



République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبو بكر بالقائد-تلمسان

Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEN

كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie,

des Sciences de la Terre et de l'Univers

Département d'Agronomie

MÉMOIRE

Présenté par

MERZOUGUI Ibrahim Rayane

BENHAMIDI Belkacem

En vue de l'obtention du Diplôme de MASTER

En Sciences alimentaires

Option : Agroalimentaire et Contrôle de Qualité

Thème

**Elaboration d'un thé à vocation santé à base d'un
mélange de plantes. Analyse sensorielle et évaluation
d'intérêt auprès des consommateurs**

Soutenu le : 24 / 06 / 2026, devant le jury composé de :

Présidente	Mme MEZIANE Radjaa Kawthar	MCA	Université de Tlemcen
Examinatrice	Mme MAMOUN Chaimaa	MAB	Université de Tlemcen
Encadreur	Mr SENOUCI BEREKSI Mohamed	MCA	Université de Tlemcen

Année universitaire 2025/2026

REMERCIEMENTS

Avant tout, Nous exprimons notre profonde gratitude envers « **Allah** », Dieu Tout puissant, qui nous a accordé la persévérance, la santé et la force nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous tenons à exprimer nos plus sincères remerciements à notre encadrant, Mr SENOUCI BEREKSI Mohamed, MCA à la faculté des Sciences de la Nature et de la vie, des Sciences de la Terre et de l'Univers, Université de Tlemcen, pour avoir dirigé ce travail avec une grande bienveillance. Ses précieux conseils, sa rigueur scientifique et sa disponibilité constante ont été un moteur essentiel à la réalisation de ce mémoire.

Nous tenons à remercier vivement Mme MEZIANE Radjaa Kawthar, MCA à la faculté des Sciences de la Nature et de la vie, des Sciences de la Terre et de l'Univers, Université de Tlemcen, pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire.

Nous tenons à présenter notre gratitude envers Mme MAMOUN Chaimaa, MAB à la faculté des Sciences de la Nature et de la vie, des Sciences de la Terre et de l'Univers, Université de Tlemcen, pour avoir accepté d'évaluer ce travail et de l'enrichir par ses remarques constructives.

Enfin, nous dédions une reconnaissance infinie à nos parents pour leur soutien indéfectible, leurs sacrifices et leurs encouragements quotidiens tout au long de notre parcours universitaire. Que tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce travail trouvent ici l'expression de notre vive gratitude.

DÉDICACES

*C'est avec une immense fierté et beaucoup d'émotion que nous dédions ce
modeste travail :*

*À nos très chers parents, les piliers de notre vie. Aucun mot ne saurait exprimer
notre gratitude pour l'amour inconditionnel, la tendresse et les sacrifices
consentis pour notre éducation. Que ce travail soit le reflet de votre
dévouement. Qu'Allah vous préserve et vous accorde une longue et heureuse
vie.*

*À nos chers frères et sœurs, pour leur présence, leur complicité et leur soutien
moral à chaque instant.*

*À tous nos enseignants, qui nous ont transmis leur savoir avec patience et
passion tout au long de notre cursus.*

*À nos fidèles amis, qui ont toujours cru en nous et dont les encouragements nous
ont aidé à aller jusqu'au bout de cette aventure.*

Merzougui Ibrahim Rayane et Benhamidi Belkacem

ملخص

تركز هذه الدراسة على تطوير وتقييم خمس مجموعات من الشاي الطبيعي والوظيفي، تعتمد على الشاي الأسود (*Camellia sinensis*)، والأوكالبتوس (*Eucalyptus globulus*)، والقرفة (*Cinnamomum verum*)، مدعمة كل منها بنبات مُكَمَّل من بين خمسة خيارات: الليمون، والزنجبيل، والنعناع، والكركيه، واللوزة. كان الهدف هو ابتكار مشروبات ذات فوائد صحية وحسية للمستهلك.

خضعت كل مجموعة لتحليل حسي من قِبل لجنة من المتذوقين لتقييم خصائصها الحسية، بالإضافة إلى استبيان حول عاداتهم الشرائية ونواياهم.

أظهرت النتائج أن مجموعتي الكركيه والزنجبيل برزتا كأفضل تركيبات استحساناً من قِبل اللجنة، نظراً لقوتها الفائقة، ورائحتها الجذابة، ونكهاتهما المتوازنة. في المقابل، تُظهر مجموعتا الليمون والنعناع اختلالات حسية تحول دون طرحهما تجارياً بشكلهما الحالي، لا سيما ضعف الرائحة؛ وقد أكد الاستبيان هذه النتائج.

في الختام، تُعدّ تشكيلة مشروبات الكركيه والزنجبيل مشروبات طبيعية واعدة للغاية، إذ تجمع بين خصائص حسية مميزة وتركيبية غنية بالمركبات النشطة بيولوجياً، مما يُفيد صحة المستهلك.

الكلمات المفتاحية: شاي وظيفي، أوكالبتوس، كركيه، زنجبيل، تركيبة، تحليل حسي، إمكانات تجارية.

Résumé

Le présent travail porte sur l'élaboration et l'évaluation de cinq gammes de thé naturel et fonctionnel, à base de thé noir (*Camellia sinensis*), d'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) et de cannelle (*Cinnamomum verum*), enrichie d'une plante complémentaire parmi cinq variantes : le citron, le gingembre, la menthe, l'hibiscus et la verveine, dans le but d'obtenir des infusions aux vertus bénéfiques sur le plan organoleptique et sur la santé du consommateur.

Chaque gamme a été soumise à une analyse sensorielle auprès d'un panel de dégustateurs, afin d'évaluer des attributs organoleptiques, complétée par un questionnaire sur leurs habitudes et intentions d'achat.

Les résultats que les gammes Hibiscus et Gingembre se sont distinguées nettement comme les formulations les plus abouties et les mieux acceptées par le panel, dues à leur meilleure intensité, leur arôme apprécié, et leur équilibre des saveurs. En revanche, les gammes Citron et Menthe présentent des déséquilibres organoleptiques les excluant d'un lancement commercial en l'état, notamment une faiblesse aromatique ; ces tendances ont été confirmées par le questionnaire.

En conclusion, les gammes Hibiscus et Gingembre constituent des boissons naturelles très prometteuses, alliant qualités organoleptiques remarquables et profil phytochimique riche en composés bioactifs, bénéfiques pour la santé du consommateur.

Mots-clés : Thé fonctionnel, *Eucalyptus*, *Hibiscus*, *Gingembre*, Formulation, Analyse sensorielle, Intérêt commercial.

Abstract

This study focuses on the development and evaluation of five ranges of natural and functional teas, based on black tea (*Camellia sinensis*), eucalyptus (*Eucalyptus globulus*), and cinnamon (*Cinnamomum verum*), each enriched with one complementary plant from among five options: lemon, ginger, mint, hibiscus, and verbena. The aim was to create infusions with beneficial effects on both the sensory experience and consumer health.

Each range underwent sensory analysis with a panel of tasters to evaluate its organoleptic attributes, supplemented by a questionnaire about their purchasing habits and intentions.

The results showed that the Hibiscus and Ginger ranges stood out as the most successful and best-received formulations by the panel, due to their superior intensity, appealing aroma, and balanced flavors. In contrast, the Lemon and Mint ranges exhibit organoleptic imbalances that preclude a commercial launch in their current form, notably a weak aroma; these trends were confirmed by the questionnaire.

In conclusion, the Hibiscus and Ginger ranges are very promising natural beverages, combining remarkable organoleptic qualities with a phytochemical profile rich in bioactive compounds, beneficial to consumer health.

Keywords: Functional tea, Eucalyptus, Hibiscus, Ginger, Formulation, Sensory analysis, Commercial potential.

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Principaux polyphénols du thé noir et leurs propriétés

Tableau 2 : montrant les utilisations de l'eucalyptus et leurs descriptions

Tableau 3 : comparatif des plantes additionnelles du mélange

Tableau 5 : Les scores sensoriels exprimés sous la forme $\bar{x} \pm \sigma$ pour les cinq gammes.

Liste des Figures

Figure 1 : une pousse de thé

Figure 2 : Voie d'oxydation des catéchines vers les pigments du thé noir

Figure 3 : Procédé de fabrication du thé noir

Figure 4 : Feuilles d'eucalyptus

Figure 5 : Bâtons de cannelle

Figure 6 : Le citron

Figure 7 : Feuilles de Verveine

Figure 8 : feuilles d'Hibiscus séché

Figure 9 : Rhizome de gingembre frais

Figure 10 : feuilles de Menthe

Figure 11 : les Plante utiliser lors des préparations

Figure 12 : Diagramme de préparation des sachets de thé

Figure 13 : Exemple d'étapes pour préparer la gamme de citron pour 0.5L d'eau (photos original)

Figure 14 : Présentation des produits final (les 5 gammes)

Figure 15 : Histogramme de l'intensité de la couleur par gamme

Figure 16 : Histogramme de l'intensité de l'arôme et Fraîcheur en bouche par gamme

Figure 17 : Histogramme de L'amertume perçue et Équilibre des saveurs par gamme

Figure 18 : Graphique en toile d'araignée global superposant les 5 gammes pour tous les attributs

Figure 19 : Répartition du panel par genre, tranche d'âge et fréquence de consommation

Figure 20 : Histogramme des critères de choix d'une infusion

Figure 21 : Diagramme circulaire des préférences de type d'infusion

Figure 22 : Histogramme des préférences par gamme

Figure 23 : Graphique en barres empilées du niveau d'intérêt pour chaque gamme

Figure 24 : Diagramme circulaire de la disposition à payer pour une boîte de 20 sachets

Liste des abréviations

AA	: Acide ascorbique
ABTS	: 2,2'-azinobis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique)
BHT	: Butylhydroxytoluène
COX	: Cyclooxygénase
CRP	: Protéine C-réactive (C-reactive protein)
CTC	: Cut, Tear and Curl (coupe, déchirure, enroulement)
CUPRAC	: Cupric Reducing Antioxidant Capacity
DA	: Dinar algérien
DAD	: Détecteur à barrette de diodes (Diode Array Detector)
DPPH	: 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle
EAG	: Équivalent acide gallique
EC	: Épicatéchine
ECA	: Enzyme de conversion de l'angiotensine
ECG	: Épicatéchine gallate
EGCG	: Épigallocatechine gallate
FDA	: Food and Drug Administration
FRAP	: Ferric Reducing Antioxidant Power
HEGE	: Huile essentielle de gingembre
HPLC	: High Performance Liquid Chromatography
HSV	: Virus de l'herpès simplex (Herpes Simplex Virus)
IUPAC	: International Union of Pure and Applied Chemistry
JNK	: c-Jun N-terminal kinase
LDL	: Lipoprotéines de basse densité (Low Density Lipoprotein)
NF-κB	: Nuclear Factor kappa B
OAV	: Valeur d'activité odorante (Odor Activity Value)
ORAC	: Oxygen Radical Absorbance Capacity
ROS	: Espèces réactives de l'oxygène (Reactive Oxygen Species)
SD	: Séchage solaire (Solar Drying)
TE	: Équivalent Trolox
TF	: Théaflavines
TNF-α	: Tumour Necrosis Factor alpha
TR	: Théarubigines
TRPM8	: Transient Receptor Potential Melastatin 8

Sommaire

Introduction	1
Synthèse bibliographique	4
Chapitre 1 : Généralités sur le thé noir	5
1.1. Historique du thé.....	5
1.2. Définition et différents types de thé.....	5
1.3. Composition chimique du thé noir.....	6
1.4. Procédé de fabrication du thé noir	8
1.5. Bienfaits du thé noir sur la santé.....	9
Chapitre 2 : Généralités sur les plantes de base du mélange	11
2.1. Eucalyptus (<i>Eucalyptus globulus</i>).....	11
2.2. Cannelle (<i>Cinnamomum verum</i>)	13
Chapitre 3 : Généralités sur les plantes additionnelles	16
3.1. Citron (<i>Citrus limon</i>).....	16
3.2. Verveine (<i>Aloysia citrodora</i>)	17
3.3. Hibiscus (<i>Hibiscus sabdariffa</i>).....	18
3.4. Gingembre (<i>Zingiber officinale</i>).....	20
3.5. Menthe (<i>Mentha piperita</i>).....	21
Chapitre 4 : Aspects technologiques et analytiques des mélanges pour infusion	24
4.1. Le marché des mélanges de thé	24
4.2. Facteurs influençant la qualité d'une infusion	24
Partie Expérimentale	25
Chapitre 1 : Matériels végétal utilisés	26
Chapitre 2 : Élaboration des différentes gammes de thé	28
2.1. Préparation des cinq gammes (gingembre, citron, hibiscus, menthe, verveine).....	28
Chapitre 3 : Questionnaire	31
3.1. Évaluation des préférences et intentions.....	31
Chapitre 4 : Analyse sensorielle	32
4.1. Panel d'attributs de dégustation évalués	32
RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	35
Chapitre 1 : Présentation des gammes de thé obtenues	36
Chapitre 2 : Résultats et discussion de l'analyse sensorielle	38
2.1. Intensité de la couleur	38
2.2. Intensité de l'arôme et fraîcheur en bouche.....	40
2.3. Amertume perçue et équilibre des saveurs	42

Chapitre 3 : Les résultats du questionnaire.....	46
3.1. Profil démographique et habitudes de consommation des participants	46
3.2. Critères de choix et attentes des consommateurs.....	47
3.3. Analyse des préférences et attractivité des gammes	50
3.4. Perception des bienfaits, niveau d'intérêt et intention d'achat	52
Chapitre 4 : Synthèse comparative et identification des gammes d'intérêt commercial majeur	57
Conclusion.....	59
Annexes	61
Références bibliographiques	66

Introduction

Le thé est, après l'eau, la boisson la plus consommée au monde. Originaire d'Asie, il s'est progressivement imposé dans toutes les cultures comme une boisson conviviale, rituelle et thérapeutique. Depuis plusieurs décennies, l'intérêt des consommateurs pour les produits naturels et fonctionnels connaît une croissance exponentielle, portée par une prise de conscience collective en matière de nutrition et de prévention des maladies chroniques. Dans ce contexte, les infusions à base de plantes médicinales et aromatiques occupent une place de choix, en raison de leur richesse en composés bioactifs tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les huiles essentielles et les alcaloïdes, reconnus pour leurs effets antioxydants, anti-inflammatoires et antimicrobiens **(Vecchio et al., 2016 ; Yagi et al., 2023 ; Pimpale et al., 2024)**.

L'une des problématiques majeures dans l'élaboration de nouvelles boissons réside dans la conciliation entre vertus santé et qualité sensorielle. En effet, les propriétés organoleptiques d'une infusion : sa couleur, son arôme, son goût et son astringence, constituent des critères déterminants dans l'acceptation du produit par le consommateur. Une formulation réussie doit ainsi allier un profil sensoriel agréable à un apport fonctionnel réel. La maîtrise de ces paramètres, dès la phase de formulation, représente un enjeu scientifique et industriel considérable pour les acteurs de la filière des boissons naturelles **(Yaman, 2020 ; Noor Fadzlina et al., 2024)**.

Dans le cadre de la présente étude, nous avons choisi de travailler avec une matrice de base composée de thé noir (44 %), réputé pour sa richesse en théaflavines, théarubigines et caféine, auxquels s'ajoutent les effets bronchodilatateurs et antiseptiques de l'eucalyptus (16 %), ainsi que les propriétés anti-inflammatoires, antifongiques et aromatiques de la cannelle (26 %). Afin d'enrichir et de diversifier les profils organoleptiques et fonctionnels de cette base, une plante complémentaire (14 %) a été intégrée, en variant parmi cinq candidates reconnues pour leurs vertus bien documentées : le citron, le gingembre, la menthe, l'hibiscus et la verveine. Ce choix raisonné permet d'explorer une gamme de thés couvrant un spectre large de goûts, de couleurs et de propriétés bioactives complémentaires **(Yalcin Gorgullu et al., 2014 ; Vecchio et al., 2016 ; Wang et al., 2023 ; Pimpale et al., 2024)**.

