

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد ابن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES ALIMENTAIRES

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :
Mlle. BENNOURINE Soumia

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES ALIMENTAIRES

Spécialité : Agro-alimentaire et Contrôle De Qualité

Thème

BREUVAGE SYMBIOTIQUE à PARTIR DE DÉCHET ALIMENTAIRE

Soutenue publiquement le 20/07/2023

Devant le Jury

Président	M. DAHOU Abdelkader Amine	MCA	U. Mostaganem
Examineur	M. BENBOUZIANE Bouasria	MCA	U. Mostaganem
Encadreur	M. BENABDELMOUMENE Djilali	MCA	U. Mostaganem

La thématique a été réalisée au niveau du laboratoire de physiologie animale appliquée Université - Mostaganem

Projet soutenu dans le cadre de l'arrêté 1275

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers Dieu le Tout-Puissant, qui m'a accordé la volonté, l'énergie et le courage nécessaires pour accomplir ce travail.

Au terme de ce projet,

*Tout d'abord ce travail n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de **BENABDELMOUENE Djilali**, Maître de conférence classe A, à l'université de Mostaganem je le remercie pour la qualité de son encadrement, sa confiance et sa patience, je remercie également pour sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.*

Mes respects et mes remerciements vont également aux membres du jury,

*Ms **M. DAHOU Amine**, maîtres de Conférences à l'Université de Mostaganem, d'avoir accepté de présider le jury.*

*Ms **BENBOUZIANE Bouasria**, Maître de Conférences à l'Université de Mostagane pour l'intérêt qu'il a porté à ma recherche et pour avoir accepté d'examiner mon travail et de l'enrichir par ses remarque.*

*Je souhaite exprimer ma reconnaissance à Ms **MEDJAHED Mostefa**, Responsable de l'incubateur de Mostaganem.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers Ms **BENTAHAR Mohamed-Cherif** pour son précieux soutien dans l'élaboration de mon mémoire*

*Je remercie également Ms **FODIL Mustapha Kamel** et Ms **BENGUENNOUNA Nouredine** pour leur aide et leurs conseils précieux.*

Je tiens à exprimer une gratitude particulière envers les membres du département des sciences alimentaires.

Je vous remercie tous pour votre contribution à l'achèvement de ce travail.

Dédicaces

Ce projet de fin d'études, je le dédie :

***A Moi-même.** Pour les heures passées à étudier, pour la persévérance face aux défis et pour la détermination à atteindre mes objectifs. Cette réalisation est le fruit de mon travail acharné et de mon dévouement, et je suis fier de ce que j'ai accompli.*

***À mes parents** bien-aimés, qui ont toujours été là pour me soutenir et me motiver tout au long de mes études. Ils ont passé de nombreuses nuits blanches pour me garantir les meilleures conditions possibles.*

***À mes frères et mes sœurs,** qui sont une source constante de joie et de bonheur dans ma vie.*

*Je tiens également à dédier ce travail **à mon fiancé,** pour son amour, son soutien et sa compréhension inconditionnels tout au long de ce voyage.*

À mon encadreur,

Votre soutien constant, vos précieux conseils et votre profonde expertise ont été des piliers essentiels tout au long de ce parcours académique. Votre patience et votre bienveillance ont servi de phare dans les moments d'incertitude et de challenge. Je dédie ce travail à vous, en signe de ma profonde gratitude pour votre encadrement exemplaire et votre guidance inébranlable.

*Et enfin, je dédie ce projet à mes **amies Aminatou et Asma.***

Abstract

This study aims to utilize food waste, specifically tea, by investigating its potential as a source of probiotic lactic acid bacteria for fermented beverages. The focus is on the nutritional composition and environmental impact of raw and brewed tea. Analyses revealed that green tea contains 165,893 mg EAG/g of polyphenols, and 174.11 mg EQ/g of flavonoids. Tannins are present at a content of 2,177.263 mg EC/g, sugar at 0.203%, proteins at 0.11 g, and fat content at 5.32 g. The DPPH has an IC₅₀ value of 1.232 µg/mL, the FRAP is 100.167 µg/mL, and the TBARS is about 1.836 mg E MDA/kg. Thus, green tea has a higher content of phenolic compounds, giving it superior antioxidant activity compared to black tea. Among the infusions, the green tea infusion at 20°C shows high antioxidant activity compared to other infusions, with an IC₅₀ value of 0.277 µg/mL for the DPPH, an IC₅₀ of 162.287 µg/mL for the FRAP, and 0.29 mg E MDA/kg for the TBARS. We also studied the content of polyphenols, flavonoids, condensed tannins, and proteins, which are respectively 541.54 mg EAG/g, 290.707 mg EQ/g, 400 mg EC/g, and 0.073%.

keywords: valorization, tea waste, lactic bacteria, antioxidant activity, fermented beverage

هذه الدراسة تهدف إلى استغلال مخلفات الطعام، على وجه الخصوص الشاي، من خلال استكشاف إمكانيتها كمصدر لبكتيريا حمض اللاكتيك البروبيوتية للمشروبات المخمرة. التركيز هو على التكوين الغذائي والتأثير البيئي للشاي الخام والمحضر. أظهرت التحاليل أن الشاي الأخضر يحتوي على 893،165 ملغ من البوليفينولات لكل غرام (ملغ/جم) و 174.11 ملغ من الفلافونويدات لكل غرام (ملغ/جم). الأتقعة موجودة بنسبة 177.263،2 ملغ من حجم الكاتيكول الكلي لكل غرام (ملغ/جم)، والسكر بنسبة 0.203٪، والبروتينات بنسبة 0.11 غرام، ومحتوى الدهون بنسبة 5.32 غرام. القيمة النصفية لمستخلص الديينيفريل بيكريل هي 1.232 ميكروغرام/مل، والقدرة الاستقادية لاستخلاص الفيرين حوالي 1.836 ملغ من مالونديالدهيد الإيثر (TBARS) على الهواء هي 100.167 ميكروغرام/مل، ومحتوى المالونديالدهيد الثيوباربيتوريك لكل كيلو غرام (ملغ/كغ). وبالتالي، يحتوي الشاي الأخضر على محتوى أعلى من المركبات الفينولية، مما يمنحه نشاطاً مضاداً للأكسدة أفضل بالمقارنة مع الشاي الأسود. بين الشاي المحضر، إن مستخلص الشاي الأخضر عند 20 درجة مئوية يظهر نشاطاً مضاداً للأكسدة عالياً تبلغ 0.277 ميكروغرام/مل، ونصفية للاستخلاص الفيرين (DPPH) بالمقارنة مع المستخلصات الأخرى، بقيمة نصفية للديينيفريل بيكريل TBARS تبلغ 162.287 ميكروغرام/مل، و 0.29 ملغ من مالونديالدهيد الإيثر لكل كيلو غرام (ملغ/كغ) للقيمة النصفية لـ (FRAP) للهواء غ، و EAG/ كما قمنا أيضاً بدراسة محتوى البوليفينولات والفلافونويدات والأتقعة المكثفة والبروتينات، وهي على التوالي 541.54 ملغ غ، و EC/٪0.073 غ، و 400 ملغ/EQ 290.707 ملغ

كلمات مفتاحية: تسليط الضوء، فاقدات الشاي، بكتيريا حمض اللاكتيك البروبيوتية، النشاط المضاد للأكسدة، المشروبات المخمرة

Résumé

Cette étude vise à utiliser les déchets alimentaires, en particulier le thé, en étudiant son potentiel en tant que source de bactéries lactiques probiotiques pour les boissons fermentées. L'accent est mis sur la composition nutritionnelle et l'impact environnemental du thé brut et infusé. Les analyses ont révélé que le thé vert contient 165 893 mgEAG/g de polyphénols et 174,11 mg EQ/g de flavonoïdes. Les tanins sont présents à une teneur de 2 177,263 mg EC/g, le sucre à 0,203%, les protéines à 0,11 g et la teneur en matières grasses à 5,32 g. Le DPPH a une valeur IC₅₀ de 1,232 µg/mL, le FRAP est de 100,167 µg/mL et le TBARS est d'environ 1,836 mg E MDA/kg. Ainsi, le thé vert a une teneur plus élevée en composés phénoliques, ce qui lui confère une activité antioxydante supérieure au thé noir. Parmi les infusions, l'infusion de thé vert à 20°C montre une activité antioxydante élevée par rapport aux autres infusions, avec une valeur IC₅₀ de 0,277 µg/mL pour le DPPH, un IC₅₀ de 162,287 µg/mL pour le FRAP et 0,29 mg E MDA/kg pour le TBARS. Nous avons également étudié la teneur en polyphénols, flavonoïdes, tanins condensés et protéines, qui sont respectivement de 541,54 mg EAG/g, 290,707 mg EQ/g, 400 mg EC/g et 0,073%.

Mots-clés : valorisation, déchets de thé, bactérie lactique, activité antioxydante, boisson fermentée.

Liste des tableaux

Tableau 1: Teneurs des principaux composants des flavonols de la fleur de <i>Camellia sinensis</i>	1
2	
Tableau 2: Dix grands pays producteurs du thé en 2018.....	20
Tableau 3: Production mondial du thé.....	21.
Tableau 4: Grands pays producteur de thé en 2018.....	22
Tableau 5: Dix grands exportateurs du thé en 2017.....	24
Tableau 6: Dix grands pays importateurs du thé en valeur 2017.....	25
Tableau 7: Exemples de produits végétaux fermentés consommés dans le Monde.....	30
Tableau 8: Caractères phénotypiques des souches lactiques isolées.....	82

Liste des figures

Figure 1: Camellia sinensis.....	06
Figure 2: Différents types de thé.....	07
Figure 3: Les grandes familles des polyphénols et leurs principales sources alimentaires.....	09
Figure 4: Classification des composés phénoliques.....	09
Figure 5: Types d'acides phénoliques.....	10
Figure 6: Types de flavonoïdes.....	11
Figure 7: autres types de polyphénols.....	14
Figure 8: Structures des tannins condensés.....	16
Figure 9: Structures des tannins hydrolysables.....	16
Figure 10: Production et exportation du thé dans le monde.....	23
Figure 11: Bactéries lactiques sous forme de bacilles arrondies.....	34
Figure 12: Stéréo-isomères L (+) et D (-) de l'acide lactique.....	37
Figure 13: Représentation schématique des possibles effets bénéfiques des EPS au niveau de l'organisme humain.....	37
Figure 14: Organigramme représentant la préparation du Thé vert /Noir.....	40
Figure 15: Schéma récapitulatif de protocole expérimental de fabrication d'un breuvage a base des bactéries lactiques isolées du déchet de thé.....	42
Figure 16: Processus de fabrication du lait fermenté.....	60
Figure 17: Teneur en matière sèche du thé noir et vert.....	61
Figure 18: Teneur en matière minérale du thé noir et vert.....	62
Figure 19: Teneurs en polyphénols de Thé vert et thé noir.....	63
Figure 20: Teneurs en flavonoïdes de Thé vert et thé noir.....	64
Figure 21: Teneurs en tanins condensées de Thé vert et noir.....	65
Figure 22: Teneurs en sucre totaux du Thé vert et noir.....	66
Figure 23: Teneurs en protéine de Thé vert et thé noir.....	67
Figure 24: Teneurs en matière grasse du Thé vert et noir.....	68
Figure 25: Pourcentage d'inhibition de DPPH des extraits du thé vert et noir.....	69
Figure 26: IC50 du test de FRAP des extraits du thé vert et noir.....	70
Figure 27: Peroxydation des lipides des extraits du thé vert et noir.....	71
Figure 28: Teneurs polyphénols totaux de thé vert et noir infusé à chaud et à froid.....	72
Figure 29: Teneurs en flavonoïdes totaux de vert et thé noir infusés à chaud et à froid.....	73
Figure 30: Teneurs en tanins condensées de thé vert et noir infusés à froid et à chaud.....	74

Figure 31: Teneurs en protéine de Thé vert et thé noir infuses à chaud et à froid.....	75
Figure 32: IC50 de piégeage de DPPH de l'infusion du thé vert et noir à différentes températures.....	77
Figure 33: IC50 de FRAP des infusions du thé vert et noir à différentes températures...	79
Figure 34: Valeurs oxydation des lipids de l'infusion du thé vert et noir à différentes températures.....	80
Figure 35: Teste à différents Température	83
Figure 36: Test à différentes concentrations de NaCl.....	84
Figure 37: Différence test de tolérance au PH.....	85
Figure 38: Test au phenol à différente concentration.....	86
Figure 39: Résultat du test de mannitol.....	86
Figure 40: Caractère homo et hétéro fermentaire des souches	87
Figure 41: Identification des souches par API50.....	89
Figure 42: Qualité de la texture du lait fermenté.....	89
Figure 43: Qualité du gout du lait fermenté.....	90
Figure 44: Qualité de l'odeur du lait fermenté.....	90
Figure 45: Qualité de la couleur du lait fermenté.....	91

Liste des abréviations

°C : degré Celsius.

% : Pourcentage.

g : Gramme.

mg : Milligramme.

µg : Microgramme.

µgEAG/gMS : Microgramme d'équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche .

µgEQ/gMS : Microgramme d'équivalent de Quercétine par gramme de matière sèche .

EC: Microgramme d'équivalent de Catéchine par gramme de matière sèche .

ES: Equivalent Sucrose.

%IC: Pourcentage d'inhibition.

MM: Matière minérale.

MS: Matière sèche.

BL: Bactérie lactique

FRAP: Ferric Reducing Antioxydant power

DPPH :2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

TBARS: Thiobarbituric Acid Reactive Substances

DO: densité optique

FeCl₃: Trichlorure de fer

AlCl₃: le chlorure d'aluminium

NH₄OH: Ammoniac

PBS: phosphate-buffed saline

IC₅₀ : Concentration inhibitrice à 50 %

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Liste des tableaux	
Liste des Figures	
Liste des abréviations	

Introduction générale.....	01
-----------------------------------	-----------

Partie I : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Camellia sinensis et composés phénoliques

I	Présentation de Camellia sinensis.....	04
I.1	Historique.....	04
I.2	Définition.....	04
I.3	Étude botanique.....	05
I.3.1	Origine du terme "thé".....	05
I.3.2	Classification et Description.....	05
I.3.3	Nomenclature et taxonomie.....	06
I.3.4	Classifications systématiques.....	06
I.4	Répartition géographique.....	07
I.5	Types de thé.....	07
II	Composition chimique du thé.....	08
II.1	Polyphénols.....	08
II.1.1	Origine des polyphénols.....	08
II.1.2	Classification des polyphénols.....	09
II.2	Rôle et intérêts des polyphénols dans l'industrie agroalimentaire.....	17
II.3	Polysaccharides.....	17
II.4	Protéines et acides aminés.....	17
II.5	Lipides.....	18
II.6	Caroténoïdes.....	18
II.7	Alcaloïdes.....	18
II.8	Glucides.....	18
II.9	Minéraux.....	18
III	Production, exportation et importation du thé.....	19
III.1	Production de thé.....	19
III.2	Exportation du thé.....	22
III.3	Importation du thé.....	23

Chapitre II : Fermentation

I	Fermentation.....	26
I.1	Fermentation lactique.....	27
I.1.1	Définition de la fermentation lactique.....	27
I.1.2	Origines de la fermentation lactique.....	27

I.2	Fermentation lactique des végétaux.....	27
I.2.1	Fermentation lactique à travers le temps et l'espace.....	28
I.2.2	Quelques produits végétaux fermentés à travers le monde.....	28.
I.2.3	Jus de légumes lacto-fermentés.....	31.
I.2.4	Jus de carotte.....	32.
I.3	Lait fermenté.....	32.
I.3.1	Fermentation lactique.....	33.
I.3.2	Biochimie de la fermentation lactique.....	33.
I.4	Bactéries lactiques.....	33.
I.4.1	Principales caractéristiques.....	34.
I.4.2	Taxonomie.....	35.
I.4.3	Molécules d'intérêt.....	36.

Partie II : partie expérimentale

I	Méthodologies expérimentales.....	39.
I.1	Objectifs de l'étude.....	39.
II	Lieu d'expérimentation.....	39.
II.1	Matériel végétal.....	39.
II.2	Méthodologie.....	42.
II.2.1	Détermination de la teneur en matière sèche de <i>Camellia sinensis</i>	42
II.2.2	Détermination de la teneur en matière minérale et la teneur en matière organique de <i>Camellia sinensis</i>	43.
II.2.3	Détermination de la teneur en matière organique.....	44.
II.2.4	Extraction des composés phénoliques.....	44.
II.2.5	Dosage des polyphénols totaux.....	44.
II.2.6	Dosage du flavonoïde.....	45.
II.2.7	Dosage des Tannins par la méthode à la vanilline avec l'HCl	46.
II.2.8	Dosage du sucre Dosage des sucres totaux par la méthode au phénol	46.
II.2.9	Détermination la teneur en protéine dans <i>Camellia sinensis</i>	47.
II.2.10	Détermination le taux des lipides totaux dans <i>Camellia sinensis</i>	48.
II.3	Évaluation l'activité antioxydante de l'extrait de <i>Camellia sinensis</i>	49.
II.3.1	Test de FRAP.....	50.
II.3.2	Détermination de l'indice TBARS.....	51.
II.3.3	Test de piégeage du radical DPPH.....	52.
II.4	Analyse microbiologique.....	53.
II.4.1	Préparation de l'échantillon.....	53.
II.4.2	La croissance de la bactérie durant la fermentation.....	54.

II.4.3	Isolement et culture de la flore lactique.....	55
II.4.4	Identification des souches isolées.....	55
II.4.5	Identification morphologique.....	55.
II.4.6	Identification biochimique et physiologique.....	56..
II.5	Fabrication de breuvage (L'application de la bactérie lactique isolée)....	58..
II.5.1	Préparation du substrat.....	58.
II.5.2	Préparation des souches	58
II.5.3	Fermentation	59
II.5.4	Analyse organoleptique	59
III	Résultats et discussions.....	60.
III.1	Thé brut séché.....	61
III.1.1	Teneur en matière sèche et en eau.....	61
III.1.2	Teneur en matière minérale et organique.....	62
III.1.3	Teneur en composés phénoliques.....	62
III.1.4	Teneur en flavonoides	63.
III.1.5	Teneur en Tanins condensés	64
III.1.6	Teneur en sucres totaux.....	65
III.1.7	Teneur en protéines.....	66
III.1.8	Teneur en matière grasse.....	68
III.1.9	Activité antioxydante.....	69
III.2	Infusions du thé.....	72
III.2.1	Teneur en composés phénoliques.....	72.
III.2.2	Teneur en flavoniodes	73
III.2.3	Teneur en Tanins	74.
III.2.4	Teneur en protéines.....	75
III.2.5	Capacité antioxydante.....	77
III.3	Analyses microbiologiques.....	82
III.3.1	Test de croissance à différentes Températures.....	83
III.3.2	Tolérance au chlorure de sodium (NaCl).....	84
III.3.3	Test de tolérance au pH.....	85
III.3.4	Test de tolérance au Phénol.....	85
III.3.5	Test de mannitol.....	86
III.3.6	Caractère Homo-Hétéro fermentaire.....	87
III.3.7	L'identification des souches par API 50 CH.....	88
III.4	Analyses organoleptiques.....	89
	Conclusion générale.....	93
	Références bibliographiques.....	
	Annexes	

Introduction

Générale

Introduction générale

Le thé, seconde boisson la plus consommée au monde après l'eau, est reconnu pour ses effets bénéfiques sur la santé humaine, notamment dans la prévention de diverses maladies (**Paiva et al.**, 2020 ; **Albadani et Ibrahim**, 2014). Les effets positifs du thé vert sur la santé sont en grande partie attribués à sa teneur élevée en polyphénols, des antioxydants puissants qui neutralisent les espèces réactives produites pendant le stress oxydatif (**Zbadi et al.**, 2018).

La production mondiale de thé, majoritairement localisée en Asie et en Afrique, engendre une quantité considérable de déchets. Cependant, ces déchets peuvent être considérés non pas comme un problème, mais comme une opportunité. En effet, ils peuvent être utilisés comme matière première pour récupérer des bactéries lactiques, utiles dans diverses applications, notamment la production de boissons fermentées (**FAOSTAT**, 2019).

Les déchets de thé comprennent principalement les résidus de thé, les feuilles non utilisées et autres sous-produits de la production et de la transformation du thé. Ces déchets sont souvent riches en composés bioactifs tels que les polyphénols. Lorsqu'ils ne sont pas correctement traités, les déchets de thé peuvent avoir des impacts environnementaux négatifs. Ils peuvent contribuer à l'encombrement des sites d'enfouissement et, lorsqu'ils se décomposent, ils peuvent libérer des gaz à effet de serre.

La gestion des déchets de thé représente un défi majeur. Bien que certaines méthodes de gestion des déchets de thé existent, comme le compostage ou l'utilisation comme paillis dans l'agriculture, ces méthodes ne sont pas toujours efficaces ou pratiques à grande échelle.

Une approche prometteuse pour la gestion des déchets de thé est leur valorisation. Cette approche cherche à transformer les déchets en produits utiles. Dans le cadre de notre recherche, nous nous sommes concentrés sur la valorisation des déchets de thé par l'extraction et l'utilisation des bactéries lactiques pour produire des boissons fermentées.

Les bactéries lactiques (BL) sont un groupe de bactéries Gram positifs qui se caractérisent par leur capacité à produire de l'acide lactique comme principal produit de leur métabolisme du glucose. Ce groupe comprend une grande diversité d'espèces et de genres, dont certains des plus connus sont les *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Lactococcus* et *Pediococcus*. Les BL sont généralement non pathogènes et non toxiques, et sont largement utilisés dans l'industrie alimentaire. Elles jouent un rôle crucial dans la fermentation des aliments, contribuant à l'amélioration de la durée de conservation, de la saveur, de l'arôme et de la texture des aliments.

Introduction générale

Parmi les produits alimentaires couramment produits à l'aide de BL, on trouve le yaourt, le fromage, le pain, le vin, les saucisses fermentées et les légumes fermentés.

En plus de leur rôle dans la production alimentaire, les BL sont également reconnus pour leurs bénéfices pour la santé. Certaines souches sont considérées comme des probiotiques, c'est-à-dire des micro-organismes qui, lorsqu'ils sont ingérés en quantité suffisante, confèrent des bénéfices pour la santé à l'hôte. Ces bénéfices peuvent inclure l'amélioration de la santé intestinale, le renforcement du système immunitaire, et même des effets bénéfiques sur les troubles métaboliques comme le diabète et l'obésité (**Bernardeau et al.**, 2006 ; **Markowiak et Slizewska**, 2017).

Dans notre projet, nous explorons une approche de valorisation des déchets de thé, en les utilisant pour produire des boissons fermentées à base de fruits, de légumes et de lait. Ce processus offre une double opportunité : il permet de réduire le gaspillage en transformant les déchets en produits utiles et il contribue à la promotion d'une économie circulaire durable. En outre, la fermentation lactique est reconnue pour sa capacité à préserver et à améliorer les propriétés sanitaires, organoleptiques et nutritionnelles des fruits et des légumes. Elle offre une solution potentiellement efficace pour lutter contre certains troubles métaboliques, tels que le diabète et l'obésité, qui affectent de manière significative la population algérienne. En effet, les fruits et les légumes, grâce à leur composition diversifiée en nutriments essentiels et en antioxydants, sont fortement recommandés pour combattre ces maladies métaboliques.

L'objectif principal de ce mémoire est de proposer aux consommateurs des produits fermentés innovants et savoureux, tout en améliorant leur valeur nutritionnelle. En particulier, nous visons à créer des boissons fermentées qui pourraient contribuer à la réduction de l'incidence du diabète et de l'obésité.

Pour ce faire, nous avons sélectionné des souches de bactéries lactiques isolées à partir de déchets de thé et avons étudié leur capacité à fermenter des préparations à base de thé vert, de lait et de jus de carotte. L'objectif final est de produire une boisson qui serait non seulement bénéfique pour la santé, mais qui serait également agréable au goût pour les consommateurs.

**Chapitre I : *Camellia sinensis* et
les composés phénoliques.**

I Présentation de *Camellia sinensis*

1.1 Historique

Selon une légende chinoise, vers 2737 av. J.-C., des feuilles tombèrent d'un arbre où l'empereur Shennong se reposait et se mélangèrent à l'eau bouillante qu'il utilisait pour étancher sa soif (Ogle, 2009). À partir de la dynastie Tang (618 - 907), les gens commencèrent à consommer du thé, d'abord sous forme de briques compressées, torréfiées puis broyées en poudre, qui étaient ensuite mélangées à de l'eau bouillante, parfois avec du sel ou des épices. Pendant la dynastie Song (960 - 1279), le thé battu était ajouté sous forme de poudre à l'eau bouillante et consommé. C'est sous la dynastie Ming (1368 - 1644) que le thé commença à être bu sous sa forme actuelle, avec des feuilles de thé infusées. Dès le Xe siècle, la Chine commença à exporter des produits à base de thé vers les pays voisins, puis vers l'Europe. En 1606, la Compagnie des Indes orientales introduisit pour la première fois du thé aux Pays-Bas. La France et l'Angleterre découvrirent à leur tour le thé en 1653 (Chang *et al.*, 2020).

Le thé devint alors une boisson universelle par excellence, adoptant différentes traditions culturelles à travers le monde. En Inde, par exemple, le thé est préparé avec diverses épices et cuit dans du lait. En Algérie, plus précisément au Sahara, la consommation de thé diffère selon les coutumes des Touaregs, où il est mélangé à de la menthe et versé dans des verres de haut en bas pour le refroidir et créer un effet moussant. Au Tibet, le thé revêt une grande valeur spirituelle ; additionnée de sel et de beurre, cette boisson salée servie dans des bols en bois représente un symbole d'hospitalité pour les Tibétains (Chartier, 2016).

Le thé est l'une des boissons les plus consommées au monde, juste après l'eau. Rafraîchissant et stimulant, il présente également de nombreuses vertus pour la santé, suscitant un intérêt croissant parmi les chercheurs pour ses potentiels thérapeutiques (Yan *et al.*, 2018). Cette plante est cultivée dans plus de 30 pays et constitue l'une des sources alimentaires les plus riches en polyphénols, dont les flavan-3-ols représentent 90% de ces composés dans le produit (Morand, 2013).

1.2 Définition

Le thé occupe la deuxième place parmi les boissons les plus consommées après l'eau (Paiva *et al.*, 2020). Le terme "thé" est exclusivement utilisé pour désigner les boissons non alcoolisées à base de caféine obtenues par infusion du thé chinois. Par conséquent, les boissons chaudes préparées à partir d'autres plantes sont simplement appelées "thé à bulles" (Shang *et al.*, 2021).

Cependant, le thé est généralement préparé en utilisant la méthode d'infusion. On estime que le *Camellia sinensis*, est une variété de thé qui présente une activité antioxydante plus élevée que les autres types de thé (**Henning et al.**, 2003).

Le thé est une boisson produite à partir des feuilles séchées de l'arbuste *Camellia sinensis* (L.) Kuntze, appartenant à la famille des Theaceae (**Mabberley**, 2017). Les feuilles peuvent subir différentes étapes de transformation, telles que le flétrissage, le roulage, l'oxydation et le séchage, afin de produire différentes variétés de thé (**Vertueux et al.**, 2020).

Les fleurs et les feuilles du *Camellia sinensis* sont riches en composés bioactifs tels que les composés phénoliques (acides phénoliques, flavonoïdes et tanins), les alcaloïdes (méthylxanthine) et les nutriments (glucides, protéines et minéraux) (**Sharma et al.**, 2021). Ces composés confèrent au thé des propriétés antioxydantes et bénéfiques pour la santé (**Narotzki et al.**, 2012).

