALITES SUR LE CHOU 3
I.1. Description du chou ou Brassica oleracea cv. *Capitata* L. var 3
I.2. Classification botanique 4
I.3. Différentes catégories des choux 4
I.4. Distribution de la culture du chou pommé 5
I.5. Importance nutritionnelle du chou 7
I.6. Conservation des légumes par lactofermentation. 7
I.6.1. Description et origine de la choucroute 7
I.6.2. Procédé de fermentation de la choucroute. 9
I.6.3. Maturation et fermentation secondaire 9
I.6.4. Paramètres influençant la qualité de choucroute 10
I.6.5. Communautés microbiennes des légumes fermentés 11
I.6.6. Inhibition des germes indésirables 11
I.6.7. Bénéfices et effet santé des légumes fermentés 12
I.6.8. Saveurs des légumes fermentés 13
I.7. Le sel alimentaire 14
I.7.1. Définition, composition, origine et rôle physiologique du sel 14
I.7.2. Facteurs essentiels de composition et de qualité du sel alimentaire 14
I.7.3. Différents types de sel consommé 15
II^{EME} PARTIE : EXPERIMENTATION 16
CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES 16
II.1. Matériel utilisé 16

II.1.1. Matériel biologique 16
II.1.2. Matériel utilisé lors de la fabrication de la choucroute 16
II.1.3. Matériel de laboratoire 16
II.2. Etape de fabrication de la choucroute 17
II.2.1. Réception de la matière première 17
II.2.2. Effeuillage et lavage 17
II.2.3. Découpage 17
II.2.4. Pesage 17
II.2.5. Salage et ajout des ingrédients 17
II.2.6. Remplissage et Conditionnement 18
II.3. Diagramme de fabrication de la choucroute 18
II.4. Analyses physico-chimique de la choucroute 20
II.4.1. Détermination du pH 20
II.4.2. Détermination de l'acidité titrable 20
II.5. Analyse microbiologique 20
II.5.1. Milieux de Culture 20
II.5.2. Préparation des échantillons 21
II.5.3. Préparation des dilutions 21
II.5.4. Ensemencement et dénombrement 22
CHAPITRE III : PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS 26
III.1. Quelques paramètres physico-chimiques de la choucroute 26
III.1.1. pH de la choucroute 26
III.1.2. Acidité titrable de la choucroute 27
III.2. Quelques paramètres microbiologiques 28
III.2.1. Flore Totale Aérobie Mésophile 29
III.2.2. Coliformes fécaux 29
III.2.3. Salmonelles 29
III.2.4. Staphylocoques 30
III.2.5. Levures et moisissures 30
III.3. Bactérie lactique: *Lactobacillus* 30
CONCLUSION 34
RECOMMANDATIONS 35
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 36
REFERENCES NORMATIVES 40
ANNEXES 40

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1: Principaux légumes crucifères consommables 6
Tableau 2: Composition nutritionnelle du chou par 100g de partie comestible 7
Tableau 3: Composés aromatiques de la choucroute 10
Tableau 4: composes inhibiteurs des bactéries lactiques 13
Tableau 5: Conditions de cultures des groupes bactériens susceptibles de se développer dans la choucroute. 23
Tableau 6: Aspects des colonies des échantillons de trois types de choucroute analysés. ... 29
Tableau 7: Paramètres microbiologiques analysés 32
Figure 1: Différentes catégories des choux 5
Figure 2: Processus de fabrication de la choucroute 19
Figure 3: Technique de préparation des dilutions décimales successives 21
Figure 4: Evolution du pH en fonction du temps et concentration en sel 26
Figure 5: Evolution de l'acidité en fonction du temps 27

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

AA : Acide Aminé

ASR : Anaérobie Sulfito-Réducteurs.

BL : Bactéries Lactiques

CNTA : Centre National de Technologie Alimentaire

FABI : Faculté d'Agronomie et de Bio-Ingénierie

FTAM : Flore Total Aérobie Mésophile

ISO : Organisation Internationale de Normalisation

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne

NA : Norme Algérienne

NF : Norme Française

NM : Normes Marocaine

STA : Sciences et Technologie des Aliments

TSN : Tryptone - Sulfite - Néomycine

UFC : Unité Formant Colonie

VRBL : Violet Red Bile Lactose Agar

ASR : Anaérobie Sulfito Réducteurs

AVANT-PROPOS

Le présent mémoire entre dans le cadre de l'obtention d'un diplôme de Master en Sciences et Technologies des Aliments, option Technologie poste- récolte. L'idée de cette étude est venue du fait que les légumes sont classés parmi les aliments trop périssables suite à une teneur élevée en eau ; ce qui va faciliter le développement des bactéries pathogènes et ces derniers vont provoquer le pourrissement de ces legumes.

La présente étude vise à évaluer l'influence de la concentration du sel sur la qualité microbiologique de la choucroute fabriquée localement afin de conserver ces légumes pendant une longue période pour pouvoir les consommer en hors saison et surtout pendant la saison sèche en cas de pénurie; mais également de lutter contre la malnutrition qui est enregistré au Burundi puisque ce dernier va s'enrichir en élément nutritif pendant cette période de conservation, les vitamines et les sels minéraux en particulier.

C'est pourquoi le sujet est intitulé « **Influence de la concentration du sel sur la qualité microbiologique et physico-chimique de la choucroute fabriquée localement** »

Des difficultés n'ont pas été manqué au cours de cette étude surtout ceux liés aux moyens financiers qui étaient insuffisants pour pouvoir analyser d'autres microorganismes, comme les bactéries lactiques participant dans la lactofermentation, les vitamines et les sels minéraux ; le manque du matériel de conditionnement approprié dans la lactofermentation (bocaux) puisque ces derniers ne sont pas disponibles sur le marché local suite aux manques des industries qui produisent ces emballages en verre.

Malgré toutes ces conditions de travail qui sont en peu dur, les résultats ont montrés qu'il serait mieux d'utiliser une concentration en sel en peu élevée enfin d'augmenter la durée de conservation de ce produit, ce qui va faciliter une consommation en hors saison de ce produit et ça contribue également à la lutte contre la malnutrition qui règne dans notre pays.

Influence de la concentration du sel sur la qualité microbiologie et physico-chimique de la choucroute fabriquée localement

INTRODUCTION

A l'échelle mondiale, les cultures légumières jouent un rôle primordial dans les programmes de sécurité alimentaire et nutritionnelle (Azonkpin et *al*., 2019). La culture des Brassicacées représente une importante ressource alimentaire avec plus de 70 millions de tonnes produites dans le monde (Bojean, 1991). Cette famille comprend 350 genres dont 3 500 espèces cultivées et sauvages (Cherry et *al*., 2004) dont le chou représente l'une des plus importantes. L'Afrique ne représente que 5,8% de la production mondiale (Bojean, 1991).

Au Burundi, un problème majeur de la perte énorme de la production des légumes s'observe généralement pendant les périodes de récolté, les choux en particulier.

La contamination des bactéries pathogènes au cours de la production et transformation est l'un des éléments qui provoquent cette perte enregistrée par an et cela peut être dû au manque de connaissances des techniques appropries et modernes de la conservation de ces légumes.

La choucroute est un produit fermenté à base du chou. Ce dernier subit une fermentation lactique là où les bactéries lactiques transforment les sucres fermentescibles (glucose, le fructose) en acide lactique comme produit principal ainsi que d'autres composés inhibiteurs comme le peroxyde d'hydrogène, les bactériocines, le lactate, etc.

La fermentation lactique est l'une des techniques très exigeante, utilisée dans la conservation des légumes nécessitant le respect des règles et des conditions d'hygiène ainsi qu'un certain nombre de paramètres comme le temps, la concentration du sel, la fermeture des bocaux, la température, etc.

Le chou est transformé en chouchoute afin de prolonger sa durée de conservation en améliorant la qualité microbiologique et physico-chimique tout en se référant sur le degré de concentration en sel qui est notre thème de recherche, étant donné que le chou est classé parmi les produits très périssables, sensibles au développement microbien.

C'est dans ce contexte que s'inscrit l'objectif global de notre travail par l'évaluation de la qualité microbiologique et physico-chimique de la choucroute fabriquée localement à différents degrés de concentration en sel (1%, 3%, 5%) ainsi que sa durée de fermentation (3-15jours), respectivement à la température ambiante.

Les objectifs spécifiques de ce mémoire sont :

- Fabriquer la choucroute avec différentes concentrations en sel ;
- Déterminer la qualité microbiologique de la choucroute fabriquée avec diffèrent concentrations en sel ;
- Déterminer la qualité physicochimique de la choucroute avec de différentes concentrations en sel.

L'étude microbiologique a porté sur le dénombrement des germes témoins de défaut d'hygiène (flore totale); la recherche des germes pathogènes (Salmonella spp, staphylocoques); la recherche de la forme sporulée (les levures et les moisissures), les bactéries lactiques (lactobacillus) et les paramètres physico-chimique (pH et acidité).

Le présent travail s'articule autour de deux parties principales constituées par trois chapitres :

- le premier chapitre nous relate des généralités sur le chou et la choucroute;
- le second chapitre porte sur le matériel et méthodes utilisés au cours de l'expérimentation;
- le dernier chapitre relate la présentation et la discussion des résultats obtenus.

I^ERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I: GENERALITES SUR LE CHOU

I.1. Description du chou ou Brassica oleracea cv. *Capitata* L. var

Le terme "chou", qui vient du latin *caulis*, est apparu dans la langue française au XII^{ème} siècle.

On désigne le chou pommé de «caboche», puis de «cabus», mots empruntés à l'italien *capoccia* ou *cappuccio*, qui veulent dire «à grosse tête».

La culture du chou en tant que légume remonte à la plus haute Antiquité, à partir de formes sauvages originaires d'Europe de l'Ouest ou méridionale. Il s'étend du bassin méditerranéen à la côte Atlantique au Moyen-âge et ses variétés sont connues en Europe depuis le VIII^{ème} Siècle.

Il est obtenu à partir de l'espèce sauvage *Brassica oleracea.* Il est une plante herbacée bisannuelle, érigée, glabre, à maturité végétative et atteint une hauteur de 60 cm et 200 cm au moment de la floraison et une tige non ramifiée atteignant 30 cm de long, s'épaississant progressivement vers le haut.

Alors que son système racinaire est fortement ramifié, composée d'une tige ligneuse, courte par rapport aux sans tubérisation (chou fourrager, chou de Bruxelles ou chou frisé), par contre ses feuilles sont alternes mais serrées les unes contre les autres et sessiles, tandis que les feuilles supérieures sont rassemblées en une pomme compacte globuleuse aplatie à ellipsoïde, atteignant 30 cm de diamètre. La «pomme» est la partie comestible et les fleurs sont bisexuées et régulières.

Chez le chou pommé, la floraison, qui est sous la dépendance des jours longs et des températures élevées, n'interviendra qu'après la phase de vernalisation pour laquelle la somme de froid requise sera variable selon les cultivars.

La pommaison confère à la plante, d'une part une bonne résistance au froid et aux gelées de moyenne intensité, et d'autre part une assez bonne capacité de conservation après récolte.