L'objectif du présent travail est de formuler et de caractériser cinq gammes de thé naturel et fonctionnel, préparées à partir de cette base commune enrichie de plantes complémentaires, et d'évaluer leur qualité sensorielle auprès d'un panel d'évaluateurs afin d'établir le profil d'acceptation de chaque gamme.

Ce mémoire s'articule autour de trois parties : la première partie est consacré à une synthèse bibliographique portant sur le thé noir, l'eucalyptus, la cannelle et les cinq plantes complémentaires étudiées, ainsi que sur leurs propriétés biologiques et leur usage en phytothérapie ; la deuxième partie décrit le matériel végétal utilisé et les méthodes mises en œuvre ; enfin, la troisième partie présente, interprète et discute les résultats obtenus à l'issue des différentes analyses réalisées.

Synthèse bibliographique

Chapitre 1 : Généralités sur le thé noir

1.1. Historique du thé

Le thé est l'une des boissons les plus consommées au monde, immédiatement après l'eau. Son histoire remonte à plusieurs millénaires en Chine, où la légende attribue sa découverte à l'Empereur Shennong vers 2737 avant J.-C. Le thé a progressivement conquis le monde entier ; introduit au Japon au VIII^e siècle, il a atteint l'Europe au XVI^e siècle grâce aux marchands portugais et hollandais, avant de devenir la boisson nationale du Royaume-Uni au XVII^e siècle. Aujourd'hui, la production mondiale de thé dépasse les 6,27 millions de tonnes par an, et le thé noir en représente plus de 70 % (Wang et al., 2022 ; Ray et al., 2023).

Les principales régions productrices de thé noir dans le monde sont la Chine, l'Inde, le Kenya et le Sri Lanka. La culture du thé a façonné des économies, des rituels sociaux et des traditions culturelles dans de nombreuses civilisations. Le nom scientifique de la plante à thé, *Camellia sinensis*, témoigne de ses origines asiatiques, bien que la plante soit aujourd'hui cultivée sur tous les continents, des régions tropicales aux zones tempérées (Noor Fadzlina et al., 2024).

1.2. Différents types de thé

1.2.1. Thé vert, thé noir, thé blanc, thé oolong

Tous les types de thés proviennent de la même plante, *Camellia sinensis*, mais se distinguent par leur procédé de transformation et leur degré d'oxydation (ou fermentation). Le thé vert est non oxydé : les feuilles fraîches sont immédiatement chauffées (par vapeur ou par torréfaction à sec) pour inactiver les enzymes oxydantes et préserver les catéchines. Le thé blanc est issu des jeunes bourgeons à peine cueillis, séchés à l'air libre avec une transformation minimale. Le thé oolong subit une oxydation partielle (entre 15 % et 85 %), ce qui lui confère des caractéristiques intermédiaires entre le thé vert et le thé noir. Enfin, le thé noir est soumis à une oxydation enzymatique complète, transformant les catéchines en pigments spécifiques comme les théaflavines et les théarubigines (Ray et al., 2023).

1.2.2. Spécificités du thé noir

Le thé noir se distingue par sa couleur sombre, sa saveur forte et maltée, et sa teneur élevée en caféine. Sa production mondiale (environ 78 % du thé total) en fait le type de thé le plus commercialisé. Il existe deux grandes technologies de production : la technologie orthodoxe, qui roule les feuilles entières pour mélanger leurs constituants internes, et la technologie CTC

(Cut, Tear and Curl), qui découpe, déchire et enroule les feuilles pour accélérer l'oxydation et obtenir un thé à infusion rapide, souvent utilisé pour les sachets de thé. Le thé noir conserve bien ses propriétés bioactives au cours du stockage, même si certains composés comme les catéchines peuvent décliner significativement après plusieurs mois (**Theppakorn, 2016 ; Kasim, 2019**).



Figure 1 : Une pousse de thé

<https://cultivea.com/blogs/astuces-jardinage/comment-reussir-la-culture-du-the>

1.3. Composition chimique du thé noir

1.3.1. Polyphénols (théaflavines, théarubigines)

Les polyphénols constituent les principaux composés bioactifs du thé noir et comprennent les catéchines (épigallocatechine gallate, épicatechine gallate, épicatechine, épigallocatechine), les théaflavines et les théarubigines. Lors de la fermentation du thé noir, les catéchines sont oxydées par la polyphénol oxydase pour former des pigments condensés. Les théaflavines (TFs), caractérisées par leur squelette benzotropolone, sont des dimères de catéchines considérés comme les 'molécules d'or' du thé noir en raison de leurs propriétés thérapeutiques remarquables : activité anti-oxydante, hypolipémiante, anti-inflammatoire, anti-mutagène et anticancéreuse (**Obanda et al, 2004 ; Sharbert et al, 2004 ; Ngur et al, 2009 ; Wang et al, 2011 ; Bhuyan et al, 2015 ; Ye et al, 2015**).

Les théaflavines sont étroitement corrélées à la couleur dorée de l'infusion de thé noir et contribuent à ses qualités organoleptiques, notamment l'astringence et la fraîcheur. Les théarubigines, polymères de masse moléculaire plus élevée, sont responsables de la couleur rouge-brunâtre caractéristique de l'infusion. Ces composés représentent plus de 80 % des polyphénols oxydés dans le thé noir. Selon la littérature scientifique, l'activité antioxydante des théaflavines est supérieure à celle de certains antioxydants synthétiques comme le BHT (**He, 2017 ; Wang et al., 2023**).

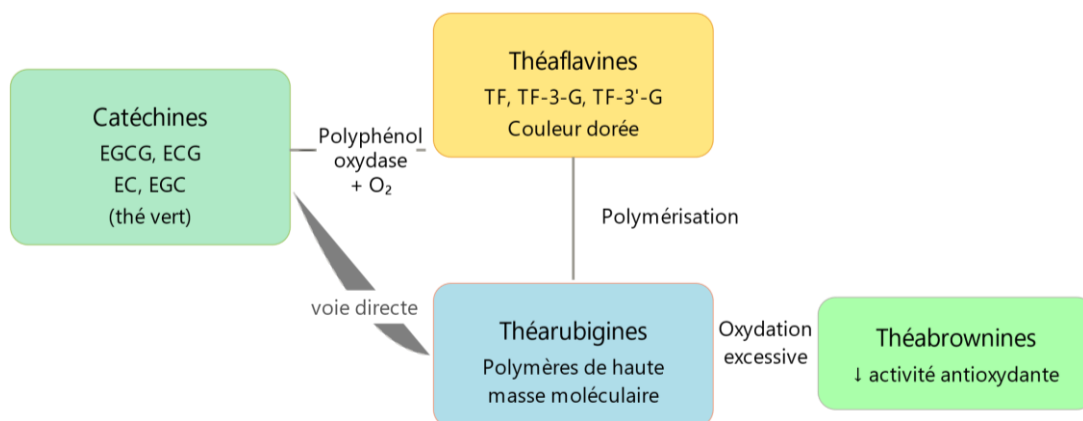


Figure 2 : Voie d'oxydation des catéchines vers les pigments du thé noir (draw.io, mai 2026)

Tableau 1 : Principaux polyphénols du thé noir et leurs propriétés (Wang et al, 2023).

Composé	Classe	Propriétés principales	Teneur relative
Théaflavines (TF)	Pigments benzotropolone	Antioxydant, hypolipidémiant, anti-inflammatoire	0,3 – 2 %
Théarubigines (TR)	Polymères phénoliques	Couleur rouge-brun, antioxydant	10 – 20 %
Catéchines résiduelles	Flavanols	Antioxydant, antimicrobien	Variable
Acide gallique	Acide phénolique	Antioxydant, astringent	Traces

1.3.2. Caféine et autres alcaloïdes

La caféine est l'alcaloïde prédominant du thé noir, à raison de 2 à 4 % du poids sec des feuilles, ce qui en fait un stimulant naturel du système nerveux central. Elle améliore la vigilance, la concentration et les performances cognitives. D'autres méthylxanthines sont présentes en quantités moindres, notamment la théophylline (bronchodilatateur) et la théobromine (vasodilatateur). La teneur en caféine varie selon l'origine géographique, le grade des feuilles et les conditions de transformation. Les études ont montré que la caféine interagit de manière synergique avec les polyphénols pour moduler l'activité antioxydante globale du thé (Wang et al., 2023).

1.3.3. Minéraux et vitamines

Le thé noir contient une gamme de minéraux essentiels, parmi lesquels le manganèse, le potassium, le magnésium, le calcium, le zinc et le fluor. Ces éléments contribuent à divers processus métaboliques et à la santé osseuse. En ce qui concerne les vitamines, on retrouve des vitamines du groupe B (B1, B2, B3, B6) ainsi que de faibles quantités de vitamine C, qui tend à se dégrader au cours de la fermentation et de la torréfaction. La teneur en minéraux peut varier selon les sols de culture et les procédés de transformation utilisés **(Noor Fadzlina et al., 2024)**.

1.4. Procédé de fabrication du thé noir

1.4.1. Flétrissage, roulage, fermentation, séchage

La fabrication du thé noir comprend quatre étapes fondamentales. Le flétrissage consiste à réduire la teneur en eau des feuilles fraîches (de 75-80 % à environ 55-60 %) en les étalant sur des claies pendant 12 à 24 heures. Cette étape rend les feuilles souples et facilite le roulage. Le roulage brise les cellules foliaires, libère les enzymes oxydantes et met en contact les polyphénols et l'oxygène de l'air. La fermentation (ou oxydation enzymatique) est l'étape clé : elle se déroule à une température de 22-28 °C, avec une humidité relative élevée, pendant 2 à 4 heures. Les catéchines sont alors transformées en théaflavines et théarubigines. Enfin, le séchage (à 90-120 °C) stoppe l'oxydation, réduit la teneur en eau à moins de 5 % et développe les arômes caractéristiques du thé noir (Figure 3) **(Hua et al., 2021 ; Noor Fadzlina et al., 2024)**.

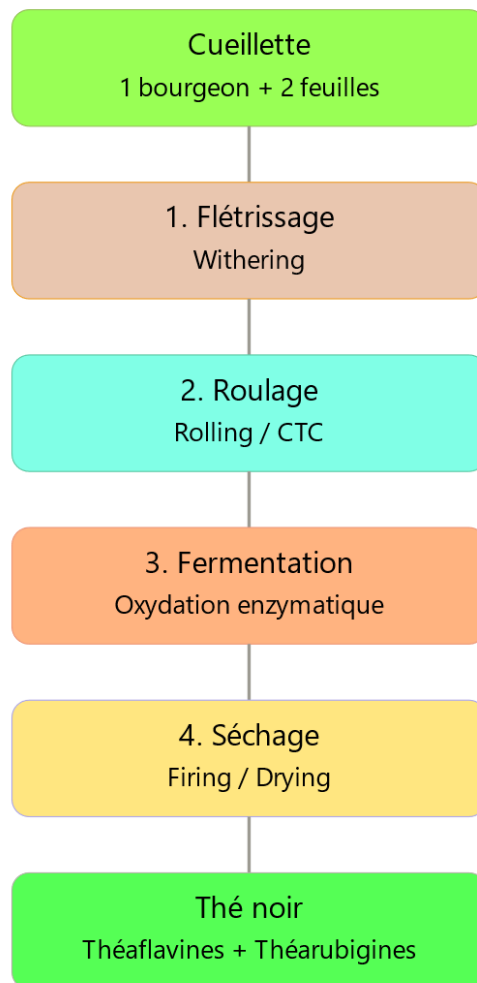


Figure 3 : Procédé de fabrication du thé noir.

1.5. Bienfaits du thé noir sur la santé

1.5.1. Activité antioxydante

L'activité antioxydante du thé noir est l'une de ses propriétés les plus documentées. Les catéchines, théaflavines et autres polyphénols présents dans le thé noir sont capables de neutraliser les radicaux libres et les espèces réactives de l'oxygène (ROS), réduisant ainsi le stress oxydatif cellulaire. Des données scientifiques suggèrent une forte capacité antioxydante du thé noir, avec une valeur ORAC pouvant atteindre 2824 $\mu\text{mol TE/g}$. Des catéchines résiduelles, notamment l'EGCG, l'ECG et l'EC, sont significativement et positivement corrélées à l'activité antioxydante totale. En revanche, les théabrownines (polymères sombres formés lors d'une oxydation excessive) présentent une corrélation négative avec cette activité (**Guo et al, 1999 ; Zhang et al , 2018 ; Zhao et al 2019 ; Chen et al, 2020 ; He et al., 2020 ; Shabani et al, 2020 ; Anitha et al, 2021 ; Aalman et al, 2022**).

1.5.2. Effets sur le système cardiovasculaire et métabolique

De nombreuses études épidémiologiques et cliniques ont établi un lien entre la consommation régulière de thé noir et la réduction du risque de maladies cardiovasculaires. Les théaflavines et théarubigines exercent des effets hypolipémiants en inhibant les lipases et les amylases intestinales, réduisant ainsi l'absorption des graisses et des glucides. Elles inhibent également l'expression des molécules d'adhésion vasculaire via le blocage des voies NF- κ B et JNK, protégeant ainsi l'endothélium vasculaire. Par ailleurs, le thé noir contribue à la réduction de la pression artérielle, du cholestérol LDL et de la glycémie. Des propriétés antibactériennes, antivirales et anticancéreuses ont également été rapportées pour les constituants du thé noir **(He, 2017 ; Noor Fadzlina et al., 2024)**.

1.6. Évolution des composés chimiques pendant la fabrication

Au cours de la fabrication du thé noir, la teneur en acides aminés augmente grâce à l'hydrolyse des protéines, la théanine étant l'acide aminé majeur (environ 1,37 % du thé sec) dont le rapport D/L peut indiquer la qualité et les conditions de stockage ; la caféine augmente lors du flétrissage par concentration mais peut baisser au séchage, représentant 5 à 10 % des solides extraits à l'infusion, tandis que la théobromine est présente à faible dose (0,3 %) et que la théophylline est absente du thé tel qu'il est bu. Enfin, plus de 600 composés volatils formés durant le processus (via des réactions enzymatiques, redox ou pyrolytiques) déterminent les arômes, et les thés d'altitude présentent une meilleure qualité aromatique. **(Andrew, 2016)**

1.7 Aspects technologiques et analytiques des mélanges pour infusion

1.7.1. Le marché des mélanges de thé

Sur le marché des thés, les mélanges de plantes (polyherbes) gagnent en popularité pour améliorer le goût et renforcer les effets thérapeutiques. Certaines combinaisons offrent des synergies bénéfiques (antioxydant, anti-inflammatoire, antibactérien), comme la stévia avec la citronnelle ou le Pu-erh avec la mandarine. D'autres sont antagonistes (moringa-gingembre). L'ajout d'édulcorants modifie l'activité antioxydante, et des préparations traditionnelles comme le Kahwa indien illustrent bien ces potentialités. L'étude des interactions entre plantes est essentielle pour éviter des effets indésirables. **(Zayapor et Syahida, 2023)**.

1.7.2. Facteurs influençant la qualité d'une infusion

La qualité d'une infusion dépend de plusieurs facteurs : le ratio herbe/eau, la taille des particules (broyées ou en poudre, plus efficaces que les feuilles entières), ainsi que les conditions d'extraction (température, durée, conditionnement). Une eau à 100°C pendant 3 à 5 minutes est souvent optimale, mais les études divergent sur l'effet précis du temps d'infusion, et un excès de temps n'est pas toujours bénéfique. En pratique, les consommateurs utilisent fréquemment des conditions inadéquates (infusion trop courte), ce qui réduit l'efficacité thérapeutique. Enfin, les sachets, bien que pratiques, donnent des résultats variables par rapport aux feuilles en vrac. (Zayapor et Syahida, 2023).