1.3 Étude botanique

1.3.1 Origine du terme "thé"

Selon le dictionnaire historique de la langue française (**Le dictionnaire Robert**, 1996), plusieurs langues ont emprunté leur nom pour le thé au terme chinois classique "cha", tel que le portugais "chá" et le russe "чай" (tchaï). D'une manière différente, le français, l'allemand et le néerlandais ont emprunté le mot "thé" au malais "teh" ou "tey". Ce dictionnaire confirme également que par métonymie, le terme "thé" est utilisé pour désigner la plante, ses feuilles ainsi que la boisson elle-même. Au XVIIe siècle, l'expression "thé" acquiert un sens plus général pour désigner une boisson chaude, une infusion qui présente souvent des caractéristiques médicinales (**Trepardoux et al.**, 1999).

1.3.2 Classification et Description

Le Théier (Figure 01), ou *Camellia sinensis* L., est un arbuste faisant partie de la division des Angiospermes, de la classe des Dicotylédones et de la famille des Théacées (**Zhang et al.**, 2019).



Figure 1: *Camellia sinensis* (Kriepps, 2009).

Le nom "*Sinensis*" signifie "de Chine", le pays où le thé a été découvert. À l'état naturel, le Théier est un arbuste très ramifié, mesurant de 5 à 10 mètres de hauteur. Ses petites feuilles rigides et vert foncé sont minces et longues, produisant des liquides parfumés. Seules les feuilles et les bourgeons sont récoltés pour la production du thé, et plus il y a de bourgeons, meilleure est la qualité du thé. Les fleurs du Théier sont blanches ou jaunes, odorantes, et leur taille varie, pouvant atteindre jusqu'à trois centimètres. Elles sont dialypétales (pétales indépendants), pentamères, actinomorphes et bisexuées. Les pétales sont blancs, adhérent à la base, et forment une corolle spiralée (Zhang *et al.*, 2019).

1.3.3 Nomenclature et taxonomie

Selon Georg Joseph Kamel (1661-1706), un célèbre botaniste tchèque et jésuite, le nom "*sinensis*" en latin moyen signifie chinois, et "*Camellia*" dérive de "Kamel", en référence à ce botaniste révérend. C'est Carl Linnaeus qui a attribué le nom de cette plante à Kamel, en reconnaissance de sa contribution à la science. Dans le passé, la plante a également été désignée par d'autres noms tels que "Théa bohea", "Théa *sinensis*" (pour le thé noir) et "Théa *viridis*" (soupçonné d'être à l'origine du thé vert) (Wachira, 2001).

1.3.4 Classifications systématiques

Selon la classification établie par Cronquist en 1981 (Mahmood *et al.*, 2012), la classification systématique du Théier est :

Règne : Plantae

Embranchement : Spermatophytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones ou Magnoliopsidae

Ordre : Théales

Famille : *Theaceae*

Genre : *Camellia*

Espèce : *Camellia sinensis*.

1.4 Répartition géographique

Initialement originaire d'Asie du Sud (Chine, Japon et Corée), *Camellia sinensis* est désormais largement cultivé à travers l'Asie, l'Afrique, différentes régions du Moyen-Orient (**Mahmood et al.**, 2010), ainsi qu'en Europe et en Amérique du Nord (**Kursad et al.**, 2009).

1.5 Types de thé

Dès que les nouvelles feuilles cueillies atteignent l'usine de transformation, le processus de traitement peut commencer. Cette étape consiste à convertir les feuilles de thé en feuilles séchées, afin d'obtenir le thé à infuser (**Dieusait**, 2018).

Tous les types de thé, qu'il s'agisse de thé vert, de thé oolong ou de thé noir (figure 2), proviennent d'une seule espèce, le *Camellia sinensis*. La principale différence entre ces différents thés réside dans leur méthode de préparation, qui a une incidence sur le contenu qualitatif et quantitatif des polyphénols. En fonction du processus de fabrication, les thés sont classés en trois types : non fermenté (thé vert), partiellement fermenté (thé oolong) ou fermenté (thé noir) (**Morin**, 2015).



Figure 2: différents types de thé (**Morin**,2015)

Il existe de nombreuses variétés de thé, qu'il s'agisse de thé blanc, de thé vert ou de thé noir. Cependant, toutes ces variations proviennent d'une seule et même plante : le *Camellia sinensis*.

Ce sont les transformations effectuées sur les feuilles après la récolte qui permettent d'obtenir différentes sortes de thé (**Yan et al.**, 2020).

Chaque famille de thé est le résultat d'une méthode de transformation spécifique, que nous détaillerons pour chaque pays. Par exemple, pour obtenir du thé vert, les feuilles doivent être soumises à une dessiccation, un processus qui consiste à les chauffer pour prévenir l'oxydation ; cette méthode est également utilisée pour arrêter l'oxydation des thés oolong. En revanche, dans le cas des thés noirs, l'oxydation est encouragée en exposant les feuilles à une forte humidité (80-90%) et à une température ambiante de 22 à 23 °C. Il existe essentiellement six catégories ou familles de thé : les thés blancs, les thés verts, les thés jaunes, les thés oolong, les thés noirs et les Pu Er.

2 Composition chimique du thé

2.1 Polyphénols

Les polyphénols, également appelés composés phénoliques, sont des métabolites secondaires présents spécifiquement dans le règne végétal. Ils font partie du métabolisme secondaire des plantes et jouent un rôle essentiel dans les interactions entre la plante et son environnement, contribuant ainsi à sa survie dans son écosystème. Le terme "composés phénoliques" est utilisé pour désigner toute substance chimique qui possède une structure contenant un noyau aromatique avec un ou plusieurs groupes hydroxyles. Un grand nombre de ces composés sont formés de deux noyaux benzéniques A et B reliés par un hétérocycle de type pyrane (**Sharif Swallah et al.**, 2020)

2.1.1 Origine des polyphénols

Les polyphénols se trouvent naturellement dans notre alimentation sous diverses formes (voir Figure 03). On les retrouve en plus grandes quantités dans les fruits, les légumes, les céréales, les graines oléagineuses et les légumineuses, ainsi que dans des boissons telles que le thé, le café et le vin (**Kumar singh et al.**, 2019).



Figure 3: Les grandes familles des polyphénols et leurs principales sources alimentaires (Curtay, 2015)

2.1.2 Classification des polyphénols

Les polyphénols sont classés en fonction de leur structure chimique, de la présence de cycles de sucre, de leur composition et de leurs voies de synthèse (Prabhu *et al.*, 2021). Cette classification est illustrée dans la Figure 04.

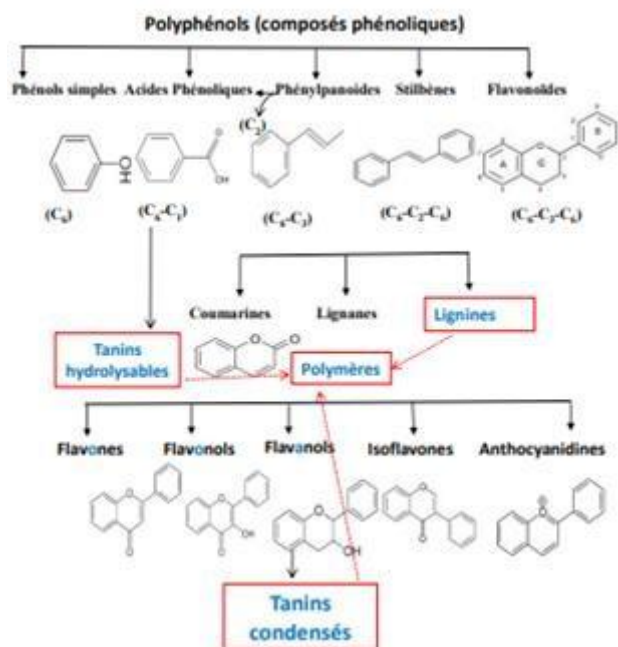


Figure 4: Classification des composés phénoliques (Chehrie-Hacide, 2021)

Composé phénolique simple

a) Acides phénoliques

Les acides phénoliques sont des métabolites aromatiques secondaires présents dans tout le règne végétal. Récemment, les acides phénoliques ont suscité un intérêt croissant en raison de leur capacité à protéger contre les dommages oxydatifs causés par la consommation de fruits et de légumes (tels que les maladies coronariennes, les accidents vasculaires cérébraux et les cancers). Ils peuvent être bénéfiques pour la santé en agissant comme des antioxydants, prévenant ainsi les dommages cellulaires provoqués par les processus d'oxydation des radicaux libres. Parmi les exemples d'acides phénoliques, on retrouve l'acide vanillique et l'acide caféïque (figure 5) (Prabhu *et al.*, 2021).

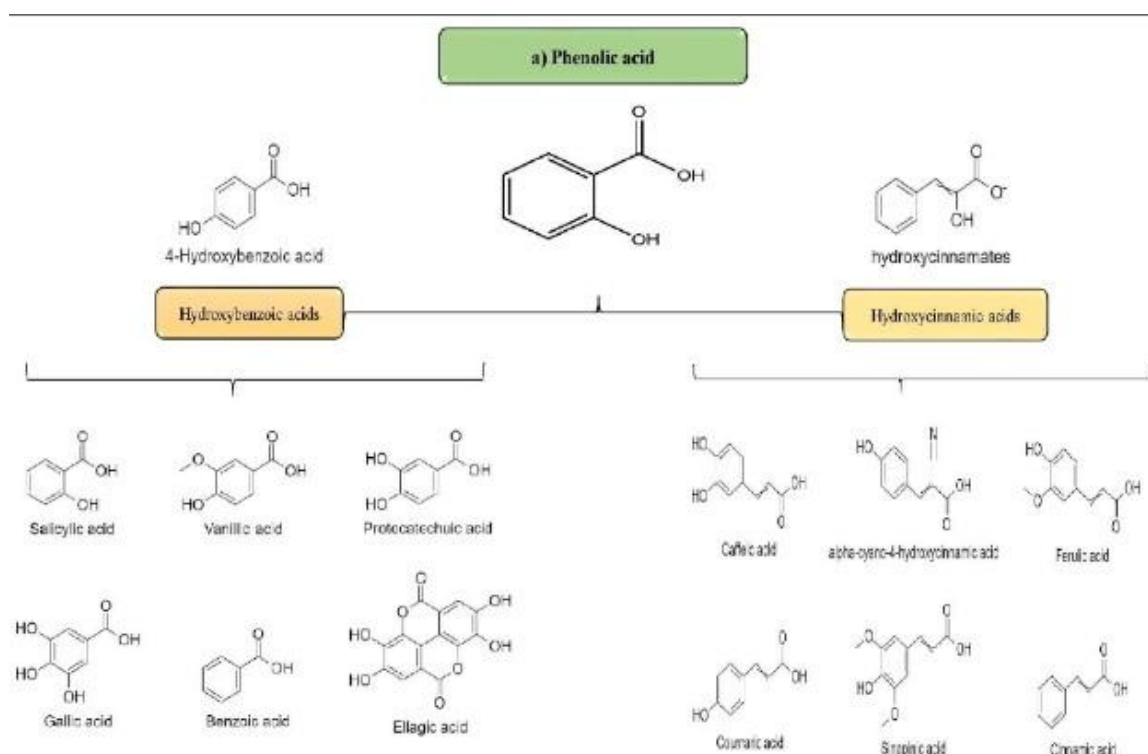


Figure 5: Types d'acides phénoliques (Prabhu *et al.*, 2021)

Les acides phénoliques simples sont des composés dérivés de l'acide cinnamique. Ils ont subi une perte partielle ou totale des chaînes latérales caractéristiques, telles que les acides hydroxybenzoïques avec une structure commune de type (C6-C1), et les acides hydroxycinnamiques qui présentent une chaîne latérale de 3 carbones (C6-C3) (Prabhu *et al.*, 2021).

b) Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont un groupe majeur de métabolites des végétaux, composés de polyphénols ; leur structure est caractérisée par la présence de 15 atomes de carbone et de deux cycles aromatiques reliés par une chaîne de trois atomes de carbone (**Harborne, 2013**).

Les flavonoïdes peuvent être classés en différentes catégories selon le cycle C auquel le cycle B est attaché, sa configuration et l'oxydation du cycle C. Parmi les principales classes de flavonoïdes, on retrouve les flavones (chrysin, apigénine, baicaléine), les flavonols (quercétine, kaempférol), les isoflavones (daidzéine, glycitéine), les flavan-3-ols (gallocatechine, catéchine, épicatechine), les flavones (hespérétine, naringénine) et les anthocyanidines (delphinidine, péonidine, cyanidine, pélargonidine) (**Rasouli et al., 2017; Singla et al., 2019**), comme illustré dans la Figure 6. On les trouve principalement dans des aliments tels que les baies, les oignons, le thé, les raisins, les pommes, les baies et la coca, et ils présentent de nombreux attributs bénéfiques pour la santé, tels que des propriétés de signalisation cellulaire, anti-thrombogènes et neuroprotectrices (**Ballard et Junior, 2019**).

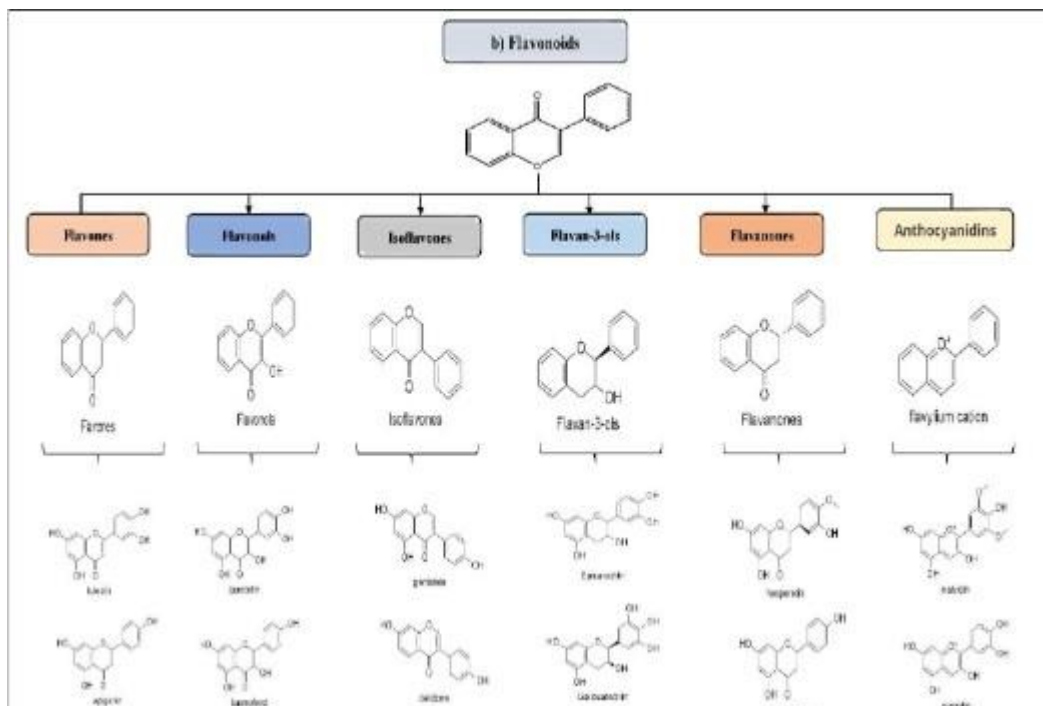


Figure 6: Types de flavonoïdes (**Prabhu et al., 2021**).

Tableau 1: Teneurs des principaux composants des flavonols de la fleur de *Camélia sinensis* en (Zaiter, 2017)

Principaux composants des flavonols	Teneurs dans les feuilles de <i>Camellia sinensis</i> en mg/g
Chakaflavonoïde A	0.53
Chakaflavonoïde B	Inconnue
Kaempférol	0.024-0.30
Kaempférol 3- O-β-D-glucopyranoside	0.030-3.46
Kaempférol 3- O- (2"- O-p-trans-coumaroyl)-β-D-glucopyranoside	0.0073
Kaempférol 3- O-[α-L-rhamnopyranosyl-(1→6) -α-D-glucopyranoside	0.014-2.61
Kaempférol 3- O-[α-L-rhamnopyranosyl-(1→6) -β-D-galactopyranoside	0.017-0.02
Kaempférol 3- O-β-D-galactopyranoside	0.037-2.03
Kaempférol 3- O-β-D-glucopyranoside-(1→3) -[α-L-rhamnopyranosyl-((1→6) -β-D-galactopyranoside	0.028-3.17
Kaempférol 3- O-β-D-glucopyranoside-(1→3) -[α-L-rhamnopyranosyl-((1→6)-β-D-glucopyranoside	0.18-8.33
Kaempférol 3,7,4'-O-triglucoside	Inconnue
Kaempférol 3- O-D-galactoside-7- O- rhamnoside	Inconnue
Myricétine 3-O- β-D-galactopyranoside	0.012
Quercétine	0.05-0.24
Quercétine 3-O-rhamnosyl-glucoside	Inconnue
Quercétine 3-O-β-D-galactopyranoside	0.05-1.06
Quercétine 3-O-β-D-glucopyranoside	0.05-0.63
Rutine	0.05-1.35

c) Flavonols

Les flavonols font partie de la famille des flavonoïdes et se caractérisent par la présence d'une double liaison entre les atomes de carbone C2 et C3, ainsi qu'un groupe carbonyle sur le carbone C4. Parmi les flavonols les plus courants, on retrouve la quercétine, le kaempférol et la myricétine. Ces composés flavonoïdes sont largement présents dans de nombreux fruits et légumes tels que le chou frisé, l'oignon, la laitue et les tomates (**Sandu et al.**, 2017).

De nouvelles études cliniques ont fourni des preuves supplémentaires démontrant que les flavonols ont un potentiel dans le prétraitement et la prévention des maladies cardiovasculaires, la régénération cellulaire, la prévention de la formation de caillots sanguins et des affections telles que les maladies des gencives et autres problèmes cardiaques (**Singla et al.**, 2019 ; **Behl et al.**, 2020).

d) Isoflavones

Ce sont des composés non stéroïdiens dérivés de plantes appartenant à la famille des phytoestrogènes (**Nikolić et al.**, 2017). Ils sont principalement présents dans les Fabacées et possèdent une structure similaire à celle des flavonols, avec une double liaison entre les atomes de carbone C2 et C3 et un groupe carbonyle sur le carbone C4. Parmi les flavonols courants, on trouve la quercétine, le kaempférol et la myricétine, qui sont présents dans de nombreux fruits et légumes tels que le chou frisé, l'oignon, la laitue et les tomates (**Sandu et al.**, 2017). Des recherches suggèrent que les isoflavones peuvent être utilisées pour traiter les symptômes liés à la ménopause et qu'elles possèdent des propriétés chimioprotectrices (**Rasouli et al.**, 2017).

- **Flavanones**

Les flavanones sont présentes dans les agrumes, certaines plantes aromatiques et les tomates, constituant une petite partie des flavonoïdes. Outre leurs propriétés aromatisants, elles sont considérées comme importantes pour la santé humaine. Les principales flavanones comprennent l'ériodyctiol des citrons, l'hespéridine des oranges et la naringénine du pamplemousse (**Calderón-Oliver et Alquicira**, 2018). Les flavanones subissent également divers processus chimiques tels que l'O-méthylation, la glycosylation et l'hydroxylation (**Singla et al.**, 2019).

- **Anthocyanidines**

Les anthocyanidines sont des pigments responsables principalement de la couleur (rouge, rose, violet) des fruits et légumes (Wrolstad, 2004). La présence d'anthocyanidines dans l'épiderme des fruits, des légumes et des fleurs est responsable de leurs différentes couleurs. Divers fruits et légumes, tels que le radis, la betterave, les baies, les fraises et les cerises, sont une source adéquate d'anthocyanidines (Welch *et al.*, 2008). Les baies d'Aronia sont particulièrement renommées pour leurs propriétés antioxydantes accrues (Krga et Milenkovic, 2019).

- **Flavones**

Les flavones sont couramment présentes dans les céréales, le céleri, le persil et le brocoli. On les trouve également en grande quantité dans la couche externe des agrumes. Des études ont enregistré un effet inverse des flavones sur la CAD (Cutrim et Cortez, 2018).

- **Autres polyphénols**

Il existe d'autres polyphénols tels que les stilbènes (resvératrol, picéatannol), les lignanes (sésamol, pinorésinol, sinol, entérodiol) et les tanins (tanins hydrolysables, non hydrolysables et condensés), ainsi que les lignines, qui possèdent une gamme étendue d'effets thérapeutiques et d'applications industrielles selon leur nature d'action (Kumar *et al.*, 2014 ; Rasouli *et al.*, 2017 ; Singla *et al.*, 2019). La Figure 7 présente un aperçu de certains autres polyphénols présents dans la nature.

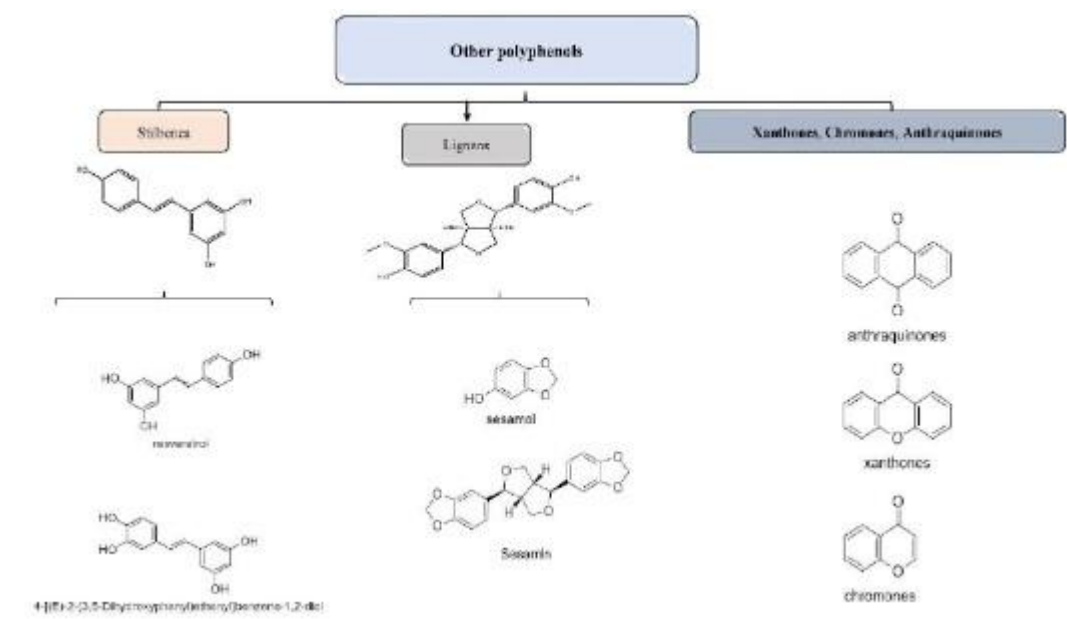


Figure 7: autres types de polyphénols (Prabhu *et al.*, 2021)

a. Stilbènes

Les stilbènes (C₁₄H₁₂) sont une catégorie de métabolites dérivés des phénols qui suscitent un grand intérêt dans la recherche en raison de leur activité biologique et de leurs bienfaits potentiels pour la santé humaine (**Shen et al.**, 2009).

Les stilbènes sont des composés organiques présentant une structure compacte avec une fraction centrale d'éthylène et un groupe phényl ; le groupe phényl est situé aux extrémités des doubles liaisons carbonées (**Chou et al.**, 2018).

b. Lignanes

Les lignanes sont présentes dans de nombreux aliments d'origine végétale tels que les fruits, les céréales complètes, les graines, les légumes, le vin rouge, les noix et le café. Ces molécules de lignanes sont connues pour leurs effets anti-inflammatoires et antioxydants. Elles offrent une protection contre le cancer en bloquant les enzymes qui sont impliquées dans la croissance et la propagation des cellules tumorales, ainsi que dans le métabolisme hormonal. Les graines de lin contiennent également d'autres composants dotés de propriétés antioxydantes, contribuant ainsi à la prévention des maladies cardiovasculaires. (**Prabhu et al.**, 2021)

Composé phénolique complexe

❖ Tannins

Les tannins sont un groupe de substances phénoliques polymériques hydrosolubles ayant un poids moléculaire relativement élevé. On les trouve à des concentrations variables dans différentes parties de la plante, telles que l'écorce, le bois, les feuilles, les fruits et les racines (**Vandi et al.**, 2016). Les tannins sont présents dans de nombreux aliments consommés par les humains, tels que les pommes, le vin rouge et le chocolat, entre autres. Ils peuvent être classés en deux catégories : les tannins condensés et les tannins hydrolysables. (**Prabhu et al.**, 2021)

a. Tannins condensés

Les tannins condensés, également appelés proanthocyanidines, sont des polymères composés d'unités flavane-3-ol liées principalement par des liaisons C₄-C₆ ou C₄-C₈ (Figure 09) (**Panzella et Napolitano**, 2022). Ils ont une affinité élevée pour les protéines, avec lesquelles ils forment des complexes, jouant ainsi un rôle dans la protection contre les herbivores (**War et al.**, 2018).

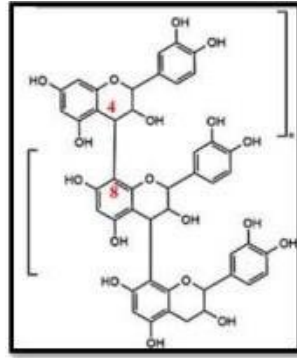


Figure 8: Structures des tannins condensés (Yan *et al.*, 2021).

b. Tannins hydrolysables

Les tannins hydrolysables, également connus sous le nom d'acides tanniques, sont des polymères formés par l'acide gallique ou son produit de condensation, l'acide ellagique, estérifié par un polyol, généralement le glucose. Cela donne respectivement les tannins galliques (a) et les tannins éllagiques (b) (Figure 09). Ces tannins ont un poids moléculaire plus bas et ont moins tendance à précipiter les protéines que les tannins condensés. De plus, ces molécules sont facilement hydrolysables par des enzymes ou des réactions chimiques (Macheix *et al.*, 2005).

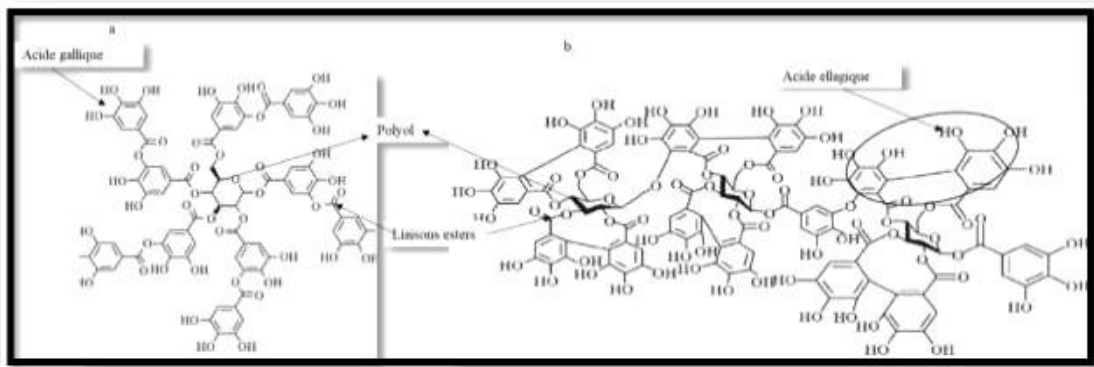


Figure 9: Tannins hydrolysables : tannins galliques (a) et tannins éllagiques (b) (Hussein *et al.*, 2020 modifiée)

❖ Lignines

Les lignines sont des composés de poids moléculaire élevé qui contribuent à la formation de la paroi cellulaire des plantes en association avec la cellulose et les dérivés hémicellulosiques. Ce sont des polymères tridimensionnels résultant de la condensation de trois alcools phénylpropéniques: l'alcool p-coumarique, l'alcool coniférique et l'alcool sinapique (Nkhili,

2009). La polymérisation de ces trois alcools conduit à la formation de la lignine, dont la composition varie d'une espèce à une autre. Bien que la structure précise de la lignine ne soit pas encore entièrement connue, il est certain qu'elle est extrêmement complexe (Ghnimi, 2015).