Le chou pommé a beaucoup d'importance de par sa production et sa consommation.

I.2. Classification botanique

Le chou cabus ou chou pommé (Brassica oleracea var. capitata ou Brassica oleracea Groupe Capitata) est une variété de chou caractérisée par une tête et un feuillage lisse.
Selon Gladis et Hammer (2003), Brassica oleracea var. capitata fait partie de la classification suivante :

- Domaine : Biota Endl. (D.Don) ;
- Règne : Plantae Haeckel, 1866 ;
- Sous-Règne : Viridaeplantae ;
- Infra-Règne : Streptophyta John, Williamson et Guiry, 2011 ;
- Classe : Equisetopsida C.Agardh, 1825 ;
- Clade : Tracheophyta Sinnott ex Cavalier-Smith, 1998 ;
- Clade : Spermatophyta ;
- Sous-Classe : Magnoliidae Novák ex Takht, 1967 ;
- Super-Ordre : Rosanae Takht, 1967 ;
- Ordre : Brassicales Bromhead, 1838 ;
- Famille : Brassicaceae Burnett, 1835 ;
- Genre : *Brassica* L., 1753 ;
- Espèce : *Brassica oleracea* L., 1753 ;
- Sous-Espèce : *Brassica oleracea* subsp. *capitata* (L.) Schübl.et G.Martens, 1834 ;
- Variété : *Brassica oleracea* var. *capitata* L., 1753.

I.3. Différentes catégories des choux

Il existe différentes catégories de choux en fonction de la forme de la pomme, partie centrale comestible du chou. On retrouve des choux ayant des pommes coniques rondes, arrondies et aplaties ou aplaties. La pomme est séparée par des entre-nœuds courts, donnant à la plante un port bas. De ce fait, le rendement utile de la plante (partie commercialisable et consommable) est très élevé (60 à 70 %). Seules les racines, une partie de la tige et quelques feuilles externes (moins pommées et souillées) ne sont pas consommées. Les choux sont pour l'essentiel commercialisés à l'état frais et entier, pour être crus ou après cuisson. Une

partie de la production (20 à 25 %) est destinée à des transformations industrielles, la plus courante est la production de choucroute (Pitrat, 2003).

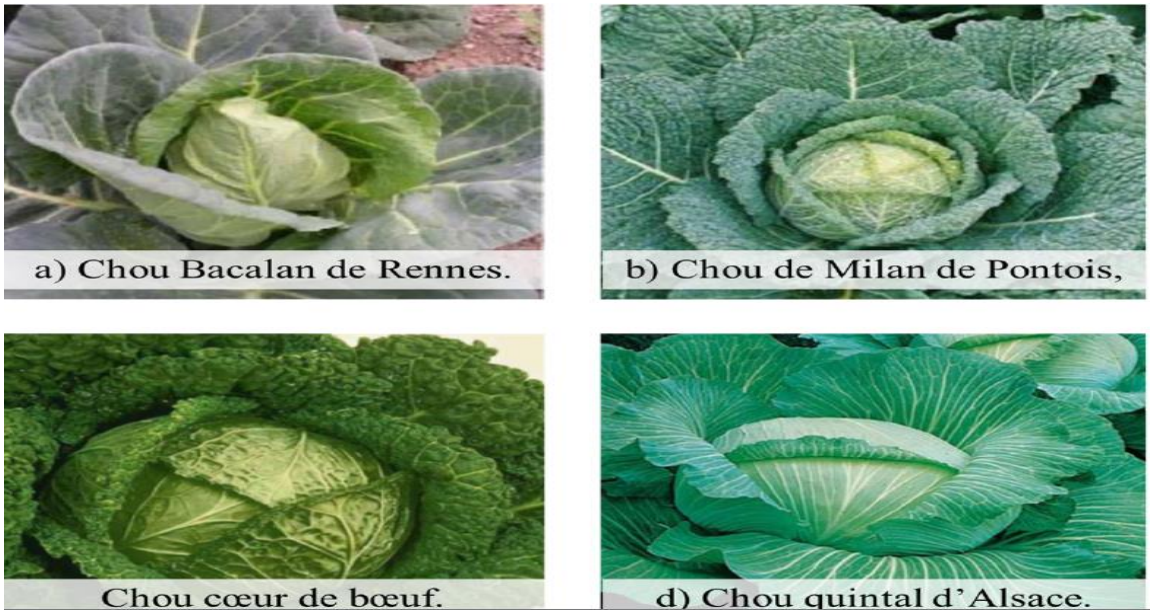


Figure 1: Différentes catégories des choux

Dans notre pays le Burundi, aucune production du chou n'est réservée à la transformation industrielle alors que ce dernier occupe une place importante dans la production des légumes au Burundi. On le consomme sous forme de salade ou étant cuit en mélangeant avec d'autres légumineuses.

I.4. Distribution de la culture du chou pommé

Les brassicacées, anciennement nommées crucifères, constituent une importante famille des plantes dicotylédones, aussi bien par le nombre d'espèces qu'elles regroupent que par son importance économique (Al-Shehbez *et al.,* 2006).

Ce sont essentiellement des plantes herbacées présentes surtout dans les régions tempérées de l'hémisphère Nord mais aussi dans les régions tropicales et subtropicales, la culture commerciale reste cantonnée aux climats frais des hautes terres ou aux saisons fraîches sous les latitudes plus élevées.

En Afrique, le chou pommé est surtout commun en Afrique de l'Est et en Egypte.

Le chou (*Brassica oleracea* L., 1753) estime espèce de plantes de la famille des Brassicacées (ou crucifères), originaire du Sud-Ouest de l'Europe. Plantes généralement bisannuelles, leurs feuilles comestibles peuvent ou non former une tête compacte ou «pomme» (Eric, 2020).

Leur culture en tant que légume remonte à la plus haute Antiquité, à partir de formes sauvages originaires d'Europe de l'Ouest ou d'Europe méridionale.

Le chou cultivé, légume volumineux (hors choux de Bruxelles et quelques variétés plus petites), est dense et nutritif. Il fait partie des cultures à plus fort rendement (jusqu'à 160 tonnes par hectare en conditions idéales), mais compte tenu de ses importants besoins en azote, il a tendance à épuiser les sols et ne doit être cultivé sur la même parcelle qu'une fois tous les 5 ans (Bloch Dano-May, 2008).

Tableau 1: Principaux légumes crucifères consommables

Genre	Espèce et variétés	Nom commun
	B.oleracea var.botritys	Chou-fleur
	B.oleracea var.capitata	Chou blanc
	B.oleracea var.gemmifera	Chou de Bruxelles
Brassica	*B.oleracea var. gengyloides*	Chou rave
	B.oleracea var. italica	Brocoli
	B.oleracea var.rubra	Chou rouge
	B.oleracea var. sabauda	Chou de milan
	B.oleracea var. sabellica	Chou frisé
	B.rapa var.chinensis	Chou chinois
	B.rapa var.oleiferia	Navette
Brassica	*B.rapa var.rapa*	Navet
	B.napus var.oleifera	Graine de colza
	B.alba	Graine de moutarde blanche
	B.nigra	Graine de moutarde noire
Raphanus	*R.sativus*	Radis
Armoracia	*A.rusticana*	Raifort
Nasturtium	*N.officinalis*	Cresson de fontaine
Eruca	*Vesicaria*	Roquette
Wasabia	*W.japonica*	Wasabi

Source: Adjélé Eli Wilson (2011).

I.5. Importance nutritionnelle du chou

Elle se développe bien sur la plupart des types de sols à savoir le sable du littoral, les roches calcaires, les zones instables et anthropisée (Julve, 2017).

La famille des Brassicaccées est un vaste groupe végétal, diversifié et très répandu. Elle comprend des cultures économiquement importantes comme le chou, le chou frisé, le chou-fleur, le canola, le brocoli, la moutarde et le chou chinois largement cultivés dans le monde entier,

(Talekar et Shelton, 1993).

Ils représentent un produit maraîcher important en raison de sa contribution à l'alimentation des ménages et aux revenus des exploitations horticoles. C'est un légume feuille riche en minéraux et en vitamines. Par ailleurs, le chou détient des vertus antiscorbutiques, anti-toxiques et une action cicatrisante (Messegue, 1972).

A cet effet, il est utilisé dans le cas de certaines atteintes profondes telles que les varices, les ulcères, les tumeurs etc. Cependant, sa composition nutritionnelle s'avère aussi intéressante en éléments essentiels.

Tableau 2: Composition nutritionnelle du chou par 100g de partie comestible

Elément	Eau	Energie	Protéines	Lipides	Glucides	F.A
Teneur	90.1g	26kcal	1.7g	0.4g	4.1g	2.9g
Elément	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Carotène
Teneur	52mg	8mg	41mg	0.7mg	0.3mg	385µg
Elément	thiamine	Riboflavine	Niacine	Folate	A.A	
Teneur	0,15 mg	0,02 mg	0,5 mg	75 µg	49 mg	

Source: Holland et al. (1991)

I.6. Conservation des légumes par lactofermentation.

I.6.1. Description et origine de la choucroute

Le mot «choucroute» dérive de l'allemand «sauerkraüt» qui signifie «chou acide». L'histoire a voulu que ce soit l'Alsace qui donne son nom à la choucroute.

En effet, une dérive a abouti au mot «Sürkrüt» qui signifie littéralement herbe aigre («sür» pour aigre et «krüt» pour herbe). (Guignard, 2004).

Il semblerait que la choucroute ait des origines chinoises et qu'elle fût la nourriture de base des constructeurs de la muraille de Chine. En effet, la légende raconte qu'au III^{ème} siècle av. J.C., les Chinois ont découvert le chou fermenté d'une manière fortuite. Lors d'un hiver glacial. Les ouvriers ont dû se mettre à l'abri dans la plaine et laissèrent le chantier et la nourriture sous la neige. A leur retour. Ils dégustèrent les choux au goût aigre car, à l'abri de l'air sous la neige, ils avaient fermenté. Par la suite, ce seraient les grands voyageurs, comme Marco Polo, qui nous auraient apporté la choucroute (Farnworth, 2005).

Quant aux allemands, ils l'ont découverte à l'occasion des invasions Mongoles et Tartares. Et au XVI^{ème} siècle, ils ont mis au point le procédé de fermentation en présence de sel, ce qui a permis d'étendre cet aliment aux contrées voisines comme l'Alsace. C'est cette dernière qui en fit sa réputation et son épanouissement puisque la choucroute devient un plat régional traditionnel. Ce qui a fait de l'Alsace, la 1ére région française productrice de chou à choucroute.

Approximativement à la fin du siècle dernier, du fait du développement des transports entre autres, la choucroute s'est répandue en France et est passée de «Paysanne» à «Bourgeoise» par son opulence, sa gastronomie mais également par sa présence sur les tables de fête (Farnworth, 2005).

Aujourd'hui, la fabrication de choucroute est une industrie importante qui se sert de la dernière connaissance dans la technologie de fermentation et la microbiologie. Cette nourriture est devenue populaire aux États-Unis et aux pays européens divers.