Chapitre 2 : Généralités sur les plantes de base du mélange

2.1. Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*)

2.1.1. Description botanique et origine

L'Eucalyptus globulus Labill (famille des *Myrtaceae*) est un grand arbre à feuilles persistantes, originaire d'Australie et de Tasmanie. Il est connu sous différentes appellations vernaculaires : 'blue-gum eucalyptus' en anglais, 'gommier bleu' en français, 'eucalyptus' en bengali et hindi. Depuis le XIXe siècle, cette espèce a été introduite avec succès dans plus de 90 pays, notamment dans les régions subtropicales, méditerranéennes et d'Afrique du Nord. L'arbre peut atteindre plus de 30 mètres de hauteur et est cultivé pour son bois, sa gomme, sa pâte à papier et son huile essentielle. La première mention de l'utilisation d'*Eucalyptus globulus* en Europe remonte à 1792 en France (Batish et al, 2008 ; Hardel, Sahoc, 2011 ; Vecchio et al., 2016 ; Cmíková et al., 2023).



Figure 4 : Feuilles d'eucalyptus

<https://tisserandinstitute.org/tisserand-institute-2-2/feuilles-deucalyptus/>

2.1.2. Composition chimique (1,8-cinéole, flavonoïdes, tanins)

L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* (HEGE) est considérée comme une source majeure de composés bioactifs. Sa composition est dominée par le 1,8-cinéole (eucalyptol), qui représente jusqu'à 63 % des constituants totaux. Les autres composés identifiés incluent le p-cymène (7,7 %), l' α -pinène (7,3 %), l' α -limonène (6,9 %), le terpinène-4-ol et divers monoterpènes (totalisant jusqu'à 99,2 %). En dehors de l'huile essentielle, les feuilles d'eucalyptus renferment également des terpenoïdes, des flavonoïdes (quercétine, lutéoline), des tanins et des polyphénols qui contribuent à ses propriétés biologiques. L'HEGE a fait l'objet d'une évaluation positive par la FDA américaine et le Conseil de l'Europe en tant que substance sûre et non toxique (Cmíková et al., 2023).

2.1.3. Propriétés thérapeutiques et utilisations

L'eucalyptus est utilisé depuis des siècles en médecine traditionnelle pour le traitement des affections respiratoires (rhinite, bronchite, fièvre). Le 1,8-cinéole, principal constituant de l'huile essentielle, est reconnu pour ses propriétés antimicrobiennes, anti-inflammatoires et mucolytiques. Des études in vitro ont démontré une activité antimicrobienne significative contre *Candida albicans* et diverses moisissures, ainsi qu'une activité anti-biofilm contre *Pseudomonas fluorescens*. L'huile essentielle présente également une activité antioxydante mesurable (neutralisation de 55,44 % du radical ABTS⁺ à 10 μ L) et une activité insecticide (mortalité de 100 % de *O. lavaterae* à 25-100 % de concentration). Dans le contexte des thés aromatisés, l'eucalyptus est associé à une réduction du taux de sucre sanguin et du cholestérol, et son incorporation dans des mélanges à base de thé noir et de cannelle a été étudiée pour optimiser les conditions d'infusion (Vecchio et al., 2016 ;; Mu'tamar et al., 2021 ; Cmíková et al., 2023)

2.1.4. Synergie entre composés de l'eucalyptus

Les recherches des 50 dernières années sur l'huile essentielle d'eucalyptus ont mis en évidence deux effets majeurs : une action antiseptique marquée et une capacité à dilater les bronchioles des poumons ; de plus, l'action de l'huile complète est plus puissante que celle de son principal constituant isolé, le cinéole, ce qui suggère des effets de synergie entre ses différents composés (Andrew, 2016).

2.1.5. Utilisation traditionnelle et actuelle de l'eucalyptus

L'eucalyptus est une plante médicinale, utilisée depuis longtemps dans la médecine traditionnelle, et connue pour ses vertus thérapeutiques comme remède naturel contre plusieurs affections. Ces différentes utilisations sont décrites dans le tableau suivant.

Tableau 2 : Utilisations de l'eucalyptus et leurs descriptions. (Vecchio et al., 2016).

Utilisation	Description
Infections et fièvres	Remède traditionnel aborigène, aujourd'hui utilisé mondialement contre ces affections.
Antiseptique	Très utile contre les rhumes, la grippe et les maux de gorge.
Expectorant	Puissant expectorant, indiqué pour les infections pulmonaires (bronchite, pneumonie).
Effet chauffant	L'huile essentielle diluée appliquée sur la peau (thorax ou sinus) a un effet chauffant et légèrement anesthésiant. Le même effet est obtenu avec l'infusion ou la teinture utilisée en gargarisme.
Soulagement des douleurs	L'huile essentielle diluée appliquée localement aide à soulager les douleurs rhumatismales (articulations douloureuses et raides), les névralgies et certaines infections cutanées bactériennes.

2.2. Cannelle (*Cinnamomum verum*)

2.2.1. Description botanique et origine

La cannelle (*Cinnamomum zeylanicum* Blume, synonyme *Cinnamomum verum* J.Presl) appartient à la famille des Lauraceae. C'est un arbre à taille modérée ou grande, à écorce rougeâtre et épaisse, à parties jeunes glabres et à bourgeons finement soyeux. Ses feuilles simples, opposées ou sub-opposées, mesurent de 7,5 à 25 cm de long ; elles sont ovales ou lancéolées-ovales, coriaces et brillantes dessus, légèrement plus pâles dessous, et roses lorsqu'elles sont jeunes. L'espèce est originaire du Sri Lanka, de l'Inde méridionale et de certaines régions de l'Asie du Sud-Est. Aujourd'hui, la cannelle est cultivée dans de nombreux pays tropicaux et est l'une des épices les plus utilisées dans le monde, aussi bien dans les industries alimentaires que pharmaceutiques et cosmétiques (Jayaweera, Senaratna, 2006 ; Hamidpour et al., 2015).



Figure 5 : Bâtons de cannelle.

<https://www.gaetancyr.ca/product/cannelle-baton-310g/>

2.2.2. Composition (huile essentielle, coumarine, polyphénols)

La cannelle est riche en une gamme diversifiée de composés bioactifs. Son huile essentielle contient principalement le trans-cinnamaldéhyde, l'acétate de cinnamyle, l'eugénol, le L-bornéol, le caryophyllène, le β -caryophyllène, l' α -terpinéol, et la terpinolène. Le cinnamaldéhyde est le composé le plus abondant (responsable de l'arôme et de la plupart des activités biologiques). La cannelle contient également des procyanidines (de type A et B), des catéchines, de la coumarine (composé aromatique), des acides phénoliques et d'autres polyphénols. L'écorce renferme aussi des composés résineux comme la cinnamate, l'acide cinnamique et diverses huiles essentielles (Tung et al, 2008 ; Tung et al 2010 ; Pimpale et al., 2024).

2.2.3. Vertus pour la santé (antidiabétique, antioxydante, anti-inflammatoire)

La cannelle possède un large spectre d'activités thérapeutiques documentées scientifiquement. Ses propriétés antioxydantes sont attribuées aux procyanidines et catéchines qui ont la capacité de piéger les radicaux libres. L'effet antidiabétique de la cannelle a été mis en évidence dans plusieurs études cliniques : elle améliore la sensibilité à l'insuline et contribue à réduire la glycémie à jeun. Ses propriétés anti-inflammatoires sont liées à l'inhibition des voies de signalisation pro-inflammatoires par le cinnamaldéhyde. La cannelle présente également des propriétés antibactériennes, antifongiques, antivirales et vasodilatatrices. Elle favorise la santé du côlon, améliore la circulation sanguine dans l'utérus et agit comme coagulant naturel. Dans les thés aromatisés, la cannelle améliore l'acceptabilité sensorielle et potentialise les effets

bénéfiques du mélange (Safdar et al, 2004 ; Halliwell, 2006 ; Mang et al, 2006 ; Halliwell, 2011 ; Mu'tamar et al., 2021 ; Pimpale et al., 2024).

La cannelle possède des propriétés antioxydantes grâce à ses procyanidines phénoliques, similaires à celles du pépin de raisin et du thé vert, ce qui favorise une bonne circulation sanguine ; elle présente également des effets anti-inflammatoires, ainsi que des propriétés antidiabétiques et métaboliques en améliorant la sensibilité à l'insuline et en régulant la glycémie, tout en contribuant à réduire l'hypertension artérielle et, modestement, le cholestérol. (Linet al, 1999 ; Li et al, 2003 ; Chao et al, 2005 ; Zayapor et Syahida, 2023)

Chapitre 3 : Généralités sur les plantes complémentaires du mélange

3.1. Citron (*Citrus limon*)

3.1.1. Présentation et composés bioactifs (vitamine C, flavonoïdes)

Le citron (*Citrus limon* L. Burm.f.) est un agrume appartenant à la famille des Rutaceae. C'est un arbre de taille moyenne à petit, cultivé dans les régions méditerranéennes, tropicales et subtropicales. Le fruit est caractérisé par sa couleur jaune vif, sa saveur acide et sa forte teneur en vitamine C (acide ascorbique). Les principaux composés bioactifs du citron comprennent la vitamine C, les flavonoïdes (hespéridine, naringénine, diosmétine), les caroténoïdes, les acides organiques (acide citrique, acide malique) et les huiles essentielles (limonène, β -pinène). Des études ont montré que le jus de citron et ses extraits peuvent agir comme source d'antioxydants et induire l'apoptose dans certaines cellules cancéreuses. L'effet du citron sur les infusions de thé a également été étudié : son addition modifie les concentrations de certains éléments minéraux dans les tisanes (Gorgulu et al., 2014).



Figure 6 : Le citron.

<https://cuisine.journaldesfemmes.fr/encyclopedie-produits/1956625-citron/>

3.1.2. Intérêts nutritionnels et sensoriels

Sur le plan nutritionnel, le citron est une excellente source de vitamine C, indispensable à la synthèse du collagène, à l'immunité et à la protection cellulaire contre le stress oxydatif. Les études sur les infusions de mélisse et de sauge ont montré que la teneur en vitamine C dans les tisanes varie de 0,24 à 615,8 µg/mL selon les conditions de préparation, démontrant l'importance du temps et de la quantité utilisés lors de l'infusion. Sur le plan sensoriel, le citron apporte une note aromatique acidulée et fraîche qui rehausse le profil organoleptique des mélanges de thé. Son ajout dans un thé à base d'eucalyptus, de cannelle et de thé noir contribue à équilibrer les notes amères et à améliorer l'acceptabilité globale du produit. **(Gastaldi, 2018).**

3.1.3. Apport du citron en infusion

Le citron apporte une contribution multidimensionnelle aux infusions : sur le plan sensoriel et sanitaire, il traite rhumes, gripes, infections pulmonaires, stimule la détoxification hépatique, améliore l'appétit et soulage divers maux (acidité, ulcères, arthrite, goutte, rhumatismes), tandis qu'en usage externe ou en gargarisme, il lutte contre l'acné, les mycoses, les maux de gorge ou les aphtes. Grâce à ses bioflavonoïdes, il renforce les parois veineuses et capillaires, ce qui aide contre les varices, la fragilité capillaire, les ecchymoses, l'athérosclérose et les troubles circulatoires. Ses propriétés antiseptiques, antibactériennes, purifiantes et détoxifiantes en font un précieux préventif contre infections, états fébriles et affections digestives, tout en constituant un tonique général et un aliment clé pour le maintien d'une bonne santé **(Andrew, 2016).**

3.2. Verveine (*Aloysia citrodora*)

3.2.1. Description et principaux constituants (verbénone, citral)

La verveine citronnée (*Lippia citriodora* HBK, synonyme *Aloysia citrodora* Paláu) appartient à la famille des Verbenaceae. C'est un arbuste aromatique originaire d'Amérique du Sud (Argentine, Chili, Pérou) qui est aujourd'hui cultivé en Afrique du Nord et en Europe méridionale. Ses feuilles lancéolées dégagent un arôme citronné intense caractéristique. La composition phytochimique de *Lippia citriodora* comprend plusieurs flavonoïdes (lutéoline, apigénine, diosmétine et leurs glucosides), des acides phénoliques (acide rosmarinique, acide caféique), des terpènes (citral, verbénone, limonène, géraniol) et d'autres composés phénoliques. Ces constituants ont été identifiés par analyse HPLC/DAD **(Newall et al, 1996 ; Valentão et al., 1999 ; Velentão et al, 2002).**



Figure 7 : Feuilles de Verveine.

<https://magazine.hortus-focus.fr/blog/2025/07/21/la-verveine-citronnelle/>

3.2.2. Propriétés digestives et sédatives

En médecine traditionnelle, les feuilles de verveine citronnée sont utilisées comme infusion pour traiter l'asthme, les rhumes, la fièvre, les flatulences, les coliques, la diarrhée et l'indigestion. Elle possède des propriétés digestives, antispasmodiques, antipyrétiques, sédatives et stomachiques bien documentées. Sur le plan scientifique, une étude de **(Valentão et al., 2002)** a démontré que l'infusion de *Lippia citriodora* possède une puissante activité de piégeage des radicaux superoxydes, ainsi qu'une activité modérée contre les radicaux hydroxyles et l'acide hypochloreux. Cette activité antioxydante est liée à la fraction phénolique de l'infusion. L'association de la verveine aux autres composants du mélange de thé étudié apporte des propriétés apaisantes et digestives complémentaires, ainsi qu'un arôme citronné agréable.

3.3. Hibiscus (*Hibiscus sabdariffa*)

3.3.1. Caractéristiques botaniques et chimiques (acides organiques, anthocyanes)

L'hibiscus (*Hibiscus sabdariffa* L., famille des Malvaceae), communément appelé roselle ou karkadeh, est une plante herbacée annuelle largement distribuée dans les régions tropicales et subtropicales. Elle aurait été domestiquée au Soudan occidental avant 4000 avant J.-C. et constitue une culture économique importante dans de nombreux pays africains. Les calices de la plante varient en couleur (rouge, rouge foncé, vert ou blanc) selon la variété. Les calices rouges sont particulièrement riches en anthocyanes (delphinidine-3-glucoside, sambubioside, cyanidine-3-sambubioside), en acides phénoliques (acide néochlorogénique, acide chlorogénique) et en acides organiques (acide hydroxycitrique, acide hibiscique). Les calices blancs contiennent des polyphénols, des flavonoïdes et des saponines, mais en quantités

moindres en anthocyanes (**Christian, Jackson, 2009 ; Reyes-Luengas et al, 2015 ; Mohamed et al., 2021 ; Riaz et al, 2021**).

3.3.2. Intérêt dans les mélanges de thés

L'hibiscus présente plusieurs atouts pour les mélanges de thés et infusions : ses anthocyanes lui confèrent une teinte rouge intense sans colorants artificiels, et sa saveur acidulée rafraîchissante en fait un ingrédient idéal pour des boissons estivales. Au-delà de ses qualités sensorielles, ses propriétés médicinales — hypotenseurs, réduction du cholestérol, effet légèrement sédatif — ainsi que ses vertus adoucissantes pour les muqueuses digestives et respiratoires, en font un ingrédient fonctionnel très recherché pour les thés dédiés à la santé cardiovasculaire et au bien-être général (**Andrew, 2016**).



Figure 8 : Feuilles d'Hibiscus séché.

<https://www.mesepices.com/mes-infusions-sans-theine/les-carcadets/fleurs-d-hibiscus-sechees.html>

3.3.2. Effets antihypertenseurs et antioxydants

L'hibiscus (*Hibiscus sabdariffa*) est l'une des plantes médicinales les plus étudiées pour ses effets biologiques. Ses calices ont démontré des activités antioxydante, anti-âge, antidiabétique, antihyperlipidémique, anti-obésité et antihypertensive. L'effet antihypertenseur est l'une des propriétés les plus documentées, avec une réduction significative de la pression artérielle systolique et diastolique observée dans plusieurs essais cliniques. Cette action est attribuée principalement aux anthocyanes et aux acides organiques qui inhibent l'enzyme de conversion de l'angiotensine (ECA). L'hibiscus est également utilisé en médecine traditionnelle pour traiter le paludisme, l'hypertension, les hémorroïdes, la fièvre et les piqûres de serpents. Dans le cadre

d'un thé aromatisé, l'hibiscus apporte une couleur rouge distinctive, une saveur acidulée et fruitée, et des propriétés antioxydantes complémentaires à celles du thé noir (**Widowati et al., 2017 ; Rasheed et al, 2018 ; Bule et al, 2020 ; Mohamed et al, 2022**).