2.2 Rôle et intérêts des polyphénols dans l'industrie agroalimentaire

La prise de conscience des effets néfastes des colorants synthétiques sur la santé humaine a encouragé la recherche de pigments naturels. En plus de leur potentiel antioxydant, les composés phénoliques sont utilisés dans l'industrie agroalimentaire comme colorants naturels, offrant ainsi des teintes de rouge, jaune, orange et vert (Dearaujo *et al.*, 2020). Grâce à leurs propriétés aromatisants et à leurs goûts variés (amertume, astringence ou douceur), les polyphénols ont un impact majeur sur les caractéristiques organoleptiques des produits alimentaires (Bourgou *et al.*, 2016). Les polyphénols représentent une source potentielle d'innovation dans le domaine de la technologie agroalimentaire. Ils sont utilisés comme antioxydants naturels, remplaçant ainsi les antioxydants de synthèse pour prolonger la durée de conservation des aliments, tout en évitant les risques d'altération (Dearaujo *et al.*, 2020).

2.3 Polysaccharides

Les polysaccharides sont une classe de macromolécules structurellement diverses, reliées entre elles par des résidus monosaccharides via différentes liaisons glycosidiques. Les polysaccharides extraits du *Camélia sinensis* sont parmi les composés bioactifs les plus caractéristiques découverts récemment. Jusqu'à présent, la méthode d'extraction la plus couramment utilisée pour les polysaccharides est l'extraction par solvant ou l'extraction assistée par plusieurs solvants. La méthode d'extraction a un impact significatif sur le rendement en polysaccharides, la teneur en sucre, la composition en monosaccharides et les propriétés structurelles (Benaoun, 2018).

2.4 Protéines et acides aminés

Les acides aminés sont des précurseurs essentiels des composés aromatiques présents dans les feuilles de *Camélia sinensis* et jouent un rôle important dans la qualité aromatique des thés verts. La quantité totale d'acides aminés libres dans les fleurs de *Camélia sinensis* est de 8,09 mg/g, ce qui est nettement supérieur à celui des feuilles (0,12-0,70 %). Par ailleurs, la composition en acides aminés libres diffère entre les feuilles et les fleurs du théier. Les fleurs de *Camélia sinensis* contiennent douze acides aminés libres au total, dont l'alanine, l'asparagine,

l'acide aspartique, l'acide glutamique, la glycine, l'histidine, la méthionine, la sérine, la théanine, la thréonine, le tryptophane et la tyrosine. La théanine est l'acide aminé libre le plus abondant dans les fleurs (4,77 mg/g) (**Wang et al.**, 2017).

2.5 Lipides

Les feuilles de thé renferment entre 18 et 33% de triglycérides, avec la phosphatidylcholine constituant le composé principal (**Clement**, 2004).

2.6 Caroténoïdes

Les caroténoïdes tels que le carotène, la lutéine et la violaxanthine sont présents en quantités minimales dans le thé. En raison de leur caractère hydrophobe, ces caroténoïdes se retrouvent très peu dans l'infusion du thé (**Clement**, 2004).

2.7 Alcaloïdes

Les feuilles de thé contiennent des alcaloïdes, également connus sous le nom de méthylxanthines, tels que la caféine, la théobromine et la théophylline (**Mossion**, 2007). La caféine présente dans le thé représente environ 2,5 à 3% de la matière sèche des feuilles. À l'origine, les scientifiques l'ont appelée théine jusqu'à ce que des recherches en 1838 prouvent qu'il s'agissait effectivement de caféine. Cette substance agit principalement comme un stimulant sur le système nerveux central et cardiovasculaire (**Robert**, 2013).

2.8 Glucides

Les glucides solubles représentent environ 5% de la matière sèche du thé. Parmi ces glucides, on retrouve environ 1 à 2% d'oses, ainsi qu'une petite quantité de gomme et de pectine (**Clement**, 2004).

2.9 Minéraux

Les minéraux présents dans les feuilles de thé sont associés à différents métabolites, notamment :

- **Potassium** : Parmi les minéraux présents dans les ingrédients du thé vert ainsi que dans l'infusion de thé, le potassium est le plus cité, avec une concentration d'environ 20 milligrammes (mg)/g (ou 9000-34000 ppm) (**Klepcka et al.**, 2021).
- **Fluor** : On observe une abondance d'ions fluorure dans le *Camellia sinensis*, allant de 3 à 200 ppm (**Cai et al.**, 2016).

- **Aluminium** : Des concentrations d'ions aluminium allant de 20 à 11000 ppm ont été mesurées dans le *Camellia sinensis* (Shu *et al.*, 2003). Les chercheurs s'inquiètent de la neurotoxicité potentielle de cet ion et de son éventuelle implication dans le développement de la maladie d'Alzheimer. Cependant, des recherches ont démontré une faible concentration d'ion Al³⁺ dans l'infusion de thé, ainsi qu'une absorption intestinale de seulement 0,1% de la quantité quotidienne d'aluminium ingéré (Kawahara et Kato-Negishi, 2011). Cette faible présence d'ions libres est due à leur complication avec les polyphénols présents dans l'infusion.
- **Éléments minéraux à concentration mineure** : Outre ces trois principaux composés minéraux, d'autres minéraux ont été identifiés à des concentrations de l'ordre du milligramme par gramme (mg/g), tels que le calcium, le magnésium, le manganèse et le fer. D'autres minéraux sont présents à des concentrations de l'ordre du microgramme par gramme (µg/g), tels que le zinc, le cuivre et le nickel (Lall et Kaushik, 2021).
- **Vitamines** : Le thé contient plusieurs vitamines telles que la vitamine C, E, B1, B2, B3, B5 et B11. Les feuilles de thé vert contiennent de l'acide ascorbique, également connu sous le nom de vitamine C, avec une teneur allant de 2 à 2,5 g/kg dans les feuilles séchées. Les feuilles de thé oolong en contiennent également, mais en quantités moindres. Cependant, la vitamine E et certaines vitamines du groupe B sont présentes en quantités plus faibles dans ces types de thé (Zhou *et al.*, 2017)

3 Production, exportation et importation du thé

Cependant, la production, l'exportation et la consommation de thé varient considérablement d'un pays à l'autre, ce qui crée une disparité importante. De plus, le marché du thé présente des caractéristiques spécifiques.

3.1 Production de thé

La production de thé a considérablement augmenté dans la plupart des pays producteurs grâce à l'expansion des terres dédiées à la culture du thé, à l'introduction de nouvelles variétés hybrides plus productives, ainsi qu'à l'adoption de processus et de machines de transformation de la feuille verte les plus appropriées. Différentes variétés de thé sont produites à partir de la feuille verte du théier, et parmi elles, le thé noir (CTC et orthodoxe) et le thé vert représente respectivement plus de 76% et plus de 20% de la production totale (McKay et Blumberg, 2002).

Les années 1980 ont été marquées par l'expansion des plantations de thé et les efforts de promotion des exportations, ce qui a entraîné une offre excédentaire sur les marchés internationaux et une baisse des prix (**Mohan, 2018**). Malgré des sécheresses sévères en Inde, au Sri Lanka et au Kenya, la production mondiale de thé a continué à augmenter régulièrement jusqu'en 2009, avec un taux de croissance annuel de 1,8%, principalement grâce à la croissance continue de la production en Chine. Cela a maintenu l'offre mondiale supérieure à la demande (**Groosman, 2011**). En 2013, la production mondiale a augmenté de 6% par rapport à l'année précédente, atteignant 5,07 millions de tonnes de feuilles vertes. La production de thé noir a augmenté de 5,4%, malgré la rigidité des prix, tandis que la production de thé vert a augmenté de 5,1%. Entre 2007 et 2016, la production de thé a connu une croissance annuelle moyenne de 4,4%. Cette augmentation de la production mondiale est principalement due à l'augmentation de la production dans les principaux pays producteurs.

Actuellement, le thé est produit dans plus de 50 pays, avec une grande partie de la production concentrée en Asie et en Afrique. La majorité de la production (93%) se trouve dans quelques pays spécifiques, notamment la Chine (45,0%), l'Inde (23,1%), le Kenya (8,4%), le Sri Lanka (5,2%), la Turquie (4,6%), le Vietnam (4,6%) et l'Indonésie (2,4%) (**FAOSTAT, 2019**).

Tableau 2: Dix grands pays producteurs du thé en 2018 (**FAOSTAT, 2019**).

Pays	Quantité	Part (%)
Chine	2610,4	45
Inde	1344,8	23,1
Kenya	492,9	8,4
Sri Lanka	303,8	5,2
Turquie	270	4,6
Vietnam	270	4,6
Indonésie	141,3	2,4
Iran	109,4	1,9
Myanmar	109	1,9
Japon	83	1,4
Autres	65,4	1,1

Le principal producteur de thé est la Chine, suivie de l'Inde, du Kenya, du Sri Lanka, du Viêt Nam et de la Turquie. Ces six pays produisent plus de 200 000 tonnes par an. La production de thé est principalement concentrée en Asie, représentant 83,4% de la production mondiale, tandis que l'Afrique représente 12,3%. L'Amérique contribue à hauteur de 2,2%, tandis que l'Europe (1,9%) et l'Océanie (0,2%) ont une production de thé marginale. En 2019, la production mondiale de thé a atteint 6 497 443 tonnes (Tableau 03).

Tableau 3: Production mondiale du thé (FAOSTAT, 2021)

Année	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Production mondiale (tonne)	549398	5761926	5802728	599462	6326897	6497443

La Chine reste le principal producteur de thé, représentant 43,2% du total mondial avec une production de 2,6 millions de tonnes en 2018. Elle se classe également au deuxième rang en tant qu'exportatrice, avec un volume atteignant 360,7 milliers de tonnes.

En ce qui concerne l'Inde, l'industrie du thé joue un rôle essentiel. Selon les estimations du groupe intergouvernemental de la FAO sur le thé, le secteur du thé est le deuxième plus grand employeur en Inde. Le pays se classe deuxième à la fois en termes de production et de consommation de thé, représentant près de 20% de la consommation mondiale. Bien qu'une grande partie de la production soit destinée à la consommation nationale, l'Inde est également le quatrième exportateur, avec un volume de 256,1 milliers de tonnes en 2018.

Le Sri Lanka occupe la cinquième place en termes de production de thé, mais se classe troisième en tant qu'exportateur mondial, avec un volume de 282,4 milliers de tonnes en 2018.

Tableau 4: grands pays producteurs de thé en 2018 (FAOSTAT, 2018)

Pays	Production (tonne)
Chine	2626438
Inde	1338630
Kenya	492990
Sri Lanka	303840
Vietnam	270000
Turquie	270000

La demande de thé a connu une croissance rapide en Chine, en Inde et dans d'autres pays émergents. Cette tendance s'explique par l'augmentation des revenus et les efforts déployés pour diversifier la production et inclure des spécialités (FAO).

3.2 Exportation du thé

L'exportation du thé, qui comprend principalement le thé noir et le thé vert, est largement dominée par quelques pays. Le Kenya et le Sri Lanka sont les principaux producteurs et exportateurs de thé noir, tandis que la Chine est connue pour sa production et sa consommation de thé vert (Cnuced, 2016). La crise économique de 2008 a eu des répercussions sur les habitudes de consommation, incitant les consommateurs à abandonner les produits coûteux tels que le cacao et le café au profit de produits plus abordables comme le thé. Cette tendance a créé des opportunités de marché à moyen et long terme pour l'industrie du thé (Le, 2018). Au fil du temps, les exportations mondiales de thé ont légèrement augmenté, atteignant 1,8 million de tonnes en 2016 (voir figure 10).

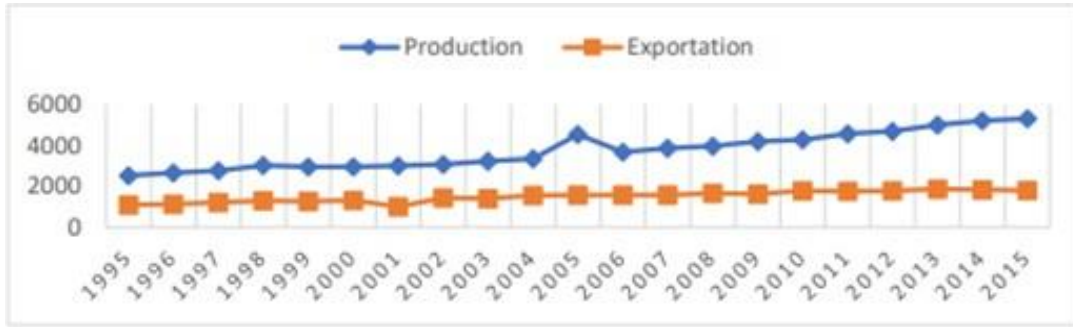


Figure 10: Production et exportation du thé (en milliers de tonnes) dans le monde (FAOSTAT,2017).

La faible quantité de thé exportée par rapport à sa production importante peut s'expliquer par la forte consommation de thé dans les grands pays producteurs. En effet, la Chine et l'Inde, qui sont les principaux producteurs mondiaux de thé, sont également de grands consommateurs. Environ 84% de la production chinoise de thé est consommée localement, tandis que ce chiffre atteint 83,4% en Inde (Chang, 2015). En 2017, le Kenya était le plus grand exportateur de thé au niveau international, représentant 25,6% des exportations mondiales. La Chine était le deuxième plus grand exportateur avec une part de 19,5%, suivie par le Sri Lanka avec 15,7% et l'Inde avec 14,3% (tableau 11). En 2016, les exportations de thé du Kenya ont atteint 480 330 tonnes, enregistrant une croissance de 8,3% par rapport à l'année précédente.

Tableau 5: Dix grands exportateurs (en milliers de tonnes) du thé en 2017 (FAOSTAT, 2019)

Pays	Quantité	Part (%)
Kenya	465.0	25.6
Chine	355.2	19.5
Sri Lanka	286.8	15.7
Inde	261.4	14.3
Vietnam	146.4	8.00
Argentine	74.9	4.1
Ouganda	59.2	3.2
Indonésie	52.8	2.9
Malawi	41.2	2.2
Émirats arabes unis	33.6	1.8
Autres	41.5	2.3

Néanmoins, l'Agriculture and Food Authority (AFA) souligne une baisse de 3,6% des recettes d'exportation pour cette année, passant de 125,2 milliards de shillings (1,27 milliard de dollars américains) à 120,6 milliards de shillings (1,19 milliard de dollars américains), en raison de l'augmentation de l'offre sur le marché des enchères de Mombasa. En conséquence, les organisations de producteurs kényans encouragent la diversification de la production de thé, notamment en produisant des thés spéciaux tels que le thé blanc, dans le but de développer le marché international du thé (Cyclope, 2017).

3.3 Importation du thé

Selon la FAOSTAT (2018), les cinq principaux pays importateurs de thé en termes de valeur sont le Pakistan, la Russie, les États-Unis d'Amérique, le Royaume-Uni et les Émirats arabes unis (tableau 13). Les principales régions importatrices de thé sont l'Europe et l'Amérique du Nord. Au cours de la dernière décennie, la consommation de thé a connu une tendance à la hausse. Cette augmentation de la consommation s'explique par son prix abordable par rapport

à d'autres boissons telles que le café et le cacao. Le thé est une boisson économique et largement disponible (Hoyt, 2009). Après l'eau, c'est la boisson la plus consommée, simplement en infusant les feuilles de thé dans de l'eau chaude (Katiyaret Mukhtar, 1996 ; Piyathissa *et al.*, 2015). La croissance de la consommation a été renforcée par l'augmentation rapide du niveau de revenu et de la population, en particulier en Chine, en Inde et dans d'autres économies émergentes d'Asie, d'Afrique et d'Amérique latine, qui ont connu une ascension notable en termes de consommation.

Tableau 6: Dix grands pays importateurs du thé en valeur 2017 (FAOSTAT, 2018).

Pays	Valeur (en milliers d'USD)
Pakistan	549.617
Russie	524.966
États-Unis d'Amérique	486.565
Royaume-Uni	396.928
Émiratis arabes unis	300.856
Iran	282.691
Égypte	273.807
Allemagne	228.368
Maroc	220.461
Japon	177.324

CHAPITRE II : FERMENTATION.

Chapitre II : Fermentation

I Fermentation :

La fermentation est un processus qui permet la décomposition des grandes molécules organiques en molécules plus simples grâce à l'action de micro-organismes. Par exemple, les enzymes présentes dans la levure transforment les sucres et les amidons en alcool, tandis que les protéines sont converties en peptides/acides aminés. Les micro-organismes et les enzymes agissent sur les ingrédients alimentaires, favorisant ainsi la fermentation des aliments et entraînant des changements biochimiques bénéfiques qui modifient considérablement les propriétés alimentaires. La fermentation est un processus naturel qui permet d'améliorer les vitamines, les acides aminés essentiels, de réduire les antinutriments, d'améliorer les protéines, l'apparence des aliments, ainsi que les saveurs et les arômes. De plus, la fermentation permet de réduire l'énergie nécessaire à la cuisson et de produire des aliments plus sûrs (Nkhata *et al.*, 2018, Xiang *et al.*, 2019).

En conséquence, l'activité des micro-organismes joue un rôle crucial dans la fermentation des aliments, entraînant des modifications des propriétés chimiques et physiques de ces aliments. Les aliments fermentés offrent plusieurs avantages (Melini *et al.*, 2019) (Sanlier *et al.*, 2019):

- Les aliments fermentés ont une durée de conservation plus longue que les aliments non fermentés.
- Ils présentent une amélioration des propriétés organoleptiques, par exemple, le fromage acquiert des caractéristiques gustatives supérieures à celles du lait brut.
- La fermentation permet l'élimination d'ingrédients nocifs ou indésirables présents dans les matières premières.
- Les aliments fermentés présentent une amélioration des propriétés nutritionnelles grâce à la présence de micro-organismes. Par exemple, la levure dans le pain et les bactéries lactiques dans le garri contribuent à sa qualité nutritionnelle.
- Le processus de fermentation réduit le temps de cuisson des aliments, notamment dans la cuisine ouest-africaine, comme l'Ogi (préparé à partir de maïs fermenté) et les produits à base de soja.
- Les produits fermentés présentent une capacité antioxydante *in vitro* plus élevée. Par exemple, le lait fermenté et le yogourt ont des propriétés antioxydantes supérieures à

celles du lait, en raison de la libération de biopeptides résultant de la protéolyse des protéines du lait, telles que l' α -caséine, l' α -lactalbumine et la β -lactoglobuline.

1.1 Fermentation lactique

1.1.1 Définition de la fermentation lactique

La fermentation lactique est un processus métabolique anaérobie au cours duquel les bactéries lactiques convertissent les glucides en acide lactique. C'est un processus largement utilisé dans l'industrie alimentaire pour la production de produits fermentés tels que le yaourt, le fromage, la choucroute et le pain au levain. La fermentation lactique contribue à la conservation des aliments en acidifiant le milieu, ce qui inhibe la croissance des microorganismes indésirables. De plus, cette fermentation génère des composés aromatiques qui améliorent la saveur et l'odeur des aliments. Les qualités organoleptiques et nutritionnelles des aliments fermentés sont également améliorées grâce à la fermentation lactique (**Tamang 2016.**).

1.1.2 Origines de la fermentation lactique

Les aliments et boissons fermentés sont fabriqués de manière empirique depuis plus de 10 000 ans. Aujourd'hui, plus de 5 000 aliments et boissons fermentés sont répertoriés, représentant entre 5 % et 40 % du régime alimentaire humain (**Tamang et Kailasapathy, 2010**). Les procédés de fermentation suscitent de plus en plus d'intérêt chez les consommateurs, ce qui a conduit à une étude croissante de ces méthodes.

1.2 Fermentation lactique des végétaux

Les consommateurs recherchent des aliments et des boissons nouvelles à forte valeur nutritionnelle, faciles et rapides à consommer. Pour répondre à ces attentes, la fermentation lactique des végétaux, en particulier des fruits et légumes, connaît une expansion croissante, bien qu'elle soit pratiquée depuis longtemps. Les effets bénéfiques sur la santé des aliments fermentés font l'objet d'études de plus en plus poussées. Une partie de ces effets provient de l'action des micro-organismes responsables de la fermentation sur notre organisme, tandis que l'autre partie est attribuée aux métabolites produits pendant le processus de fermentation (**Fessard, 2017**).

1.2.1 Fermentation lactique à travers le temps et l'espace

Depuis l'Antiquité, la fermentation lactique est utilisée pour conserver les aliments et leur donner de nouvelles saveurs, arômes et textures. À cette époque, les méthodes de conservation étaient limitées au séchage, fumage, salage et fermentation. Les premiers aliments végétaux fermentés étaient à base de céréales et de fruits. La fermentation alcoolique pour produire de la bière et du vin remonte à 6000 à 1700 av. J.-C. en Mésopotamie et en Égypte. En Chine, des boissons alcoolisées à base de riz, de miel et de fruits existaient dès 7000 av. J.-C. Les légumes fermentés tels que le chou, les radis et les concombres sont apparus en Chine vers 300 av. J.-C., notamment pour nourrir les ouvriers travaillant sur la Grande Muraille de Chine. Il est également possible que la choucroute européenne trouve son origine en Chine et ait été introduite en Europe centrale au XIII^e siècle lors de l'invasion des Mongols.

À l'époque, la fermentation se produisait naturellement, sans compréhension des micro-organismes impliqués. Ce n'est qu'au XVII^e siècle que les découvertes de Von Leeuwenhoek et Hooke ont permis une meilleure compréhension de ces organismes. Plus tard, en 1877, John Lister a identifié le rôle de la bactérie *Lactococcus lactis* (anciennement appelée *Bacterium lactis*) dans la fermentation du lait. Louis Pasteur a ensuite défini la fermentation comme "la vie sans air". Avec l'avènement de la révolution industrielle et l'urbanisation croissante, la production et la commercialisation d'aliments fermentés ont connu une croissance exponentielle.

Aujourd'hui, une grande variété d'aliments fermentés à base de viande, légumes, fruits, lait, poissons et céréales est consommée dans le monde entier. Les légumes fermentés couramment consommés en Europe et aux États-Unis comprennent les cornichons, les olives et la choucroute. La choucroute a été introduite aux États-Unis par des immigrants d'Allemagne et d'autres pays européens. En Asie, de nombreux aliments fermentés à base de fruits ou de légumes sont populaires, tels que le kimchi (Fessard, 2017).

1.2.2 Quelques produits végétaux fermentés à travers le monde

Les aliments fermentés à base de végétaux sont appréciés dans le monde entier en raison de leurs saveurs uniques et de leurs bienfaits pour la santé. Ils peuvent être regroupés en différentes catégories en fonction de leur composition :

- Les produits à base de fruits et légumes, tels que les olives, le chou, le chou-fleur, les radis et les concombres.
- Les produits à base de céréales, tels que le maïs, le riz et le millet.
- Les produits à base de légumineuses, tels que le soja et les haricots.
- Les produits à base de racines et tubercules, tels que le manioc et les patates douces.
- Les boissons fermentées, telles que le thé, le riz et les céréales.
- Ces aliments sont largement consommés et appréciés, et certains exemples bien connus sont présentés dans le tableau 7 (**Fessard, 2017**).

Tableau 07: Exemples de produits végétaux fermentés consommés dans le Monde (Fessard, 2017).

Produit fermenté	Pays	Fruit/Légume/Légumineuse/ Végétal
Almagro	Espagne	Aubergine
Choucroutte	Monde entier	Chou
Concombres	Europe, États-Unis	Concombre
Dhamuoi	Vietnam	Chou et autres légumes
Fu-tsai	Taiwan	Moutarde
Fufu	Nigéria	Manioc
Gari	Afrique de l'Ouest	Manioc
Gundrunk	Népal, Inde	Chou, radis, moutarde, chou-fleur
Jiang-gua	Taiwan	Concombre
Kahalpi	Népal	Concombre
Kimchi	Corée	chou chinois, radis, gingembre, autres légumes
Kanji (boisson)	Inde	Racines de betterave et carotte
Kombucha (boisson)	Chine	Thé
Kocho	Ethiopie	False banana
Lafun	Nigéria	Manioc
Olive	Monde entier	Olives
Ogi	Nigéria	Mais, sorgo, millet
Sinki	Inde, Népal	Radis
Suan-tsai	Taiwan	Chou chinois, chou, feuilles de moutarde
Tempoyak	Malaisie	Durian
Yan-taozih	Chine, Taiwan	Peches
Yan-tsai-chin	Taiwan	Brocoli

Tursu	Turquie	Concombre, chou, tomates vertes, poivrons verts et autres légumes
-------	---------	---

1.2.3 Jus de légumes lacto-fermentés

Les jus fermentés sont les jus obtenus par fermentation lactique, leur contenu en acide lactique est très important, premièrement parce qu'il a un rôle décisif dans la préservation des produits finis et d'autre part, parce qu'il est impliqué dans la qualité sensorielle des jus. (**Buruleanu et Manea, 2006**).

La lactofermentation impacte également la qualité nutritionnelle des aliments, selon les activités métaboliques des micro-organismes impliqués. Parmi les effets nutritionnels bénéfiques, nous pouvons noter l'amélioration de la digestibilité de l'amidon, des protéines, et l'augmentation de la teneur en caroténoïdes et en vitamines du groupe B (**Aguilar-Zarate et al., 2014**). La fermentation des légumes enrichie les produit par une haute valeur de protéines d'origine microbienne, réduit la concentration des facteurs antinutritionnels, augmente l'activité antioxydante et généralement améliore les caractéristiques nutritionnelles (**Peres et al., 2012**). Comme modèle de légumes fermentés, le (Daucus carota L.) ou bien, ce qui est nommé la carotte est largement utilisée, car il est choisi en raison de ses caractéristiques thérapeutiques dont il a un potentiel antidiabétique, une activité antioxydante ainsi qu'il minimise les lipides et nettoie le corps en supprimant les toxines (**Mukherjee et al., 2013**).

Le ferment lactique va pour sa part se nourrir des sucres présents dans les légumes et les transformer en acide lactique. Ce faisant, le milieu va s'acidifier, et détruire les autres microorganismes, préservant ainsi notre légume des autres bactéries.

Le jus de légumes lactofermentés joue un rôle contre les méfaits du stress oxydatif, responsable du vieillissement cellulaire à l'œuvre dans les tumeurs, les polyphénols agissent comme un antirouille. Ils freinent le développement des vaisseaux sanguins qui alimentent les cellules cancéreuses et réduisent ainsi leur prolifération. Mais avant d'être assimilés par le sang et les cellules, les polyphénols doivent être dégradés par la flore intestinale. Or celle-ci est très variable d'un individu à l'autre. Entre sur consommation de sucre et de viande, les dysbioses sont fréquentes empêchant les substances actives d'être métabolisées correctement. Lorsqu'il est fermenté, le jus de carotte offre une biodisponibilité idéale. L'intérêt majeur de la fermentation est qu'elle augmente l'absorption et l'action des polyphénols.

Durant la fermentation, les micro-organismes reproduisent la dégradation naturelle qui a lieu au cours de la digestion. Pour être résorbées correctement par notre intestin et pouvoir déployer leurs effets santé, les liaisons glycosidiques sont scindées. En outre, ces micro-organismes décomposent presque complètement le sucre du légume, un plus pour les diabétiques (**Yao et al.**, 2009)

1.2.4 Jus de carotte

Le jus de carotte est une boisson populaire consommée dans le monde entier et largement accepté comme une source importante de composants sains tels que les caroténoïdes, les vitamines et les composés phénoliques qui favorisent l'activité antioxydante en piégeant les radicaux libres (**Jabbar et al.**, 2014).