La choucroute actuelle est un produit résultant de la fermentation d'acide lactique de chou blanc râpé, salé (*Brassica oleracea var. capitata. L alba*). Il n'y a aucun doute que la conservation de matériel d'usine par la fermentation date de temps préhistoriques. Plinius l'Aîné, au premier siècle a p J.-C., dit pour avoir été le premier à décrire la production de choucroute par la conservation de chou de sel prétendu dans des navires de terre. Il peut être assumé que dans les conditions décrites, le chou a été fermenté par des micro-organismes, dont certains étaient typiquement associés à l'usine phylloplane, mais dont la majeure partie a été située dans les pores des navires de fermentation et /ou est provenue d'une ancienne fermentation (Eichholtz, 1975).

I.6.2. Procédé de fermentation de la choucroute.

C'est en 1930, que Pederson identifie les microorganismes responsables de la fermentation de la choucroute. Il existe 3 espèces principales qui sont successivement présentes dans le milieu durant le processus de fermentation: *Leuconostoc mesenteroïdes*, *Lactobacillus plantarum*, et *Lactobacillus brevis*. Cette flore est naturellement présentée à la surface des feuilles internes du chou à une concentration de l'ordre de 4 000 bactéries/g.

La fermentation débute à 18°C avec une succession d'étapes dès la coupe et le remplissage des cuves. La flore aérobie (les *coliformes* et *Pseudomonas*) utilise l'ensemble de l'oxygène présent dans la cuve. Au bout de 2 jours, cette flore disparaît et simultanément, *Leuconostoc mesenteroïdes*, bactéries hétérofermentaire convertit les différents sucres contenus dans les cellules végétales (glucose, fructose, saccharose) en différents métabolites (acide lactique, acide acétique, mannitol, dextrane, éthanol, et gaz carbonique). Le CO_2 chasse l'O_2 résiduel, et on observe simultanément une diminution du pH (Farnworth, 2005).

La flore aérobie ne peut plus se développer. C'est à partir d'une acidité totale de 1% que *Leuconostoc mesenteroïdes* est remplacé par *Lactobacillus plantarum*. Cette flore homofermentaire élimine le goût amer de la choucroute et transforme le dextrane et le mannitol. Cette étape aboutit à une acidité de 1,5 à 1,9%. Et pour terminer cette succession d'action de microorganismes, *Lactobacillus brevis*, bactérie hétérofermentaire qui résiste à l'acidité transforme les sucres restants et amène le pH à une valeur de 3,60 soit 2,5 % d'acidité (Stamer, 1971).

Durant la fermentation, on effectue une opération dénommée «débondage» qui consiste à enlever le jus de fermentation. L'opération est tous 3-4 jours jusqu'à ce que la saumure soit claire et limpide. Ce procédé dure 3 semaines environ et la saumure est remplacée par une nouvelle solution saline. Au bout de 1 mois de fermentation, la choucroute est «consommable», néanmoins il est préférable, pour profiter de toutes ses qualités organoleptiques, de prolonger celle-ci jusqu'à 2mois. Le rendement (rapport entre la masse de choucroute recueille et la masse de choux épluchés utilisés) est de l'ordre de 1/3 du poids des choux épluchés.

I.6.3. Maturation et fermentation secondaire

Finalement, débute ce qu'on appelle la phase de maturation lorsque l'activité microbienne s'arrête. Au cours de cette étape, qui peut s'étaler sur plusieurs mois, il ne devrait y avoir aucune croissance bactérienne, mais plutôt une stabilisation chimique. Durant ce stade, il y a

une certaine activité enzymatique qui permet le peaufinage des arômes et autres qualités organoleptiques de la choucroute. Cependant, il est possible d'y observer la croissance de levures acido-résistantes si tous les sucres fermentescibles n'ont pas été métabolisés. Ces dernières sont indésirables de par leur capacité à produire du gaz et de la capacité de certaines espèces à consommer les acides organiques comme source de carbone en présence d'oxygène (Franco et Pérez-Díaz, 2012).

Plusieurs facteurs influencent la disponibilité des sucres résiduels après la fermentation lactique, soit la concentration initiale en sucres, le pH, la concentration en sel, la température et le pouvoir tampon du légume (Fleming et *al*., 1985 ; Medina-Pradas et *al*., 2017).

Selon ces facteurs, les bactéries lactiques peuvent en arriver à leur autoinhibition par la concentration d'acides organiques avant d'avoir métabolisé la totalité des sucres fermentescibles ce qui représente un risque qui est généralement contrôlé par l'utilisation de ferments.

Tableau 3: Composés aromatiques de la choucroute

Types de composés	
Alcools	Ethanol, isoamylalcool, amylalcool,
Aldéhydes	hexanol, cis-3-hexenol
Cétones	Acétaldéhyde 4-métyl-3pentène-2-one,
Acides	acétophénone
	Acides acétique, propionique, butyrique,
Ester	caproïque, heptanoïque, caprylique
Composés soufre	Isopentylacétate, étylacetate, étylbutyrate
Furanes	Diméthylsulfure, diméthylsulfure,
	méthanethiol, éthanethiol,
	allylisothiocyanate
	Furfural

Source: Matheis (1994).

I.6.4. Paramètres influençant la qualité de choucroute

L'anaérobiose est indispensable pour le développement des bactéries lactiques, les autres bactéries sont inhibées. Elle permet d'éviter l'altération du chou par oxydation et d'éviter la synthèse de produits secondaires indésirables qui altèrent le goût et l'odeur du chou. C'est pourquoi, on veille à ce que le chou soit toujours recouvert par son jus.

La température de fermentation de 18°C permet l'obtention d'une bonne qualité organoleptique et une fermentation rapide et rend aussi la commercialisation possible en 3 semaines.

La concentration en sel permet d'extraire**,** par l'intermédiaire de l'eau**,** les substances nutritives des tissus de chou qui servent de substrat aux bactéries lactiques. Le sel associé à l'acidité, inhibe le développement de la flore aérobie et atténue l'action des enzymes pectinolytiques des cellules végétales. Sa concentration optimale se situe entre 1,5 et 2,5 % du poids du chou; lorsque la concentration est plus croquante.

Le pH a une importance via la succession des flores qu'il induit, mais il doit être contrôlé puisque *Leuconostoc mesenteroïdes* y est extrêmement sensible. Son temps de division (temps nécessaire à une bactérie pour multiplier son nombre par deux) peut passer de 40 à 145 min lorsque le pH varie de 6,2 à 4,5. C'est pourquoi il est retrouvé dans la 1ere phase de la fermentation. (Tolonen, 2004).

I.6.5. Communautés microbiennes des légumes fermentés

Les légumes fermentés sont composés d'un microbiote complexe principalement constitué de BL. Ces micro-organismes déterminent les caractéristiques des aliments fermentés, comme leur capacité à être conservés (via par exemple leur faible pH), leur qualité nutritionnelle, voire leur effet bénéfique sur la santé, et leurs qualités organoleptiques (entre autres la saveur, l'odeur et la texture). Des micro-organismes indésirables peuvent également être présents ; ceux-ci peuvent affecter négativement la qualité des aliments (micro-organismes d'altération) ou même, présenter un risque pour la santé du consommateur (micro-organismes pathogènes).

I.6.6. Inhibition des germes indésirables

Si cette production est suffisamment rapide, elle permet l'inhibition du développement de germes indésirables (pathogènes ou d'altération), d'une part grâce à la chute de pH qu'elle entraine, d'autre part grâce à l'action inhibitrice de la molécule de lactate elle-même.

D'autres substances inhibitrices peuvent être produites par les bactéries lactiques au cours de ces fermentations; il s'agit de peroxyde d'hydrogène, CO_2, de diacétyle ou de bactériocines ; ces dernières sont des composes à action bactéricide spectre d'action étroit, capable d'inhiber les espèces taxonomiquement proches de la souche productrice.

I.6.7. Bénéfices et effet santé des légumes fermentés

La fermentation est un des plus anciens procédés permettant la conservation des aliments à faible coût comparé aux technologies de transformation industrielle. En effet, les aliments fermentés produits présentent un risque de contamination réduit car ils sont enrichis en produits finaux antimicrobiens, tels que les acides organiques, l'éthanol et les bactériocines qui inhibent la croissance des micro-organismes pathogènes et d'altération (Marco et *al*., 2017).

La fermentation apporte également des bénéfices nutritionnels tels que l'amélioration de la digestibilité des protéines et de l'amidon, la dégradation des composés antinutritionnels que peuvent contenir les végétaux comme les tanins, et l'augmentation de la teneur en certaines vitamines comme les vitamines B, dont le folate, la riboflavine et la vitamine B_{12} sont synthétisés par certaines bactéries présentes dans les aliments fermentés végétaux et laitiers (Marco et al., 2017).

L'activité métabolique des micro-organismes impliqués dans la fermentation a des conséquences importantes sur le développement de caractéristiques organoleptiques (arômes, texture...) dans les aliments, résultant de la production de molécules et de métabolites pendant la fermentation (Exopolysaccharides, composés aromatiques, acides organiques, etc.) (Sanlier et al., 2019**).**

La consommation d'aliments fermentés peut également avoir des effets bénéfiques sur la santé humaine. Ces effets peuvent résulter de l'apport de métabolites produits par les micro-organismes durant la fermentation.

Par exemple, certaines protéines ainsi que des exopolysaccharides (EPS) produits pendant la fermentation des aliments peuvent avoir des propriétés antioxydantes, empêcher l'adhésion d'agents pathogènes à la muqueuse intestinale, ou conférer des activités immunostimulantes ou hypocholestérolémiantes (Marco et *al*., 2017). Les polysaccharides produits par les bactéries lactiques (BL) peuvent également agir comme des prébiotiques et sont transformés par le microbiote intestinal en acides gras à chaîne courte (Salazar et *al*., 2016).

Ces effets bénéfiques peuvent aussi résulter de l'apport de micro-organismes au tractus gastro-intestinal. En effet, de nombreux aliments fermentés tels que la choucroute, le kimchi, le kéfir ou le miso, contiennent entre 106 et 109 micro-organismes viables /g ou /mL. Une partie importante de ces micro-organismes survit au passage dans le tube digestif humain et survit de manière transitoire dans le microbiote intestinal (Sanlier et *al*., 2019).

I.6.8. Saveurs des légumes fermentés

Elles sont dues aux effets conjugués des substances aromatiques issues du végétal lui-même (exemple: composés soufrés pour le chou) et de celles issues des réactions enzymatiques, végétal et microbiennes (exemples: esters) (Matheis, 1994).

En théorie, on considère que la fermentation est terminée lorsque la totalité des sucres est dégradée.

En fin de procédé, on obtient un produit stable et microbiologiquement sain, ayant subi de faibles pertes nutritionnelles et offrant des saveurs particulières, notamment acides.

La fermentation lactique des légumes présente de nombreux autres avantages :

- le faible coût énergétique du procédé, l'inutilité de la réfrigération pour la conservation et le transport;
- les qualités organoleptiques particulières des produits;
- les effets bénéfiques de ces produits d'un point de vue nutritionnel (fibres, maintien des vitamines, réduction des agents responsables de la flatulence etc.)
- le rôle attribué aux bactéries lactiques de remédier à certains problèmes liés à la sante (cancer, cholestérol, désordres intestinaux) même si ce rôle reste difficile à prouver.