3.4. Gingembre (*Zingiber officinale*)

3.4.1. Origine et composition (gingérols, shogaols)

Le gingembre (*Zingiber officinale* Roscoe) appartient à la famille des *Zingiberaceae*. C'est une plante herbacée pérenne rhizomateuse à hauteur de 9 cm environ, dont les rhizomes sont aromatiques et de couleur jaune clair. Les feuilles sont longues (2 à 3 cm de large) et les fleurs en épis sont communes. Le gingembre est cultivé principalement en Australie, en Asie et dans de nombreuses autres régions du monde. Il est utilisé depuis au moins 2 500 ans dans la médecine traditionnelle chinoise pour traiter les rhumatismes, les maladies du sang et les nausées. Sa composition phytochimique est divisée en deux grandes catégories : les composés volatils (hydrocarbures sesquiterpéniques et monoterpénoïdes, responsables de son arôme), et les composés non volatils, notamment les gingérols, les shogaols, les paradols et le zingérone, qui lui confèrent ses propriétés biologiques (**kawai T, 1994 ; Langer et al., 1998 ; Li et al., 2019 ; Lingayat et al., 2023**).

L'utilisation médicinale du gingembre requiert plusieurs précautions : il est déconseillé en cas d'ulcères gastroduodénaux, son huile essentielle ne doit pas être prise par voie interne sans supervision professionnelle, et chez les femmes enceintes ainsi que les personnes sous anticoagulants, la dose maximale recommandée est de 2 g de racine séchée (ou 4 g de racine fraîche) par jour (**Zayapor et Syahida, 2023**).



Figure 9 : Rhizome de gingembre frais

https://www.gastronomiac.com/glossaire_des_produits/gingembre/

3.4.2. Propriétés antiémétiques, anti-inflammatoires et digestives

Le gingembre est reconnu mondialement pour ses propriétés antiémétiques (efficacité dans la prévention des nausées et vomissements liés aux chimiothérapies, à la grossesse et au mal des transports). Ses composés actifs, en particulier les gingérols et les shogaols, exercent des effets anti-inflammatoires en inhibant la cyclooxygénase (COX) et la lipoxygénase, ainsi que les voies de signalisation pro-inflammatoires. L'activité antioxydante du gingembre est comparable à celle de certains antioxydants synthétiques : ses composés phénoliques (gingérols, shogaols, zingérone) neutralisent les radicaux libres et les espèces réactives de l'oxygène (ROS). Les extraits de gingembre rouge présentent des propriétés antioxydantes dues à leur capacité à donner des électrons ou des hydrogènes aux radicaux libres. Le gingembre inhibe également la xanthine oxydase, principale enzyme responsable de la production de ROS, ce qui en fait un composant de choix pour enrichir un mélange de thé aux propriétés fonctionnelles (Ames, 1993 ; Lingayat et al., 2023).

3.5. Menthe (*Mentha piperita*)

3.5.1. Description et chimie (menthol, carvone)

La menthe poivrée (*Mentha piperita* L.) appartient à la famille des Lamiaceae. C'est une plante herbacée pérenne, largement distribuée à travers le monde, facilement reconnaissable par son arôme mentholé caractéristique. Les principaux constituants bioactifs de la menthe poivrée comprennent le menthol (principal constituant, responsable de la sensation de fraîcheur), le menthone, le menthyl acétate, le menthofurane, la carvone, le cinéole et divers flavonoïdes (lutéoline-7-O-rutinoside, ériocitrine, hespéridosides). Des analyses phytochimiques approfondies ont identifié et caractérisé ces composés grâce à leurs structures IUPAC bien définies et leurs rôles physiologiques reconnus. La composition chimique de la menthe peut varier selon l'espèce (*Mentha piperita* ou *Mentha spicata*), le stade de développement et les conditions de culture (Loolaie et al., 2017 ; Mitra et al., 2022).

3.5.2. Rôle dans les infusions

Dans les infusions et mélanges de thés, la menthe poivrée joue plusieurs rôles : son menthol procure un arôme rafraîchissant et un effet calmant sur les muqueuses irritées ; elle fait preuve d'une grande synergie avec d'autres ingrédients en augmentant les sucs digestifs et la bile, en complétant les plantes carminatives ou laxatives par son action antispasmodique, en masquant les notes amères grâce à son arôme puissant, et en contribuant potentiellement à la conservation du mélange par ses propriétés antiseptiques (**Andrew, 2016**).



Figure 10 : feuilles de Menthe
<https://soriavie.fr/menthe-poivree-bienfaits>

3.5.2. Usages traditionnels et effets sur la digestion

La menthe poivrée est utilisée depuis des siècles en médecine traditionnelle pour le traitement des troubles digestifs (dyspepsie, flatulences, gastrite, entérite, colique intestinale), des voies biliaires et du tractus gastro-intestinal. Ses propriétés pharmacologiques incluent l'activité antitumorale (inhibition des promoteurs de tumeurs comme l'acide okadaïque), l'activité antibactérienne (menthol inhibant *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* et des agents pathogènes végétaux), l'activité antifongique contre *Candida albicans* et *Aspergillus*, et l'activité antivirale contre le HSV-1 et HSV-2. L'activité anti-inflammatoire de la menthe a été démontrée in vivo, notamment par la suppression de l'anaphylaxie cutanée médiée par les IgE. Concernant la digestion, des études ont montré que l'infusion de menthe poivrée est recommandée pour les troubles biliaires, la dyspepsie et les spasmes du tube digestif (**Guerin , Reveillere , 1985 ; Blaszczyk et al., 2000 ; Tassou et al., 2000 ; Ezzat, 2001 ; Gorgulu et al., 2014; Mitra et al., 2022**).

Tableau 3 : Comparatif des plantes additionnelles du mélange.

(Valentão et al., 2002 ; Yalcin Gorgullu et al., 2014 ; Mohamed et al., 2016 ; Gastaldi et al., 2018 ; Chakraborty et al., 2022 ; Mitra et al., 2022 ; Styawan et al., 2022 ; Lingayat et al., 2023 ; Yagi et al., 2023).

Plante	Famille	Composés clés	Propriétés principales	Rôle sensoriel
Citron	Rutaceae	Vit. C, flavonoïdes (hespéridine, naringénine)	Antioxydant Immunostimulant Anti-cancéreux	Acidulé, frais Équilibre l'amertume
Verveine	Verbenaceae	Citral, verbénone Flavonoïdes, Acides phénoliques	Digestif Antispasmodique Antioxydant	Citronné, doux, Note florale
Hubiscus	Malvaceae	Anthocyanes Acides organiques Polyphénols	Antihypertenseur Antioxydant Antidiabétique	Couleur rouge Acidulé, fruité Attractif
Gingembre	Zingiberaceae	Gingérols, Shogaols, Zingérone	Antiémétique Anti- inflammatoire Digestif	Piquant, épicé Note chaude
Menthe	Lamiaceae	Menthol, Carvone, cinéole, Flavonoïdes	Digestif Antibactérien Anti- inflammatoire	Frais, mentholé Sensation rafraîchissante

Partie Expérimentale

Notre travail consiste à élaborer plusieurs gammes de thé naturel, à base de thé noir, d'eucalyptus et de cannelle, additionné de plants complémentaires (citron, gingembre, menthe) formulant plusieurs gammes à vertus bénéfiques sur le plant organoleptique et la santé du consommateur.

1. Matériels végétal utilisé

Huit matières premières végétales ont été utilisées pour la préparation des sachets de thé : thé noir (*Camellia sinensis*), feuilles d'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*), cannelle (*Cinnamomum verum*), gingembre (*Zingiber officinale*), citron (*Citrus limon*), hibiscus (*Hibiscus sabdariffa*), menthe (*Mentha spicata*) et verveine (*Verbena officinalis*). Tous les ingrédients ont été achetés auprès d'un épicier local, déjà conditionnés pour une utilisation alimentaire.

Tableau 4 : Les plantes utilisées, leurs formes d'achat et les préparations effectuées.

Ingrédient	Forme d'achat	Préparation avant utilisation
Thé noir	Poudre fine	Aucune
Eucalyptus	Feuilles séchées	Broyage manuel au mortier et pilon
Cannelle	Écorce interne séchée	Broyage en petits morceaux
Gingembre	Poudre de rhizome	Aucune
Citron	Poudre (zestes ou tranches déshydratés)	Aucune
Hibiscus	Calices floraux séchés	Aucune
Menthe	Feuilles séchées	Aucune
Verveine	Feuilles séchées	Aucune

Plantes de base



Thé noire



l'eucalyptus



Cannelle

Plantes Complémentaires



Gingembre



Citron



Hibiscus



Menthe



Verveine

Figure 11 : Les plantes utilisées lors de la préparation des thés (photos originales).

2. Élaboration des différentes gammes de thé

2.1. Méthode de préparation des cinq gammes en sachets (gingembre, citron, hibiscus, menthe, verveine)

Principe : À partir de la formulation de base, élaborer cinq gammes distinctes par ajout d'une plante supplémentaire à un taux de 14 % de la masse totale de la préparation, cette dernière a été calculée pour un sachet de thé (2,5g) pour une tasse de thé (100ml).

Matériel utilisé :

- Balance de précision (précision $\pm 0,01$ g)
- Mortier et pilon
- Sachets de thé vides
- Scelleur thermique

Mode opératoire :

1. Peser chaque poudre selon les pourcentages massiques recalculés (masse totale du sachet : 2,5 g) :
 - Plante ajoutée (gingembre, citron, hibiscus, menthe ou verveine) : 14 % (soit 0,35 g)
 - Thé noir : 44 % (soit 1,10 g)
 - Cannelle : 26 % (soit 0,64 g)
 - Eucalyptus : 16 % (soit 0,41 g)
2. Mélanger manuellement les quatre poudres pesées jusqu'à obtention d'une homogénéité visuelle.
3. Introduire le mélange dans un sachet de thé vide.
4. Sceller thermiquement le sachet.
5. Répéter les étapes 6 à 9 pour chacune des cinq gammes.

2.2. Préparation des cinq gammes de thé pour l'analyse sensorielle

Les différentes gammes de thés ont été préparées par infusion de chaque mélange dans l'eau potable filtré, afin de pouvoir effectuer les tests de l'analyse sensorielle (Figure 12). Aucun additif chimique n'a été utilisé lors de la préparation des échantillons. Chaque gamme a été préparée juste avant la servir aux dégustateurs volontaires ayant participé à l'analyse sensorielle (Figure 13).

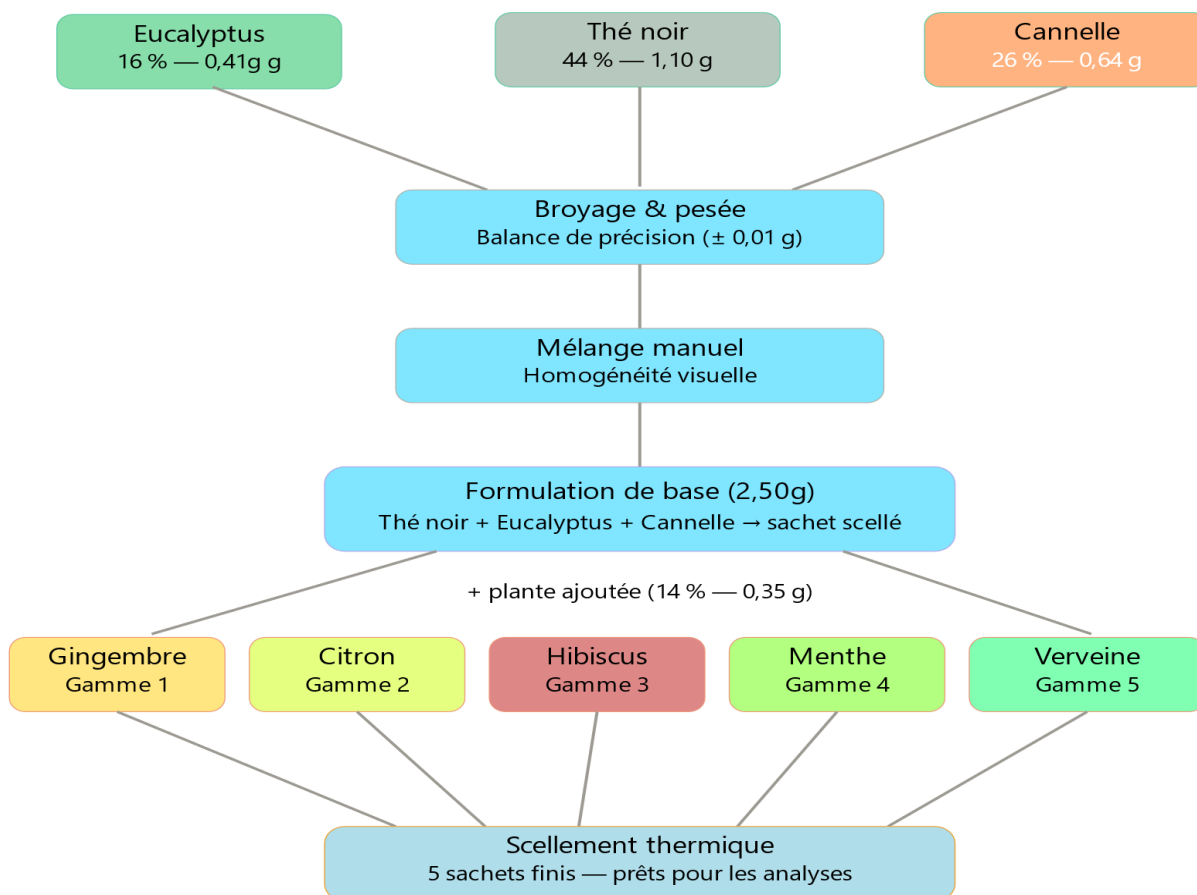


Figure 12 : Diagramme de préparation des sachets de thé (Schéma original)

Au total, cinq lots de thés différents ont ainsi été préparés, correspondant aux cinq gammes : thé : eucalyptus-cannelle-thé noir, additionné respectivement de gingembre, citron, hibiscus, menthe ou verveine.



Figure 13 : Les différentes étapes adoptées pour la préparation du thé.
(Exemple du thé gamme « Citron » pour 0,5 L d'eau (**photos originale**))

3. Questionnaire

Le panel était composé de volontaires ayant accepté de participer à l'étude. Aucun critère d'exclusion particulier n'a été appliqué. Avant la dégustation, chaque panéliste a renseigné un formulaire de recueil de données comportant les questions suivantes :

- **Question 1** : Le sexe (féminin / masculin)
- **Question 2** : L'âge (moins de 18 ans, 18–25 ans, 25–60 ans, plus de 60 ans)
- **Question 3** : La fréquence de consommation d'infusions ou de thé (jamais, plusieurs fois par mois, une fois par semaine, plusieurs fois par semaine, une fois par jour ou plus)
- **Question 4** : Les critères de choix d'une infusion (goût/arôme, bienfaits pour la santé, prix, origine naturelle, intensité, emballage, recommandations)
- **Question 5** : Les préférences générales (non parfumé, parfums de fruits, parfums de plantes, épices, mélanges)

3.1. Évaluation des préférences et intentions

Les panélistes ont également été invités à :

- **Question 6** : Indiquer leur échantillon préféré parmi les cinq (choix unique)
- **Question 7** : La connaissance des propriétés thérapeutiques des feuilles d'eucalyptus
- **Question 8** : Exprimer leur niveau d'intérêt pour un thé combinant l'eucalyptus avec chaque plante (menthe, citron, gingembre, hibiscus, verveine) selon une échelle à cinq niveaux (pas du tout intéressé, peu intéressé, neutre, intéressé, très intéressé)
- **Question 9** : Indiquer le prix maximum qu'ils seraient prêts à payer pour une boîte de 20 sachets de leur thé préféré (moins de 150 DA, entre 150 et 200 DA, entre 200 et 250 DA, plus de 250 DA)

4. Analyse sensorielle

4.1. Principe : Évaluer l'acceptabilité et les caractéristiques organoleptiques des cinq gammes de thé (menthe, citron, gingembre, hibiscus, verveine) auprès d'un panel de consommateurs non entraînés.