Le jus de carotte est également une source importante des fibres alimentaires. Il présente aussi une bonne teneur en calcium, magnésium et fer, ainsi que le phosphore, soufre, silicium et le chlore et particulièrement riche en éléments alcalins organiques tels que le sodium et le potassium (**Shivhare et al.** 2009 ; **Sharma et al.** 2012). Il est également une source alimentaire majeure de polyacétylènes chez l'homme, qui pourraient avoir des effets positifs sur la santé humaine. (**Patterson et al.**, 2012). Le jus de carotte est un jus produit à partir de carottes, et hautement commercialisable comme boisson diététique en raison de sa valeur nutritive (**Kim et al.**, 2001). Le jus de carotte a un pH de 6.0 à 6.5 qui est sujet à la détérioration microbienne et conduit à une durée de conservation courte. Cependant, le jus de carotte brut non traité a un potentiel de marché limité en raison de sa courte durée de vie et devrait normalement être consommé dans un délai d'un à deux jours (**Zhang et al.**, 2016 ; **Zhu et al.**, 2017).

1.3 Lait fermenté

Historiquement, les premiers produits laitiers fermentés étaient obtenus accidentellement et de façon non contrôlée, par le caillage du lait avec les bactéries lactiques contaminants du lait. Ces produits étaient fort prisés en raison de leur facilité de conservation et leur goût appréciable, dus à la présence d'acides. Actuellement, on compte environ 400 noms génériques de laits fermentés traditionnels ou industriels (**Belkheir**, 2017). Ces noms peuvent faire référence au même produit (**Tamine**, 2002). Selon les microorganismes dominants, (**Tamine**, 2002 ; **Tamang et al.**, 2016). Les laits fermentés sont des produits laitiers transformés par une fermentation essentiellement lactique, qui aboutit à l'acidification et à la gélification du lait (**Béal et Sodini**, 2012).

1.3.1 Fermentation lactique

La fermentation lactique est l'étape centrale du procédé de fabrication des laits fermentés. Elle correspond à la transformation du lactose du lait en acide lactique, sous l'action de micro-organismes spécifiques appelés bactéries lactiques. Elle s'accompagne de modifications biochimiques, physico-chimiques et sensorielles du produit. La principale conséquence de la fermentation lactique est d'augmenter la stabilité du produit, par inhibition des altérations microbiennes et enzymatiques éventuelles et donc d'allonger sa durée de conservation. Elle confère également au produit des propriétés nutritionnelles et organoleptiques particulières (saveur, texture, arômes). (Béal et Helinck ,2022).

L'ensemencement direct à partir de bactéries lactiques concentrées congelées se fait des taux de l'ordre de 0,03% ; les deux espèces *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* vivent en symbiose et en synergie. Lors de leur croissance, elles dégradent le lactose en acide lactique, entraînant une baisse de pH et la gélification du milieu avec des modifications structurales irréversibles. Lorsque le pH atteint une valeur comprise entre 4,7 et 4,3 un refroidissement en deux temps (rapide jusqu'à 25°C, puis plus lent jusqu'à 5°C) est appliqué afin de stopper la fermentation, en effet, l'activité des bactéries lactiques est limitée pour des températures inférieures à 10°C (Tamine et Robinson ,1999)

1.3.2 Biochimie de la fermentation lactique

La croissance des bactéries lactiques dans le lait induit de nombreux changements souhaités dans les produits, car en utilisant les constituants du lait (sucres, composés azotés, composés minéraux, vitamines) pour se développer, elles produisent des métabolites d'intérêt (acide lactique, composé d'arômes, exopolysaccharides, molécules ayant un rôle de conservation). Les conséquences de la synthèse de ces différents métabolites se traduisent par l'acidification du lait, sa coagulation ainsi que par des modifications des propriétés sensorielles et nutritionnelles des produits (Béal et Helinck ,2022).

1.4 Bactéries lactiques

Les bactéries lactiques sont largement utilisées dans la production d'aliments fermentés et font partie d'un groupe de microorganismes très diversifié. Elles se distinguent par leur capacité à fermenter les sucres, en particulier le glucose, pour produire de l'acide lactique, qui est leur principal métabolite (Fessard, 2017).

1.4.1 Principales caractéristiques

Les principales caractéristiques des bactéries lactiques sont :

- Ce sont des microorganismes à Gram positif qui ne forment pas de spores. Ils se présentent sous forme de coques, de bacilles ou de bacilles arrondis (Figure 08). Leur teneur en bases guanine-cytosine (GC %) dans leur ADN est généralement inférieure à 50%.
- Les bactéries lactiques sont principalement catalase négative, bien que certaines puissent posséder une pseudocatalase.
- Elles sont anaérobies, mais peuvent tolérer une certaine présence d'oxygène.
- Pour leur croissance, elles ont besoin d'acides aminés, d'acides gras, de vitamines et de minéraux.
- Elles peuvent fermenter différents types de substrats tels que le lait, les fruits, les légumes, les céréales, le poisson, la viande, etc.
- On peut les trouver dans l'estomac, les intestins des animaux et des humains, ainsi que dans l'environnement.
- Leur capacité d'adaptation et de survie dans une grande variété d'environnements contribue à leur diversité métabolique.
- Les bactéries lactiques sont classées en deux catégories en fonction de leur voie métabolique des glucides : homo-fermentaires (ou homolactiques) et hétéro-fermentaires (ou hétéro-lactiques) (**Fessard, 2017**).

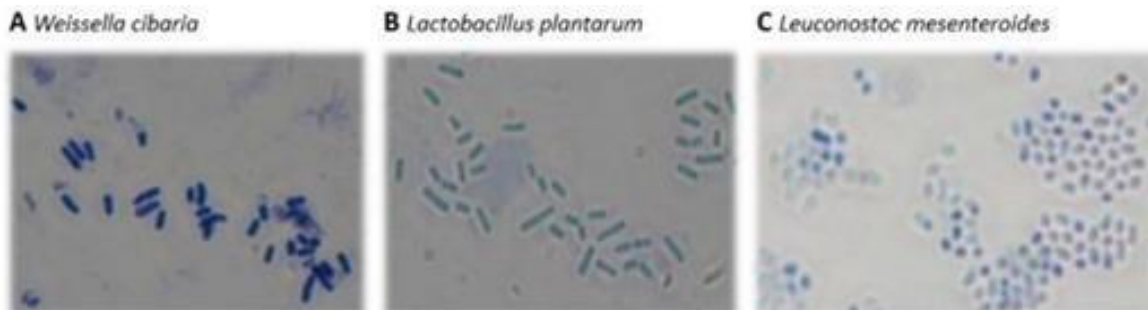


Figure 11: Bactéries lactiques sous forme de bacilles arrondis (A), de bacilles (B) ou de codues (C) au bleu de méthylène (**Fessard, 2017**).

- **Voie homo-fermentaire**

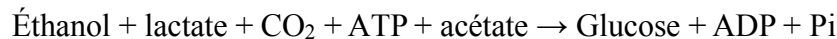
Elle est caractérisée par la production principale de lactate. Elle suit la voie de la glycolyse ou la voie d'Embden-Meyerhof-Parnas (EMP). Pendant cette étape, le glucose est converti en deux molécules de pyruvate avec la phosphorylation de deux molécules d'ADP en ATP. Le pyruvate est ensuite converti en lactate par le lactate déshydrogénase, permettant ainsi la réoxydation des cofacteurs. La réaction globale peut être représentée comme suit :



Certains genres de bactéries lactiques tel que *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus* et *Pediococcus*, sont classés comme homo-fermentaires. Cependant, certains *Lactobacillus* peuvent être soit homo-fermentaires soit hétéro-fermentaires, tels que *Lb. delbrueckii*, *Lb. acidophilus* et *Lb. Helveticus* (Fessard, 2017).

- **Voie hétéro-fermentaire**

Implique non seulement la production d'acide lactique, mais également la production de dioxyde de carbone (CO₂), d'éthanol ou d'acétate. Cette voie utilise la voie des pentoses phosphates pour convertir le glucose. La réaction globale est la suivante :



Les bactéries hétéro-fermentaires comprennent les genres *Leuconostoc*, *Weissella*, *Oenococcus* et certaines espèces de *Lactobacillus*. Par exemple, *Lb. brevis*, *Lb. hilgardii* sont des espèces de *Lactobacillus* hétéro-fermentaires, tandis que *Lb. plantarum*, *Lb. paraplantarum* et *Lb. pentosus* sont des hétéro-fermentaires facultatives. L'éthanol est le composé le plus important dans la production de boissons alcoolisées telles que le vin ou la bière. La production de CO₂ confère des caractéristiques sensorielles spécifiques au produit, telles qu'une sensation pétillante ou rafraîchissante. Le CO₂ est également impliqué dans le processus de levée de la pâte à pain pendant la fermentation, ce qui permet d'obtenir une texture légère et aérée. Certaines bactéries lactiques peuvent également produire de l'acide acétique (Fessard, 2017).

1.4.2 Taxonomie

Les bactéries lactiques sont classées taxonomiquement dans le phylum XIII des Firmicutes, la classe I des *Bacilli* et l'ordre II des *Lactobacillales*. Elles sont regroupées en plus de 500 espèces réparties dans six grandes familles (Felis et al., 2015) :

- *Lactobacillaceae*, qui comprend les genres *Lactobacillus* et *Pediococcus*.

- *Aerococcaceae*, qui comprend les genres *Abiotrophia*, *Aerococcus*, *Dolosicoccus*, *Eremococcus*, *Facklamia*, *Globicatella* et *Ignavigranum*.
- *Carnobacteriaceae*, qui comprend les genres *Alkalibacterium*, *Allofustis*, *Alloiococcus*, *Atopobacter*, *Atopococcus*, *Atopostipes*, *Carnobacterium*, *Desemzia*, *Dolosigranulum*, *Granlucateella*, *Isobaculum*, *Lacticigenium*, *Marinilactibacillus*, *Pisciglobus* et *Trichococcus*.
- *Enterococcaceae*, qui comprend les genres *Bavariicoccus*, *Catelicoccus*, *Enterococcus*, *Melissococcus*, *Pilibacter*, *Tetragenococcus* et *Vagococcus*.
- *Leuconostocaceae*, qui comprend les genres *Leuconostoc*, *Fructobacillus*, *Oenococcus* et *Weissella*.
- *Streptococcaceae*, qui comprend les genres *Lactococcus*, *Lactovum* et *Streptococcus*.

1.4.3 Molécules d'intérêt

Pendant le processus de fermentation, les bactéries lactiques produisent diverses molécules qui ont pour effet d'accroître la durée de conservation de l'aliment et d'améliorer ses caractéristiques sanitaires, sensorielles et nutritionnelles (Fessard, 2017)

Acide lactique

L'acide lactique, dont la formule chimique est $C_3H_6O_3$, se transforme en ion lactate $CH_3CH(OH)COO^-$ lorsqu'il est en solution aqueuse. Son pKa est de 3,86. Pendant le processus de fermentation, deux isomères d'acide lactique peuvent être produits, à savoir l'isomère D(-) et l'isomère L(+) (Figure 6). L'isomère L(+) est absorbé par les cellules intestinales et utilisé dans les processus métaboliques chez l'homme. En revanche, l'isomère D(-) n'est pas absorbé et est éliminé par les reins sous forme de sels.

Les acides organiques, tels que l'acide lactique, présentent une activité antimicrobienne et contribuent à assurer la sécurité sanitaire des produits fermentés. Sous forme non ionisée, ces acides pénètrent dans les cellules par diffusion simple. Une fois à l'intérieur des cellules, ils s'ionisent et ne peuvent plus sortir par diffusion aux pH intracellulaires. Ils perturbent le maintien du potentiel de la membrane cellulaire en inhibant le transport actif, en abaissant le pH intracellulaire et en entravant certaines fonctions métaboliques (Rattanachaikansopon et Phmkhachorn, 2010).

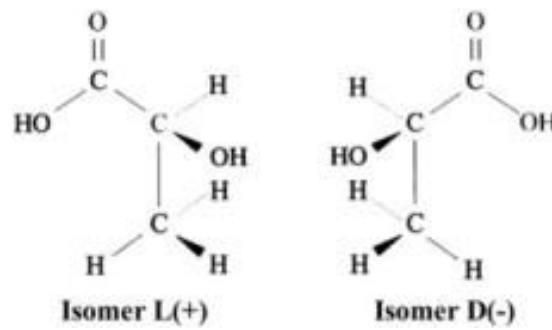


Figure12: Stéréo-isomères L (+) et D (-) de l'acide lactique (Fessard, 2017)

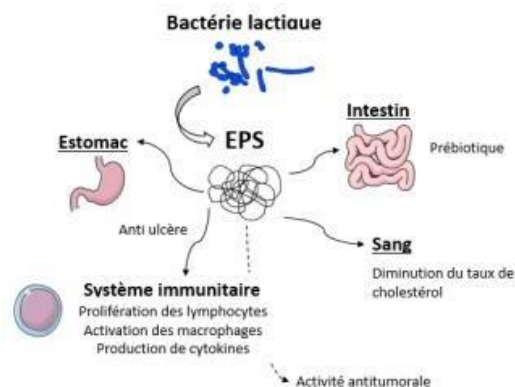
Exopolysaccharides

Au cours de la fermentation, les bactéries lactiques ont la capacité de produire des polysaccharides de surface. Ces polysaccharides peuvent soit être excrétés dans leur environnement, ce qui les désigne sous le nom d'exopolysaccharides (EPS), soit rester attachés à la surface de la cellule sous forme de capsules, appelées polysaccharides capsulaires (PSC) (Zannini *et al.*, 2016).

EPS dans l'industrie alimentaire

Dans l'industrie alimentaire, les bactéries lactiques productrices d'EPS sont utilisées pour augmenter la viscosité et améliorer la texture des produits. Les EPS qu'elles produisent jouent le rôle d'agents gélifiants, épaississants, émulsionnants et stabilisants. Ils sont utilisés pour améliorer la texture des produits laitiers tels que les yaourts, les fromages, les crèmes, etc. (Duboc et Mollet, 2001).

Figure 13: Représentation schématique des possibles effets bénéfiques des EPS au niveau de l'organisme humain, d'après (Ruas-Madiedo *et al.*, 2002).



Bactériocines

Les bactériocines sont des protéines ou peptides antibactériens produits par certaines bactéries lactiques. Elles ont la capacité d'inhiber la croissance de certaines bactéries, y compris d'autres bactéries lactiques. Les bactériocines sont classées en trois classes en fonction de leur composition et de leur structure : les antibiotiques (Classe I), les non-antibiotiques (Classe II) et les grosses molécules sensibles à la chaleur (Classe III). Les genres de bactéries lactiques connus pour produire des bactériocines sont *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Pediococcus*, *Enterococcus* et *Weissella*. Les bactériocines sont souvent nommées en fonction de l'espèce d'origine (**Vesković-Moračanin et al.**, 2014).

Autres substances antimicrobiennes

Pendant le processus de fermentation, les bactéries lactiques produisent d'autres composés antimicrobiens qui inhibent la croissance d'autres microorganismes potentiellement pathogènes ou contaminants, tels que les acides organiques, le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂), le CO₂ et le diacétyle. Les acides organiques, tels que l'acide lactique ou l'acide acétique, possèdent une action antimicrobienne contre les levures et les bactéries à Gram positif ou négatif. Le cofacteur NAD peut réagir avec l'oxygène pour former du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) (**Piard et Desmazeaud**, 1991). Le peroxyde d'hydrogène est toxique pour les bactéries à Gram positif, y compris les bactéries lactiques elles-mêmes, en raison de la peroxydation des lipides membranaires et de l'oxydation des acides nucléiques bactériens. Le diacétyle contribue aux propriétés sensorielles caractéristiques du beurre et des fromages. Il possède une action antimicrobienne contre les bactéries à Gram négatif et les levures, et plus faiblement contre les bactéries à Gram positif cependant, le diacétyle a un seuil de perception très bas et n'est pas désirable dans certains aliments, comme la bière (**Lanciotti et al.**, 2003).

Partie Expérimentale

Méthodologie

Partie II : partie expérimentale

I Méthodologies expérimentales

I.1 Objectifs de l'étude

Cette étude a pour objectif principal de valoriser les déchets alimentaires, en particulier le thé, à travers une approche multifacette. Tout d'abord, nous mènerons une analyse approfondie des propriétés physico-chimiques du thé vert et du thé noir à l'état brut et à différentes températures d'infusion. Cela nous permettra de comprendre de manière exhaustive leurs caractéristiques inhérentes et leur potentiel de réutilisation. Deuxièmement, nous évaluerons l'activité antioxydante de ces thés. Les antioxydants jouent un rôle crucial dans la promotion de la santé et la prévention des maladies, ce qui rend cet aspect de l'étude particulièrement pertinent pour les applications potentielles des déchets de thé en matière de santé. Le troisième volet de notre étude implique l'isolement et l'identification des bactéries lactiques à partir des déchets de thé fermenté. Les bactéries lactiques sont connues pour leurs propriétés probiotiques et leur capacité à fermenter divers substrats, ce qui les rend intéressantes pour la production d'un breuvage à partir de ces bactéries lactiques isolées. Cette approche pourrait ouvrir la voie à de nouvelles applications innovantes pour les déchets de thé, contribuant ainsi à une économie circulaire et durable.

I.2 Lieu d'expérimentation

Les analyses ont été réalisées à l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem au sein du laboratoire de physiologie animale appliquée sauf pour la partie microbiologique qui a été réalisé au niveau laboratoire de microbiologie.

I.3 Matériel végétal

- **Déchets du thé**

Dans le cadre de cette étude, nous avons utilisé des feuilles de thé vert et de thé noir séchées (*Camellia sinensis*), acquises sur le marché local. Ces feuilles ont été soumises à des analyses physico-chimiques rigoureuses afin d'évaluer leurs propriétés intrinsèques. De plus, leur activité antioxydante a été étudiée, compte tenu de l'importance des antioxydants pour la santé humaine.

Pour préparer les infusions, les feuilles de thé séchées ont été soigneusement traitées selon des protocoles standardisés, garantissant ainsi la fiabilité et la reproductibilité de nos résultats. Cette approche méthodique a permis d'obtenir des infusions de thé de qualité constante, essentielle pour l'évaluation précise de leurs propriétés.

- **Préparation des Infusions**

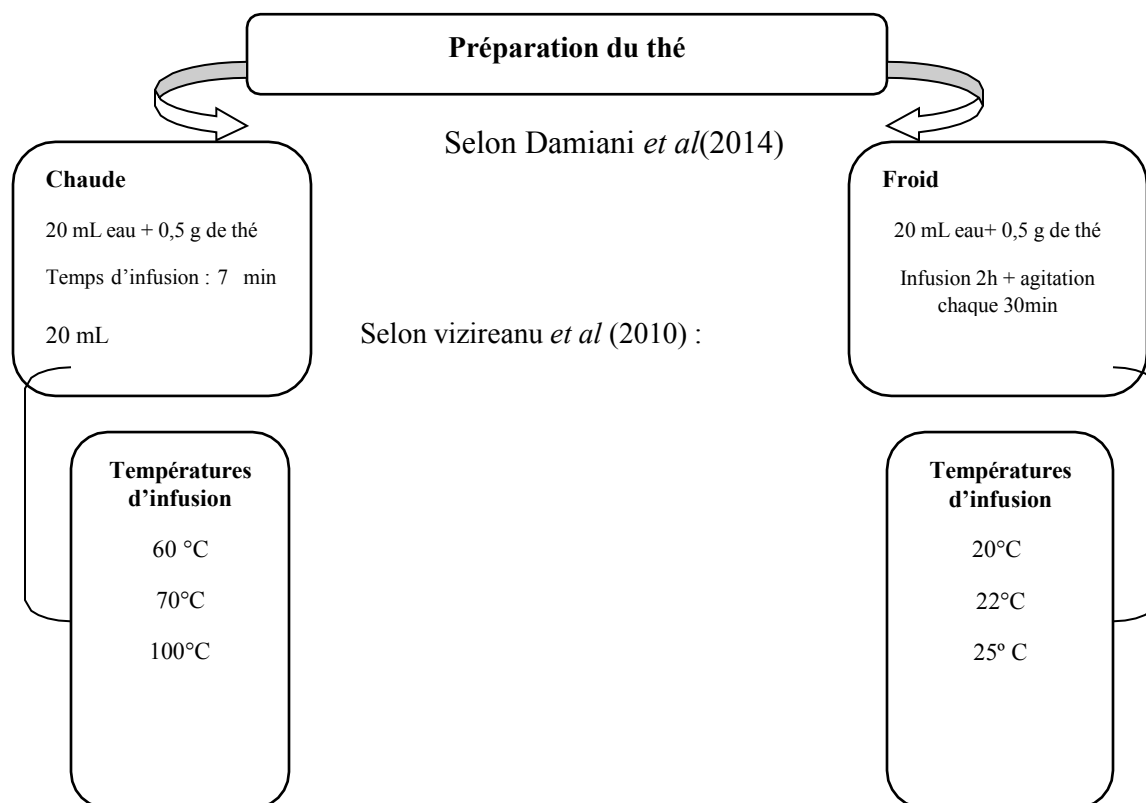


Figure 14: Organigramme représentant la préparation du Thé vert /Noir

Dans cette étude, nous avons suivi les méthodologies de préparation du thé vert et noir proposées par **Damiani et al.**, (2014) et **Vizireanu et al.**, (2010). Selon **Damiani et al.**, (2014), pour la préparation du thé chaud, 0,5 g de thé est infusé dans 20 mL d'eau pendant 7 minutes. Pour le thé froid, le même ratio de thé à l'eau est utilisé, mais l'infusion dure 2 heures avec une agitation toutes les 30 minutes.

En suivant la méthode de **Vizireanu et al.**, (2010), nous avons préparé le thé chaud à trois températures différentes : 60°C, 70°C et 100°C. Pour le thé froid, nous avons utilisé trois températures différentes : 20°C, 22°C et 25°C. Ces différentes températures permettent d'explorer l'impact de la température sur les propriétés du thé, y compris les caractéristiques physico-chimiques et l'activité antioxydante.

Le thé, consommé en grandes quantités à travers le monde, représente une source importante de matières premières potentiellement réutilisables. Dans ce contexte, notre étude s'est concentrée sur la récupération et l'exploitation des déchets de thé. Le thé a d'abord été soumis à une série d'analyses phytochimiques pour déterminer leur composition en polyphénols, flavonoïdes, et en tanins. Ces composés sont connus pour leurs propriétés antioxydantes, qui jouent un rôle crucial dans la prévention de nombreuses maladies, notamment les maladies cardiovasculaires et le cancer. Les activités antioxydantes ont été évaluées par les méthodes DPPH, FRAP et TBARS, qui sont des méthodes couramment utilisées pour mesurer la capacité antioxydante des échantillons.

Parallèlement à ces analyses, nous avons également procédé à l'extraction, à la purification et à l'identification des bactéries lactiques présentes dans les déchets de thé. Les bactéries lactiques sont des micro-organismes bénéfiques qui sont largement utilisés dans l'industrie alimentaire pour la fermentation. Ils sont également connus pour leurs propriétés probiotiques, qui contribuent à la santé intestinale.

En plus de ces analyses microbiologiques, nous avons également réalisé des analyses physico-chimiques des déchets de thé. Ces analyses ont permis de déterminer la teneur en protéines, en lipides, en matière sèche et en matière minérale des déchets de thé. Ces informations sont essentielles pour comprendre la composition des déchets de thé et pour évaluer leur potentiel d'utilisation dans diverses applications.

Le protocole complet du travail est présenté dans le schéma ci-dessous.

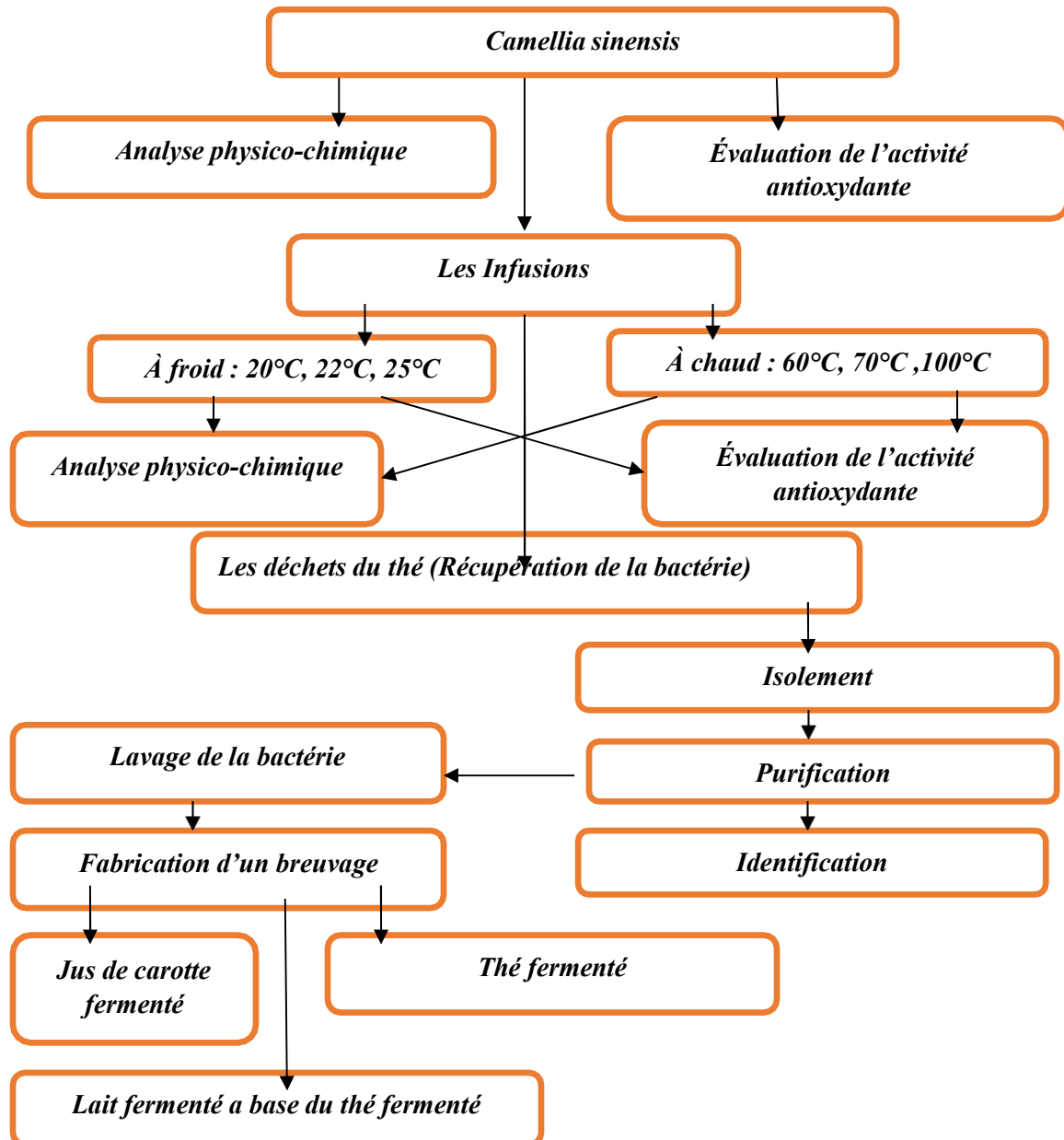


Figure 15: Schéma récapitulatif de protocole expérimental de fabrication d'un breuvage a base desbactéries lactiques isolées du déchet de thé.