Tableau 4: composes inhibiteurs des bactéries lactiques

Composés	Principaux Micro-organismes cibles
Acides organiques : ✓ Acide lactique ✓ Acide acétique ✓ Peroxyde d'hydrogène	-Bactéries putréfiantes à Gram positif -Bactéries putrefiantes, clostridia, -certaines levures et moisissures -Micro-organismes pathogènes et d'altération
Enzymes : ✓ Système lactoperoxydase ✓ Lysozyme (ADN recombiné)	-Bactéries pathogènes et d'altération (dans le lait et dans les produits laitiers)
Métabolites à faible poids moléculaire : ✓ Réuterine ✓ Diacétyle ✓ Acides gras ✓ Bactériocines ✓ Nisine	-Bactéries à gram positif -Spectre large de bactéries, levures, moisissures -Bactéries à gram négatif
Autres,…	-Différentes bactéries

	-Certaines bactéries lactiques et autres bactéries à gram positif, notamment des sporules. -Bactéries à gram positif.

Source: Holzapfel et al. (1995).

I.7. Le sel alimentaire

I.7.1. Définition, composition, origine et rôle physiologique du sel

Le sel de qualité alimentaire est un produit cristallin se composant principalement de chlorure de sodium. Il peut provenir de la mer, de gisement souterrains de sel de gemme, ou encore de saumure naturelle [NM.8.5.130". 2007].

Une fois absorbé, le sel se dissout dans l'organisme et ses deux ions constitutifs (le sodium et le chlore) se dissocient pour remplir des fonctions régulatrices et régénératrices qui agissent à différents niveaux: équilibre entre les différents liquides organiques, régulation de la pression et du volume sanguin, digestion, processus d'émission/réception des informations à travers les neurones, transmission de l'influx nerveux. Le seuil vital minimum d'apport en sel est de 2 grammes par jour [http://wwwchirosystemcom/FPDF/selpdf].

I.7.2. Facteurs essentiels de composition et de qualité du sel alimentaire

I.7.2.1. Caractères organoleptiques

Couleur: Blanche

Odeur et saveur : exempt d'odeur et de saveur étrangère

I.7.2.2. Teneur minimale et maximale en chlorure de sodium (NaCl)

La teneur en chlorure de sodium ne doit pas être inférieure à 97% de l'extrait sec, non compris les additifs.

L'humidité est un facteur qui influence la qualité du sel lors de la conservation et du stockage. Ainsi, la teneur maximale en eau dans le sel doit être < 5%.

I.7.2.3. Produits secondaires et contaminants naturellement présents

Présents en quantité variable selon l'origine et la méthode de production du sel: sulfate, carbonate, bromure de calcium, de potassium, de magnésium et de sodium, ainsi que du chlorure de calcium, de potassium et de magnésium.

I.7.2.4. L'utilisation de sel comme «support»

On doit avoir recours à un sel de qualité alimentaire, dans le cas où on utilise du sel comme support d'additifs alimentaires, ou d'éléments nutritifs pour des raisons technologiques ou concernant la santé publique.

Le sel de qualité alimentaire ne doit pas contenir de contaminants en quantités importantes et sous des formes pouvant nuire à la santé du consommateur.

En particulier, les limites maximales suivantes, ne doivent pas être dépassées:

- Arsenic < 0.5 mg/kg, exprimé en As;
- Cuivre < 2 mg/kg, exprimé en Cu;
- Plomb < 2 mg/kg, exprimé en Pb;
- Cadmium < 0.5 mg/kg, exprimé en Cd;
- Mercure < 0.1 mg/kg, exprimé en Hg.

I.7.3. Différents types de sel consommé

Le sel est naturellement blanc, qu'il provienne des gisements souterrains (sel gemme), des salines (sel ignigène) ou des marais salants. Toutefois, dans certains marais salants, le sel, essentiellement composé de chlorure de sodium, contient des sels secondaires, de l'eau et souvent des insolubles qui lui procurent une couleur grise. Pour qu'il soit de qualité alimentaire, le sel gris doit être lavé. Les techniques de production du sel de terre permettent l'obtention d'un sel de haute pureté, de qualité alimentaire.

Il existe plusieurs sortes de sel entre autres le sel gris, sel blancs : le sel iodé, sel fluoré, sel fortifie en fer, sel désodé, sel allégé, sel attendrisseur, sel glutamate.

II^{EME} PARTIE : EXPERIMENTATION

CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES

Ce travail de recherche a été effectué au sein du CNTA pour la transformation de la choucroute et les différentes analyses microbiologiques et physico-chimiques ont été faites au laboratoire de microbiologie de cette institution.

II.1. Matériel utilisé

II.1.1. Matériel biologique

II.1.1.1. Chou*x*

Les choux utilisés pour la fabrication de choucroute ont été achetés au marché de Cotebu se trouvant dans la zone Ngagara en mairie de Bujumbura et proviennent dans la province de Cibitoke.

Ces derniers étaient de bonne qualité car ils n'avaient pas des flétrissements puisque c'est là où les bactéries lactiques sont beaucoup dominé par rapport aux bactéries pathogènes.

II.1.2.2. Sel

Le sel utilisé dans la fabrication de la choucroute est le sel de cuisine qui a été acheté dans l'une des boutiques du quartier Nyakabiga. Ce dernier doit être mélangé avec de l'eau de robinet (saumure) à des concentrations en sel différentes (1%, 3%, 5%).

II.1.2. Matériel utilisé lors de la fabrication de la choucroute

- ✓ Bassins pour faciliter le mélange avec d'autres ingrédients.
- ✓ Balance analytique pour mesurer la quantité du sel à utiliser
- ✓ Couteaux en inox pour réduire la taille des choux
- ✓ Eau pour éliminer toutes les impuretés se trouvant sur les choux
- ✓ Bocaux pour faciliter le conditionnement
- ✓ Table de coupe pour assurer le découpage et d'autres opérations qui s'opèrent, etc.

II.1.3. Matériel de laboratoire

- Etuve servant à chauffer le produit à une température donnée.
- Bain marie pour garder nos échantillons en surfusion à une température contrôlée.
- Balance pour connaitre la quantité de produit à utiliser lors de l'expérimentation.
- Autoclaves pour stériliser le matériel et les milieux de culture.
- Réfrigérateur pour pouvoir conserver les échantillons avec une température contrôlée
- Boites de pétri pour pouvoir cultiver les microorganismes

- Fioles graduées qui permettent d'avoir un volume en peu précis.
- Cloches de Durham qui facilite l'ensemencement de ces produits liquides.
- Spatules servant à l'homogénéisation de plusieurs produits.
- Compteur de colonies a pour rôle de numériser le nombre de colonies bactériennes.

II.2. Etape de fabrication de la choucroute

II.2.1. Réception de la matière première

Cette opération consiste à réceptionner les choux de bonne qualité, ne possédant pas des feuilles abimées et favorisant le développement des bactéries lactiques qui vont mettre en place les acides organiques et les composes volatils qui empêchent les entérobactéries à se développer.

La réception de ce dernier se fait dans des bassins bien lavés afin de protéger le produit contre la contamination ultérieure.

II.2.2. Effeuillage et lavage

Le lavage est une opération qui consiste à éliminer toutes les impuretés qui s'y trouvent en utilisant de l'eau de robinet et effeuillage a pour rôle d'enlever les feuilles qui ne sont pas en bon état et tout cela se fait dans l'objectif d'avoir un produit fini de bonne qualité.

II.2.3. Découpage

Le découpage a pour but de réduire la taille des choux afin de faciliter l'activité ultérieure des bactéries lactique de transformer les sucres fermentescibles en composes utiles pour notre organisme, cette opération se fait avec un couteau en inox pour éviter qu'il y ait la contamination du produit.

II.2.4. Pesage

Le pesage des choux découpés dans de petit morceau se fait à l'aide d'une balance de 20 kg afin de connaitre la quantité du sel que nous allons utiliser lors l'expérimentation.

II.2.5. Salage et ajout des ingrédients

Le salage a été effectué dans un bassin bien lavé en faisant le mélange homogène des choux et du sel ayant une concentration de 1%, 3% et de 5% tout en ajoutant des épices (ail, céleri, citron,.) afin d'améliorer la qualité organoleptique de la choucroute.

Cela se fait dans le but de provoquer un déséquilibre osmotique conduisant à la perte de l'eau et des éléments nutritifs qui sont nécessaires aux microorganismes de fermentation.

II.2.6. Remplissage et Conditionnement

Le remplissage se fait dans des bocaux qui sont hermétiquement fermés facilitant la sortie des gaz carbonique (CO_2) tout en empêchant l'oxygène d'entre à l'intérieur du bocal puisque ce dernier favorise le développement des microorganismes pathogènes comme les *levures, moisissures, staphylococcus, E. coli*, etc.

Le conditionnement a été effectué dans un endroit remplissant les règles et les conditions d'hygiène avec une température normale du corps.

II.3. Diagramme de fabrication de la choucroute

Réception de la matière première

↓

Effeuillage et lavage

↓

Découpage

↓

Pesage

↓

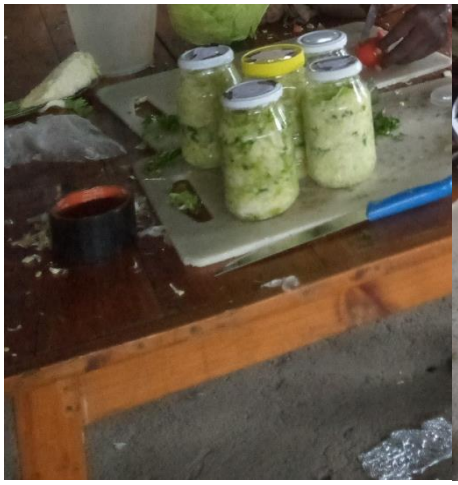
Salage et ajout des ingrédients

↓

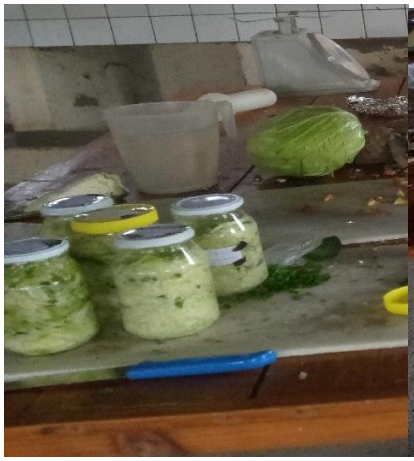
Remplissage et Conditionnement




Découpage Salage




Remplissage Etiquetage




Pesage Conditionnement

Figure 2: Processus de fabrication de la choucroute

II.4. Analyses physico-chimique de la choucroute

En vue de réaliser les analyses physico-chimiques du produit, des échantillons sont prélevés au moment de la préparation (au cours de la fermentation du produit ; durant le stockage : 3jours, 7jours et 15 jours) de la choucroute avec une température comprise entre 4°C à 6°C au frigo.