4.2. Panel d'attributs évalués de dégustation

Pour chaque échantillon, les panélistes ont évalué cinq attributs sensoriels à l'aide d'une échelle de 1 (très faible) à 5 (très fort) :

1. Intensité de la couleur
2. Intensité de l'arôme
3. Équilibre des saveurs
4. Amertume perçue
5. Fraîcheur en bouche

4.3. Expression des résultats

Les scores attribués à chaque attribut sensoriel ont été saisis et traités à l'aide du logiciel Excel (Microsoft Corporation). Pour chaque échantillon et chaque attribut, la moyenne et l'écart-type ont été calculés à partir des réponses de l'ensemble des panélistes.

- **Logiciel utilisé pour les résultats :** Microsoft Excel (Microsoft Corporation).
- **Calcul des moyennes et des écarts-types**

Pour chaque paramètre mesuré, les valeurs obtenues à partir des répétitions (triplicata ou répliquatas) ont été exprimées sous forme de :

- **Moyenne arithmétique :** calculée selon la formule suivante :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

où n représente le nombre de mesures et x_i la valeur individuelle.

- **Écart-type :** calculé selon la formule suivante :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

L'écart-type a permis d'évaluer la dispersion des valeurs autour de la moyenne.

Ces calculs ont été appliqués aux scores sensoriels (couleur, arôme, équilibre, amertume, fraîcheur) pour chaque échantillon.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. Présentation des gammes de thé obtenues

L'élaboration des cinq gammes de thé fonctionnel repose sur une formulation de base commune : thé noir (44 %), eucalyptus broyé (16 %) et cannelle (26 %), à laquelle a été intégrée une quantité de la plante complémentaire qui correspond à 14 % de la masse totale du sachet (2,5 g). Cette standardisation de la formulation garantit la comparabilité des résultats obtenus pour chacune des gammes, tout en permettant de mettre en évidence la contribution spécifique de chaque plante additive sur les caractéristiques finales de l'infusion.

Après infusion d'un sachet (2,5 g) dans 100 mL d'eau potable filtrée portée à ébullition, les tasses de thé obtenues présentent des profils visuels nettement distincts selon la plante ajoutée. Ces différences d'aspect constituent un premier indicateur sensoriel perceptible avant même la dégustation, et traduisent la diversité des pigments végétaux mobilisés lors de l'extraction thermique (Figure 14).

Gamme Hibiscus : L'infusion présente une couleur d'un rouge intense et profond, caractéristique de la richesse en anthocyanes des calices d'*Hibiscus sabdariffa*. Ces pigments hydrosolubles, principalement la delphinidine-3-glucoside, la cyanidine-3-sambubioside et leurs dérivés, sont libérés rapidement dans l'eau chaude et confèrent à la tasse une couleur frappante, qui vire légèrement vers le pourpre selon le pH de l'infusion (Yagi et al., 2023). Le pH acide mesuré pour cette gamme (5,04) est précisément favorable à la stabilisation de la forme colorée des anthocyanes. Cette gamme est sans conteste la plus visuellement distinctive.

Cette observation est cohérente avec les données rapportées par (Mohamed et al., 2016), qui ont montré que l'utilisation de milieux acides, tels que des solutions éthanoliques acidifiées à l'acide lactique (2 %) ou à l'HCl (1 %), permet de stabiliser les anthocyanes d'*Hibiscus sabdariffa* et d'en maximiser l'extraction, avec des teneurs atteignant respectivement 725,91 et 685,78 mg/100g de matière sèche. La forme flavylium (cationique) des anthocyanes, prédominante en milieu acide, est précisément responsable de la coloration rouge intense observée. Le pH acide de notre infusion (5,04) s'inscrit ainsi dans la plage favorable à la stabilisation de cette forme colorée, ce qui corrobore la robe visuelle obtenue.

Gamme Verveine : L'infusion dégage une teinte ambrée dorée, légèrement teintée de reflets verts, résultant de la combinaison des théarubigines du thé noir avec les flavonoïdes et les acides phénoliques (notamment l'acide rosmarinique) de la verveine citronnée. La couleur est profonde et chaleureuse.

Gamme Menthe : L'infusion affiche une couleur brun-ambré aux nuances verdâtres discrètes, apportées par les chlorophylles résiduelles des feuilles de menthe. La teinte de fond reste dominée par les pigments du thé noir et de la cannelle.

Gamme Gingembre : L'infusion révèle une teinte brun-orangée chaude, marquée par la contribution des oléorésines du gingembre (gingérols, shogaols) et par les théarubigines. La couleur est opaque et dense, évocatrice des préparations épicées traditionnelles.

Gamme Citron : L'infusion présente une teinte ambré-jaune pâle, légèrement moins soutenue que les autres gammes, en raison de l'effet potentiel de l'acidité du citron sur la dégradation partielle des théarubigines en composés de moindre couleur. Les flavonoïdes du citron (hespéridine, naringénine) contribuent à une légère nuance dorée caractéristique.

La diversité des teintes obtenues démontre que le choix de la plante additive ne se limite pas à un apport gustatif ou fonctionnel, mais constitue également un vecteur d'attractivité visuelle du produit. La gamme Hibiscus se distingue particulièrement à cet égard, avec une couleur rouge vif qui constitue un atout commercial indéniable.



Citron



Gingembre



Hibiscus



Menthe



Verveine

Figure 14 : Présentation des cinq gammes de thé obtenus (photos originale)

2. Résultats et discussion de l'analyse sensorielle

L'analyse sensorielle a été réalisée auprès d'un panel de consommateurs volontaires non entraînés. Cinq attributs organoleptiques ont été évalués pour chacune des gammes : l'intensité de la couleur, l'intensité de l'arôme, l'équilibre des saveurs, l'amertume perçue et la fraîcheur en bouche. Chaque attribut a été noté sur une échelle de 1 (très faible) à 5 (très fort). Les résultats sont présentés sous forme de moyennes arithmétiques ($\bar{x}$) et d'écart-types (σ), permettant d'évaluer à la fois le niveau de perception moyen et le degré de consensus au sein du panel.

Tableau 5 : Résultats des scores sensoriels exprimés sous la forme $\bar{x} \pm \sigma$ pour les cinq gammes.

Gamme	Couleur	Arôme	Équilibre	Amertume	Fraîcheur
Menthe	3.8 ± 1.03	3.0 ± 1.13	2.7 ± 1.07	2.6 ± 1.08	2.9 ± 1.38
Citron	3.2 ± 1.11	1.8 ± 0.72	2.2 ± 1.03	2.2 ± 0.83	1.8 ± 0.75
Gingembre	4.1 ± 0.67	3.0 ± 0.95	3.5 ± 1.00	2.0 ± 0.85	3.1 ± 1.38
Hibiscus	4.4 ± 0.79	4.0 ± 0.95	3.1 ± 1.24	2.2 ± 0.72	3.5 ± 1.45
Verveine	4.2 ± 0.72	4.3 ± 0.78	3.4 ± 1.00	2.3 ± 1.07	3.8 ± 0.83

2.1. Intensité de la couleur

La couleur constitue le premier attribut sensoriel perçu par le consommateur lors de la présentation d'une infusion. Elle détermine en partie l'acceptabilité initiale du produit et génère des attentes quant aux saveurs à venir (Figure 15).

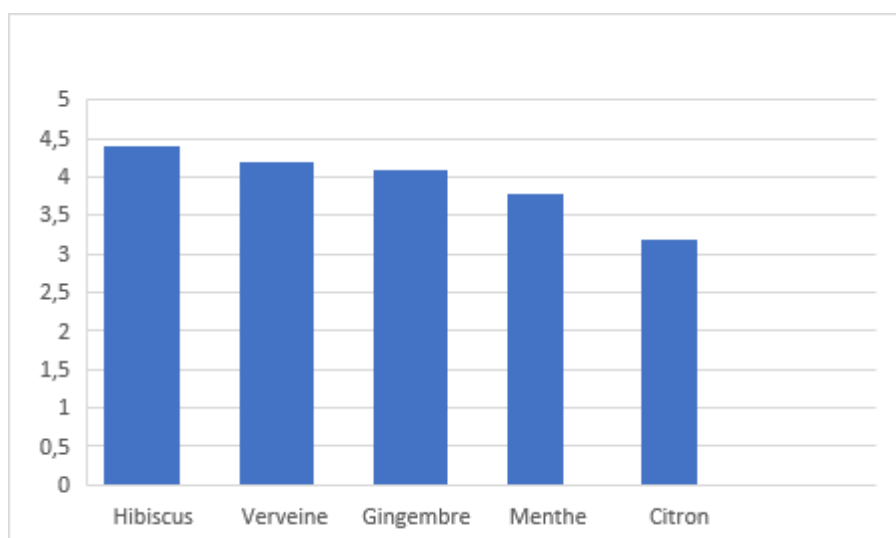


Figure 15 : Résultats de l'intensité de la couleur par gamme

L'analyse des scores révèle que la gamme Hibiscus obtient la moyenne la plus élevée pour l'intensité de la couleur ($\bar{x} = 4,4 \pm 0,79$), suivie de près par la gamme Verveine ($\bar{x} = 4,2 \pm 0,72$) et la gamme Gingembre ($\bar{x} = 4,1 \pm 0,67$). Ces trois gammes ont donc été perçues comme ayant une couleur particulièrement intense par les panélistes.

La prééminence de la gamme Hibiscus est directement imputable à sa teneur élevée en anthocyanes (delphinidine-3-glucoside, cyanidine-3-sambubioside), pigments hydrosolubles libérés en grande quantité lors de l'infusion et responsables de la robe rouge vif caractéristique (Yagi et al., 2023). La faible dispersion des scores ($\sigma = 0,79$) indique un consensus relatif des panélistes sur cette appréciation.

Ces résultats s'accordent avec les travaux de (Mohamed et al, 2016), qui ont établi une corrélation très forte entre la teneur en anthocyanes et l'activité antioxydante des extraits d'*Hibiscus sabdariffa* ($R^2 = 0,980$ mesuré par DPPH ; 0,984 par ABTS ; 0,981 par FRAP). Les auteurs ont notamment démontré que les milieux acides optimisent la stabilité de ces pigments et maximisent leur activité antioxydante, confirmant ainsi que la richesse colorante observée dans notre gamme Hibiscus s'accompagne d'un potentiel fonctionnel antioxydant élevé.

La gamme Citron obtient le score moyen le plus bas pour la couleur ($\bar{x} = 3,2 \pm 1,11$). Cette valeur plus modeste s'explique par l'absence de pigments colorants forts dans la poudre de citron utilisée, les flavonoïdes du citron (hespéridine, naringénine) étant peu colorants en solution aqueuse. L'écart-type le plus élevé pour cet attribut ($\sigma = 1,11$) suggère une divergence notable des perceptions au sein du panel, certains panélistes ayant peut-être comparé la gamme citron à la robe intense de l'hibiscus, accentuant la perception de pâleur relative.

2.2. Intensité de l'arôme et fraîcheur en bouche

L'arôme et la fraîcheur en bouche constituent deux dimensions complémentaires de l'expérience sensorielle des infusions. L'arôme, perçu par voie ortho- et rétronasale, reflète la complexité des composés volatils libérés lors de l'infusion ; la fraîcheur en bouche traduit quant à elle les sensations trigéminales et les impressions de légèreté laissées après déglutition (Figure 16).

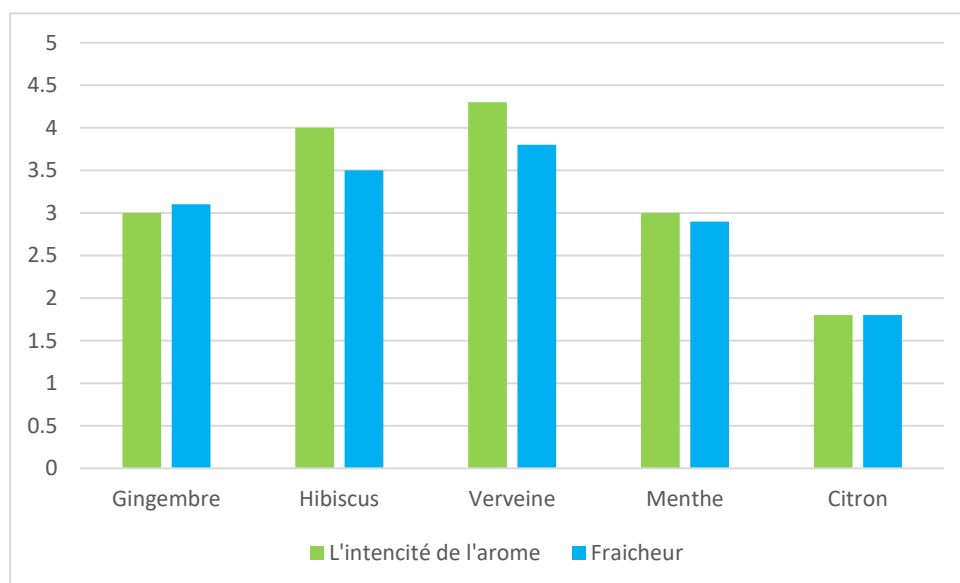


Figure 16 : Résultats de l'intensité de l'arôme et Fraîcheur en bouche par gamme

La gamme Verveine présente l'intensité aromatique la plus élevée ($\bar{x} = 4,3 \pm 0,78$), résultat attendu compte tenu de la richesse aromatique de la verveine citronnée (*Lippia citriodora*), dont les feuilles dégagent un arôme citronné intense lié à la présence de verbénone, de géraniol et de nérol. L'association de ces notes citronnées avec les composés phénoliques de l'infusion de base crée un profil olfactif complexe et apprécié.

Cette richesse aromatique est corroborée par l'étude de **Suna et al, (2019)**, qui ont analysé des boissons fonctionnelles à base de *Lippia citriodora* et ont mis en évidence leur richesse en composés phénoliques (jusqu'à 360,78 mg EAG/100 mL pour les formulations les plus concentrées) ainsi qu'une activité antioxydante notable mesurée par plusieurs méthodes. Ces données scientifiques confirment que l'intensité aromatique perçue dans notre gamme Verveine reflète une réelle densité en composés bioactifs, et que cette gamme présente un potentiel fonctionnel antioxydant remarquable au-delà de ses qualités organoleptiques.

La gamme Hibiscus se distingue également par un arôme intense ($\bar{x} = 4,0 \pm 0,95$), attribuable à l'association des anthocyanes et des acides organiques, qui libèrent des notes fruitées et acidulées caractéristiques.

En ce qui concerne la fraîcheur en bouche, la gamme Verveine obtient le score le plus élevé ($\bar{x} = 3,8 \pm 0,83$), suivie de la gamme Hibiscus ($\bar{x} = 3,5 \pm 1,45$). La sensation de fraîcheur associée à la verveine est attribuable à son profil aromatique léger et ses propriétés digestives reconnues. Le score élevé de la gamme Hibiscus pour la fraîcheur découle de son acidité prononcée, qui procure une sensation de vivacité et de légèreté en fin de bouche.