I.4 Méthodologie

I.4.1 Détermination de la teneur en matière sèche de *Camellia sinensis* (AFNOR,1985)

- Principe

La teneur en matière sèche est déterminée conventionnellement par le poids d'une prise d'essai après dessiccation à 105°C dans une étuve pendant 24h. (AFNOR, 1985)

- **Protocole**

La première étape consiste à peser la matière brute. Pour ce faire, on pèse 5g de chaque échantillon à l'aide d'une balance de précision. L'aliquote est mise dans un creuset en porcelaine. Il faut noter que le creuset doit être pesé préalablement. La deuxième étape fera l'objet de déshydratation de l'aliquote à l'étuve (105°C pendant 24h). Après 24 heures, les creusets seront refroidis dans le dessiccateur pendant 45 minutes, la matière sèche restante est alors pesée par différence avec la masse initiale, la quantité d'eau évaporée est ainsi déduite. En ce qui concerne le calcul :

Après séchage :

La teneur en matière sèche (MS) en gramme de l'échantillon est calculée par différence entre le poids frais et le poids sec selon l'expression suivante :

$$\text{Matière sèche (g)} = (\text{Poids du creuset} + \text{l'aliquote après séchage}) - \text{poids du creuset vide}$$

Calcul de la matière sèche en % :

$$\text{Matière sèche (\%)} = (\text{MS(g)} / \text{masse échantillon (g)}) \times 100$$

Le taux d'humidité est calculé selon la formule suivante :

$$\%H_2O = 100 - \% \text{matière sèche}$$

I.4.2 Détermination de la teneur en matière minérale et la teneur en matière organique de *Camellia sinensis* (AFNOR ,1985)

La teneur en cendres de l'aliment est conventionnellement le résidu de la substance après destruction de la matière organique par l'incinération à 550°C dans un four à moufle pendant 2 heures, puis on met les creusets dans un dessiccateur pendant 45 min.

La teneur en matières minérales de l'échantillon est calculée par la relation suivante :

$$\text{Matière minérale (g)} = (\text{Poids du creuset contenant les cendres} - \text{poids du creuset vide})$$

Calcul de la teneur en matière minérale en % :

$$\text{Matière minérale (\%)} = (\text{matière minérale (g)} / \text{M1} - \text{M2}) \times 100$$

Avec :

M1 : Masse totale du creuset contenant la prise d'essai (en gramme).

M2 : Masse totale du creuset et les minéraux bruts (en gramme).

I.4.3 Détermination de la teneur en matière organique

Le pourcentage de matière organique (MO) est égal au pourcentage de matière sèche (MS) moins le pourcentage de matière minérale (MM).

$$\text{Matière organique (\%)} = 100\% - \% \text{Matière minérale}$$

I.4.4 Extraction des composés phénoliques

En général, les échantillons solides sont soumis à un broyage et à un tamisage, souvent précédés par une étape de séchage à l'air libre du matériel végétal à analyser. Les extraits utilisés des feuilles de thé séché dans notre étude pour le dosage des polyphénols, flavonoïdes et les tanins sont préparés comme suit :

10g d'échantillon en poudre ont été trempés dans un flacon contenant un mélange de méthanol et de l'eau distillée (80 :20), puis les flacons sont placés sur un agitateur pendant 6h puis filtrés et finalement conserver à réfrigérateur avant utilisation ; quant aux infusions, ils ont directement été utilisés après les temps indiqués pour les infusions.

I.4.5 Dosage des polyphénols totaux par le Folin Ciocalteu de *Camellia sinensis* et les infusions

- **Principe**

Le dosage des composés phénoliques a été fait selon la méthode de Folin-Ciocalteu. Ce réactif est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($\text{H}_3\text{PMO}_{12}\text{O}_{40}$). Lors de l'oxydation, il est réduit en un mélange d'oxyde bleu. La coloration produite est proportionnelle à la quantité de polyphénols présente dans

l'extrait analysé (**Boizot et Charpentier**, 2006). La teneur des polyphénols contenus dans *Camellia sinensis* a été déterminée suivant la méthode décrite par (**Miliauskas et al.**, 2004).

- **Protocole**

Brièvement, un volume de 1 mL de préparation d'échantillon a été additionné à 5 mL de Folin-Ciocalteu (2M) dilué 10 fois. Après 5 minutes d'incubation, 4 mL de carbonate de sodium à concentration de 75g/l a été additionné.

Parallèlement, dans les mêmes conditions, un étalon a été réalisé avec des concentrations croissantes d'acide gallique (standard) allant de 10 à 100 µg/mL. Après une heure d'incubation à température ambiante, l'absorbance a été lue à 760 nm contre un blanc (absorbance de la solution en absence de molécules testées) à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible (Jenway 7205). Les teneurs en polyphénols totaux sont exprimées en milligramme équivalent acide gallique par gramme d'extraits (mg EAG/g). Toutes les mesures ont été réalisées en triplicata.

I.4.6 Dosage du flavonoïde Dosage des flavonoïdes par la méthode de trichlorure d'aluminium AlCl₃ de *Camellia sinensis* et les infusions

- **Principe**

Le dosage des flavonoïdes totaux est basé sur un test colorimétrique utilisant le trichlorure d'aluminium AlCl₃ avec lequel ils forment des complexes acides stables soit avec le carbonyle (C=O) en position C-4, soit avec le groupe hydroxyle en C-3 ou C-5 des flavones et des flavonols. Par ailleurs, AlCl₃ peut également former des complexes acides labiles avec les groupements orthodihydroxyles éventuellement présents sur le noyau A et/ou B des flavonoïdes (**Chang et al.**, 2002). En présence de trichlorure d'aluminium, les flavonoïdes sont capables de former un complexe acide stable de couleur jaunâtre qui présente un maximum d'absorption entre 425 et 440 nm. La concentration des flavonoïdes est déduite à partir d'une gamme d'étalonnage établie avec la quercétine et est exprimée en mg d'équivalent de quercétine par 1g d'extrait (mg EQ/g d'extrait).

- **Protocole**

Brièvement, un volume de 1 mL de solution méthanolique d'AlCl₃ (2 %) a été mélangé à un volume égal d'extrait, puis l'ensemble a été incubé à l'ombre à température ambiante pendant 10 minutes, et l'absorbance a été lue à 430 nm. Parallèlement une courbe d'étalonnage est réalisée avec des concentrations croissantes de quercétine allant de 10 à 100 µg/mL. Trois

lectures ont été faites par échantillon ; ainsi les résultats obtenus sont exprimés en milligramme équivalent quercétine par gramme d'extrait (mg EQ/g).

I.4.7 Dosage des tannins condensés par la méthode à la vanilline avec l'HCl de *Camellia sinensis* et les infusions

- **Principe**

Les tanins condensés, également appelés proanthocyanidines, sont caractérisés par la formation de pigments anthocyaniques lors de leur oxydation en milieu acide. La méthode colorimétrique de vanilline en milieu acide a été adoptée pour le dosage de ces métabolites en raison de sa sensibilité et sa simplicité. Au cours de cette réaction, la vanilline va réagir avec le groupement flavonoïde terminal des tanins condensés qui se dépolymérisent pour former des complexes de couleur rouge (anthocianidols) qui absorbent à 550 nm (**Schofield et al.**, 2001).

- **Protocole**

La teneur en tanins condensés a été déterminée par la méthode décrite par **Ali-Rachedi et al.**, (2018) . Un volume de 50 µL de l'extrait ou standard a été ajouté à 1500 µL de solution méthanolique de vanilline (4%). Le mélange a été mélangé par vortex puis un volume de 750 µL de l'acide chlorhydrique concentré a été additionné. Après incubation de 20 min à température ambiante, l'absorbance a été mesurée à 550 nm contre un blanc.

Une gamme de concentration entre 0 et 2000 µg/mL de catéchine a été préparée pour tracer la courbe d'étalonnage qui permet d'exprimer la teneur des tanins condensés en mg équivalent de catéchine par gramme d'extrait (mg EC/g d'extrait).

I.4.8 Dosage du sucre Dosage des sucres totaux par la méthode au phénol de *Camellia sinensis*

- **Principe**

Les sucres solubles totaux, comprenant le saccharose, le glucose, le fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides, sont quantifiés en utilisant la méthode au phénol de **Dubois et al** (1956). Sous l'action d'acides minéraux concentrés et à chaud, les hexoses et pentoses du milieu subissent une déshydratation interne poussée, suivie d'une cyclisation aboutissant à la formation de dérivés du furfural et 5-hydroxyméthylfurfural, réagissant avec le phénol. La formation d'un complexe jaune-rouge permet de suivre la concentration en sucres totaux de l'échantillon en lisant l'absorbance à 485 nm.

- **Préparation de l'extrait**

Elle consiste à prendre 2 g de matière fraîche et à les placer dans des tubes à essai par la suite à ajouter 3 mL d'éthanol 80:20 (éthanol : eau) afin d'extraire les sucres. Les tubes sont laissés à température ambiante pendant 48h à l'obscurité. Au moment du dosage les tubes sont placés dans l'étuve à 80°C pour faire évaporer l'alcool. Après évaporation, 20mL d'eau distillée sont ajoutés à chaque tube (**Cuiyand et brummer, 2005**).

- **Protocole**

Dans des tubes à essai propres, 1mL de phénol à 5% (le phénol est dilué dans de l'eau distillée) est ajouté à 2mL de la solution à analyser ; puis rapidement 5mL d'acide sulfurique concentrés 96% tout en évitant de verser de l'acide contre les parois du tube sont ajoutés au mélange. Tout le mélange est finalement homogénéisé au vortex. En fin de dosage, les différents tubes sont placés au bain-marie pendant à peu près 20mn à 30°C (la couleur de la réaction est stable pendant plusieurs heures.). Les mesures d'absorbance sont effectuées à une longueur d'onde de 490nm.

I.4.9 Détermination de la teneur en protéine dans *Camellia sinensis* et les infusions par la méthode de Lowry, (1951)

- **Principe**

Les protéines réagissent avec le réactif de Folin-Ciocalteu pour donner des complexes colorés. L'intensité de la coloration dépend de la quantité d'acides aminés aromatiques présents et varie selon les protéines. Les densités optiques sont mesurées à 600 nm.

- **Protocole**

Un gramme/millilitre (matière sèche/ infusion) d'échantillon est ajouté à 25 mL de l'eau physiologique puis filtré ; ensuite 1 mL de chaque filtrat est complété à volume 100 mL avec de l'eau distillée puis conservé dans des tubes à essai au réfrigérateur le temps de préparer les autres réactifs.

Préparer la solution de BSA (Sérum-Albumines bovines) avec de l'eau distillée. (0,025g de BSA dans 100 mL d'eau distillée).

- Préparation du réactif de Lowry (solution A B).

La Solution A est constituée d'un mélange d'Ig de soude (NaOH) et de 5g de Carbonate de sodium (Na_2CO_3) ajouter à 250 mL de l'eau distillée et la solution B est un mélange de 0,125g

sulfate de cuivre (Cu SO₄) et de 0,25g de tartrate double Sodium Potassium ajouté à 25 mL de l'eau distillée.

- **Dosage**

Dans chaque tube contenant 1mL d'échantillon à doser, 5mL de réactifs de Lowry ont été ajoutés puis laisser incuber pendant 10 min, par la suite 0,5 mL de Folin-Ciocalteu dilué à moitié ont été ajoutés dans chaque tube puis agités et finalement les tubes sont incubés pendant 30 minutes à l'obscurité au frais.

La lecture se fait au spectrophotomètre avec une longueur d'onde de 600 nm et les résultats sont exprimés en pourcentage grâce à la courbe de la solution de sérum bovine albumine BSA (annexe 01).

- **Expression des résultats**

La teneur en protéines est déterminée par la formule suivante

$$= \frac{X * 25 * 100}{P}$$

Avec :

C : Teneur en protéines pour un gramme d'échantillon

X : Concentration obtenue à partir de la courbe de la BSA

P : Prise d'essai.

I.4.10 Détermination le taux des lipides totaux dans *Camellia sinensis* (Soxhlet, 1879)

- **Principe**

L'extraction par Soxhlet est une méthode simple et convenable permettant de répéter infiniment le cycle d'extraction avec du solvant frais jusqu'à l'épuisement complet du soluté dans la matière première. Le schéma d'un appareil Soxhlet. Il est composé d'un corps en verre, dans lequel est placée une cartouche en papier-filtre épais (une matière pénétrable pour le solvant), d'un tube siphon et d'un tube de distillation. Dans le montage, l'extracteur est placé sur un ballon contenant le solvant d'extraction. Le ballon est chauffé afin de pouvoir faire bouillir son contenu. La cartouche contenant le solide à extraire est insérée dans l'extracteur, au-dessus duquel est placé un réfrigérant servant à liquéfier les vapeurs du solvant. L'extraction continue jusqu'à l'épuisement de la matière solide chargée dans la cartouche. La séparation du solvant de l'extrait est faite et l'aide d'un rotavapeur. Dans cet appareil on réalise une évaporation sous vide en utilisant une pompe à vide avec une vanne de contrôle. Pendant l'évaporation le ballon est mis en rotation et plongé dans un bain liquide chauffé. L'appareil est

muni d'un réfrigérant avec un ballon collecteur de condensat. La rotation du ballon crée une surface d'échange plus grande et renouvelée permettant donc d'effectuer une évaporation rapide. Ou bien par d'autres méthodes, qui se font par la récupération du solvant (éther de pétrole) et l'étuvage des ballons.

- **Protocole**

Brièvement, de 10g d'échantillon ont été placés dans une cartouche après avoir pesé les ballons vides, puis 300mLhexane son mit dans chaque ballon avec la vésication d'installation d'eau et ensuite l'appareil d'extraction a été allumé pour une extraction d'une durée de 6h. À la fin de l'extraction, les cartouches ont été enlevées et le solvant brut a été récupéré, puis les ballons ont de nouveau été pesés.

- **Expression des résultats**

Le pourcentage la matière grasse extraite est exprimée selon la formule suivante :

$$\%MG = \frac{P1 - P2}{M} * 100$$

Avec :

MG : Matière grasse

P1 : Poids du ballon après extraction

P1 : Poids du ballon avant extraction

M : masse de prise d'essai

1.5 Évaluation l'activité antioxydante de l'extrait de *Camellia sinensis*

- **Détermination de l'activité antioxydante de *Camellia sinensis* et leur infusions**

Les tests proposés pour la mise en évidence du pouvoir antioxydant et antiradicalaire de nos extraits phénoliques ont été réalisés par de test DPPH et test de FRAP et Indice de TBARS

Nous avons évalué le potentiel antioxydant de nos extraits méthanoliques et des infusions en utilisant trois méthodes d'analyse. La première méthode, une technique colorimétrique, emploie un spectrophotomètre UV-Visible pour évaluer la capacité des composés présents dans l'extrait à neutraliser le radical libre DPPH, ou à se convertir en une forme plus stable. Cette mesure donne une indication de l'efficacité antioxydante des composés testés.

La deuxième méthode est une mesure du niveau de peroxydation lipidique dans un échantillon, aussi connu sous le nom de test TBARS. Ce test quantifie la concentration de substances qui réagissent à l'acide thiobarbiturique, qui sont des sous-produits de la dégradation des lipides oxydés.

En plus de ces deux méthodes, nous avons également utilisé le test de FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) pour une évaluation complète du potentiel antioxydant. Ce test mesure la capacité de l'extraction à réduire les ions ferriques (Fe^{3+}) en ions ferreux (Fe^{2+}), ainsi fournissant une autre mesure de son activité antioxydante.

I.5.1 Test de FRAP

- **Principe**

L'évaluation du pouvoir réducteur du fer est basée sur la présence d'un réducteur dans l'échantillon testé capable de donner des électrons pour transformer les ions ferriques (Fe^{3+}) en ions ferreux (Fe^{2+}) dans un milieu réactionnel. Cette réaction est caractérisée par un changement de couleur jaune en une couleur bleue mesurable à 700 nm. Le complexe $\text{FeCl}_3/\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ permet de déterminer la concentration des composés phénoliques participant dans la réduction de fer (**Berker et al.**, 2007).

- **Mode opératoire**

En bref, 1 mL d'extrait ou de standard à différentes concentrations, dilué dans le méthanol, a été mélangé avec 2,5 mL de solution tampon phosphate 0,2 M à pH 6,6 et 2,5 mL de ferricyanure de potassium à 1 % ($\text{K}_3\text{Fe}[\text{CN}]_6$). Le mélange a été incubé dans l'étuve à 50°C pendant 20 min. La réaction a été arrêtée avec 2,5 mL d'acide trichloracétique à 10 %. Après centrifugation à 1000 tr/min pendant 10 min, 2,5 mL du surnageant ont été ajoutés à 2,5 mL d'eau distillée et 0,5 mL de chlorure de fer à 0,1 % (FeCl_3). L'absorbance a été mesurée à 700 nm contre un blanc où l'extrait a été remplacé par le méthanol. L'acide ascorbique a été utilisé comme molécule de référence. Le pouvoir réducteur a été exprimé en concentration efficace médiane (IC_{50}).

I.5.2 Détermination de l'indice TBARS (Genot, 1996)

- **Principe**

Les produits secondaires de l'oxydation des lipides les plus couramment dosés sont les aldéhydes. L'acide thiobarbiturique (TBA) réagit avec le malonaldéhyde (MDA) pour former un complexe de couleur rose et/ou jaune possédant un maximum d'absorption à une longueur d'onde de 532 nm. Il réagit également avec d'autres aldéhydes résultants de l'oxydation des AGPI (l'acide gras polyinsaturé) à longue chaîne. La concentration des substances réactives au TBA (sr- TBA), exprimée en équivalent MDA est évaluée par la lecture de l'absorbance au spectrophotomètre visible des sr-TBA extraite des échantillons par l'acide trichloracétique (TCA).

- **Protocole**

Deux grammes / millilitres (thé brut/ infusion) d'échantillon sont placés dans un tube de 25mL contenant 16mL d'acide trichloracétique (TCA) à 5% (p/v) et éventuellement 100µl d'acide ascorbique (Vitamine C). Le mélange est homogénéisé 3 fois pendant 15 secondes à l'aide d'un homogénéisateur ; le broyat est passé à travers un papier filtre afin d'obtenir un filtrat. Puis 2mL de ce filtrat sont additionnés à 2mL d'acide thiobarbiturique (TBA).

Les tubes fermés sont plongés dans un bain-marie à 70°C pendant 30 minutes et placés dans un bain d'eau froide. La dernière étape consiste à lire à l'aide d'un spectrophotomètre L'absorbance du mélange réactionnel à 532nm et les résultats sont exprimés en mg équivalent MDA (malonaldéhyde)/kg. La coloration reste stable pendant 1 heure.

NB :

TBA= 0,288 %= 0,288g/100mL

TCA= 5%=5g/100

Vitamine C= 0,1%=0,1g/100mL

- Expression des résultats

Les résultats dégagés au cours de ces expériences sont obtenus par la formule suivante :

$$\text{mg équivalent MDA/ kg} = (0,72 / 1,56) * (A_{532} \text{ cor} * v \text{ solvant} * V_f) / PE$$

Avec :

A₅₃₂ cor : l'absorbance.

V solvant : volume de solution de dilution.

V_f : volume du filtrat prélevé.

PE : prise d'essai en gramme.

0,72 / 1,56 : correspond à la prise en compte du coefficient d'extinction moléculaire du complexe TBA-MDA à la valeur de : 1,56.10⁻⁵ M⁻¹.cm⁻¹ (Buedgeet *al.*, 1978) et au poids moléculaire du MDA d'une valeur de 72g. mol⁻¹.

TCA en mL

I.5.3 Test de piégeage du radical DPPH

- **Principe**

Le DPPH (1,1-Diphényle-2-picrylhydrazyl) est considéré comme un radical libre relativement stable à température ordinaire et soluble dans le méthanol. Ce composé chimique possède un électron non apparié sur un atome d'azote, cette délocalisation empêche la dimérisation de ce radical et provoque aussi sa couleur violette. Le DPPH est capable de réagir avec les groupements hydroxyles des molécules antioxydants (gagne un atome d'hydrogène) provoquant une diminution de la coloration violette qui est mesurable à 517 nm par le spectrophotomètre (**Brand-Williams** *et al.*, 1995).

- **Protocole**

Les différents échantillons ont été mesurés en termes de capacité à donner de l'hydrogène ou à piéger les radicaux en utilisant le radical stable DPPH (**Brand-Williams** *et al.*, 1995). 0,75 mL d'une solution méthanolique de l'extrait à différentes concentrations ont été mélangés avec 1,5 mL d'une solution méthanolique de DPPH (20 mg/L). L'absorbance a été mesurée à 517 nm après 20 minutes de réaction.

Le pourcentage de décoloration DPPH de l'échantillon a été calculé selon l'équation :

$$\% \text{ d'inhibition} = [1 - (\text{absorbance de l'échantillon} / \text{absorbance du contrôle})] * 100.$$

La décoloration a été tracée par rapport à la concentration de l'extrait d'échantillon, et une courbe de régression logarithmique a été établie afin de calculer l'IC50 (concentration inhibitrice de 50% de DPPH). L'acide ascorbique a été utilisé comme molécule de référence de la même manière.

I.6 Analyse microbiologique

I.6.1 Préparation de l'échantillon

Une prise de 10 g de déchets de thé fermenté et ajoutée à 90 mL d'eau peptonée dans un bécher stérile. L'eau peptonée est un milieu de culture liquide utilisé pour la croissance des bactéries. Assurez-vous que le thé est bien mélangé avec l'eau peptonée.

1. Homogénéisation

Une agitation vigoureuse du mélange pour disperser les bactéries présentes dans le thé fermenté. Cela peut être fait manuellement ou à l'aide d'un agitateur mécanique.

2. Incubation

Transférez le mélange dans un tube à essai ou un flacon de culture stérile et incubez-le à une température appropriée (généralement autour de 37°C) pendant une période de temps spécifique (généralement 4 jours). Cela permettra aux bactéries lactiques de se multiplier.

3. Ensemencement

Après l'incubation, prenez un échantillon du mélange et étalez-le sur une plaque de gélose MRS (Man Rogosa Sharpe), un milieu de culture spécifique pour les bactéries lactiques. Utilisez une technique d'étalement en série pour diluer l'échantillon et isoler les colonies individuelles de bactéries.

4. Incubation de la plaque

Incubez la plaque à l'envers à une température appropriée (généralement autour de 37°C) pendant 24-48 heures.

5. Identification des colonies

Après l'incubation, examinez la plaque pour les colonies de bactéries lactiques. Elles peuvent être identifiées par leur apparence (forme, taille, couleur) et par des tests biochimiques supplémentaires.

6. Purification

Pour obtenir une culture pure, choisissez une colonie unique et transférez-la sur une nouvelle plaque de gélose, MRS. Répétez, le processus d'incubation.

7. Conservation

Une fois que vous avez une culture pure de bactéries lactiques, elle peut être conservée pour une utilisation future en la stockant à une température appropriée.

I.6.2 Croissance de la bactérie durant la fermentation

Jour 1 - Adaptation : Les bactéries présentes dans le thé commencent à s'adapter à leur nouvel environnement, l'eau peptonée. Pendant cette phase, les bactéries consomment les nutriments disponibles dans le milieu, comme les peptides et les sucres, et commencent à se multiplier.

Jours 2 à 3 - Croissance exponentielle : Les bactéries entrent dans une phase de croissance rapide, où elles se multiplient à un taux exponentiel. Pendant cette phase, les bactéries produisent également des acides lactiques et d'autres produits de fermentation, ce qui entraîne une baisse du pH du milieu.

Jours 4 à 5 - Phase stationnaire et mort cellulaire : À ce stade, les nutriments commencent à s'épuiser et les déchets s'accumulent, ce qui ralentit la croissance bactérienne. Certaines bactéries peuvent entrer dans une phase de dormance ou mourir. Les bactéries qui survivent continuent à fermenter les sucres restants, produisant plus d'acides lactiques et d'autres produits de fermentation.

I.6.3 Isolement et culture de la flore lactique

1. Préparation de la solution mère

Pour la préparation de la solution mère, 1g d'échantillon est placé dans un tube contenant 9mL d'eau physiologique stérile. Le mélange est ensuite agité au vortex (**Begloul, 2011**).

2. Préparation des dilutions décimales

La dilution 10^{-1} a été préparée à partir de 1 mL de la solution mère, ajouté aseptiquement à 9 mL d'eau physiologie stérile. La dilution 10^{-2} a été préparée à partir de 1 mL de la dilution 10^{-1} , de la même manière jusqu'à la dilution 10^{-6} .

3. Purification

Des repiquages successifs et alternes bouillon/gélose sont effectués pour purifier les souches et des colorations de Gram sont réalisées afin de vérifier leurs puretés. Les souches considérées comme pures et qui possèdent les caractéristiques des lactobacilles (petites colonies blanchâtres, Gram +, forme bacille) sont conservées.

Les souches qui n'ont pas été pures ont été réisolées sur boîte et les mêmes étapes citées précédemment ont été suivies. Aussi, les cultures purifiées ont été conservées pour des études macroscopiques et microscopiques (coloration de Gram, catalase).

I.6.4 Identification des souches isolées

L'identification des bactéries lactiques est établie en se basant sur l'étude de leurs caractères morphologiques (examens macroscopique et microscopique) et divers caractères biochimiques : catalase, température de croissance, tolérance au phénol, résistance au pH et aux différentes concentrations de NaCl, API50CH.

I.6.5 Identification morphologique

1- Examen macroscopique

L'examen macroscopique permet de décrire l'aspect des colonies obtenues sur milieux géloses (MRS) en tenant compte des critères suivants : la taille, la forme, la consistance, le contour, la viscosité et la couleur des colonies.

2- Examen microscopique

Coloration de Gram : Ce test a été réalisé sur des cultures jeunes de moins de 24 heures. Un frottis de cellules est réalisé sur une lame. Une coloration de Gram est effectuée. Ensuite, le frottis est observé au microscope sous immersion au grossissement X 100. Les isolats ayant une coloration violette sont Gram positif (+) tandis que ceux présentant une coloration rose sont Gram négatifs (-).

I.6.6 Identification biochimique et physiologique

- **Test de la catalase**

Le test de la catalase sert à démontrer si la bactérie possède l'enzyme catalase servant à décomposer le peroxyde d'hydrogène. La détermination de l'activité catalytique consiste à prélever une colonie sur gélose MRS et la déposer sur une goutte d'eau oxygénée (H₂O₂) l'apparition de bulles révélant le dégagement d'oxygène indique que la bactérie possède l'enzyme catalase (Ahmed et Irene, 2007).

- **Test de croissance à différentes Températures**

Ce test consiste à ensemercer les bactéries dans des tubes qui contiennent 5mL de MRS bouillon. La croissance est appréciée par un trouble du milieu après 24 h à 72 h (jusqu'à une semaine) à différentes températures 45°, 10 °C, 6°C et 60°C (au bain-marie pendant 30 min puis incubé à 37°C).

- **Tolérance au chlorure de sodium (NaCl)**

La méthode consiste à ensemercer les bactéries dans des tubes contenant 5 mL de Milieu MRS à différentes concentrations de NaCl à 2%, 3%, 4%, 6,5%, 10% .et les incuber à 37°C pendant 24 h à 72 h. Après incubation, la croissance de ces bactéries se manifeste par un trouble du milieu.

- **Test de tolérance au pH**

Les isolats sont ensemençés dans 5 mL de MRS bouillon dont le pH est ajusté à 9,04 (hyperalcalin) par l'addition d'une solution de NaOH (1N) et ajusté à 2,5 et 3 le pH abaissé par solution Hcl. Puis incuber à 37°C, la croissance est appréciée par un trouble du milieu après 24h à 72 h.

- **Test de tolérance au Phénol**

Ce test consiste à ensemencer les bactéries dans 5 mL de MRS bouillon à deux concentrations à savoir 0,2% et 0,5% de phénol puis incubé à 37°C pendant 24h à 72h. La croissance de ces bactéries est appréciée par un trouble du milieu.