II.4.1. Détermination du pH

Pour déterminer le pH de nos échantillons, nous avons broyé 10 g de la choucroute en le mélangeant avec de l'eau déminéralisée et le pH a été mesuré directement en utilisant un pH-mètre qui va afficher la valeur sur l'écran après avoir plongé l'électrode dans un bécher contenant cet échantillon et cela a été fait à une température ambiante.

II.4.2. Détermination de l'acidité titrable

Avant de passer à la détermination de l'acidité titrable proprement dit, nous avons prélevé 10g de la choucroute broyé de chaque échantillon selon leur degré de concentration en sel (1%,3%,5%) et nous avons ajouté quelques goute de phénol phtaléines et nous avons fait la titration avec une solution de NaOH jusqu'à la persistance de la couleur rose.

Les résultats sont interprétés suivant cette formule:

Acidité = V.10 (^{o}D) (Kabir, 2015) d'où

V=volume en ml de la chute de la burette

II.5. Analyse microbiologique

II.5.1. Milieux de Culture

Les milieux de culture sont fournis par le laboratoire de microbiologie du CNTA, ils devraient être stérilisés à l'intérieur d'un autoclave, la durée et la température sont d'environs 20min à 120°C. Les Milieux de culture utilisés sont:

- Gélose au lait.
- V.R.B.L. (violet red bile lactose agar)
- T.S.N (Tryptone - Sulfite - Néomycine).
- Milieu Barid-Parker.
- Milieu Rothe.
- Eva litsky.

II.5.2. Préparation des échantillons

La partie comestible du chou a été broyée avec un broyeur avant d'être homogénéisées jusqu'à une consistance uniforme. Dans certains cas, une quantité de 90ml d'eau déminéralisée a été ajoutée pour faciliter l'homogénéisation des choux. Les homogénats ont été conservés dans des contenants hermétiquement fermés au réfrigérateur à 4°**C** (Zee et *al*., 1987).

L'échantillonnage a été effectué de trois façons différentes selon le degré de concentration en sel. Neufs échantillons provenant de trois fermentations différentes et des concentrations en sel de (1%, 3%, 5%) ont été effectuées principalement au laboratoire du CNTA. Les fermentations ont été réalisées à l'air ambiant dans des périodes de 3jours, 7jours et 15jours respectives.

II.5.3. Préparation des dilutions

Une série de dilutions a été réalisée à partir de l'échantillon à l'aide d'une micropipette, 1ml de l'échantillon à analyser est prélevé, ensuite introduit dans un tube contenant 9ml d'eau physiologique stérile (dilution 10^{-1}). Nous avons répété cet étape jusqu'à la dilution de 10^{-4} pour la choucroute bien homogénéisé.

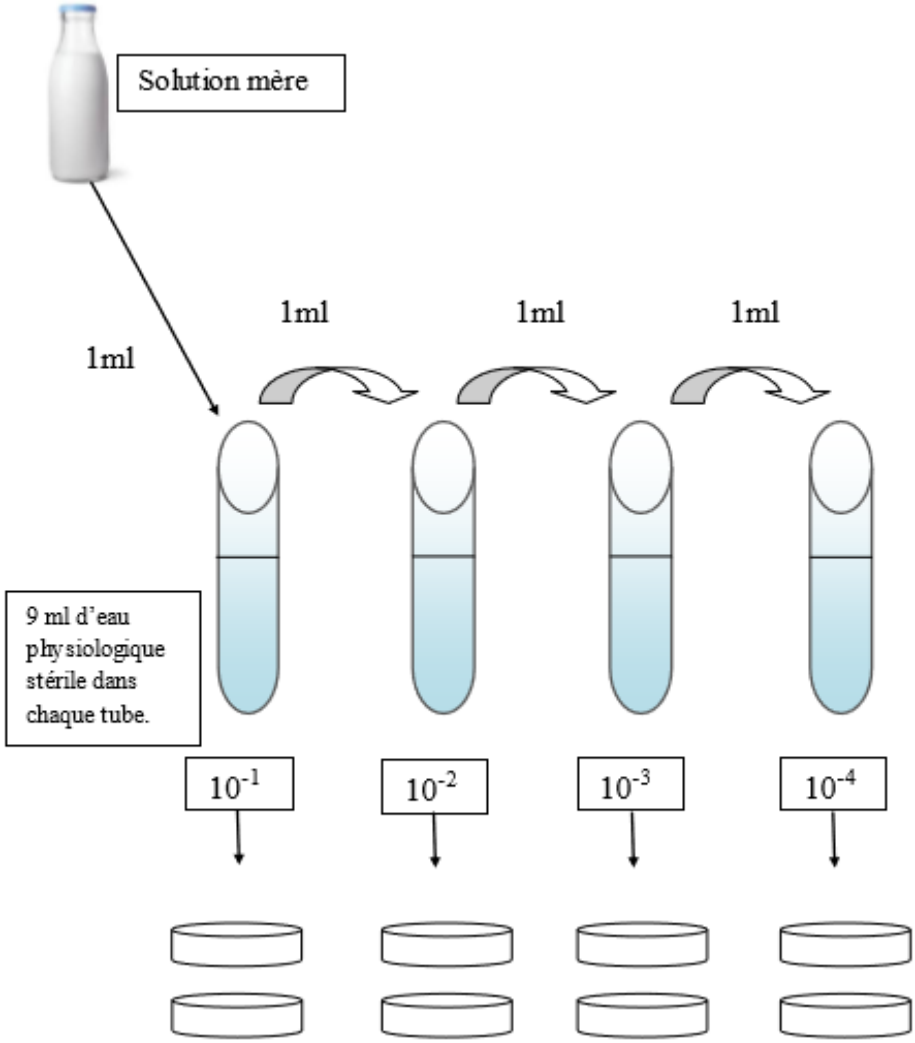


Figure 3: Technique de préparation des dilutions décimales successives

II.5.4. Ensemencement et dénombrement

Pour effectuer ces opérations techniques, nous avons ensemencé et dénombré chaque bactérie en suivant le protocole et le but de ces techniques est de déterminer la charge en bactéries contenues dans la choucroute.

Le dénombrement des colonies est réalisé à l'aide de la formule suivante:

$$N = \frac{\Sigma C}{(n1+0.1n2)d}$$

Où

C: Somme totale des colonies comptées.

n_1: Nombre de boîtes comptées dans la première dilution.

n_2: Nombre de boîtes comptées dans la seconde dilution.

d: Facteur de dilution à partir duquel les premiers comptages ont été obtenus.

Pour effectuer le comptage des colonies, nous avons tenu en considération les boîtes de Pétri contenant un nombre de colonies compris entre 30 et 300.

Tableau 5: Conditions de cultures des groupes bactériens susceptibles de se développer dans la choucroute.

Microorganismes recherchés	Milieu de culture	Technique d'ensemencement	Température et durée d'incubation
Flore totale aérobie mésophile(FTAM)	PCA	en masse	30^0C/24à72h
Coliformes totaux	VRBG	en masse	37^0C/24 à 48h
Coliformes fécaux	VRBG	en masse	44^0C 24 à 48h
Staphylocoques	Chapman	en surface	37^0C/24h
Salmonelles	kektoen	en surface	37^0C/24h
Lactocoques	M17	en surface	37^0C/24h
lactobacilles	MRS	en masse	37^0C/5jours
Clostridium sulfito-réducteurs	Viande foie	en masse	37^0C/24h à 72h
Levures et moisissures	Sabouraud	en masse	25^0C/ (5jours pour les moisissures et 24h pour les levures)

II.5.4.1. Dénombrement de la Flore Totale Aérobie Mésophile

Pour pouvoir ensemencer les boites de Pétri en masse, nous avons prélevé 1ml de chaque dilution (10^{-1} à 10^{-4} pour la choucroute ayant une concentration en sel de 1%, de 3% et celle de 5%), puis nous avons coulé une couche de 15 à 20 ml de la gélose PCA (plate count agar) fondu en surfusion et incube les boites à 30°C pendant 24 à 72heures . Les colonies des germes aérobies mésophiles ont été représentées sous formes lenticulaires en masse.

II.5.4.2. Dénombrement des Staphylocoques

Pour dénombrer les staphylocoques, nous avons pris 1ml de chaque dilution décimale retenue (10^{-1} à 10^{-4} pour la choucroute ayant une concentration de 1%, de 3% et celle de 5%) dans un tube a essais stérile et ajouter ensuite environ 15 ml du milieu d'enrichissement, bien mélangé le milieu et l'inoculum (ISO6888) et l'incubation a été effectué à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Les tubes ayant virés au noir sont présumés positif et font l'objet d'une confirmation par isolement sur gélose Chapman préalablement fondue, coulée de pétri. Après avoir incubé, nous avons repéré avec un compteur les colonies suspectes qui ont de taille moyenne, lisses et brillantes.

II.5.4.3. Recherche et dénombrement des salmonelles

Dans la recherche des salmonella, nous avons introduit 25ml de la choucroute à analyser dans 225ml d'eau peptonée tamponnée (EPT) pour l'enrichir et le produit a été incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures (Lebres et Mouffok, 1999**).**

Et puis nous avons prélevé les 10ml de cette dernière en les introduisant dans 100 ml de bouillon sélénite pour l'enrichir de plus et Incube à 37°C pendant 24 heures.

L'isolement a été réalisé sur gélose Hektoen, puis les boites ont été incubées aussi à 37°C pendant 24 heures et pour faire la lecture, nous avons effectué un dénombrement des colonies lisses de couleur bleu verdâtre.

II.5.4.4. Dénombrement des levures et des moisissures

Pour identifier les levures et les moisissures, nous avons prélevé 0,1ml des dilutions décimales (10^{-1} à 10^{-4} pour la choucroute ayant une concentration de 1%, de 3% et celle de 5%) dans des boites Pétri contenant le milieu Sabouraud préalablement fondu et solidifié et puis nous les avons étalé sur toute la surface du milieu à l'aide d'un râteau stérile(ISO6611, 2004).

L'incubation des boites a été faite à 25°C (24 h pour les levures et 72 h-5 jours pour les moisissures).Nous avons également détecté que les colonies des levures ont une forme ronde, bombée et des couleurs différents et les colonies des moisissures sont épaisses, filamenteuses, pigmentées ou non, et sont plus grandes.

II.5.4.5. Dénombrement des Lactobacilles

Dans le dénombrement des lactobacilles, nous avons prélevé 1ml de la dilution de chaque échantillon en inoculant profondément sur la gélose MRS qui va nous facilite le dénombrement et l'isolement de ce dernier et les boites ont été incubés à 30°C pendant 5 jours (Kacem et Karam, 2006).

Pour pouvoir les purifier à partir de ce milieu, les colonies d'aspects différents ont été prélevées au hasard à l'aide d'une pipette Pasteur et ensemencées en surface d'une gélose MRS préparée préalablement et les boites ont été incubées pendant 24h.

CHAPITRE III : PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS

III.1. Quelques paramètres physico-chimiques de la choucroute

III.1.1. pH de la choucroute

Le pH est une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une solution. Ce dernier est l'élément primordial permettant de connaitre le développement des microorganismes dans un produit.