La gamme Verveine obtient également des scores de fraîcheur remarquables, ce qui est cohérent avec sa teneur minérale. En effet, **Suna et al, (2019)** ont montré que les boissons à base de verveine citronnée sont naturellement riches en minéraux essentiels, en particulier le potassium (jusqu'à 222,28 mg/L), le calcium (jusqu'à 129,85 mg/L) et le magnésium (jusqu'à 46,21 mg/L). Ces minéraux contribuent à l'équilibre ionique et à la perception de légèreté en bouche, ce qui peut en partie expliquer la sensation de fraîcheur et de bien-être rapportée par les panélistes après dégustation de cette gamme. La richesse minérale de la verveine renforce ainsi sa valeur nutritionnelle au-delà de ses seules propriétés aromatiques.

La gamme Menthe obtient un score de fraîcheur de $\bar{x} = 2,9 \pm 1,38$. Ce score, inférieur aux valeurs attendues compte tenu de la réputation rafraîchissante de la menthe, peut s'expliquer par la proportion relativement limitée de menthe dans la formulation (14 % soit 0,35 g), qui ne permet pas une libération suffisante de menthol pour générer une sensation de fraîcheur intense perceptible sur le fond aromatique dominant de la cannelle et du thé noir. Les travaux cités en synthèse bibliographique rappellent en effet que le menthol, principal responsable de la sensation de fraîcheur, agit par stimulation des récepteurs TRPM8 ; une concentration minimale est nécessaire pour déclencher cet effet.

La gamme Citron affiche les scores les plus bas aussi bien pour l'arôme ($\bar{x} = 1,8 \pm 0,72$) que pour la fraîcheur ($\bar{x} = 1,8 \pm 0,75$). Cette performance modeste pourrait s'expliquer par l'utilisation de citron en poudre déshydratée plutôt qu'en zeste frais ou en huile essentielle. Le processus de déshydratation entraîne une perte significative des composés aromatiques volatils (limonène, β -pinène, citral), responsables du caractère frais et piquant du citron frais. Cette hypothèse mérite d'être explorée dans les perspectives de reformulation.

Cette hypothèse est solidement étayée par les travaux de **Yu et al, (2022)**, qui ont étudié comparativement l'impact de trois méthodes de séchage (séchage solaire, séchage à l'air chaud et lyophilisation) sur les composés volatils d'écorces de *Citrus reticulata*. Leurs résultats indiquent clairement une hiérarchie qualitative en termes de préservation des arômes : le séchage solaire (SD) s'avère le plus favorable à la conservation des monoterpènes (notamment le D-limonène, le γ -terpinène et le β -myrcène), avec des concentrations totales en monoterpènes de l'ordre de 4 702,86 $\mu\text{g/g}$ pour les écorces de Chachi séchées au soleil, contre seulement 125,34 $\mu\text{g/g}$ pour les mêmes écorces lyophilisées.

De plus, les auteurs ont démontré que le séchage à l'air chaud à 70 °C réduisait considérablement la teneur en composés volatils d'intérêt aromatique par rapport au séchage solaire. L'utilisation de poudre de citron préparée par déshydratation à l'air chaud dans notre formulation est donc susceptible d'avoir entraîné une déperdition marquée des composés volatils responsables des notes fraîches et citronnées, ce qui corrobore les faibles scores d'arôme et de fraîcheur observés pour la gamme Citron (**Mohamed et al., 2016 ; Yu et al., 2022**).

La gamme Gingembre présente un profil aromatique et de fraîcheur équilibré (arôme : $\bar{x} = 3,0 \pm 0,95$; fraîcheur : $\bar{x} = 3,1 \pm 1,38$). Les gingérols et shogaols du gingembre (*Zingiber officinale*) libèrent une chaleur piquante caractéristique plutôt qu'une fraîcheur au sens strict. La perception de « fraîcheur » pour cette gamme traduit sans doute une sensation de légèreté post-déglutition et de netteté en bouche, caractéristique des épices à saveur vive. L'écart-type élevé ($\sigma = 1,38$) illustre le caractère subjectif de cette perception : le piquant du gingembre est apprécié très diversement selon les individus, certains l'associant à de la fraîcheur, d'autres à de la chaleur.

2.3. Amertume perçue et équilibre des saveurs

L'amertume et l'équilibre des saveurs sont deux attributs sensoriels étroitement liés dans les infusions de thé noir (Figure 17). L'amertume résulte principalement de la présence de polyphénols : catéchines, théaflavines, théarubigines, et d'une faible proportion de caféine dans le thé noir (*Camellia sinensis*). Dans le cadre de notre formulation, la cannelle et l'eucalyptus, également riches en composés phénoliques, contribuent également à ce fond amer. La question centrale est donc de savoir dans quelle mesure chaque plante additive parvient à moduler, masquer ou équilibrer cette amertume structurelle.

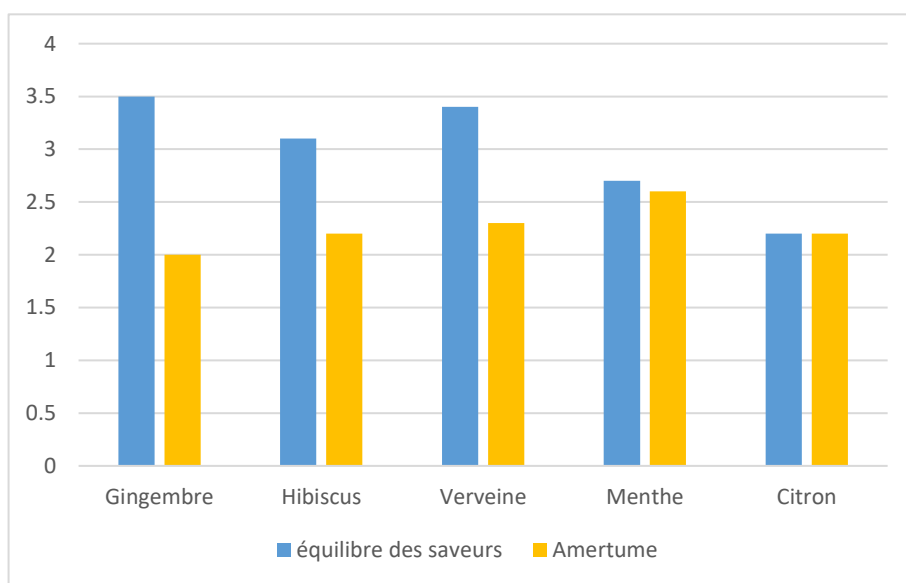


Figure 17 : Résultats de L'amertume perçue et Équilibre des saveurs par gamme

La gamme Gingembre obtient le score d'équilibre des saveurs le plus élevé ($\bar{x} = 3,5 \pm 1,00$), ce qui indique que l'ajout de gingembre est perçu comme harmonisant efficacement le profil gustatif global. Les composés piquants du gingembre : gingérols et shogaols, semblent interagir positivement avec les notes amères du thé noir, créant un contraste gustatif dynamique qui maintient l'attention des papilles et masque partiellement l'astringence.

Ce phénomène est cohérent avec les propriétés organoleptiques bien documentées du gingembre comme exhausteur de goût dans les préparations aromatisées. Sur le plan phytochimique, cette observation est soutenue par les données de **Styawan et al, (2022)**, qui rappellent que le rhizome de *Zingiber officinale* contient deux catégories de composés actifs : les composés volatils constituant l'huile essentielle (α -zingibérène, β -sesquiphellandrène, camphène, citral, géraniol) et les composés non volatils de l'oléorésine, dont les gingérols

(notamment le 6-gingérol, 8-gingérol et 10-gingérol), les shogaols et les paradols, qui sont les principaux responsables de la saveur piquante.

Ces composés phénoliques, appartenant à la famille des [6]-gingérolides, ont une structure chimique caractérisée par un groupement 3-méthoxy-4-hydroxyphényl qui leur confère à la fois leur activité biologique et leur contribution organoleptique. Lors d'un traitement thermique (infusion), les gingérols se transforment partiellement en shogaols, composés encore plus piquants, ce qui contribue à l'intensité aromatique perçue dans l'infusion chaude.

La gamme Verveine présente également un équilibre des saveurs satisfaisant ($\bar{x} = 3,4 \pm 1,00$), avec une dispersion faible ($\sigma = 0,996$) indiquant un fort consensus parmi les panélistes. L'arôme citronné de la verveine, doux et non acide, exerce un effet de masquage de l'amertume par enrobage aromatique, sans pour autant introduire une acidité perturbatrice. Ce profil équilibré est en accord avec les usages traditionnels de la verveine comme infusion digestive apaisante.

D'un point de vue fonctionnel, **Suna et al, (2019)** ont montré que les boissons à base de *Lippia citriodora* conservent une bioaccessibilité des antioxydants notables après digestion *in vitro* simulée, avec des taux de bioaccessibilité FRAP allant jusqu'à 47,01 % pour certaines formulations enrichies en minéraux. Ce résultat suggère que les composés phénoliques de la verveine (dont l'acide rosmarinique, les flavonoïdes iridoïdes et le verbascoside) sont partiellement biodisponibles après ingestion, ce qui confère à cette gamme une valeur fonctionnelle réelle dépassant sa seule dimension organoleptique.

La gamme Menthe révèle un score d'équilibre plus faible ($\bar{x} = 2,7 \pm 1,07$). Bien que la menthe soit réputée pour ses propriétés masquantes de l'amertume grâce à son arôme mentholé, la dose utilisée (0,35 g) semble insuffisante pour produire un effet d'équilibrage notable face à la formulation de base dominée par la cannelle et le thé noir.

La gamme Citron présente le score d'équilibre le plus faible ($\bar{x} = 2,2 \pm 1,03$), suggérant que l'acidité du citron ne parvient pas à harmoniser les saveurs mais introduit au contraire une note acide qui se superpose à l'amertume sans la neutraliser. L'écart-type modéré ($\sigma = 1,03$) reflète une certaine hétérogénéité des perceptions, certains panélistes appréciant cette combinaison acide-amer et d'autres la trouvant déséquilibrée.

Concernant l'amertume perçue, les cinq gammes présentent des scores remarquablement proches, compris entre $\bar{x} = 2,0$ (Gingembre) et $\bar{x} = 2,6$ (Menthe), tous inférieurs au score médian de l'échelle (3,0). Cela indique que, dans l'ensemble, les panélistes ont perçu une amertume modérée et bien tolérée pour l'ensemble des gammes.

La gamme Gingembre affiche l'amertume la plus basse ($\bar{x} = 2,0 \pm 0,85$), ce qui, combiné à son score d'équilibre élevé, confirme l'effet modulateur positif du gingembre sur les polyphénols amers du thé noir. Ce résultat est cohérent avec les propriétés biologiques du gingembre décrites par **Styawan et al, (2022)**, qui signalent notamment une activité antioxydante puissante des extraits méthanoliques de *Zingiber officinale* (inhibition du DPPH à 86,26 %, de l'ABTS à 91,04 % et du monoxyde d'azote à 86,72 %), attribuée à des composés tels que le 6-gingérol, la zingibérène, le zingerone et le 8-gingérol. Ces composés phénoliques polyfonctionnels exercent ainsi une double action en combinant des effets sensoriels (modulation du piquant et de l'amertume) et des effets biologiques (neutralisation des radicaux libres), ce qui renforce l'intérêt fonctionnel de la gamme Gingembre au-delà de ses seules qualités gustatives.

La gamme Menthe présente l'amertume perçue la plus élevée ($\bar{x} = 2,6 \pm 1,08$), résultat qui peut paraître contre-intuitif mais s'explique par la faible concentration en menthol, insuffisante pour exercer un masquage aromatique efficace de l'amertume.

En synthèse, l'analyse des écarts-types pour les cinq attributs met en évidence une divergence modérée des appréciations au sein du panel (σ moyen compris entre 0,72 et 1,45). Les dispersions les plus élevées sont observées pour les attributs « fraîcheur en bouche » des gammes Hibiscus ($\sigma = 1,45$) et Gingembre ($\sigma = 1,38$), ce qui reflète le caractère hautement subjectif de ces sensations trigéminales. À l'inverse, la gamme Citron présente les écarts-types les plus faibles pour l'arôme ($\sigma = 0,72$) et la fraîcheur ($\sigma = 0,75$), indiquant un consensus des panélistes sur la discrétion de ces attributs pour cette gamme (Figure 18).

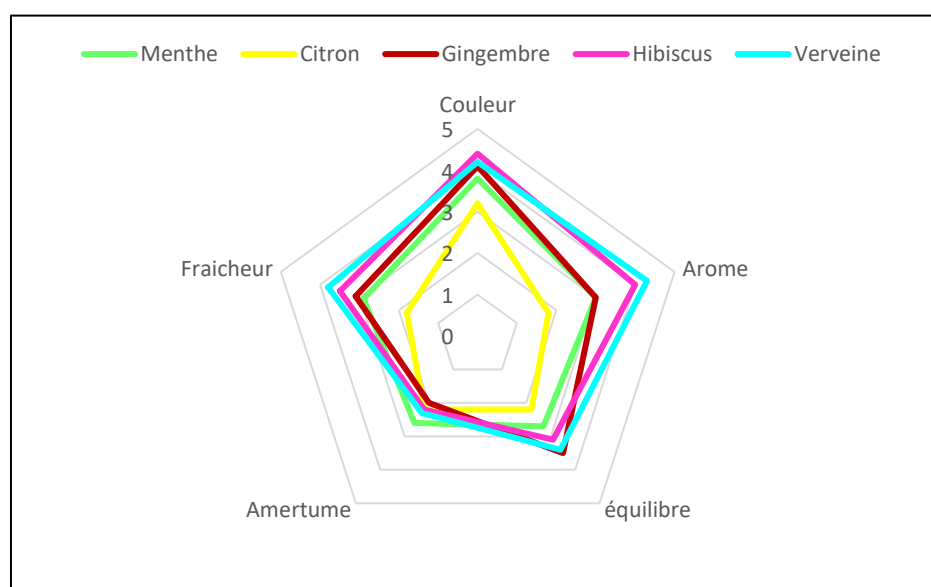


Figure 18 : Représentation globale des cinq gammes pour tous les attributs.

3. Les résultats du questionnaire

3.1. Profil démographique et habitudes de consommation des participants

Le panel de dégustation mis en place dans le cadre de cette étude était composé de 30 participants volontaires, recrutés sans critère d'exclusion particulier afin de refléter la diversité réelle du profil des consommateurs potentiels. Cette taille d'échantillon, bien que limitée, est couramment acceptée dans les études exploratoires d'analyse sensorielle menées dans un cadre académique et permet d'obtenir des tendances significatives. Les résultats sont représentés sur les représentations de la figure 19.