- **Test de Mannitol (fermentation de sucre)**

- **Principe**

Réalisé sur milieu mannitol mobilité, permet de rechercher la fermentation du mannitol et de vérifier la mobilité du germe. Le mannitol est un produit de réduction du mannose. La dégradation en anaérobiose du mannitol conduit à la formation du fructose dont l'attaque conduit elle-même à la formation d'acides à chaînes courtes.

- **Technique**

À l'aide d'une anse de platine, le milieu mannitol-mobilité est ensemencé par piqûre centrale et incubé à 37°C pendant 24h à 48h.

- **Caractère homo ou hétéro fermentaire**

Ce caractère est mis en évidence sur le bouillon de MRS. Le milieu est réparti dans des tubes à essai contenant des cloches, stérilisés à 120°C durant 15 min. Après inoculation, 5 mL de MRS sont ajoutés dans chaque tube puis la souche est ensemencée, les homofermentaires se développent dans le milieu en utilisant le sucre, mais ne produisent pas de gaz. Au contraire les hétérofermentaires produisent du CO₂ qui se manifeste comme des bulles de gaz dans les cloches.

- **Identification moléculaire par Galerie Api 50CH**

Principe

Le principe d'identification de la galerie API est le même que celui enzyme/substrat. Chaque cupule contient un substrat différent sur lequel le microorganisme va réagir. Chaque bactérie ayant des affinités avec un ou plusieurs substrats.

- **Mode opératoire**

Prélever une colonie et l'introduire dans un flacon de Mc Farland (Biomérieux) contenant 2mL d'eau distillée, une turbidité moyenne indique que la concentration en bactéries est

suffisante. Introduire le contenu du flacon dans une suspension médium (api 50CHL médium, Biomérieux). Remplir chaque puits avec la suspension bactérienne obtenue et déposer dans chaque cupule une goutte d'huile de paraffine pour créer l'anaérobiose. Les creux du support de la galerie doivent être remplis d'eau distillée (pour créer une atmosphère humide), puis la galerie posée dans le support et le couvercle posée par-dessus. On fera attention à ne prélever qu'une seule colonie par identification pour ne pas que celle-ci soit faussée. On note la date, l'heure et la souche prélevée avant de passer la galerie à l'étuve.

➤ **Lecture**

Un tableau est fourni avec les galeries. Au bout de 48h d'incubation, pour chaque puits, on note « + » si la réaction d'acidification a eu lieu (coloration jaune) et « - » dans le cas contraire (coloration violette).

I.7 Fabrication de breuvage (l'application de la bactérie lactique isolée)

I.7.1 Préparation du substrat

1) Carotte

Les carottes ont été lavées et épluchées puis mélangées à l'aide d'un mixeur avec 500 mL d'eau. Enfin, une étape de filtration a été effectuée dans le but de récupérer le jus. Un mélange de fructose et d'eau distillée mélangé à une concentration de 10 % a été ajouté au jus filtré et finalement ce dernier a été pasteurisé pendant 5 min à 75°C (**Fessard, 2017**) à l'aide d'un bain-marie avec contrôle de température et refroidi à température ambiante avant fermentation.

2) L'infusion de thé :

Le fructose a été ajouté dans de l'eau distillée afin d'atteindre une concentration de 10 % qui ont été ajoutés à l'infusion du thé à froid à 20°C puis pasteurisés pendant 5 min à 75°C (**Fessard, 2017**) ensuite refroidis à température ambiante avant fermentation.

3) Préparation des souches

Les souches lactobacilles de fermentation ont été réactivées pendant 48 h à 37°C dans 5mL de bouillon MRS. ensuite, les précultures ont été incubées à 37°C pendant 48 h. Après centrifugation à 8000 x g pendant 5 min, le culot cellulaire a été lavé deux fois avec du tampon phosphate salin (**PBS**).

4) Fermentation

Avec le volume approprié, 50 mL de jus de carottes ou de thé vert ont été inoculés avec 0,5% de culture concentrée. Les substrats ont été incubés à 37°C sans agitation pendant 18h jusqu'à pH=5 pour le thé et 4,7 pour le jus de carotte. Par la suite, les produits fermentés ont été incubés à -20 °C pendant 15 min pour arrêter la fermentation puis conservés à froid.

5) Préparation du lait fermenté

- **Préparation de la culture mère**

Cette partie a été effectuée dans un environnement aseptique pour éviter la contamination.

1. Culture mère : sous-cultiver des *S. thermophilus* et les *lactiplanti bacillus plantarum subsp* (TF17) indépendamment à 37 °C pendant 16-20 h dans SMY.

2. Démarreur mère : Inoculer 1 % de la culture mère Independent dans le milieu SMY et cultivé à 37°C pendant 16-20 h.

3. Ensemencer 1 % des deux mères le vante au milieu SM au rapport de *S. thermophilus* à *lactiplanti bacillus plantarum subsp* de 50:50.

4. Cultivez à 37-43 °C jusqu'à avoir (≈pH 4,6).

5. Refroidissez le milieu de culture dans un bain d'eau froide et conservez-le dans un réfrigérateur.

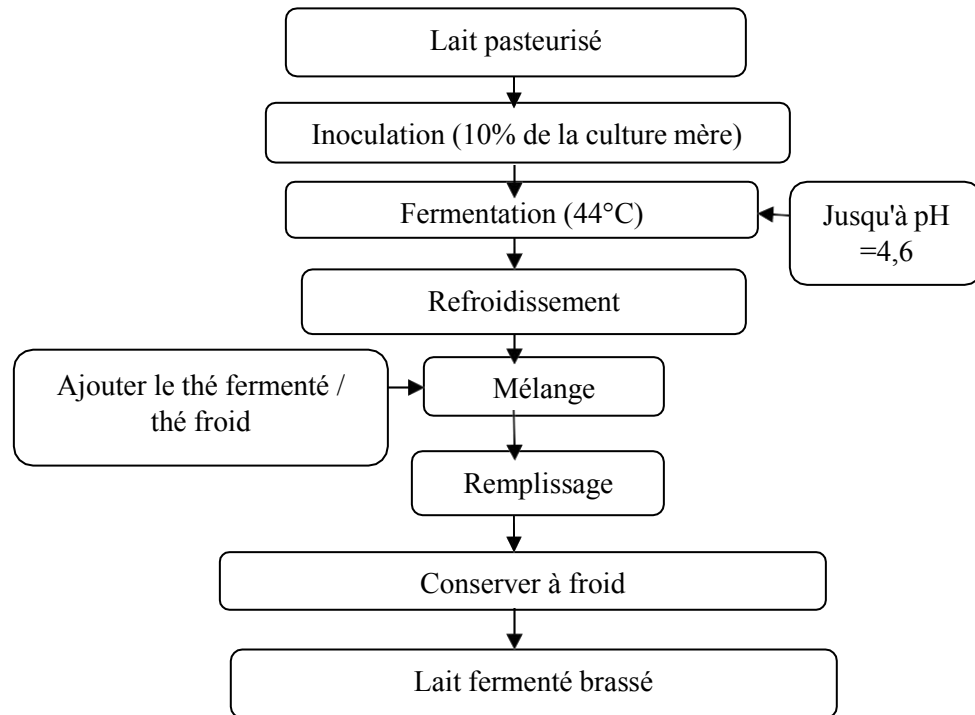


Figure 60: Processus de fabrication du lait fermenté (Nagaoka, 2019).

I.8 Analyses statistiques

Les résultats obtenus ont subi une analyse statistique suivie de comparaison des moyennes suivant le test de Newman et Keuls par le logiciel SAS version 9 année 2018.

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans ce projet, nous avons exploré la valorisation des déchets de thé en tant que source de bactéries lactiques, pour la production de boissons fermentées à base de fruits, de légumes et de lait. L'objectif était de transformer les déchets en produits utiles, contribuant ainsi à une économie circulaire et durable.

Nos recherches ont permis de mettre en évidence la richesse des déchets de thé en bactéries lactiques, des micro-organismes bénéfiques pour diverses applications. Nous avons réussi à isoler des souches spécifiques de ces bactéries à partir de déchets de thé, et à étudier leur capacité à fermenter des préparations à base de thé vert et noir, de lait et de jus de carotte.

Nos résultats ont montré que ces bactéries lactiques sont non seulement capables de fermenter ces préparations, mais qu'elles peuvent également améliorer leurs propriétés antioxydantes, ce qui pourrait contribuer à la lutte contre certains troubles métaboliques, tels que le diabète et l'obésité, très présents dans la population algérienne.

En outre, nous avons pu constater que les boissons fermentées produites étaient agréables au goût, ce qui suggère un potentiel commercial significatif. Ces boissons pourraient non seulement offrir aux consommateurs de nouvelles options gustatives, mais aussi apporter des bénéfices pour la santé.

Cependant, d'autres recherches seront nécessaires pour optimiser le processus de fermentation et pour examiner les effets à long terme de la consommation de ces boissons fermentées sur la santé humaine. De plus, des études de marché seront nécessaires pour évaluer l'acceptation de ces nouveaux produits par les consommateurs.

En conclusion, cette étude a ouvert de nouvelles perspectives pour la valorisation des déchets de thé et a contribué à notre compréhension du potentiel des bactéries lactiques pour la production de boissons fermentées bénéfiques pour la santé. Elle a également souligné l'importance d'une économie circulaire et durable, dans laquelle les déchets sont transformés en produits utiles, contribuant ainsi à la protection de notre environnement.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

- AFNOR (Association française de Normalisation), 1985, Aliments des animaux, méthodes d'analyses françaises et communautaires, 2^e édition, 200p.
- Aguilar Zarate, P., Cruz, M.A., Hernandez, Montanez, J.C., Belmares Cerda, R.E., and Aguilar C.N. (2014). "Bacterial Tannases: Production, Properties and Applications". *IngenieringQuimica*13, 63–74.
- Ali-Rachedi F, Meraghni S, Touaibia N et Mesbah S, 2018, Analyse quantitative des composés phénoliques d'une endémique Algérienne *Scabiosa Atropurpurea sub. Maratima L.*, *Bulletin de la société royale des sciences de Liège*, 87,13-21.
- Alizadeh, S. R., and Ebrahinzadeh, M. A. (2022). O -GLYCOSIDE quercetin derivatives: Biological activities, mechanisms of action, and structure–activity relationship for drug design, a review. *Phytotherapy Research* 36, 778–807. doi: 10.1002/ptr.7352.
- Ahmad Faris Mahd Adnan,Irene K.P.Tan ,2007.isolation of lactic acid bacteria from Malaysian foods and assessment of the isolates for industrial potential.*bioresource Technology.*,98:1380-1385.
- Albadani, A., & Ibrahim, Y. (2014). Effets bénéfiques du thé sur la santé humaine. *Journal of Tea Research*, 23(2), 45-56.
- Béal C et Sodini I, 2012, Fabrication des yaourts et des laits fermentés, techniques de l'ingénieur, f6315, Paris-France, 16p.
- Béal C, Helinck S. Fabrication des yaourts et des laits fermentés. Fabrication des yaourts et des laits fermentés, F6315, 2019, Techniques de l'Ingénieur. f6315-03519802.
- Behl T, Bungau S, Kumar K, Zengin G, Khan F, Kumar A, Kaur R, Venkatachalam T, Tit DM, Vesa CM, Barsan G, Mosteanu DE. 2020. Pleotropic Effects of Polyphenols in Cardiovascular System. *Biomed Pharmacother.* 130:110714.
- Belkheir Kh, 2017, Caractérisation de nouvelles souches de bactéries lactiques isolées du lait de chamelle d'Algérie, Réalisation de ferments lactiques : Génie microbiologique, Thèse de doctorat, Université Oran 1 Ahmed Ben Bella, Algérie.
- Benaoun, F. (2018). Caractérisation structurale et potentielle biologique des polysaccharides issus de *Plantago notata* Lagasca (Plantaginaceae) et *Urginea noctiflora* Batt.Trab (Liliaceae). 231.
- Bourgou S., Serairi Beji R., Medini F. et al, (2016). Effet du solvant et de la méthode d'extraction sur la teneur en composés phénoliques et les potentialités antioxydantes d'*Euphorbia helioscopia*. *Journal of New Sciences, Agriculture and Biotechnology*, 28(12) :1649-1655.
- Buruleanu, L., and Manea, I. (2006).influence des traitements thermiques sur la composition des jus végétaux– substrats pour la fermentation lactique
- Barbosa, P. et al. (2022). "Antibacterial Activity of Kombucha Made from Black and GreenTea." *Journal of Food Safety*, vol. 42, no. 1, pp. e12847.
- Berker, K. I., Ozdemir Olgun, F. A., Ozyurt, D., Demirata, B., Apak, R. (2007). Modified Folin-Ciocalteu antioxidant capacity assay for measuring lipophilic antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(11), 4233-4239.
- Bernardeau, M., Guguen, M., & Vernoux, J. P. (2006). Beneficial lactobacilli in food and feed: long-term use, biodiversity and proposals for specific and realistic safety assessments. *FEMS Microbiology Reviews*, 30(4), 487-513.

Références bibliographiques

- Biryomumaisho, S. et al. (2023). "Flavonoid Content in Green and Black Tea: A Comparative Study." *Journal of Nutritional Science*, vol. 52, no. 2, pp. 234-241.
- Boizot, N., & Charpentier, J.-P. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. INRA - Amélioration, Génétique et Physiologie Forestières, Laboratoire d'Analyses Biochimiques, Numéro spécial, 1-10.
- Brand-williams W., Cuvelier M.E., Berset C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie*. 1995, 28(1): 25-30.
- Buedge, J.A. and Aust, S.D. (1978) Microsomal lipid peroxidation. In *Biomembranes (Part C: Biological Oxidation)*, Methods in Enzymology, Fleisher S.F. & Packer L. (Eds.) London Academic Press; Vol.52, 302-309.
- Buruleanu, L., and Manea, I. (2006). influence des traitements thermiques sur la composition des jus végétaux- substrats pour la fermentation lactique
- Cai, H., Zhu, X., Peng, C., Xu, W., Li, D., Wang, Y., et al. (2016). Critical factors determining fluoride concentration in tea leaves produced from Anhui province, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 131, 14–21. doi: 10.1016/j.ecoenv.2016.04.023.
- Calderón M & Ponce-Alquicira, 2018, Fruits: A Source of Polyphenols and Health Benefits, In book: *Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes* (pp.189-228), <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811518-3.00007-7>
- Chang C.C, Yang M.H, Wen H.M, et Chern J.C, 2002, estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colometric methods, *Journal of food and drug analysis*, 10 (3), 178-182.
- Chang, M.-Y., Lin, Y., Chang, Y.-C., Huang, W.-Y., Lin, W.-S., Chen, C.-Y., & Huang, S.-L. (2020). Effects of Infusion and Storage on Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Black Tea. *Applied Sciences*, 10(8), 2685.

Références bibliographiques

- Chang, M.-Y., Lin, Y.-Y., Chang, Y.-C., Huang, W.-Y., Lin, W.-S., Chen, C.-Y., et al. (2020). Effects of Infusion and Storage on Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Black Tea. 10
- Chartier F. (2016). Thé histoire, terroirs, saveurs. Edition de l'homme, Canada : 9- 32.
- Chou YC, Ho CT, Pan MH. Stilbènes : chimie et mécanismes moléculaires de l'anti-obésité. *Rapports de pharmacologie actuels* 2018;4(3):202-9.
- Chung, M., Zhao, N., Wang, D., Shams-White, M., Karlsen, M., Cassidy, A., ... Wallace, T. C. (2020). Dose-Response Relation between Tea Consumption and Risk of Cardiovascular Disease and All-Cause Mortality: A Systematic Review and MetaAnalysis of Population-Based Studies. *Advances in Nutrition (Bethesda, Md.)*, 11(4), 790–814
- Clement V. (2004). Thé, café, chocolat : trois boissons d'usage cosmétique. Thèse de doctorat, Université de Nantes : 8.
- Curtay J. P. (2015). Les antioxydants, les polyphénols et les cancers-à propos de l'étude SELECT. Site de consultation : La Nutri thérapie.fr. Date de consultation :27/11/17.
- Cutrim C.S et Cortez M.A.S, 2018, A review on polyphenols: Classification, beneficial effects and their application in dairy products, *International Journal of Dairy Technology*, 71(3), 564-578.
- De Araujo F-F., De Paulo Farias D., Neri-Numa A-I. et al. (2020). Polyphenols and their implications: An approach in Food chemistry and innovation potential. *Food Chemistry*. (20): 1-47.
- Destryana, R.A. et al. (2022). ANTIOXIDANT CAPACITY AND TOTAL PHENOLS OF WILD POINSETTIA (*Euphorbia heterophylla*) AS POTENTIAL TEA INFUSION PRODUCT. *Malaysian Applied Biology Journal*, 51(3), 2225.
- Dieusait C, 2018, Les vertus naturelles du thé dans la lutte contre la carie dentaires, thèse de doctorat, Sciences du Vivant, Université Paris Descartes, France, 58p.
- Du, N. et al. (2023). Effects of Multiple Freeze-Thaw Cycles on Protein and Lipid Oxidation, Microstructure and Quality Characteristics of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fishes*, 8(2), 108.
- DUBOIS M., GILLESK L., HAMITLON J., REBERG A et SMITH F.(1956).
- Dai, X. et al. (2022). "Effect of Tea Polyphenols on the Quality of Plant-Based Meats." *Journal of Food Science*, vol. 87, no. 4, pp. 1001-1008.
- Damiani, E., Bacchetti, T., Padella, L., Tiano, L., & Carloni, P. (2014). Antioxidant activity
- Das, A. et al. (2022). "Flavonoid Content in Different Types of Tea." *Journal of Food Chemistry*, vol. 130, no. 4, pp. 789-795.
- Destryana, R.A. et al. (2022). ANTIOXIDANT CAPACITY AND TOTAL PHENOLS OF WILD POINSETTIA (*Euphorbia heterophylla*) AS POTENTIAL TEA INFUSION PRODUCT. *Malaysian Applied Biology Journal*, 51(3), 2225.
- Duboc P et Mollet B, 2001, Applications of exopolysaccharides in the dairy industry, *International dairy journal*, 11 (9), 759-168.
- Ehsani, N., Ziarati, P., & Salami, M. (2021). Study on lead levels in infusion time of imported green and black tea (*Camellia sinensis* L). *Islamic Azad University*, 31(2), 173.
- Fang, Q.-T., Luo, W., Zheng, Y.-N., Ye, Y., Hu, M., Zheng, X., Lu, J.-L., Liang, Y., & Ye, J. (2022). Identification of Key Aroma Compounds Responsible for the Floral Ascents of Green and Black Teas from Different Tea Cultivars. *Molecules*, 27(9), 2809. <https://doi.org/10.3390/molecules27092809>

Références bibliographiques

FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020.

Fauziyah, R. S., Purwanto, D. A., & Darmawati, A. (2022). The Effect of Manalagi Apple Juice (Malus Sylvestris Mill) on Stability and Antioxidant Activity of Black Tea. Berkala Ilmu Kesehatan Kulit dan Kelamin, 9(2), 42679. <https://doi.org/10.20473/bikfar.v9i2.42679>

Fessard A, 2017, Recherche de bactéries lactiques autochtones capables de mener la fermentation de fruits tropicaux avec une augmentation de l'activité antioxydante, theses de doctorat, Université de la Reunion, 192p.

Garg, A. (2021). Quantitative Analysis of Caffeine in the Green Tea, Black Tea and Soft Drink Using UV-Visible Spectrophotometer. Indian Journal of Science and Technology, 14(37), 2241.

Références bibliographiques

- Gilles C, 2011, La fermentation lactique et son utilisation dans la fabrication du yaourt.
- Groosman M, 2011, Tea Sector Overview, *The sustainable trade initiative*, 14p.
- Gunec, C. B. (2023). A Mini Review on The Relationship Between Coffee And Tea Consumption And Iron Absorption in The Gut – Iron Deficiency Anemia. *Journal of Jazan Community Medicine and Research*, 2023(3), 145.
[https://doi.org/10.47363/jjcmr/2023\(3\)145](https://doi.org/10.47363/jjcmr/2023(3)145)
- Harborne J.B, 2013, *The flavonoids: advances in research since 1980*, Springer New York, État de New York, 621p.
- Genot, C. (1996) Some factors influencing TBA test. Report of diet-ox project (AIRIII-CT92-1577).
- Henning, S. M., Niu, Y., Lee, N. H., Thames, G. D., Minutti, R. R., Wang, H., & Heber, D. (2003) . Bioavailability and antioxidant activity of tea flavanols after consumption of green tea, black tea, or a green tea extract supplement. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 77(3), 880-886.
- (2004)
- Hernández-Pérez, M., Rabanal-Ruiz, Y., Olea-Azar, C., & González-Andrade, M. (2019). Flavonoids and Cardiovascular Health. *Molecules*, 24(23), 4321.
- Heshmati, A., Mehri, F., Karami-Momtaz, J., & Khaneghah, A. (2020). The concentration and health risk of potentially toxic elements in black and green tea—both bagged and loose-leaf. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 12(3).
- Higdon, J. V., & Frei, B. (2003). Tea catechins and polyphenols: health effects, metabolism, and antioxidant functions. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43(1), 89-143
- Heber, D. et al. (2014). "Comparative Study of Polyphenol Content in Green, Black, and Oolong Tea." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 62, no. 31, pp. 7859-7866.
- Islam, M. S., Ahmed, M. K., & Habibullah-Al-Mamun, M. (2015). Determination of heavy metals in the river water, sediment and fishes from Bangladesh. *Journal of Hazardous Materials*, 186(2-3), 1538-1544.
- Jabbar, S., Abid, M., Hu, B., Wu, T., Hashim, M. M., Lei, S., Zhu, X. and Zeng, X. (2014). "Quality of carrot juice as influenced by blanching and sonication treatments." *LWT-Food Science and Technology* 55(1): 16-21.
- Jakubczyk, K., et al. (2020). Antioxidant Properties and Nutritional Composition of Matcha Green Tea. *Foods*, 9(4), 483.
- Jakubczyk, K., Kupnicka, P., Melkis, K., Mielczarek, O., Walczyńska, J., Chlubek, D., & Janda-Milczarek, K. (2022). Effects of Fermentation Time and Type of Tea on the Content of Micronutrients in Kombucha Fermented Tea. *Nutrients*, 14(22), 4828.
<https://doi.org/10.3390/nu14224828>
- Jayawardena, N., Watawana, M. I., Jayathilaka, N., & Waisundara, V. Y. (2019). The contribution of polyphenols to antioxidant activity of infusions from Sri Lankan tea varieties. *Food Chemistry*, 278, 1-7.
- Jha, V. et al. (2022). Random UV-Mutagenesis of *Lactobacillus* Species for the Generation of a Mutant with Better Probiotic Potential. *Journal of Food Technology and Nutrition Science*, 2022(4), 153.
- Jin, J., Wang, H., & Lin, Y. (2013). Tea and cardiovascular health. *Molecules*, 18(8), 10317-

Références bibliographiques

10330.

Jówko, E., Sacharuk, J., Balasińska, B., Ostaszewski, P., Charmas, M., & Charmas, R. (2020). Green and Black Tea in Cardiovascular Disease Prevention. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(11), 4104.

Références bibliographiques

- Katiyar SK., Mukhtar H. Tea antioxidants in cancer chemoprevention. *J Cell Biochem Suppl.* 1997; 27:56-67.
- Kawahara, M., and Kato-Negishi, M. (2011). Link between Aluminum and the Pathogenesis of Alzheimer's Disease: The Integration of the Aluminum and Amyloid Cascade Hypotheses. *International Journal of Alzheimer's Disease* 2011, 1–17. doi: 10.4061/2011/276393
- Kc, Y., Parajuli, A., Khatri, B. B., & Shiwakoti, L. D. (2020). Phytochemicals and Quality of Green and Black Teas from Different Clones of Tea Plant. *Journal of Food Quality*, 2020, 8874271. <https://doi.org/10.1155/2020/8874271>
- Khan N., & Mukhtar H., (2007). Tea polyphenols for health promotion. *Life Science*, 81: 519-533.
- Khattak, K. F., Simpson, T. J., & Iqbal, M. (2018). Exploring the Chemical Composition and Health Benefits of Tea. *Food Science and Nutrition*, 6(7), 1793-1801.
- Kim, Y.S., Park, S.J, Cho, Y. H., and Park, J. (2001). "Effects of combined treatment of high hydrostatic pressure and mild heat on the quality of carrot juice." *Journal of Food Science* 66:1355-1360
- Klepacka, J., Tońska, E., Rafałowski, R., Czarnowska-Kujawska, M., and Opara, B. (2021). Tea as a Source of Biologically Active Compounds in the Human Diet. *Molecules* 26, 1487. doi: 10.3390/molecules26051487.
- Koch, W., Kukuła-Koch, W., Czop, M., Baj, T., Kocki, J., Bawiec, P., ... & Głowniak, K. Kopjar, M., Tadić, M., & Piližota, V. (2015). Phenol content and antioxidant activity of green, yellow and black tea leaves. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 2, 28. <https://doi.org/10.1186/s40538-014-0028-7>
- Krga I et Milenkovic D, 2019, Anthocyanins: From Sources and Bioavailability to Cardiovascular-Health Benefits and Molecular Mechanisms of Action. *Journal of agricultural and food chemistry*, 67 (7), 1771-1783., doi: 10.1021/acs.jafc.8b06737.
- Krieps M. (2009). Le thé : origine, actualité et potentialités –Thèse d'exercice : pharmacie, Nancy, 213p.
- Kumar H, Choudhary N, Varsha KN, Suman SR. Composés phénoliques et leurs bienfaits pour la santé : une revue. *J Food Res Technol* 2014;2:46-59.
- Kumar Singh A., Cabral C., Kumar R. et al. (2019). Beneficial Effects of Dietary Polyphenols on Gut Microbiota and Strategies to Improve Delivery efficiency. *Nutrients*. 11 (2216): 1-21.
- Kumar V.P, Chauhan N.S, & Rajani H.P.M. (2006). Search for antibacterial and antifungal agents from selected Indian medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacologie*, 107:182-1888
- Kursad Y, Kultigin C, avus O, Ertan O et Emine Y, 2009. Protective effect of royal jelly and green tea extracts effect against cisplatin-induced nephrotoxicity in mice: a comparative study. *Journal of medicinal food*, 1136-1142.
- Kursad, E., Ozden, O., & Kusvuran, S. (2009). Tea and Health: Studies in Humans. In *Tea in Health and Disease Prevention* (pp. 1-11). Academic Press.
- Kopjar, M. et al. (2015). "Tannin Content in Different Types of Tea." *Food Research International*, vol. 66, pp. 20-26.
- Kazancgil, E., Demirci, T., Öztürk-Negi, H. İ., & Akin, N. (2019). Isolation, technological characterization and in vitro probiotic evaluation of *Lactococcus* strains from traditional Turkish skin bag Tulum cheeses. *Annals of Microbiology*, 69, 1275-1287.

Références bibliographiques

La Torre, C., Fazio, A., Caputo, P., Plastina, P., Caroleo, M., Cannataro, R., & Cione, E. (2021). Effects of Long-Term Storage on Radical Scavenging Properties and Phenolic Content of Kombucha from Black Tea. *Molecules*, 26(18), 5474.

<https://doi.org/10.3390/molecules26185474>

Lall S.P et Kaushik S.J, 2021, Nutrition and Metabolism of Minerals in Fish, *Animals (Basel)*. 11 (9) , 2711. doi: 10.3390/ani11092711.

Lanciotti R, Patrignani F, Bagnolini F, Guerzoni M et Gardini F (2003) Evaluation of diacetyl antimicrobial activity against *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus*, *Food Microbiol* 20:537–543.

Lantano, C., et al. (2015). Effects of alternative steeping methods on composition, antioxidant property and colour of green, black and oolong tea infusions. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 8276–8283.