La figure4 ci-dessous montre les résultats obtenus :

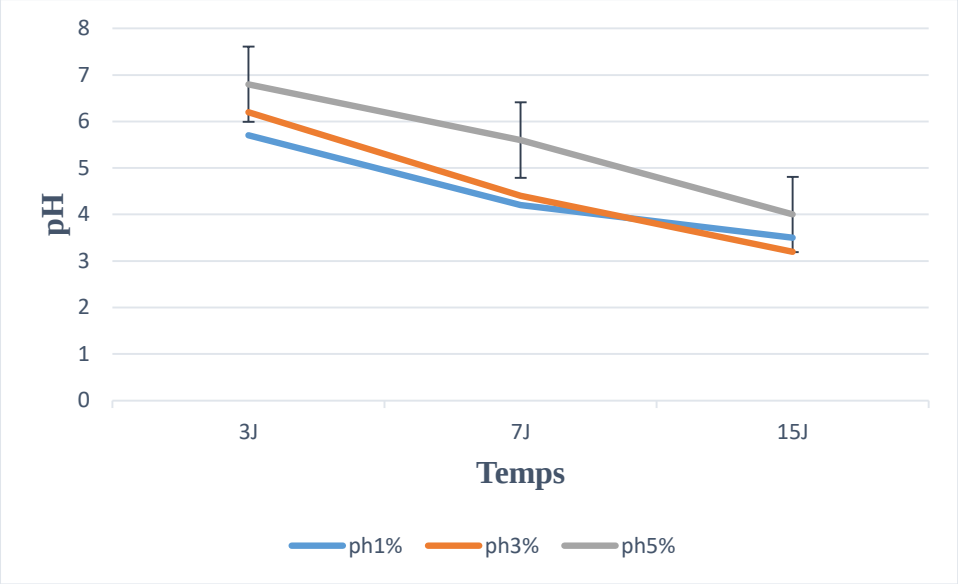


Figure 4:Evolution du pH en fonction du temps et concentration en sel

Au cours de la période de fermentation (3jours à 15jours), le pH trouvé pour les différentes concentrations en sel différait l'un de l'autre, les valeurs du pH ont diminué comme suit: de 5,7 à 3,4 pour la choucroute ayant une teneur en sel de1% ; de 6,2 à 3,2 pour la choucroute ayant une teneur en sel de 3%; de 6,8 à 4,0 pour la choucroute ayant une teneur en sel de 5%.

Tout cela nous renseigne que le degré de concentration en sel a une influence sur la qualité microbiologique et physicochimique de la choucroute mais les bactéries pathogènes ne peuvent pas provoquer la pourriture du produit après 15jours suite à un milieu trop acide.

Les résultats obtenus dans la figure ci-dessus montrent que le pH a beaucoup chute dans la choucroute fabriquée avec une concentration en sel de 3% et les autres concentrations en sel ont chuté moyennement et cela nous montre qu'il y a une augmentation non négligeable des bactéries lactiques.

Dans le cas où on utilise une petite quantité de sel (1%) la contamination microbienne de la choucroute peut être élevée, et surtout les levures et les moisissures qui ont des spores très résistants à la chaleur, mais si vous utilisez une quantité en sel assez élevée la contamination sera réduite.

Il est évident que le degré de concentration en sel a une influence sur la diminution d'un paramètre physico-chimique (pH) ce qui peut stabiliser d'une façon significative la choucroute au niveau de la qualité microbiologique.

Selon Farnwork, (2005); le CO_2 chasse l'O_2 résiduel, et on observe simultanément une diminution du pH, ce qui empêche le développement des bactéries pathogènes.

III.1.2. Acidité titrable de la choucroute

L'acidité titrable représente la somme des acides minéraux et organiques présents dans le produit et les substances acides ont de multiples propriétés caractéristiques de la matière.

Les résultats proprement dit sont représentés dans la figure 5 ci-dessous:

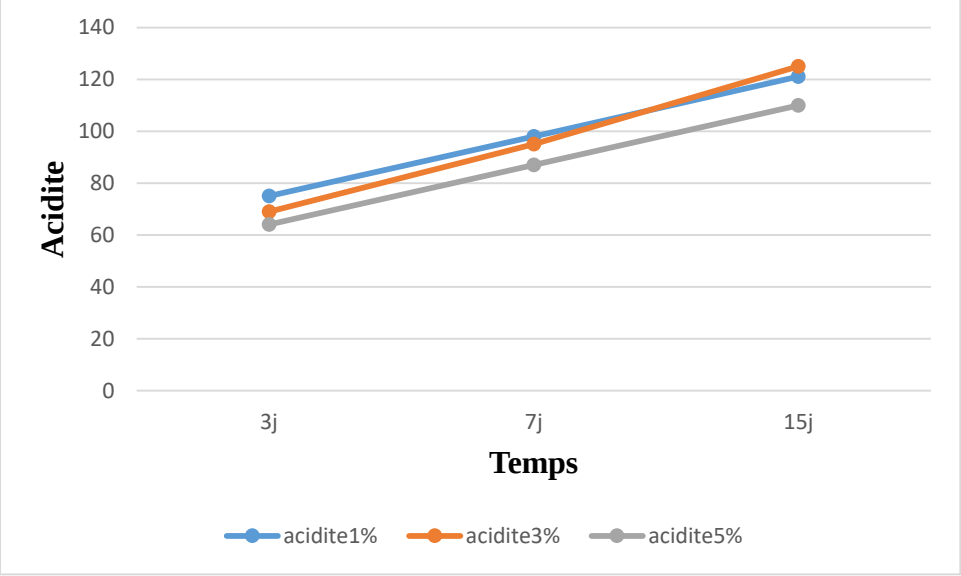


Figure 5:Evolution de l'acidité en fonction du temps

D'après les résultats trouvés, il est remarqué que l'évolution des valeurs d'acidité titrable pendant 3 à 15 jours de fermentation est caractérisée par une augmentation de 75 °D jusqu'à 121 °D pour la choucroute ayant la teneur en sel de 1% et de 69°D jusqu'à 125 °D pour la choucroute ayant une concentration en sel de 3% et 64^0D à 110°D pour la choucroute ayant une teneur en sel de 5%.

Il est représenté dans le tableau ci-dessus qu'il y a une évolution remarquable de l'acidité dans tous les choucroutes fabriqués avec de différents concentration en sel (1%, 3%,5%); cela va nous renseigner que notre produit sera conservable pendant une longue période mais également ça facilite l'inactivation des bactéries pathogènes qui peuvent provoquer la détérioration de la choucroute.

L'acidité augmente avec le temps comme c'est mentionné dans la figure ci-dessus, ce qui favorise le développement de la flore intestinale et la disparition de la flore pathogène mais le problème est que la plupart des consommateurs ne sont pas adaptés à cette saveur d'acidité.

III.2. Quelques paramètres microbiologiques

Les résultats d'analyse microbiologique révèlent la présence selon l'aspect des colonies obtenues sur des milieux de culture sélectifs, des germes appartenant à la flore aérobie mésophile totale, aux staphylocoques, aux lactobacilles et aux levures et moisissures. L'absence totale des salmonelles, des coliformes a aussi été enregistrée.

Tableau 6: Aspects des colonies des échantillons de trois types de choucroute analysés.

Germes	Aspect des colonies
FTAM	Présence de colonies.
Staphylocoques	Présence de colonies.
Salmonelles	Absence de colonies
Coliformes	Absence de colonies
Lactobacilles	Présence de colonies de couleur blanche de différentes tailles (arrondies, lenticulaires).
Levures et moisissures	Présence de colonies de levures rondes, de couleur blanche. Les colonies des moisissures sont épaisses, filamenteuses non pigmentées.

III.2.1. Flore Totale Aérobie Mésophile

La FTAM est constituée d'un ensemble de microorganismes variés correspondant aux germes banaux de contamination. Il est la flore la plus recherchée dans les analyses microbiologiques car elle nous renseigne sur la qualité hygiénique du produit (choucroute).

Des valeurs élevées n'indiquent pas nécessairement la présence de pathogènes, aussi des valeurs basses peuvent accompagner la présence de pathogènes à des niveaux dangereux (Sutra et *al*, 1998).

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau7 ci-dessous.

III.2.2. Coliformes fécaux

Les coliformes sont des entérobactéries (bacilles à Gram négatifs, sporulés, glucose+, oxydase-, nitrate réductase+, aérobies anaérobies facultatifs) qui fermentent les sucres avec production de gaz. Il s'agit d'un groupe disparate non défini sur le plan taxonomique qui comprend les genres Escherichia (avec espèces E. coli, E.intermedium, E.freudii), Citrobacter, Enterobacter et Klebsiella (Cuq, 2007).

Les coliformes se répartissent en deux groupes distincts:

• Les non fécaux dont l'origine est l'environnement général, ils sont détectés à 30°C.

• Les fécaux dont l'origine essentielle est le tube digestif, qui sont plus thermo tolérants (détectés à 44°C). Escherichia coli fait partie de ce dernier groupe (Jakob et *al*., 2009).

Les résultats obtenus se trouvent en bas dans le tableau7 ci-dessous :

III.2.3. Salmonelles

Les salmonelles sont des bactéries à Gram négatif de type aérobie-anaérobie facultatif appartenant à la famille des Enterobacteriaceae et possédant toutes leurs caractéristiques biochimiques (Grimont et *al*., 1986). Les salmonelles sont toujours pathogènes provoquant des gastro-entérites (avec éventuellement de grave complications). Leur recherche et leur identification permettent donc de montrer le danger possible d'un produit (Christiane et Jean-Noël, 2003).

Les résultats obtenus sont chiffrés dans le tableau7 ci-dessous.

III.2.4. Staphylocoques

Les staphylocoques sont des bactéries en formes de coques responsables de bon nombre de maladie. Ils ont considéré comme des bactéries pathogènes majeures. Il existe près d'une quarantaine d'espèces de staphylocoque dont le plus connue est staphylococcus aureus.

Sont des bacilles à Gram (+), sporulés, immobiles, anaérobies. Sont très répandu dans la nature, en particulier dans le sol, ils contaminent de nombreux produits: eau, lait, viande, conserves alimentaires (Guiraud et Rosec, 2004).

Les résultats obtenus se trouvent dans le tableau7 ci-dessous.

III.2.5. Levures et moisissures

Les levures et moisissures sont des champignons microscopiques (micromycètes). Ce sont des organismes eucaryotes constitués soit d'éléments unicellulaires, soit de filaments isolés ou agrégés et se reproduisent par l'intermédiaire de spores.

Les résultats obtenus sont chiffrés dans le tableau7 ci-dessous.

III.3. Bactérie lactique: *Lactobacillus*

Le genre Lactobacillus est le genre principal, le plus diversifié de la famille des Lactobacillaceae, il comprend actuellement 158 espèces, c'est un genre très hétérogène, englobant les espèces avec une grande variété phénotypique, biochimiques et physiologiques. L'hétérogénéité se traduit par la gamme du pourcentage GC de 32 à 55% de l'ADN des espèces incluses dans ce genre (Zhang et Cai, 2014).