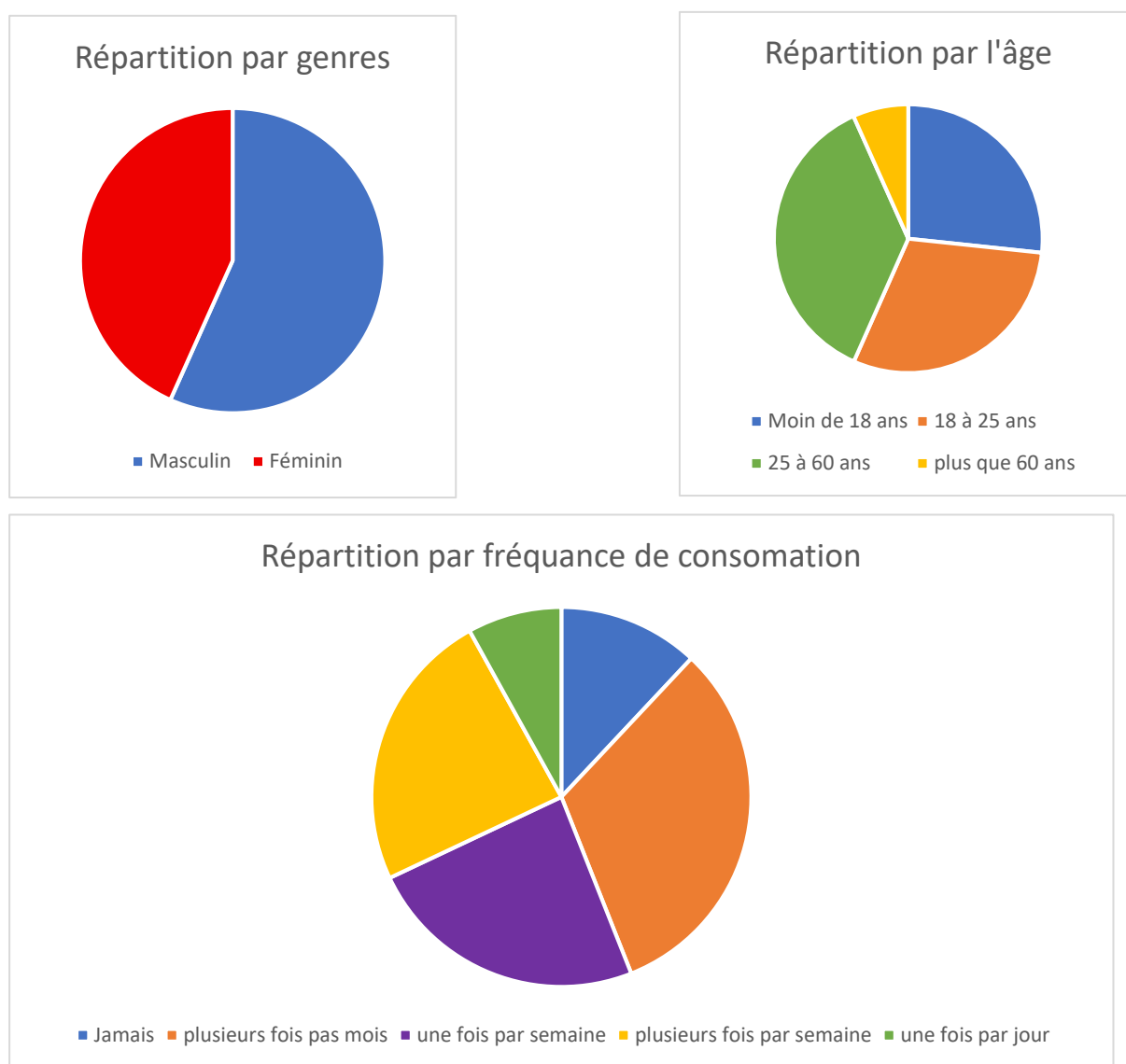


Figure 19 : Répartition du panel par genre, tranche d'âge et fréquence de consommation.

Sur le plan du genre (Question 1), le panel présentait une répartition légèrement asymétrique, avec une majorité de participants masculins (17 sur 30, soit 56,7 %) contre 43,3 % de participantes féminines (13 sur 30). Cette représentation relativement équilibrée garantit une certaine neutralité de genre dans l'évaluation des préférences sensorielles, même si des études bibliographiques ont établi que les femmes présentent généralement une acuité olfactive plus développée que les hommes, susceptible d'influencer la perception aromatique des infusions.

La distribution par tranches d'âge (Question 2) révèle une prédominance des adultes en activité (tranche 25–60 ans), qui représentent 36,7 % des répondants (11 sur 30). Les jeunes adultes de la tranche 18–25 ans constituent 30 % du panel (9 sur 30), tandis que les moins de 18 ans représentent 26,7 % (8 sur 30). Les seniors de plus de 60 ans sont faiblement représentés, avec seulement 6,7 % (2 sur 30). Cette pyramide des âges, orientée vers les tranches jeunes et actives, confère à l'étude une pertinence particulière vis-à-vis des segments de marché les plus dynamiques en matière de consommation de thés et d'infusions fonctionnels en Algérie.

L'analyse des habitudes de consommation d'infusions (Question 3) révèle que la grande majorité des participants ne présente pas une consommation quotidienne de thé ou de tisanes. La fréquence la plus représentée est « une fois par semaine », avec 36,7 % des répondants (11 sur 30), suivie de « plusieurs fois par mois » (26,7 %, soit 8 sur 30) et « plusieurs fois par semaine » (20 %, soit 6 sur 30). Seuls 6,7 % des participants déclarent consommer des infusions une fois par jour ou davantage (2 sur 30), tandis que 10 % indiquent ne jamais en consommer (3 sur 30).

Ce profil de consommation occasionnel à semi-régulier suggère que le thé est perçu comme une boisson de moment plutôt que comme un rituel quotidien ancré dans les habitudes alimentaires des participants, ce qui contraste avec les habitudes traditionnelles dans certaines régions du Maghreb où le thé à la menthe constitue un rite social fondamental. Cela indique également un potentiel de croissance réel pour un produit innovant et fonctionnel comme les gammes formulées dans ce mémoire.

3.2. Critères de choix et attentes des consommateurs

La Question 4, portant sur les trois critères prioritaires guidant le choix d'une infusion, livre des enseignements décisifs pour orienter la stratégie de valorisation des gammes formulées (Figure 20). Il convient de rappeler que cette question admettait jusqu'à trois réponses simultanées par participant, ce qui explique que les totaux dépassent l'effectif du panel.

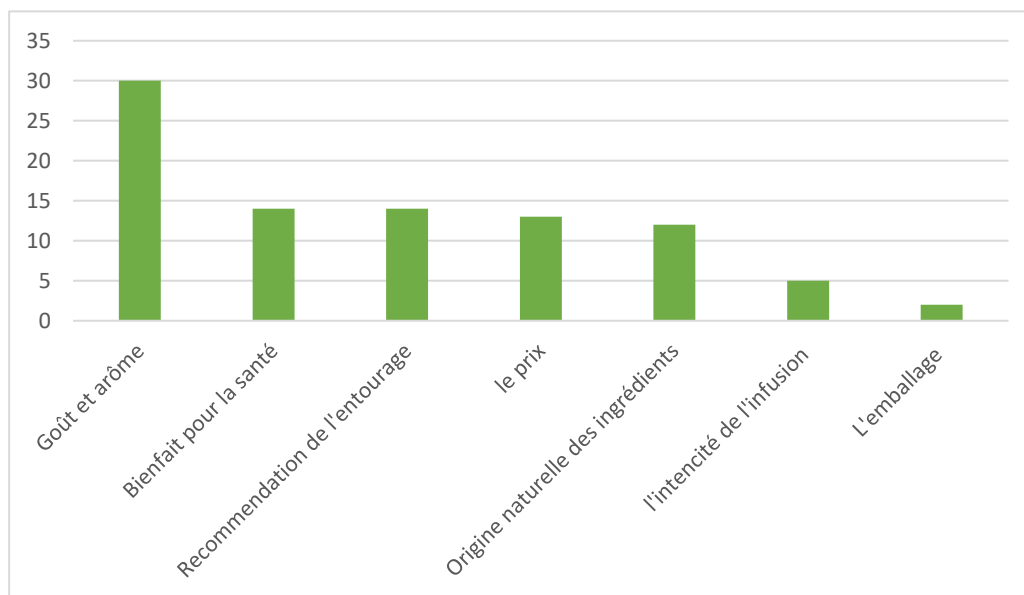


Figure 20 : Résultats des critères de choix d'une infusion.

Le résultat le plus frappant est la place absolument dominante occupée par le critère sensoriel : le goût et l'arôme ont été cités par la totalité des participants (30 sur 30, soit 100 %), ce qui en fait le seul critère d'une unanimité parfaite. Ce constat confirme que, indépendamment des vertus santé mises en avant, la qualité organoleptique demeure le premier moteur d'acceptabilité d'un produit auprès des consommateurs. Dans le contexte de nos gammes de thé fonctionnel, cette donnée légitime pleinement l'importance accordée à l'analyse sensorielle dans le protocole expérimental, et souligne que la performance gustative conditionne la viabilité commerciale du produit.

En deuxième et troisième positions, les bienfaits pour la santé et les recommandations de l'entourage sont cités à parité par 46,7 % des répondants (14 sur 30 chacun). Cette dualité est particulièrement révélatrice des mécanismes de décision d'achat dans la société algérienne : d'un côté, une montée en puissance de la conscience santé et du marché des produits naturels à vertus fonctionnelles ; de l'autre, le poids persistant de l'influence sociale et du bouche-à-oreille dans les comportements d'achat. Pour nos gammes enrichies en eucalyptus, reconnues pour

leurs propriétés respiratoires et antioxydantes, cette sensibilité aux bienfaits santé représente un atout de communication direct.

Le prix arrive en quatrième position avec 43,3 % de citations (13 sur 30), ce qui témoigne d'une sensibilité notable au coût dans les décisions d'achat des consommateurs interrogés, cohérente avec le contexte socio-économique local.

L'origine naturelle des ingrédients est citée par 40 % des participants (12 sur 30), signe d'une tendance croissante en faveur des produits « clean label » et sans additifs chimiques, que notre formulation satisfait entièrement puisque aucun réactif chimique n'a été intégré lors de la préparation.

L'intensité de l'infusion est considérée comme un critère déterminant par seulement 16,7 % des répondants (5 sur 30), tandis que l'emballage et le conditionnement ne mobilisent que 6,7 % des participants (2 sur 30), suggérant que l'aspect visuel du packaging n'est pas encore un facteur décisif d'achat pour ce segment de consommateurs, même si son importance pourrait s'accroître dans un contexte de distribution en grande surface.

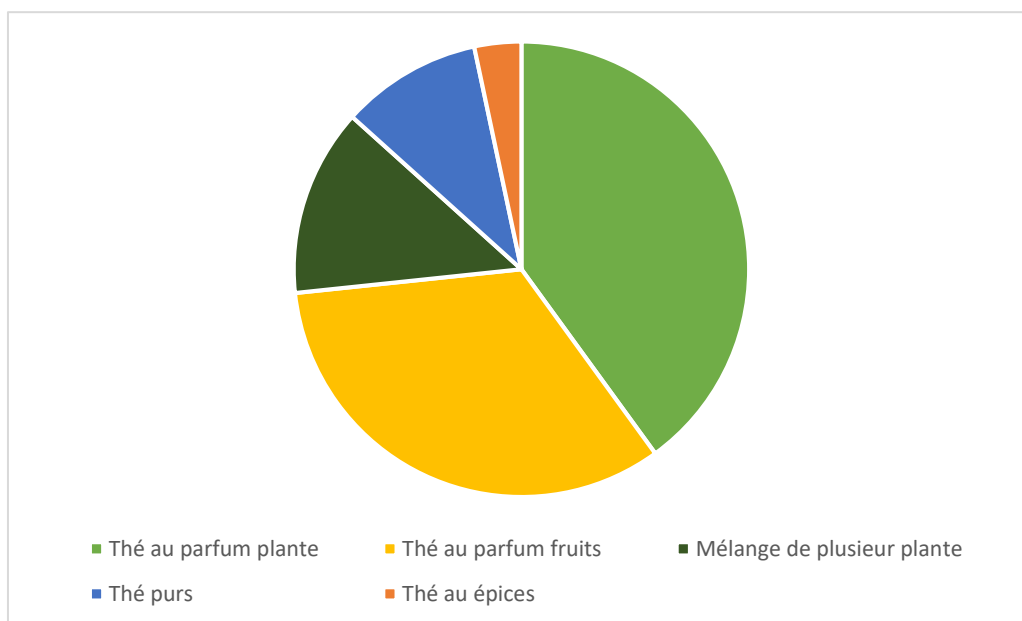


Figure 21 : Représentation des préférences du type d'infusion.

Concernant les préférences de type d'infusion (Question 5), les répondants se prononcent majoritairement en faveur des thés aux parfums de plantes (menthe, verveine, etc.), qui recueillent 40 % des préférences (12 sur 30), suivis des parfums de fruits avec 33,3 % (10 sur 30). Les mélanges de plusieurs plantes représentent 13,3 % des préférences (4 sur 30), tandis que les thés purs non parfumés ne séduisent que 10 % des répondants (3 sur 30).

De manière notable, les thés aux épices recueillent la préférence la plus faible, avec seulement 3,3 % (1 sur 30), ce qui peut paraître surprenant étant donné les résultats favorables obtenus par la gamme Gingembre lors de la dégustation. Ce paradoxe s'explique probablement par le fait que les préférences déclarées a priori ne présagent pas toujours des préférences effectives expérimentées lors d'une dégustation réelle, d'où l'utilité fondamentale de l'analyse sensorielle complémentaire. Dans l'ensemble, ces résultats sont cohérents avec l'orientation de nos gammes, qui privilégient des associations aromatiques complexes à base de plantes.

3.3. Analyse des préférences et attractivité des gammes

La Question 6, invitant les panélistes à désigner leur échantillon préféré parmi les cinq gammes présentées, constitue l'un des indicateurs les plus directs de l'acceptabilité globale des produits formulés. Les résultats révèlent une hiérarchie marquée des préférences au sein du panel (Figure 22).

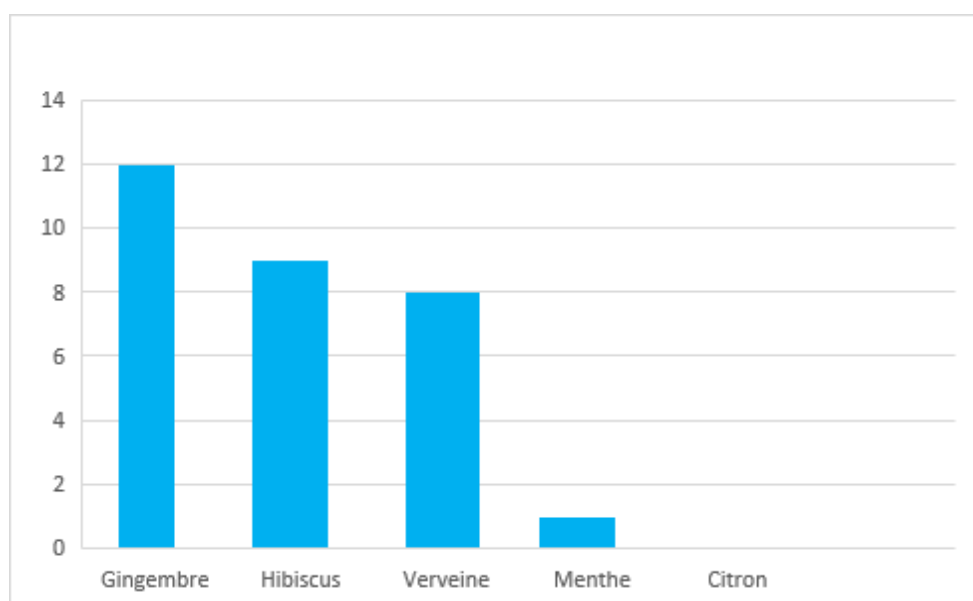


Figure 22 : Histogramme des préférences par gamme

La gamme Gingembre s'impose comme la préférée de l'ensemble du panel avec 40 % des voix (12 sur 30), devant la gamme Hibiscus qui recueille 30 % des préférences (9 sur 30). La gamme Verveine arrive en troisième position avec 26,7 % (8 sur 30). Ces trois gammes concentrent à elles seules la quasi-totalité des préférences exprimées (96,7 %). À l'inverse, la gamme Menthe n'est plébiscitée que par un seul participant (3,3 %), et la gamme Citron ne remporte aucune préférence (0 %). Ces deux dernières gammes sont donc clairement identifiées comme les moins attractives dans leur formulation actuelle.

La nette prédominance de la gamme Gingembre est pleinement cohérente avec les résultats de l'analyse sensorielle détaillée, qui lui avait attribué le meilleur score d'équilibre des saveurs ($\bar{x} = 3,5$) et l'amertume perçue la plus faible ($\bar{x} = 2,0$). Il semble que les panélistes aient été sensibles au profil gustatif dynamique et épicé du gingembre, qui crée un contraste harmonieux avec le fond tannique du thé noir et la note chaude de la cannelle. La légitimité culturelle du gingembre dans les préparations chaudes traditionnelles en Algérie (notamment dans les décoctions domestiques à visée digestive et anti-grippale) pourrait également contribuer à son acceptabilité élevée auprès de ce panel.