Li, W., Ye, T., Huang, B., Li, Y., Li, C., & Zhu, Y. (2019). Black Tea: Chemical Analysis and Stability. *Food Research International*, 119, 227-238.

Lian, Z. et al. (2023). Epicatechin Inhibited Lipid Oxidation and Protein Lipoxidation in a Fish Oil-Fortified Dairy Mimicking System. *Foods*, 12(7), 1559.

Lowry O.H, Rosebrough N.J, Farr A.L et Randall R.J, 1951, Protein measurement with the folin phenol reagent, *Biol Chem*, 193 (1), 256-275.

Lin, X. et al. (2022). "Lipid Content in Green and Black Tea: A Comparative Study." *Journal of Food Lipids*, vol. 29, no. 1, pp. 65-72.

Mazurek, L., Nowak, D., & Kowalski, R. (2023). Impact of Infusion Temperature on Fluoride Content in Tea. *Journal of Food and Nutrition*, 35(2), 67-76.

Mabberley's Plant-book – a portable dictionary of plants, their classification and uses. 4th edition. D. J. Mabberley. 1102 pp., 2017. Cambridge University Press.

Macheix, J.J., Fleuriet A., Jay-Allemand C. (2005). Les composés phénoliques des végétaux. Edition Les Presse Polytechniques et Universitaires Romandes, Loussane. (p. 1-14)

Mahmood T, Akhtar N et Ali Khan B, 2010. the morphology, characteristics, and medicinal properties of *Camellia sinensis* tea. *Journal of Medicinal Plants Research*, 2028-2033.

Mahmood, T., Anwar, F., Abbas, M., Boyce, M. C., & Saari, N. (2010). Compositional variation in essential oils from different parts of the indigenous cinnamon (*Cinnamomum osmophloeum*) leaves using three extraction methods. *Molecules*, 15(10), 6939-6951.

Mahmood, T., Anwar, F., Abbas, M., Saari, N., & Afzal, M. (2010). The composition of tea and its main constituents. *Journal of Food Science and Technology*, 47(2), 131-142.

Malinowska, E., Inkielewicz, I., Czarnowski, W., & Szefer, P. (2013). Assessment of fluoride concentration and daily intake by human from tea and herbal infusions. *Food and Chemical Toxicology*, 56, 296-302.

Martinović, M., Krgović, N., Nešić, I., Zugic, A., & Tadić, V. (2022). Conventional vs. Green Extraction Using Natural Deep Eutectic Solvents—Differences in the Composition of Soluble Unbound Phenolic Compounds and Antioxidant Activity. *Antioxidants*, 11(11), 2295. <https://doi.org/10.3390/antiox11112295>

McKay, DL; Blumberg, JB Le rôle du thé dans la santé humaine : Une mise à jour. *Confiture. Coll. Nutr.* 2002 , 21 , 1–13.

Miliauskas S, Venskutonis P.R, et Van Beek T.A, 2004, Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts, *Food chemistry*, 85,231-237.

Melini F, Melini V, Luziatelli F, Grazia Ficca A et Ruzzi M, 2019, Health-Promoting

Références bibliographiques

- Components in Fermented Foods: An Up-to-Date Systematic Review, *Nutrients*, 11 (5): 1– 24. <https://doi.org/10.3390/nu11051189>.
- Miliauskas S, Venskutonis P.R, et Van Beek T.A, 2004, Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts, *Food chemistry*, 85,231-237.
- Mohan M, Jeevanandan G et Mithun S, 2018, The role of green tea in oral health - A review, *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 11 (4), 1-3.
- Morand C. (2013). Les polyphénols du thé et de cacao ont-ils des effets de santé? *Phytothérapie*: 1-4
- Morin M.P, Bedran T.B, Fournier-Larente J, Haas B, Azelmat J et Grenier D, 2015, Green tea extract and its major constituent epigallocatechin-3-gallate inhibit growth and halitosis-related properties of *Solobacterium moorei*, *BMC Complement Altern Med*, 15, 48. Doi: <https://doi.org/10.1186%2Fs12906-015-0557-z>
- Mossion A. (2007). Etude de la composition minérale et organique des liqueurs de thé et leurs caractéristiques organoleptiques. Thèse de doctorat, Université de Toulouse : 21.
- Mukherjee, P.K., Nema,N.K., Maity, N., and Sarkar, B.K. (2013). "Phytochemical therapeutic Nadeem, M., Ubaid, N., Qureshi, T. M., Munir, M., and Mehmood, A. (2018).Effect of ultrasound and chemical treatment on total phenol, flavonoids and antioxidant properties on carrot-grape juice blend during storage.*Ultrasonics Sonochemistry*.45:1–6.
- Najgebauer-Lejko, D. (2014). Effect of green tea supplementation on the microbiological, antioxidant, and sensory properties of probiotic milks. *Dairy Science & Technology*, 94(4), 327–339.
- Namukobe, J., Kasenene, J. M., Kiremire, B. T., Byamukama, R., Kamatenesi-Mugisha, M., Krief, S., Dumontet, V., & Kabasa, J. D. (2015). Traditional plants used for medicinal purposes by local communities around the Northern sector of Kibale National Park, Uganda. *Journal of Ethnopharmacology*, 163, 41-56.
- Narotzki B, Beznich A.Z, Aizenbud D et Levy Y, 2012, Green tea: a promising natural product in oral health, *Arch Oral Biol*, 57 (5), 429-35.
- Nguyen, Q., & Chuyen, H. V. (2020). Processing of Herbal Tea from Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.): Effects of Drying Temperature and Brewing Conditions on Total Soluble Solid, Phenolic Content, Antioxidant Capacity and Sensory Quality. *Beverages*, 6(1), 2.
- Nguyen, T.T. et al. (2022). Factors affecting lipid oxidation in the soybean fermentation by *Bacillus subtilis*. *Vietnam Journal of Science and Technology*, 64(11), 54-58.
- Nikolić I.Lj, Savić-Gajić I.M, Tačić A.D, van M. Savić I.M, 2017, Classification and biological activity of phytoestrogens: A review, *Advanced Technologies*, 6 (2):96-106. DOI:[10.5937/savteh1702096N](https://doi.org/10.5937/savteh1702096N)
- Nkhata, S. G., Ayua, E., Kamau, E. H., & Shingiro, J. B. (2018). Fermentation and germination improve nutritional value of cereals and legumes through activation of endogenous enzymes. *Food Science & Nutrition*, 6(8), 2446–2458. <https://doi.org/10.1002/fsn3.846>
- Nkhata, SG, Ayua, E, Kamau, EH, Shingiro, J-B. La fermentation et la germination améliorent la valeur nutritionnelle des céréales et des légumineuses grâce à l’activation d’enzymes endogènes. *Alimentation Sci Nutr*. 2018; 6: 2446 à 2458. <https://doi.org/10.1002/fsn3.846>
- Nkhili E, 2009, Polyphénols de l’Alimentation : Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant.,Thèse de Doctorat : Sciences des Aliments.,UCA : Marrakech, 378p.
- Nur, S., Aisyah, A., Fadri, A., Sharfianty, Sapra, A., & Sami, F. (2021). Comparative study of catechin levels from green tea, oolong tea and black tea product with various treatments. *Global Scientific Journal of Biological, Pharmaceutical and Chemical Sciences*, 14(1), 416.

Références bibliographiques

- Nguyen, Q., & Chuyen, H. V. (2020). Processing of Herbal Tea from Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.): Effects of Drying Temperature and Brewing Conditions on Total Soluble Solid, Phenolic Content, Antioxidant Capacity and Sensory Quality. *Beverages*, 6(1), 2.
- Ogle, N. (2009). Green tea *Camellia sinensis*. 6p.
- Ohgitani, E., Shin-Ya, M., Ichitani, M., Kobayashi, M., Takihara, T., Kawamoto, M., Kinugasa, H., & Mazda, O. (2021). Significant Inactivation of SARS-CoV-2 In Vitro by a Green Tea Catechin, a Catechin-Derivative, and Black Tea Galloylated Theaflavins. *Molecules*, 26(12), 3572. <https://doi.org/10.3390/molecules26123572>
- Paiva, L., Lima, E., Motta, M., & Marcone, M. (2020). Current Research in Food Science Variability of antioxidant properties , catechins , caffeine , L-theanine and other amino acids in different plant parts of Azorean *Camellia sinensis*. 3, 227–234. doi:10.1016/j.crfs.2020.07.004.
- Panzella L et Napolitano A, 2022, Condensed Tannins, a Viable Solution To Meet the Need for Sustainable and Effective Multifunctionality in Food Packaging: Structure, Sources, and Properties, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70 (3), 751-758. DOI: 10.1021/acs.jafc.1c07229
- Pato, U. et al. (2022). Probiotic Properties of *Lactobacillus fermentum* InaCC B1295 Encapsulated by Cellulose Microfiber from Oil Palm Empty Fruit Bunches. *Fermentation*, 8(11), 602.
- Patterson, M. F., McKay, A. M., Connolly, M., and Linton, M. (2012). "The effect of high hydrostatic pressure on the microbiological quality and safety of carrot juice during refrigerated storage." *Food Microbiology*. 30: 205-212
- Peres, C.M., Peres, C., Andez-Mendoza, F., and Malcata, F.X. (2012). "fermented plant materials as carriers and sources of potentially probiotic lactic acid bacteria e With an emphasis on table olives." *Trends in food science and technology*. 26:31-42
- Piard JC et Desmazeaud M, 1991, Inhibiting factors produced by lactic acid bacteria. 1. Oxygen metabolites and catabolism end-products, *Le Lait*, 71 (5), pp.525-541. fhal-00929265.
- Prabhu, S., Molath, A., Choksi, H., Kumar, S., Mehra, R. (2021). Classification of polyphénols and their potentiel application in human health and diseases. *International Journal of Physiology, Nutrition and physical Education*. 6 (1): 293-301
- Rasouli H, Farzaei M.H et Khodarahmi R, 2017, polyphenols and their benefits: A review, *International Journal of Food Properties*, 20 (2), 1700-1741, <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1354017>.
- Rattanachaiakunsopon P et Phumkhachorn P, 2010, Lactic acid bacteria: Their antimicrobial compounds and their uses in food production. *Annals of Biological Research* , 1 (4), 218- 228.
- Robert J. (2013). Découvrir le thé. (1) France : 12-27.
- Ruas-Madiedo, Jeroen Hugenholtz et Pieternela Zoon, 2002, An overview of the functionality of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria, *International Dairy Journal*, 12 (2–3), 163-171.
- Sandu M, Bîrsă L.M et Bahrin L.G, 2017, Flavonoids– small molecules, high hopes. *Acta Chemica Iasi*, 25 (1), 6-23.
- Sanlier N, Gokcen B.B, et Sezgin A.C, 2019, Health benefits of fermented foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 59 (3): 506-527.
- Shafi, J., Tahira, F., Saleem, H., Asif, M., & Mirza, Z. (2022). Characterization and Analysis of Polyphenols in Green and Black Tea Brands Available in Commercial Market of Pakistan. *Pakistan Journal of Analytical & Environmental Chemistry*, 2022(1), 05.
- Shafi, J., Tahira, F., Saleem, H., Asif, M., & Mirza, Z. (2022). Characterization and Analysis of Polyphenols in Green and Black Tea Brands Available in Commercial Market of

Références bibliographiques

- Pakistan. Pakistan Journal of Analytical & Environmental Chemistry, 2022(1), 05. DOI: 10.21743/pjaec/2022.01.05
- Shang, A., Li, J., Zhou, D. D., Gan, R. Y., & Li, H. B. (2021). Molecular mechanisms underlying health benefits of tea compounds. *Free Radical Biology and Medicine*, 172, 181–200. H
- Sang, S. (2022). "Metabolic Pathways of Tea Polyphenols in Human Health." *Journal of Nutritional Biochemistry*, vol. 33, pp. 1-10.
- Sharif Swallah M, Sun H & Affoh R, Fu H et Yu H, 2020, Antioxidant Potential Overviews of Secondary Metabolites (Polyphenols) in Fruits, *International Journal of Food Science*, (1-2):8. DOI:[10.1155/2020/9081686](https://doi.org/10.1155/2020/9081686)
- Sharma, K. D., Karki, S., Thakur, N. S. and Attri, S. (2012). "Chemical composition, functional properties and processing of carrot". *Journal of food science and technology*. 49(1): 22-32
- Shen T, Wang X.N, et Lou H.X, 2009, Natural stilbenes: an overview, *Natural product reports*,26 (7), 916-35.
- Shivhare, U., Gupta, M., Basu, S. and Raghavan, G. (2009). "Optimization of blanching process for carrots." *Journal of food process engineering*. 32(4): 587-605.
- Shivhare, U., Gupta, M., Basu, S. and Raghavan, G. (2009). "Optimization of blanching process for carrots." *Journal of food process engineering*. 32(4): 587-605.
- Shu, W. S., Zhang, Z. Q., Lan, C. Y., and Wong, M. H. (2003). Fluoride and aluminium concentrations of tea plants and tea products from Sichuan Province, PR China. *Chemosphere*52, 1475–1482. doi: 10.1016/S0045-6535(03)00485-5.
- Schofield, P., Mbugua, DM et Pell, AN (2001) Analyse des tanins condensés : une revue. *Science et technologie de l'alimentation animale*, 91, 21-40
- Soxhlet, F. (1879) Die gewichtsanalytische Bestimmung des Milchfettes. *Journal polytechnique de Dinglers*, 232, 461-465.
- Sultana, N., Ahmed, T., & Rahman, M. (2023). Effect of Infusion Temperature on Tea Components. *Journal of Food Science*, 38(4), 310-318.
- Singla RK, Dubey AK, Garg A, Sharma RK, Fiorino M, Ameen SM, Haddad MA, Al-Hiary M. Natural Polyphenols: Chemical Classification, Definition of Classes, Subcategories, and Structures. *J AOAC Int*. 102(5):1397-1400.
- Tamang J.P et Kailasapathy K, 2010, *Fermented Foods and Beverages of the World* (1st ed.), CRC Press,<https://doi.org/10.1201/EBK1420094954>.
- Tamang J.P, Shin D.H, Jung S.J et Chae S.W, 2016, Functional Properties of Microorganisms in Fermented Foods, *Front. Microbiol*. 7:578. doi: 10.3389/fmicb.2016.00578.
- Tamine AY, 2002, Fermented milks: a historical food with modern applications - a review, *Eur. J. Clin. Nutr*, 56, 01-15.
- Tamine, A.Y.; Robinson, R.K, 1999, Évaluation des caractéristiques organoleptiques. *Yaourt Sci. Technol*, 572-578.
- Tang, J. Y., Li, S., Zhang, R. Y., Chen, X. X., Wan, X. H., & Shen, L. Y. (2021). Association between tea consumption and risk of cognitive disorders: A dose-response meta-analysis of observational studies. *Oncotarget*, 12(10), 1030-1040.
- Tepardoux F et delaveau P, 1999, Origine et historique du mot thé : Son extension pour désigner diverses infusions, *Revue d'histoire de la pharmacie*, 322, 247-253.
- Tortora, G.J., Funke, B.R., & Case, C.L. (2018). *Microbiology: An Introduction*. Pearson.
- Vandi, D., Nga, E. N., Betti, J. L., Loe, G. M. E., Ottou, P. B. M., Priso, R. J., Mpondo, E. M. (2016). Contribution des populations des villes de Yaoundé et Douala à la connaissance

Références bibliographiques

- des plantes à tanins et à anthocyanes. *Journal of Animal & Plant Sciences*. 30 (3): 4797-4814.
- Vesković-Moračanin S.M, Dukić Dragutin A et Memiši Nurgin R, 2014, Bacteriocins produced by lactic acid bacteria: A review, *Acta Periodica Technologica*, 45, 271-283.
- Vinci, G., D'Ascenzo, F., Maddaloni, L., Prencipe, S. A., & Tiradritti, M. (2022). The Influence of Green and Black Tea Infusion Parameters on Total Polyphenol Content and Antioxidant Activity by ABTS and DPPH Assays. *Beverages*, 8(2), 18.
- Wachira F.N., Tanaka J. Takeda Y. (2001) Genetic variation and differentiation in tea germplasm revealed by RAPD and AFLP variation. *J Hort Sci Biotechnol* 76
- Wafa Ghnimi. Étude phytochimique des extraits de deux Euphorbiaceae : *Ricinus communis* et *Jatropha curcas*. Évaluation de leur propriété anti-oxydante et de leur action inhibitrice sur l'activité de l'acétylcholinestérase, thèse de doctorat, Université de Lorraine, 225p.
- Wang .YM , Ren .N , Rankin . GO , Li .B , Rojanasakul .Y , Tu. Y , Chen YC. (2020) Effet antiprolifératif et arrêt du cycle cellulaire induits par les saponines extraites de la fleur de thé (*Camellia sinensis*) dans les cellules cancéreuses ovariennes humaines , *Journal des aliments fonctionnels* . 2017 ;37 : 310 – 321
- Wang, D., Xia, M., & Xu, D. (2017). Green tea catechins: Mechanisms and clinical implications in cardiovascular health. *Journal of Human Hypertension*, 31(2), 79-87.
- Wang, LL; Yang, JG; Lin, QX; Xiang, LH; Chanson, ZS ; Zhang, YG; Chen, L. Détermination de 10 teneurs en acides organiques dans le thé à l'aide d'un détecteur à matrice de diodes pour chromatographie liquide à haute performance. *J. Zhejiang Univ.* 2019 , 45 , 47–53.
- War, A.R., Paulraj, M.G., Ahmad, T., Buhroo, A.A., Hussain, B., Ignacimuthu, S., Sharma, H.C. (2018). Mechanisms of Plant Defense against Insect Herbivores. *Plant Signaling and Behavior*. 7 (10): 1306-1320.
- Welch C.R, Wu Q, et Simon J.E , 2008, . Recent advances in anthocyanin analysis and characterization, *Current analytical chemistry*; 4(2):75-101.
- Xiang, H., Sun-Waterhouse, D., Waterhouse, G. I. N., Cui, C., & Ruan, Z. (2019). Fermentation-enabled wellness foods: A fresh perspective. *Food Science and Human Wellness*, 8(3), 203–243.
- Yan S., Shao H., Zhou Z. et al. (2018). Non-extractable polyphenols of green tea and their antioxidant, anti- α -glucosidase capacity, and release during in vitro digestion.
- Yan Z., Zhong Y., Duan Y. et al. (2020). Antioxidant mechanism of tea polyphenols and its impact on health benefits. *Animal Nutrition Journal*. 10(1016): 1- 43.
- Yan, Y.; Ren, Y.; Li, X.; Zhang, X.; Guo, H.; Han, Y.; Hu, J. Un polysaccharide de thé vert (*Camellia sinensis* L.) protège les cellules endothéliales rétinienne humaines contre les lésions oxydatives et l'apoptose induites par le peroxyde d'hydrogène. *Int. J. Biol. Macromol.* 2018 , 115 , 600–607
- Yan, Z., Zhong, Y., Duan, Y., Chen, Q., Li, F. (2020). Antioxidant mechanism of tea polyphenols and its impact on health benefits. *Animal Nutrition*. 6 (2): 115-123.
- Yang, C. S., Zhang, J., Zhang, L., Huang, J., & Wang, Y. (2013). Mechanisms of Body Weight Reduction and Metabolic Syndrome Alleviation by Tea. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(1), 34-51.
- Yao, A. A., Egounlety, M. L., Kouame, P., and Thonart, P. (2009). Les bactéries lactiques dans les aliments ou boissons amylicés et fermentés de l'Afrique de l'Ouest: leur utilisation actuelle. *Ann. Méd. Vét.* 153: 54-65
- Zannini E, Eaux D.M, Coffey A et Arendt E.K, 2016, Production, propriétés et application alimentaire industrielle d'exopolysaccharides dérivés de bactéries lactiques *Microbiologie appliquée et biotechnologie*, 100. 1121-1135, [10.1007/s00253-015-7172-2](https://doi.org/10.1007/s00253-015-7172-2)
- Zhang, L., Ho, C., Zhou, J., Santos, J anio. S., Armstrong, L., & Granato, D. (2019). Chemistry and Biological Activities of Processed *Camellia sinensis* Teas: A Comprehensive Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18 (5), 1474–1495.
- Zhang, L., Zhou, Y., Li, Y., & Ma, Q. (2015). Correlation between tea quality and main chemical components of tea in China. *Food Chemistry*, 186, 477-482.

Références bibliographiques

- Zhang, S., Jiang, X., Li, C., Qiu, L., Chen, Y., & Yu, Z. (2023). Effect of Fermentation Humidity on Quality of Congou Black Tea. *Foods*, 12(8), 1726. <https://doi.org/10.3390/foods12081726>
- Zhang, S., Jiang, X., Li, C., Qiu, L., Chen, Y., Yu, Z., & Ni, D. (2023). Effect of Fermentation Humidity on Quality of Congou Black Tea. *Foods*, 12(8), 1726. DOI: 10.3390/foods12081726
- Zhang, Y., Liu, X., Wang, Y., Zhao, F., Sun, Z., and Liao, X. (2016). Quality comparison of carrot juices processed by high-pressure processing and high-temperature short-time processing. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*.33 : 135–144.
- Zhao, C.-N., et al. (2019). Phenolic Profiles and Antioxidant Activities of 30 Tea Infusions from Green, Black, Oolong, White, Yellow and Dark Teas. *Antioxidants*, 8(7), 215.
- Zhao, C.-N., et al. (2019). Phenolic Profiles and Antioxidant Activities of 30 Tea Infusions from Green, Black, Oolong, White, Yellow and Dark Teas. *Antioxidants*, 8(7), 215.
- Zbadi, H., Gomez-Romero, M., & Segura-Carretero, A. (2018). Polyphénols du thé et stress oxydatif. *Antioxidants Journal*, 7(3), 44-50.

Références bibliographiques

- Zhou, Y., Zeng, L., Liao, Y., Dong, F., Peng, Q., Li, J., et al. (2017). Insects (*Thrips hawaiiensis* (Morgan)) change the stereochemical configuration of 1-phenylethanol emitted from tea (*Camellia sinensis*) flowers. *RSC Adv.* 7, 32336–32343. doi: 10.1039/C7RA03219F.
- Zhu, S., Wang, C., Ramaswamy, H. S. and Yu, Y. (2017). "Phase transitions during high pressure treatment of frozen carrot juice and influence on *Escherichia coli* inactivation." *LWT Food Science and Technology* 79: 119-125.

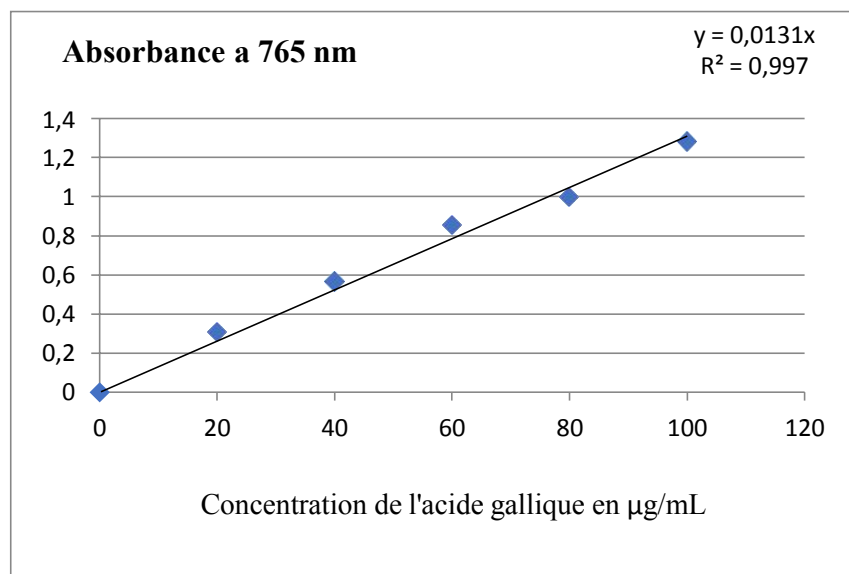
Annexes

Annexes

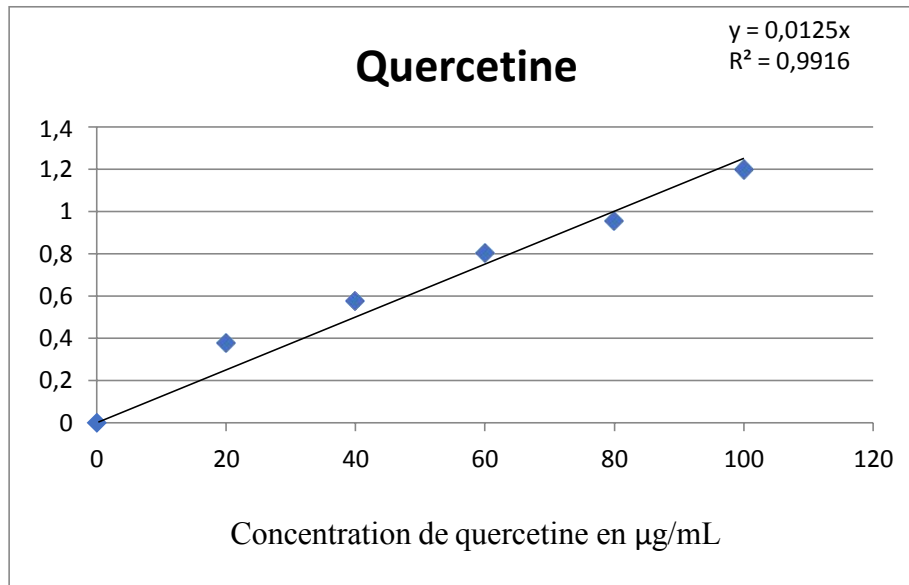
Annexe 1 : Préparation de différentes concentrations de BSA.

Concentration (mg/mL)	Solution de la BSA (mL)	Eau physiologique (mL)
0,1	0,1	0,9
0,2	0,2	0,8
0,3	0,3	0,7
0,4	0,4	0,6
0,5	0,5	0,5
0,6	0,6	0,4

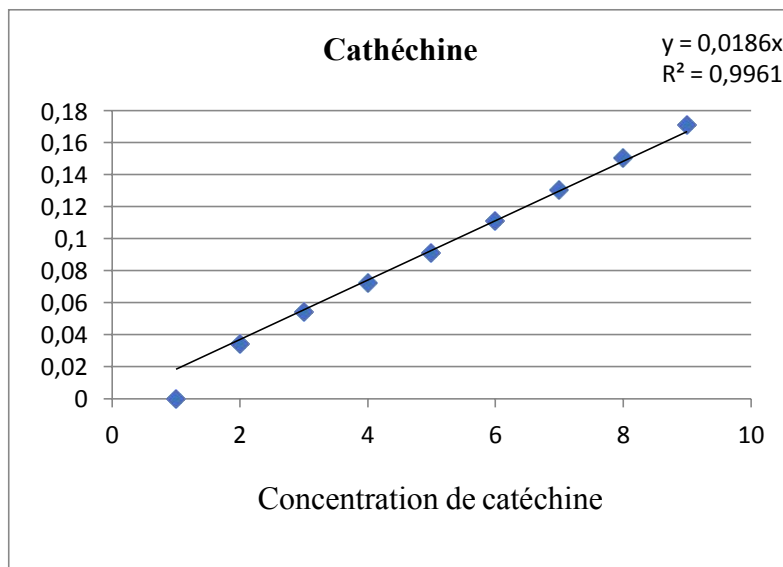
Annexe 2 : courbe d'étalonnage de l'acide gallique.