Certaines espèces de lactobacilles produisant du gaz (Lactobacillus fermentum et Lactobacillus brevis) et ils ont de formes fins, incurvés, coccobacilles,… (De Vos et *al*, 2009) et cela dépend de l'âge de la culture, la composition du milieu (disponibilité des esters d'acide oléique) et le taux d'oxygène.

Les lactobacilles ont des exigences nutritionnelles très complexes en acides aminés, vitamines, acides gras, nucléotides, glucides et en sels minéraux. La température de croissance est comprise entre 2 et 53°C, avec un optimum entre 30 et 40**°C (**De Vos et al, 2009**).** Le pH de croissance est compris entre 3 et 8 avec un optimum habituellement allant de 5.5 à 6.2 (Zhang et Cai, 2014).

Les résultats obtenus se trouvent dans le tableau7 ci-dessous.

Tableau 7: Paramètres microbiologiques analysés

Paramètres micro-biologiques	**Nombres d'Unités Formant Colonies (UFC/g)**		
	Choucroute de 1%	**Choucroute de 3%**	**Choucroute de 5%**
FTAM	$2{,}2.10^5$	$2{,}02.10^4$	$1{,}2.10^4$
Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs
Staphylocoques	5.10^1	2.10^1	$1.5.10^1$
Salmonelles	Abs	Abs	Abs
Levures et moisissures	10^2	2.10^1	$1{,}5.10^1$
Lactobacilles	$2{,}2.10^5$	$1{,}4.10^4$	$1.0.10^4$

Pour la *FTAM* : Le dénombrement de cette flore pour les échantillons de la choucroute fabriqué avec une concentration en sel de 1% est $2{,}2.10^5$ UFC/g et celle de 3% est $2{,}02.10^4$UFC/g et enfin une concentration de 5% est $1{,}2.10^4$UFC/g respectivement.

Cette population détectée est la moyenne des trois échantillons étudiés au cours de la fermentation et leurs pH diminuent avec le temps ce qui défavorise le développement des bactéries pathogènes.

La FTAM est indétectable après environ 15 jours de fermentation presque dans tous les échantillons suite à la dominance des bactéries lactiques et les résultats en soi sont représentés dans le tableau se trouvant en haut.

Pour les *coliformes fécaux*: Les résultats du dénombrement des coliformes fécaux dans la choucroute ayant une concentration en sel (1%, 3% et 5%) ont montrés une absence totale de ces dernières.

L'absence de cette bactérie peut nous confirmer qu'il y avait une propreté très stricte du milieu de travail, les matériels de lavage et de conditionnement et ces bactéries sont des indicateurs de la mauvaise pratique d'hygiene.

Pour les *staphylocoques*: Quand à la recherche des staphylocoques dans les trois types de choucroute analyses, les résultats obtenus ont montré qu'il y a la présence des staphylocoques dans tous les échantillons analyses.

Les caractères physicochimiques de choucroute sont favorables au développement des staphylocoques, mais quelques fois ils sont en peu sensibles aux acides organiques crées par les bactéries lactiques. Mais une population assez réduite a été remarque dans la choucroute fabriquée avec une concentration en sel de 5% ce qui va nous confirmer que l'utilisation d'une quantité élevée en sel est celle qui est meilleure car ça inhibe les bactéries pathogènes.
Les résultats obtenus sont presque semblables à celles trouvés par Liza BEGRICHE, 2021.

Pour les *salmonella*: Les salmonella sont totalement absentes dans tous les échantillons de la choucroute analysée.

L'absence ou la faible présence de la flore pathogène peut trouver son explication dans le fait que la contamination initiale va subir l'effet de l'abaissement du pH et de l'antagonisme des bactéries lactiques. On aboutit à un faible taux de la flore pathogène, voire leur absence et cela aussi nous donne une bonne explication de la maitrise des règles et conditions d'hygiène.

Pour les *levures et moisissures* : Les résultats de la recherche des levures et moisissures montrent 10^2UFC/g de germes dans un premier échantillon de 1%; 2.10^1UFC/g dans le second échantillon de 3% et puis nous avons observé une population des levures et moisissures dans le troisième échantillon de 5% qui est de $1,5.10^1$UFC/g respectivement.

Il est difficile d'en tirer une conclusion pratique de ces résultats, car ce sont des éléments permanents de l'environnement, ils traduisent eux aussi le fait qu'au cours de la fabrication de choucroute est très exposé à l'air ambiant.

La présence des levures et moisissures dans les trois échantillons de choucroute peut être dues à une forte contamination extérieure et une mauvaise fermeture des bocaux de conditionnement et de stockage.

Pour *les lactobacilles*, selon les résultats obtenus, nous avons observé la présence de colonies de lactobacilles dans tous les échantillons analysés de choucroute (1%, 3% et 5%).

Nous avons constaté qu'il y a une diminution significative des microorganismes dans toutes les choucroutes fabriques mais une population assez réduite a été remarqué dans la choucroute fabriquée avec une concentration en sel de 5%.

Une population microbienne de $2,2.10^5$ UFC/g a été observée dans un échantillon de 1%, c'est là où les bactéries lactiques sont beaucoup dominé par rapport aux bactéries pathogènes, les lactobacillus en particulier. Ces derniers ont été développés aussi à d'autres concentrations en sel (3%et5%).

Selon Medina-Pradas et al., 2017**,** les lactobacillus brevis sont capables de déterminer la fermentation initiée par le lactobacillus plantalum en consommant les sucres résiduels suite à l'inhibition de cette dernière par l'acide lactique et c'est en raison de la plus grande résistance de *Lb. brevis* aux pH acides.

CONCLUSION

Dans ce mémoire, nous avons étudié l'influence de la concentration du sel sur la qualité microbiologique de la choucroute afin de connaitre la teneur en sel à utiliser lors de la fabrication de cette dernière.

Neuf échantillons de différentes concentrations en sel (1%, 3%, 5%) ont été analysés dans de périodes différentes (3jours, 7jours et 15jours).

Les résultats obtenus ont confirmés qu'il est susceptible d'utiliser une concentration en sel en peu élevée dans la fabrication de la choucroute car c'est là où il y a une diminution remarquable des bactéries pathogènes qui peuvent provoquer la pourriture de notre produit, c'est-à-dire plus vous utilisez une quantité élevée de sel plus il y aura une destruction importante des bactéries pathogènes.

Une population de $1.0.10^4$UFC/g pour les lactobacilles a été remarquée dans la choucroute fabriquée avec une concentration en sel de5% tandis que dans la choucroute ayant une concentration en sel de 1% était de $2.2.10^5$; cela nous mettent au courant que le sel a une influence positive sur la qualité microbiologique que physicochimique de la choucroute fabriquée localement et ça va allonger la durée de conservation de cette dernière.

Par conséquent il est remarqué qu'il existe des souches pathogènes comme les levures et moisissures qui résistent beaucoup à des concentrations en peu élevés de sel et par après ils vont provoquer la détérioration du produit mais ils seront inactivés au fur et à mesure du temps que le milieu devient acides.

L'inhibition de ces microorganismes pathogènes et la flore de contamination de la choucroute sont un souci important lors de la transformation de ce produit. Les microorganismes pathogènes d'importance incluent les Staphylococcus aureus et les salmonelles.

Durant la période de fermentation, le pH et l'acidité ont été analysées afin de connaitre les conditions sur lesquelles les microorganismes peuvent s'y développer et les résultats ont montrés que le pH a chuté dans tous les échantillons analysés. L'acidité a augmenté egalement durant la période de fermentation au cas où le pH est en train de diminuer et cela favorise l'inhibition des bactéries pathogènes.

Nous concluons également que la transformation de la choucroute fait référence aux autres technologies de transformation des legumes comme les kimchi, cornichons, etc.

Ces dernières remplissent des antioxydants forts qui contribuent beaucoup dans la protection de notre organisme contre les radicaux libres nuisibles à la sante de l'homme.

RECOMMANDATIONS

Au terme de cette étude, quelques recommandations ont été formulées:

Aux chercheurs :

- De mener une recherche approfondie sur la qualité microbiologique plus particulièrement sur d'autres bactéries lactiques qui peuvent se développer à une concentration en sel de 5% afin de contribuer à l'amélioration de la stabilité du produit.
- De mener une étude complète sur la qualité nutritionnelle et biochimique de la choucroute fabrique localement.
- D'étudier l'influence de l'ajout des épices sur la qualité organoleptique de la choucroute.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1) ADJELE ELI WILSON, 2011: Recherche d'isothiocyanates à intérêt fonctionnel technologique chez les Brassicacées. Thèse de doctorat. Université Strasbourg.

2) CHERRY AJ., M. OSAE D., DJEGUI, 2004: Relative potency, yield and transmission of à Kenyan isolate of Plutella xylostella granulovirus in a population of diamondback moth from Benin, West Africa. In: Kirk AA, Bordat D, editors. Improving biocontrol of Plutella xylostella. Proceedings of the International Symposium, 21-24 October 2002. Montpellier, France, 158 - 162 p.

3) ALOMRAR J., 2007: Etude de propriétés physiologiques de Lactococcus lactis et Lactococcus garvieae pour la maîtrise de Staphylococcus aureus en technologie fromagère. Thèse de doctorat. Institut National Polytechnique De Lorraine.

4) AL-SHEHBAZ, I.A., BEILSTEIN, MA & KELLOGG, E., 2006: Systematics and phylogeny of the Brassicaceae (Cruciferae): an overview. Plant Systematics and Evolution 259, 89-120.

5) BLOCH-DANOMAY, E., 2008: La fabuleuse histoire des légumes, Grasset Chiffres clés 2017, fruits et légumes. France AgriMer, décembre 2018

6**) BOJEAN. A, 1991**: Castor cultivation for chemical applications. Galileo/ONIDOL, s.l., France, 101 p.

7) CHRISTIANE J., ET JEAN-NOEL.J, 2003: Microbiologie alimentaire. 5e éd. Bordeaux: CRDP d'Aquitaine, 2003. 132p.

8) Cuq J.L., 2007: Microbiologie Alimentaire. Edition Sciences et Techniques du Languedoc. Université de Montpellier. P: 20-25. Citer par: KABIR Ahmed, 2015.Thèse de Doctorat: Contraintes de la production laitière en Algérie et évaluation de la qualité du lait dans l'industrie laitière (constats et perspectives)

9) DEVOS P., GARRITY G. M., JONES D., KRIEG N. R., LUDWING W., RAINEY F. A., SCHLEIFER K. H. AND WHITEMAN W. B., 2009: Bergey's Manual of Systematic Bacteriology: The firmicutes. Second Edition. Volume Three. Springer.

10) DODD FH. ET BOOTH J. 2000: Mastitis and milk production. Dans the healthy of dairy cattle. Edition Andrews A.H. London. p: 213-255.

11) EICHHOLTZ, F., 1975: *Die Biologis cheMilchs ؛ure und Ihre Entstehung in Vegetabilis chem Materal*, 2nd ed., Eden-Stiftung, Bad Soden,

12) ÉRIC BIRLOUEZ, 2020: Petite et grande histoire des légumes, Quæ, coll. « Carnets de sciences ». 175 p, p. 43-44.

13) FARNWORTH. EDWARD R. 2005: Hand book of fermented functional foods. 343-357.ISBN: 0-8493-1372-44.

14) FLEMING, H.P., MCFEETERS, R.F., DAESCHEL, M.A., 1985: Bacterial starter cultures for foods. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL.

15) FRANCO, W., PÉREZ-DÍAZ, I.M., 2012: Role of selected oxidative yeasts and bacteria in cucumber secondary fermentation associated with spoilage of the fermented fruit. Food Microbiology 32, 338-344.

16) GUIRAUD J.P., ET ROSEC J.P., (2004): Pratique des normes en microbiologie alimentaire. Edition AFNOR. 95p. Citer par: Benhedane Née Bachtarzi Nadia, 2012.Thése de Magister: qualité microbiologique du lait cru destine à la fabrication d'un type de camembert dans une unité de l'est algerien.

17) GRIMONT F., ET GRIMOND P.A.D., (1986): Ribosomal ribonucleic acid gene restriction patterns as potential taxonomic tools. Ann. Inst. Pasteur/Microbiol., 137B, p: 165-175.

18) GLADIS, T. & HAMMER, K., 2003: Die Brassica-oleracea-Gruppe. Schriften des Vereins zur Erhaltung der Nutzpflanzenviefalt. Lennestadt. 70 pp.

19) GUIGNARD, J.-L; DUPONT, 2004: *Abrégés de botanique systématique moléculaire*; 13e éd. Editions Masson.

20) HOLLAND, B., UNWIN, I.D. & BUSS, D.H., 1991: Vegetables, herbs and spices. The fifth supplement to McCance & Widdowson's The Composition of Foods. 4th Edition. Royal Society of Chemistry, Cambridge, United Kingdom. 163 pp

21) HTTP://WWWCHIROSYSTEMCOM/FPDF/SELPDF: Le sel: bienfaits et méfaits.

22) LE MINOR L., ET RICHARD C., (1993): Méthodes de laboratoire pour l'identification des entérobactéries. Institut Pasteur. Citer par: Benhedane Née Bachtarzi Nadia, 2012.Thése de Magister:qualite microbiologique du lait cru destine à la fabrication d'un type de camembert dans une unité de l'est algerien.

23) JULVE, PH., 2017: Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France. Version : 09 février 2017. http//www.tela-botanica.org Description collaborative

24) JAKOB E., WINKLER H. ET HALDEMANN J., (2009): Critères Microbiologiques Pour La Fabrication Du Fromage. Edition, Agroscope Liebfeld-Posieux. Groupe de discussions Nº 77. F. p: 5-31.

25) KACEM M.ET KARAM N., (2006): Physicochemical and microbiological stady of « Shmen », a taraditional butter made from camel milk in Sahara (Algeria): isolation and identification of lactic acid bacteria and yeast.

26) LIZA BEGRICHE, 2021: Impact des paramètres de fabrication sur la composition microbiologique et physico-chimique des légumes fermentés.20-23p

27) MARCO ML, HEENEY D, BINDA S, CIFELLI CJ, COTTER PD, FOLIGNE B, GÄNZLE M, KORT R, PASIN G, PIHLANTO A, SMID EJ, HUTKINS R. 2017: Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond. Curr Opin Biotechnol 44:94–102.

28) MESSEGUE, M. 1972: Le chou. In : c'est la nature qui a raison. Coédition Robert Laffont Opera Mundi, p. 91-95.

29) NORME MAROCAINE. 2007: Sel de qualité alimentaire "NM.8.5.130".

30) PITRAT M, FOURY C, 2003: Histoires de legumes: des origines à l'orce du 21 siecle. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, p 410

31) S. AZONKPIN, D. CHOUGOUROU, D. BOKONON, D. DOSSOU ET D. AHONTON, 2019: Efficacite Du Baume De Cajou Contre Les Chenilles Carpophages Du Cotonnier Au Nord Du Benin European Scientific Journal, Vol. 14, N°24, ISSN : 1857 - 7881 p.

32) SALAZAR N, GUEIMONDE M, DE LOS REYES-GAVILÁN CG, RUAS-MADIEDO P. 2016: Exopolysac charides Produced by Lactic Acid Bacteria and Bifidobacteria as Fermentable Substrates by the Intestinal Microbiota. Crit Rev Food Sci Nutr 56:1440–1453.

33) ŞANLIER N, GÖKCEN BB, SEZGIN AC. 2019: Health benefits of fermented foods. Crit Rev Food Sci Nutr 59:506–527.

34) SUTRA L., FEDERIGHI M. ET JOUVE J.L, (1998): Manuel de bactériologie alimentaire. Edition Polytechnica. 9p. Citer par: Benhedane Née Bachtarzi Nadia, 2012.Thése de Magister:qualite microbiologique du lait cru destine à la fabrication d'un type de camembert dans une unité de l'est algerien.

35) STAMER, J.R., STOYLA, B.O., AND DUNCKEL, B.E., 1971: Growth rates and fermentation patterns of lactic acid bacteria associated with the sauerkraut fermentation, *J. Milk Food Technol.*, 34, 521– 525,

36) TALEKAR NS, SHELTON AM. 1993: Biology, Ecology and management of the diamondback moth. Annual Review of Entomology 38: 275-301. 15.

37) TOLONEN, M. RAJANIEMI, S. PIHLAVA, J.-M. JOHANSSON, T. SARIS, P. E. J.; RYHÄNEN, E.-L. 2004: Formation of nisin, plant-derived biomolecules and antimicrobial activity in starter culture fermentations of sauerkraut. *Food Microbiology*, *21*, 167-179.

38) ZHANG H. ET CAI Y. 2014: Lactic Acid Bacteria Fundamentals and Practice. Springer Dordrecht Heidelberg New York London P: 535

39) ZEEL, D. POIRIER, M. CUSSON, A.G. ROBERGE' ET J. SEVIGNY .1987: Valeurs nutritives des fruits et légumes produits et consommes au Québec. pp. 350-356.

REFERENCES NORMATIVES

NA 1198, ISO 6888, (1995). Directives générales pour le dénombrement des Staphylococcus aureus, méthode par comptage des colonies.

NA 5911, ISO 6611, (2004). Dénombrement des unités formant colonie de levure et/ou moisissures, comptage des colonies à 25°C.

NA6803-2005., ISO 4832, (2006). Directives générales pour le dénombrement des coli-formes-méthode par comptage par colonies.

NF V 08-051, (1992). Méthode de recherche et de dénombrement de la flore mésophile aérobie totale. Paris : AFNOR, 05p.

ANNEXES

➢ Milieux de culture

Milieux liquide	Milieux solide
• Bouillon Giolitti Cantoni (GC) • Eau peptonée tamponnée • Bouillon Sélénite • Eau physiologique	• Gélose PCA • Gélose VRBG • Milieu Chapman • Gélose Hektoen • Milieu Viande foie • Milieu Sabouraud • Gélose MRS • Gélose M17

Composition des milieux de culture cités:

- **Gélose PCA (plate count agar)**

Composition	g/l
Tryptone	5
Extrait autolytique de levure	2,1
Glucose	1
Agar	15
Dissoudre 20.5g dans un litre d'eau distillée ; autoclaver 15min à 121°C ; pH =7,4±0,1	

- **Gélose VRBG**

Composition	g/l
Extrait de levure	3
Peptone	7
Chlorure de sodium	5
Sels biliaires	1.5
Glucose	10
Rouge neutre	0.03
Cristal violet	0.002
Agar	12
Dissoudre 39.5g dans un litre d'eau distillée ; autoclaver 15min à 121°C ; pH =7,4±0,1	

- **Milieu Giolitti Cantoni**

Composition	g/l
Tryptone	10
Extrait de viande	5
Extrait de levure	5
Chlorure de lithium	5
Mannitol	20
Chlorure de sodium	5
Glycine	1.2
Pyruvate de sodium	3
Dissoudre 54.2g dans un litre d'eau distillée ; autoclaver 15min à 121°C ; pH =7,4±0,1	

- **Milieu Giolitti Cantoni**

Composition	g/l
Tryptone	10
Extrait de viande	5
Extrait de levure	5
Chlorure de lithium	5
Mannitol	20
Chlorure de sodium	5
Glycine	1.2
Pyruvate de sodium	3
Dissoudre 54.2g dans un litre d'eau distillée ; autoclaver 15min à 121°C ; pH =7,4±0,1	

- **Gélose Chapman**

Composition	g/l
Extrait de viande	3
Extrait de levure	3
Tryptone	5
Peptone bactériologique	10
Chlorure de sodium	70
Mannitol	10
Rouge de phénol	0.05
Agar	18
Dissoudre 119 g dans un litre d'eau distillée ; autoclaver 15min à 121°C ; pH=7,4±0,1	

- **Eau peptonée tamponnée (EPT)**

Composition	g/l
Peptone	20
Chlorure de Sodium	5
Phosphate disodique	9
Phosphate monopotassique	1.5
Dissoudre 15 g dans un litre d'eau distillée ; autoclaver 15min à 121°C; pH=7	

- **Bouillon sélénite cystéine.**

Composition	g/l
Tryptone	5
Phosphate de sodium	10
Lactose	8
Dissoudre 40 g dans un litre d'eau distillée ; autoclaver 15min à 121°C; pH=7	

- **Gélose Hektoen**

Composition	g/l
Peptone	12
Lactose	12
Sucrose	12
Bile salts N°3	09
NaCl	05
Sodium thiosulfat	05
Yeastextract	03
Solicit	02
Ferric ammonium citrate	1.5
Acide fuchsin	0.1
Bromo thymol blue	0.064
Dissoudre 76 g dans un litre d'eau distillée ; autoclaver 15min à 121°C; pH=7	

- **Gélose viande-foie**

Composition	g/l
Extrait viande – foie	30
Peptone	2
Amidon	2
Agar	12
Dissoudre 41 g dans un litre d'eau distillée ; autoclaver 15min à 121°C; pH=7	

- **Sabouraud**

Composition	g/l
Extrait de levure	5
Glucose	20
Chloramphénicol	10.1
Agar	11
Dissoudre 56 g dans un litre d'eau distillée ; autoclaver 15min à 121°C; pH=7	

- **Gélose MRS (Man, Rogosa, Sharpe)**

Composition	g/l
Peptone	10
Extrait de viande	8
Extrait de levure	4
Citrate d'ammonium	2
Tween 80	1ml
Hydrogenophosphate de potassium	2
Sulfate de magnésium	0.2
Sulfate de manganèse	0.05
Agar	10
Dissoudre 70.3 g dans un litre d'eau distillée ; autoclaver 15min à 121°C; pH=7	

- **Gélose M17**

Composition	g/l
Tryptone	2.5
Peptone pepsique de viande	2.5
Peptone papaïnique de soja	5
Extrait autolytique de levure	2.5
Extrait de viande	5
Lactose	5
Glycérophosphate de sodium	19
Sulfate de magnésium	0.25
Acide ascorbique	0.50
Agar	15
Dissoudre 57.2 g dans un litre d'eau distillée ; autoclaver 15min à 121°C; pH=7	

SOURCE: ISO 6888; ISO 6611 ; ISO 4832.