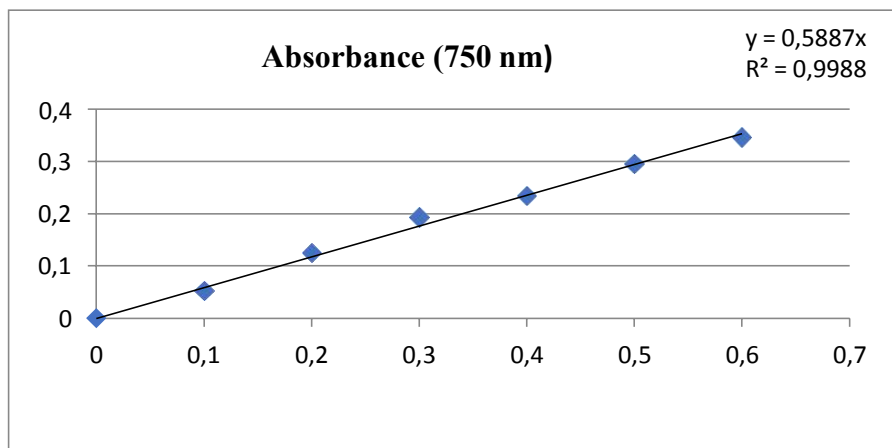
Annexe 3 : Courbe d'étalonnage de la quercétine



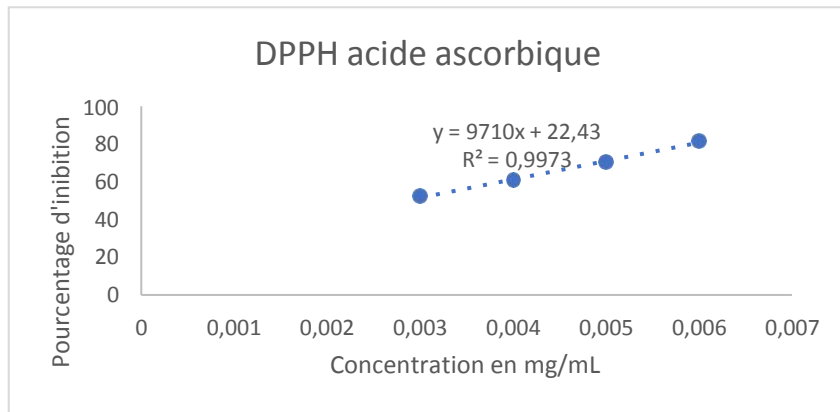
Annexe 4 : Courbe d'étalonnage de la cathéchine



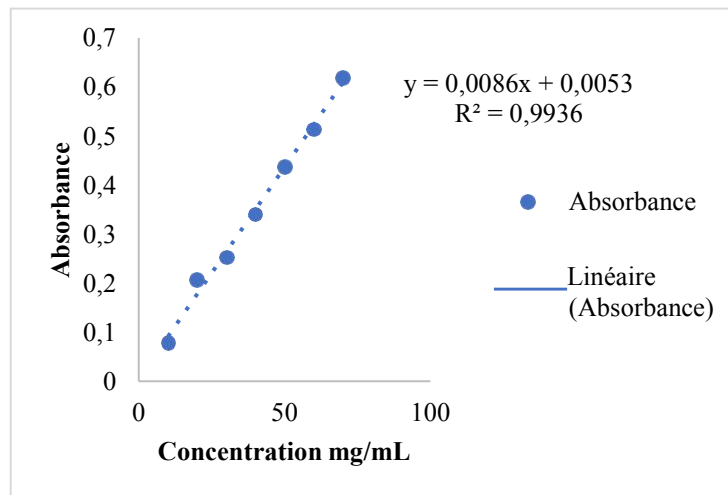
Annexe 5 : Courbe d'étalonnage de la BSA en mg/mL



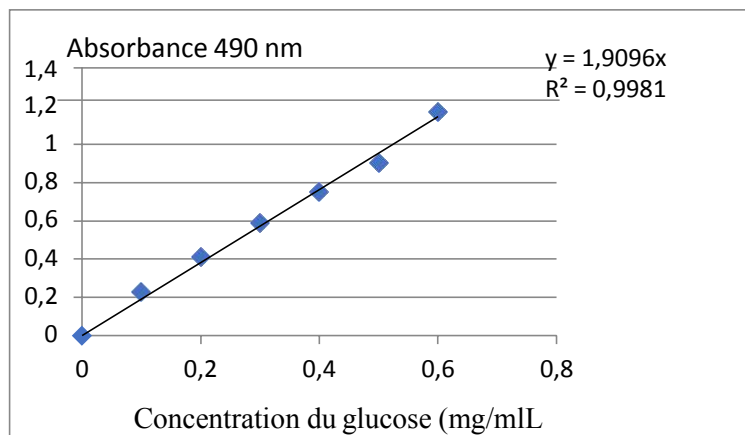
Annexe 6 : Courbe de référence de la vitamine C du test de DPPH.



Annexe 7 : Courbe de référence de l'acide ascorbique du test de FRAP



Annexe 8 : Courbe d'étalonnage du sucrose



Annexe 9 :



Université Abdelhamid Ibn Badis
Laboratoire de physiologie Animale Appliqué



Nom :

Date :

Fiche De Dégustation

- **Produit 1 : Lait fermenté a base de thé**

Tests	Sensation	A	B	C	D	E	F	G
	ressentie							
Gout	sucré							
	doux							
	aigre							
	acide							
texture	crémeux							
	Homogène							
	Liquide							
Arome	Arome							

Couleur	blanc							
	coloré							

- 1-3 faible 3-5 Moyenne 5-7 Forte 7-10 très forte

- Produit 2 et 3

Tests		1	2	3	4
Gouts	Très bon				
	Bon				
	Assez bon				
	Mauvais				
Odeur	Très bon				
	Bon				
	Assez bon				
	Mauvais				

Couleur	Très bon				
	Bon				
	Assez bon				
	Mauvais				
Acidité	Très acide				
	Idéale				
	Pas suffisamment acide				
Sucre	Très sucré				
	Idéale				
	Pas suffisamment Sucré				

Des évaluateurs sensoriels qualifiés et en bonne santé sont recrutés. Trois types d'échantillons sont préparés pour l'évaluation : du lait fermenté pur, du jus de carotte fermenté et du lait fermenté combiné à différentes concentrations de thé fermenté. Chaque échantillon est codé avec un identifiant alphanumérique à trois chiffres pour maintenir l'anonymat. L'évaluation se déroule dans un environnement sensoriellement neutre pour minimiser les distractions. Les évaluateurs sont invités à évaluer et à noter les attributs sensoriels ainsi que l'acceptabilité globale de chaque échantillon. Entre les échantillons, les évaluateurs se rincent la bouche avec de l'eau pour réinitialiser leurs palais. Les données recueillies sont ensuite analysées à l'aide de méthodes statistiques pour détecter les différences significatives entre les échantillons.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE



Ministère de l'éducation et de la
recherche scientifique Université
Abdelhamid Ibn badis Mostaganem



Incubateur de Mostaganem



Annexe sur le modèle économique

Fiche technique du projet

Nom et prénom : Bennourine Soumia

**Nom commercial de projet :LACTEA : Production des bactérie lactique et des
Boisson fermenté**

Numéro de téléphone : 0790439063

E-mail : Lactea@gmail.com

Commune d'activité : Mostaganem

Nature de projet : Vente de marchandises

Ce projet est supervisé par **DJILALI BENABDELMOUMENE** maître de conférences au département d'agronomie de l'université de Mostaganem.

Numéro de téléphone: 0555523518

E-mail: benabdelmoumenedjilali@hotmail.com

1. Problématique

Notre société contemporaine est confrontée chaque année à d'immenses quantités de déchets de thé, qui représentent une part significative du volume total de thé produit et consommé. La gestion de ces déchets constitue un défi majeur pour les industries du thé et de la transformation des aliments. Ces industries génèrent un taux élevé de déchets, tels que les feuilles de thé usagées, les sachets de thé et les emballages, ainsi que des sous-produits de transformation tels que les résidus de production.

Malheureusement, la consommation croissante de thé aggrave encore cette situation en entraînant la production de grandes quantités de déchets de thé, qu'ils soient frais ou usagés, qui pourraient pourtant être valorisés. Ces déchets de thé ont une valeur importante, mais ils sont souvent simplement envoyés en décharge sans aucun traitement approprié, ce qui pose des défis considérables sur les plans environnemental et économique.

Il est essentiel de changer notre perspective à leur égard et de les considérer comme des ressources précieuses plutôt que de simples déchets. En reconnaissant leur potentiel, nous pouvons développer des stratégies pour réduire, réutiliser et recycler ces déchets de thé, contribuant ainsi à une économie plus circulaire et durable.



1. Proposition de valeur

Réduction des déchets : En réutilisant les déchets de thé, nous contribuons à réduire la quantité de déchets qui finissent dans les décharges, ce qui a des avantages environnementaux significatifs.

Exploitation des propriétés antioxydantes : Les thés, en particulier le thé vert et le thé noir, sont riches en antioxydants. En valorisant ces déchets, nous pouvons exploiter ces propriétés pour promouvoir la santé et prévenir certaines maladies.

Production de probiotiques : Les déchets de thé fermenté peuvent être une source de bactéries lactiques, qui sont connues pour leurs propriétés probiotiques. Ces bactéries peuvent être utilisées pour produire des boissons probiotiques, contribuant ainsi à la santé intestinale.

Économie circulaire : La valorisation des déchets de thé s'inscrit dans le cadre d'une économie circulaire, où les déchets sont considérés comme des ressources et réintroduits dans le cycle de production. Cela contribue à une économie plus durable et respectueuse de l'environnement.

Innovation : La recherche sur la valorisation des déchets de thé peut conduire à de nouvelles applications et innovations, ouvrant de nouvelles opportunités commerciales et créant de la valeur économique.

Éducation et sensibilisation : Ce projet peut également servir d'outil d'éducation et de sensibilisation à l'importance de la gestion des déchets et de la durabilité.

Ouverture d'un nouveau marché de boissons fermentées : L'isolement et l'utilisation de bactéries lactiques provenant de déchets de thé fermenté pourraient ouvrir un nouveau marché pour les boissons fermentées. Ces boissons pourraient offrir des avantages pour la santé en raison de leur contenu probiotique, et pourraient également répondre à la demande des consommateurs pour des produits innovants et durables.

Production de biofertilisants : Les déchets de thé peuvent être utilisés pour produire des biofertilisants, qui peuvent enrichir le sol et améliorer la santé des plantes sans les effets négatifs associés aux fertilisants chimiques. Cela pourrait non seulement contribuer à une agriculture plus durable, mais aussi créer une nouvelle source de revenus pour les producteurs de thé.

Ces valeurs ajoutées renforcent le potentiel de la valorisation des déchets de thé pour contribuer à une économie plus durable et circulaire, tout en créant de nouvelles opportunités économiques et en répondant aux besoins des consommateurs de manière innovante et respectueuse de l'environnement.



2. Les segments de clientèle

Consommateurs soucieux de leur santé : Les personnes qui cherchent à améliorer leur santé et leur bien-être peuvent être intéressées par les boissons fermentées probiotiques et les produits riches en antioxydants dérivés des déchets de thé.

Consommateurs éco-conscients : Les individus qui se soucient de l'environnement et cherchent à réduire leur empreinte écologique peuvent être attirés par les produits qui utilisent des déchets de thé, car ils contribuent à une économie circulaire et réduisent les déchets.

Agriculteurs et jardiniers : Les personnes qui cultivent des plantes, que ce soit à grande échelle dans le cadre d'une exploitation agricole ou à petite échelle dans un jardin domestique, pourraient être intéressées par les biofertilisants produits à partir de déchets de thé.

Industrie du thé et des boissons : Les entreprises qui produisent du thé et d'autres boissons pourraient être intéressées par les méthodes de valorisation des déchets de thé, car elles peuvent leur permettre de réduire leurs déchets et de créer de nouveaux produits.

Industrie des compléments alimentaires : Les entreprises qui produisent des compléments alimentaires pourraient être intéressées par les antioxydants et les probiotiques dérivés des déchets de thé.

Institutions de recherche et universités : Les institutions qui mènent des recherches sur la durabilité, la gestion des déchets, la nutrition, la santé, l'agriculture, etc., pourraient être intéressées par les résultats de cette étude.

Organismes gouvernementaux et ONG : Les entités qui travaillent sur des questions de durabilité, de gestion des déchets, de santé publique, d'agriculture durable, etc., pourraient également être intéressées par les résultats de cette étude et les applications potentielles de la valorisation des déchets de thé.



3. Relations client

Les relations avec les clients pour un projet de valorisation des déchets de thé :

• **Pour attirer l'attention des clients sur nos produits issus de la valorisation des déchets de thé, nous utilisons les méthodes suivantes :**

Marketing numérique : Nous utilisons des stratégies de marketing en ligne, notamment la publicité ciblée sur les réseaux sociaux, le référencement, les campagnes par e-mail et la création de contenu attrayant pour attirer les clients potentiels vers notre site Web ou nos canaux de vente en ligne.

Marketing de contenu : Nous créons un contenu informatif et attrayant, comme des articles de blog, des vidéos et des infographies, pour éduquer les clients sur les avantages de nos produits, leur utilisation et leurs valeurs nutritives.

Partenariats : Nous collaborons avec des influenceurs sur les réseaux sociaux, des nutritionnistes ou d'autres acteurs influents de l'industrie alimentaire pour promouvoir nos produits. Ils peuvent recommander nos produits à leurs clients ou les inclure dans leurs recettes.

Participation à des événements : Nous participons à des salons professionnels, des foires alimentaires ou des événements communautaires pour présenter nos produits, faire des démonstrations culinaires et interagir directement avec les clients.

• **Pour inciter un client à acheter notre produit issu de la valorisation des déchets de thé, nous mettons en avant les points suivants :**

Qualité et sécurité : Nous soulignons la qualité supérieure de nos produits, obtenue grâce à des processus de transformation soigneusement contrôlés et à des normes de sécurité alimentaire strictes.

Valeur nutritive : Nous mettons en évidence les avantages pour la santé de nos produits en soulignant leur teneur élevée en antioxydants et en probiotiques.

Durabilité : Nous soulignons l'aspect environnemental de notre production en mettant en avant notre engagement envers la valorisation des déchets de thé et la réduction de l'impact environnemental.

Utilisations polyvalentes : Nous présentons les multiples façons d'utiliser nos produits issus des déchets de thé dans diverses industries, offrant ainsi une large gamme de possibilités aux clients.

• Le client peut profiter de notre produit issu de la valorisation des déchets de thé de plusieurs manières :

Utilisation dans l'alimentation : Nos produits peuvent être utilisés comme ingrédients dans diverses recettes, améliorant leur valeur nutritive et leur profil aromatique.

Applications cosmétiques : Les antioxydants et les probiotiques dérivés des déchets de thé peuvent être utilisés dans la fabrication de produits cosmétiques pour leurs bienfaits pour la peau.

Agriculture : Les déchets de thé peuvent être utilisés comme compost pour améliorer la fertilité des sols et favoriser la croissance des plantes.

Boissons fermentées : Les bactéries lactiques isolées des déchets de thé peuvent être utilisées pour produire des boissons fermentées, offrant des avantages probiotiques.

• Pour assurer un service après-vente de qualité, nous utilisons les méthodes suivantes :

Support client : Nous offrons un support client réactif par le biais de canaux tels que le téléphone, l'e-mail et les réseaux sociaux. Nous répondons rapidement aux questions, préoccupations ou demandes d'assistance des clients.

Retours et remboursements : Nous avons une politique de retour flexible et équitable en cas de problèmes de qualité ou de satisfaction du client. Nous traitons les retours de manière efficace et offrons des remboursements ou des remplacements lorsque cela est nécessaire.

Suivi de la satisfaction client : Nous envoyons des enquêtes de satisfaction après l'achat pour recueillir les commentaires des clients et améliorer continuellement nos produits et services en fonction de leurs besoins.



Informations supplémentaires : Nous fournissons des informations détaillées sur l'utilisation optimale de nos produits, des conseils de stockage et des recettes pour aider les clients à profiter pleinement de leur expérience d'utilisation.

Programme de fidélité : Nous proposons un programme de fidélité pour récompenser les clients réguliers, offrant des avantages exclusifs tels que des remises spéciales, des promotions anticipées ou des échantillons gratuits.

4. canaux de distribution

Vente en ligne : Nous avons mis en place une plateforme de vente en ligne conviviale où les clients peuvent facilement commander nos produits valorisés à partir de déchets de thé. Les produits sont ensuite livrés directement à leur domicile ou à leur lieu de travail, offrant une commodité maximale.

Partenariats avec des détaillants : nous avons établi des partenariats avec des détaillants locaux et des supermarchés pour rendre nos produits disponibles dans leurs magasins. Cela offre aux clients la possibilité de découvrir et d'acheter nos produits lors de leurs achats habituels.

Canaux B2B : Nous avons développé des canaux de distribution spécifiques pour les entreprises et les industries qui peuvent utiliser nos produits valorisés à partir de déchets de thé comme ingrédients dans leurs propres produits. Nous avons établi des relations commerciales solides avec ces clients B2B pour répondre à leurs besoins spécifiques.

Site Web professionnel : Nous avons créé un site Web attrayant qui présente en détail nos produits, leurs avantages, leurs utilisations et leurs spécifications techniques. Les clients peuvent accéder à notre site Web pour obtenir des informations complètes sur notre entreprise et nos produits.

Réseaux sociaux : Nous utilisons des plateformes de médias sociaux populaires comme Facebook, Instagram, Twitter et LinkedIn pour promouvoir nos produits. Nous partageons régulièrement du contenu intéressant, des mises à jour sur nos produits, des témoignages de clients et des promotions spéciales pour attirer l'attention des clients potentiels.

Marketing par e-mail : Nous utilisons une base de données de clients et de prospects pour envoyer des newsletters régulières, des offres spéciales et des informations sur nos produits par e-mail. Cela nous permet de communiquer directement avec nos clients et de les tenir informés des nouveautés et des opportunités.

Service après-vente : Nous proposons un support client réactif via différents canaux tels que le téléphone, l'e-mail et les réseaux sociaux. Nous avons également une politique de

retour flexible et équitable, ce qui permet aux clients de nous contacter facilement en cas de problème ou d'insatisfaction.



5. Les partenaires clés

1. Agriculteurs: Les agriculteurs qui cultivent le thé peuvent être une source précieuse de déchets de thé. Ils peuvent également bénéficier de vos produits, comme les engrais organiques produits à partir de déchets de thé.

2. Fournisseurs de matériel : Ces partenaires peuvent fournir l'équipement nécessaire pour le processus de valorisation des déchets de thé, comme les machines de transformation, les équipements de fermentation, les systèmes de conditionnement, etc.

3. Fournisseurs de poudre de lait : Si vous prévoyez de produire des boissons fermentées à partir de déchets de thé, les fournisseurs de poudre de lait peuvent être des partenaires clés. La poudre de lait peut être utilisée comme ingrédient dans la production de boissons fermentées.

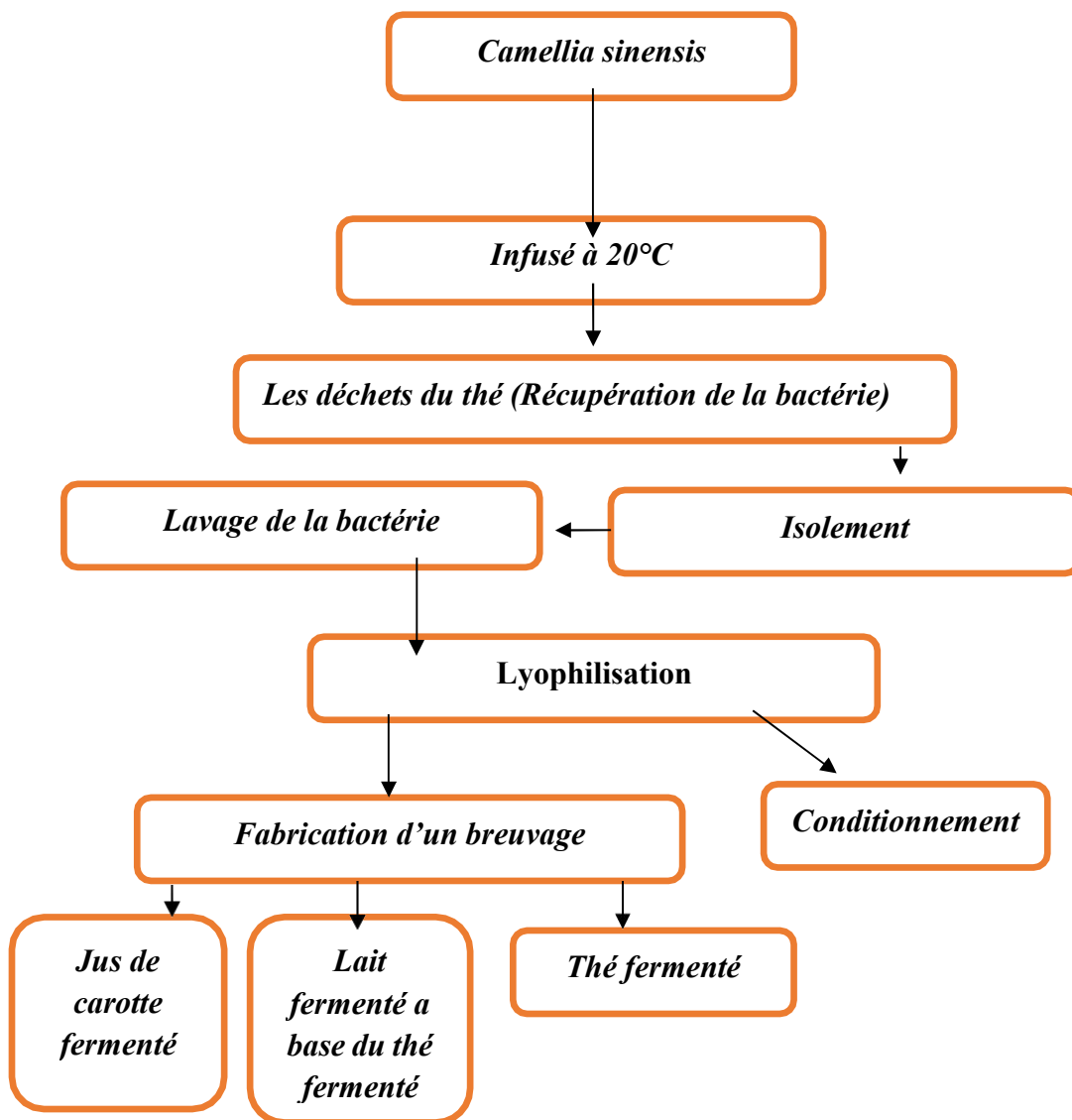
4. Fournisseurs de *Streptococcus thermophilus* : *Streptococcus thermophilus* est une bactérie utilisée dans la fermentation de nombreux produits alimentaires. Si vous prévoyez de produire des boissons fermentées à partir de déchets de thé, les fournisseurs de cette bactérie peuvent être des partenaires clés.

5. Collectivités locales : Les collectivités locales peuvent soutenir votre projet de plusieurs façons. Elles peuvent vous aider à obtenir les autorisations nécessaires, à promouvoir votre projet auprès de la communauté locale, à mettre en place des programmes de collecte de déchets de thé, etc. Elles peuvent également être intéressées par l'achat de vos produits pour leurs propres besoins, comme l'utilisation d'engrais organiques dans les espaces verts publics.



6. Activités clé

Les activités principales sont la production de la bactérie lactique et la fabrication des boissons fermentées, l'ensemble des processus de fabrication sont illustrés dans le schéma ci-dessous :





Activités secondaires

Contrôle qualité : Des contrôles de qualité réguliers doivent être effectués tout au long du processus de transformation pour garantir la conformité aux normes et assurer la production de produits finaux de haute qualité. Cela comprend le contrôle de la qualité des déchets de thé et de carottes entrants, ainsi que des produits finaux tels que les boissons fermentées, les engrais organiques, etc.

Gestion de la logistique : Cela comprend la gestion de la chaîne d'approvisionnement, la coordination des activités de transport des déchets de thé et de carottes vers le site de valorisation, et la distribution des produits finaux aux clients. Il est également important de gérer le stockage approprié des déchets pour prévenir la détérioration.

Marketing et vente : Il est important de promouvoir les produits issus de la valorisation des déchets de thé et de carottes auprès des clients potentiels. Cela comprend la mise en place de stratégies de marketing efficaces, le développement de canaux de vente, et la conclusion d'accords commerciaux pour assurer la vente et la distribution des produits.

Recherche et développement : La recherche continue et le développement de nouvelles méthodes, technologies et produits sont des activités clés pour rester à la pointe de l'innovation dans le domaine de la valorisation des déchets de thé et de carottes. Cela pourrait inclure la recherche sur de nouvelles souches de bactéries pour la fermentation, l'amélioration des processus de transformation, ou le développement de nouveaux produits à partir des déchets.

Production : La production est une activité essentielle qui comprend la collecte des déchets de thé et de carottes, leur transformation en produits finaux, et l'emballage de ces produits pour la vente. Cela nécessite une gestion efficace des ressources, une planification de la production, et une maintenance régulière des équipements.

Gestion des relations avec les fournisseurs : Cela comprend la négociation des contrats avec les fournisseurs de déchets de thé et de carottes, ainsi que les fournisseurs de matériel et d'autres ressources nécessaires pour le processus de valorisation

7. Ressources clés

- Ressources matérielles

ressources	Sources(locale/importation)	Fournisseurs
Thé	Locale	Agriculture
Lait de poudre	Importation	Office national de lait
<i>Streptococcus thermophilus</i>	Importation	/

- Ressources humaines

Classe ressources humaines	nombre
Directeur	01
Administratif	02
Financier	01
Responsable production	01
Technicien	02
Ouvrier	03
Chauffeur 1	01

- Ressources financiers

Ressources financiers	Besoin
Eau/électricité/gaz	1 500 000,00
Location	3 400 000,00
Équipement industriel	175 000 000,00
logiciel et Équipement informatique	800 000,00
Chariot élévateur et transpalettes	3 500 000,00
Matériel utilitaire de transport	4 500 000,00
Emballage	200 000,00



8. Structure des coûts

- **Coûts variés**

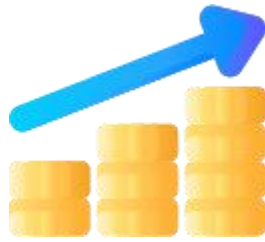
Frais d'établissement	30 000,00
Frais d'ouverture de compteurs (eaux-gaz-....)	50 000,00
Formations	200 000,00
Dépôt marque, brevet, modèle	50 000,00
Droits d'entrée	25 000,00
Achat fonds de commerce ou parts	/
Droit au bail	20 000,00
Cautions ou dépôt de garantie	200 000,00
Frais de dossier	50 000,00
Frais de notaire ou d'avocat	80 000,00
Enseigne et éléments de communication	450 000,00
Achat immobilier	/
Travaux et aménagements	500 000,00
Matériel	700 000,00
Matériel de bureau	1 000 000,00
Stock de matières et produit	1 000 000,00
trésorerie de départ	2 400 000,00
Total	5 755 000,00

- **Coûts fixes**

Assurance	180 000,00
Téléphone/internet	100 000,00
Transport	100 000,00
Eau/gaz/électricité	1 000 000,00
Fourniture divers	200 000,00
Entretien matériel et vêtement	350 000,00
Nettoyage des locaux	100 000,00
Budget publicité et communication	500 000,00
TOTAL	2530 000,00

- **Salaires des employés et des dirigeants de l'entreprise**

Salaires des employés	400 000,00
Rémunération nette dirigeant	200 000,00



Structure des revenus

Recettes totales

Bilan	Valeur		
	Bactéries lactique	Thé fermenté	Lait fermenté
Le nombre d'unités produites	1092 kg	13200L/ans	34320l/ans
Prix de vente	200 DA/100g	200DA/L	300DA/L
Total des revenue=Le nombre d'unités produites*Prix de vente	218 400 DA	2574000 DA	10296.000 DA