Sur le plan scientifique, les nombreuses activités biologiques documentées du gingembre, répertoriées par **Styawan et al, (2022)**, notamment les effets antioxydants, anti-inflammatoires, antibactériens, antifongiques, antidiabétiques, anti-obésité et hépatoprotecteurs, confèrent à cette gamme une légitimité fonctionnelle solide, en parfaite adéquation avec les attentes des consommateurs en matière de boissons à double bénéfice : organoleptique et santé.

La bonne performance de la gamme Hibiscus (30 % de préférences) s'explique aisément par son profil visuel exceptionnellement attrayant : la couleur rouge profonde étant un puissant attracteur sensoriel, et par son score aromatique élevé ($\bar{x} = 4,0$ en intensité d'arôme) qui génère une expérience de dégustation immédiatement séduisante. Ainsi, la forte activité antioxydante des extraits d'*Hibiscus sabdariffa*, mise en évidence par **Mohamed et al, (2016)** à travers trois méthodes complémentaires (DPPH, ABTS et FRAP), confère à cette gamme un positionnement fonctionnel attractif. La corrélation très forte établie par ces auteurs entre la teneur en anthocyanes et l'activité antioxydante ($R^2 \geq 0,98$) suggère que la richesse colorante visible dans notre infusion est directement corrélée à son potentiel de protection contre le stress oxydatif, un argument de santé de premier plan pour les consommateurs sensibles aux boissons fonctionnelles.

La gamme Verveine, située en troisième position, avait pourtant obtenu les meilleurs scores sensoriels globaux pour l'arôme ($\bar{x} = 4,3$) et la fraîcheur ($\bar{x} = 3,8$). Sa moindre performance en termes de préférence absolue suggère que les qualités aromatiques subtiles de la verveine nécessitent peut-être une connaissance préalable de cette plante pour être pleinement appréciées, ce qui peut réduire son attractivité spontanée auprès d'un panel non entraîné.

L'absence totale de préférence pour la gamme Citron (0 %) constitue un signal d'alerte majeur pour la reformulation de ce produit. Comme évoqué dans l'analyse sensorielle, l'utilisation de citron en poudre déshydratée entraîne une perte significative des composés aromatiques volatils, aboutissant à une infusion perçue comme fade et déséquilibrée.

Une reformulation intégrant du zeste de citron séché à basse température ou de l'huile essentielle de citron constituerait une piste d'amélioration prioritaire pour rendre cette gamme compétitive. Cette observation est documentée par **Yu et al. (2022)**, qui ont démontré que le séchage à l'air chaud entraîne une dégradation significative des monoterpènes aromatiques des écorces de *Citrus reticulata*, en particulier le D-limonène, principal composé responsable de la note fraîche et citronnée (OAV > 1000 dans les échantillons séchés au soleil).

Les résultats obtenus de cette étude indiquent également que les valeurs d'activité odorante (OAV) des monoterpènes sont les plus élevées pour les échantillons séchés au soleil, ce qui confirme la supériorité de cette méthode pour la préservation des arômes caractéristiques des agrumes. Une reformulation intégrant du zeste de citron séché à basse température ou de l'huile essentielle de citron encapsulée constituerait une piste d'amélioration prioritaire pour rendre cette gamme compétitive (**Yu et al., 2022**).

3.4. Perception des bienfaits, niveau d'intérêt et intention d'achat

La Question 7, interrogeant les participants sur leur connaissance préalable des propriétés thérapeutiques des feuilles d'eucalyptus, révèle un niveau de sensibilisation généralement faible au sein du panel : 80 % des répondants (24 sur 30) déclarent ne pas savoir que l'eucalyptus est reconnu pour ses bienfaits sur les voies respiratoires, ses propriétés antioxydantes et ses effets anti-infectieux. Seuls 20 % des participants (6 sur 30) étaient déjà informés de ces vertus.

Ce constat est à la fois un indicateur de l'existence d'un important travail de communication à mener auprès du consommateur final, et une opportunité commerciale : le positionnement « fonctionnel » de nos gammes autour des propriétés de l'eucalyptus représente un axe de différenciation original sur le marché algérien des infusions, qui pourrait séduire les consommateurs en quête de solutions naturelles pour la prise en charge des affections respiratoires saisonnières.

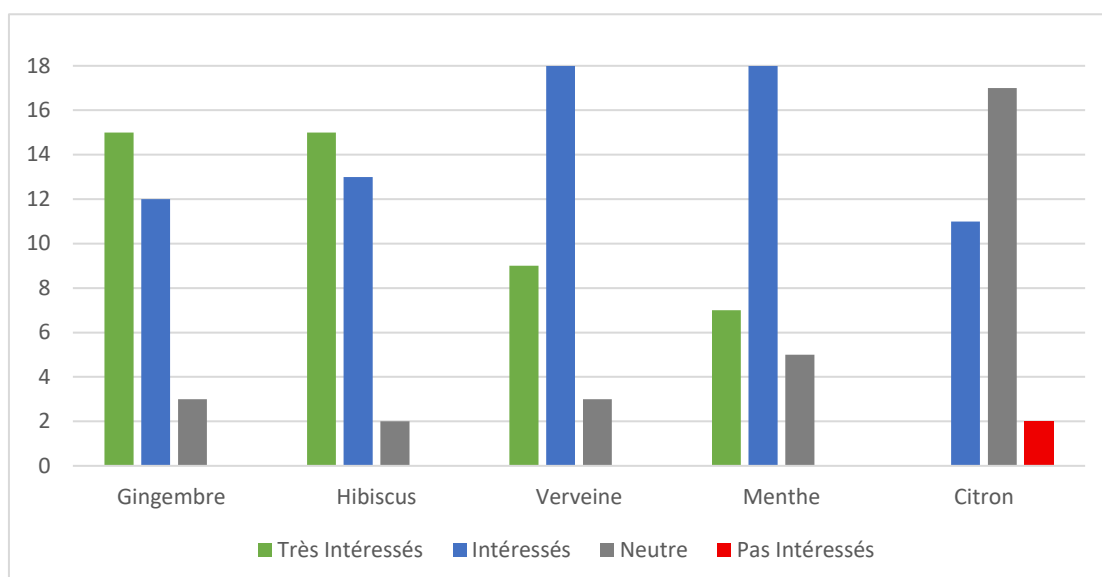


Figure 23 : Résultats du niveau d'intérêt pour chaque gamme.

L'évaluation du niveau d'intérêt pour chacune des plantes complémentaires (Question 8) fournit des données stratégiques précieuses pour le développement produit. L'analyse de la figure révèle des profils d'attractivité bien différenciés selon les gammes. Le gingembre suscite le plus haut niveau d'intérêt marqué : 50 % des répondants se déclarent « très intéressés » (15 sur 30) et 40 % « intéressés » (12 sur 30), soit un taux d'adhésion positive cumulant 90 % du panel.

Cette association séduit sans doute par la complémentarité fonctionnelle entre l'eucalyptus à vocation respiratoire et les propriétés anti-inflammatoires et digestives du gingembre, qui forment ensemble un « binôme thérapeutique » cohérent et évocateur. Ce fort engouement est en adéquation avec la littérature scientifique, qui recense de nombreuses activités biologiques pour *Zingiber officinale*, notamment l'activité antioxydante, anti-inflammatoire (réduction significative des niveaux de CRP, hs-CRP et TNF- α), antihyperlipidémique et antidiabétique, justifiant pleinement son inclusion dans une formulation fonctionnelle (Styawan et al., 2022).

L'hibiscus présente un profil similaire : 50 % des répondants sont « très intéressés » (15 sur 30) et 43,3 % « intéressés » (13 sur 30), soit un taux d'adhésion positive de 93,3 %, le plus élevé de toutes les propositions. Ce résultat reflète la reconnaissance croissante des bienfaits de l'hibiscus sur la tension artérielle, une préoccupation sanitaire de plus en plus présente en Algérie compte tenu de la prévalence de l'hypertension dans la population adulte.

La menthe et la verveine obtiennent également de bons scores d'intérêt : pour la menthe, 60 % des répondants se déclarent « intéressés » (18 sur 30) et 23,3 % « très intéressés » (7 sur 30), soit un taux d'adhésion positive de 83,3 % ; pour la verveine, 60 % sont « intéressés » (18 sur 30) et 30 % « très intéressés » (9 sur 30), avec un taux d'adhésion cumulée de 90 %.

En comparaison, **Mohamed et al, (2016)** ont confirmé que les extraits d'*Hibiscus sabdariffa* présentent une activité antioxydante élevée, étroitement corrélée à leur richesse en anthocyanes. La teneur en anthocyanes totales de l'hibiscus a été mesurée à 572,54 mg/100 g (exprimée en cyanidine-3-glucoside) sur la matière sèche, avec une teneur en composés phénoliques de 128,60 mg EAG/100 g, des valeurs qui soulignent le potentiel bioactif considérable de cette plante et justifient l'intérêt que lui portent les consommateurs interrogés.

La menthe et la verveine obtiennent également de bons scores d'intérêt : pour la menthe, 60 % des répondants se déclarent « intéressés » (18 sur 30) et 23,3 % « très intéressés » (7 sur 30), soit un taux d'adhésion positive de 83,3 % ; pour la verveine, 60 % sont « intéressés » (18 sur 30) et 30 % « très intéressés » (9 sur 30), avec un taux d'adhésion cumulée de 90 %.

L'intérêt pour la verveine est notamment renforcé par les données de **Suna et al, (2019)**, qui ont mis en évidence sa richesse en composés phénoliques bioactifs (7653,46 mg EAG/100 g de matière sèche) dont seulement 2,74 à 4,71 % sont transférés dans la boisson lors de l'infusion, laissant entrevoir un potentiel encore inexploité pour des formulations à extraction optimisée.

Le citron présente le profil le plus mitigé : si aucun répondant ne se déclare désintéressé ou peu intéressé, 56,7 % adoptent une position neutre (17 sur 30), et seulement 36,7 % se disent intéressés (11 sur 30), sans qu'aucun participant n'exprime d'intérêt très marqué. Cette neutralité massive est cohérente avec les faibles performances sensorielles de cette gamme lors de la dégustation, et confirme que le citron, malgré ses vertus vitaminées reconnues, ne parvient pas à susciter un engouement spontané dans cette formulation.

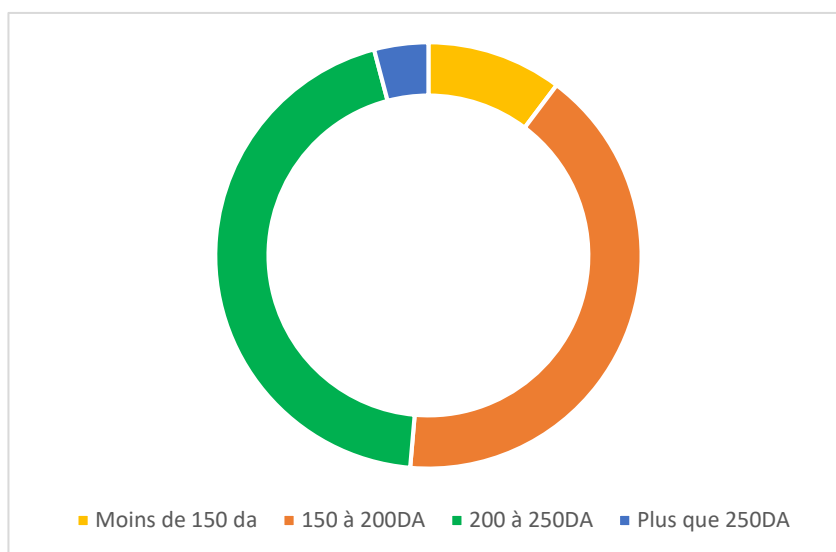


Figure 24 : Représentation de la disposition à payer pour une boîte de 20 sachets.

L'intention d'achat, approchée par le prix mental maximum que les répondants déclarent prêts à dépenser pour une boîte de 20 sachets de leur gamme préférée (Question 9), livre des indications déterminantes pour la fixation d'un prix de vente acceptable sur le marché algérien.

Les résultats montrent que la grande majorité des participants se situe dans une fourchette de prix modérée : 43,3 % seraient prêts à payer entre 200 et 250 DA (13 sur 30) et 40 % entre 150 et 200 DA (12 sur 30). Ces deux tranches concentrent 83,3 % des réponses, définissant ainsi le prix psychologique acceptable comme se situant entre 150 et 250 DA pour une boîte de 20 sachets. Seuls 10 % des participants (3 sur 30) ne sont pas prêts à dépenser plus de 150 DA, et 6,7 % (2 sur 30) envisagent un budget supérieur à 250 DA.

Cette fourchette de prix tolérée (150 - 250 DA) est cohérente avec les tarifs pratiqués sur le marché local pour des thés en sachets d'importation de marques établies. Elle suggère que les consommateurs potentiels sont disposés à accorder une légère prime à ce produit artisanal fonctionnel et naturel, à condition que sa qualité organoleptique et son positionnement santé soient clairement communiqués.

Par comparaison, le seuil maximal de 150 DA, cité par 10 % des répondants, correspond plutôt aux prix des thés standard de gamme entrée de marché, ce qui indique que ces consommateurs appliquent une contrainte budgétaire stricte indépendamment des attributs fonctionnels du produit. L'existence d'une frange de 6,7 % des répondants prêts à investir plus de 250 DA, bien que marginale, indique l'existence d'un petit segment de consommateurs prêts à valoriser davantage un produit haut de gamme à base de plantes médicinales locales.

En synthèse, les résultats du questionnaire dessinent le portrait d'un consommateur potentiel principalement jeune à adulte, sensible avant tout à la qualité organoleptique, ouvert aux produits fonctionnels naturels, influencé par l'entourage, et désireux d'obtenir un bon rapport qualité-prix dans une fourchette de 150 à 250 DA. La gamme Gingembre apparaît comme le produit le plus prometteur pour un lancement commercial immédiat, suivie de l'Hibiscus et de la Verveine, tandis que les gammes Citron et Menthe nécessitent une réflexion approfondie sur leur reformulation avant toute mise sur le marché. Enfin, la faible notoriété des bienfaits de l'eucalyptus auprès du grand public révèle un réel potentiel de communication, dont l'exploitation stratégique pourrait constituer un levier de différenciation fort pour ces gammes sur le marché algérien des boissons chaudes fonctionnelles.

4. Synthèse comparative et identification des gammes d'intérêt commercial majeur

L'ensemble des analyses menées, croisant les évaluations de l'analyse sensorielle et les données issues du questionnaire d'acceptabilité, permet d'établir une hiérarchie claire et de mettre en évidence la nette supériorité des gammes **Gingembre** et **Hibiscus** par rapport aux autres formulations étudiées. Ces deux variantes concentrent à elles seules **70 % des préférences absolues** du panel de consommateurs (40 % pour le Gingembre et 30 % pour l'Hibiscus), s'imposant ainsi comme les produits phares de cette étude.

Cette prééminence s'explique par des profils organoleptiques et phytochimiques hautement performants, bien que distincts :

- **La gamme Gingembre, championne de l'équilibre gustatif :**

Elle s'est imposée comme la préférée du panel (40 % des voix) , une performance directement corrélée à ses scores sensoriels exceptionnels. Elle obtient en effet le meilleur score pour l'équilibre des saveurs ($\bar{x} = 3,5 \pm 1,00$) et l'amertume perçue la plus faible ($\bar{x} = 2,0 \pm 0,85$). Les gingérols et shogaols du rhizome de *Zingiber officinale* agissent comme de puissants modulateurs en masquant l'astringence naturelle et l'amertume des polyphénols du thé noir. De plus, ses propriétés antioxydantes validées scientifiquement (notamment par l'inhibition des radicaux libres DPPH à 86,26 % et ABTS à 91,04 % documentée dans la littérature) confèrent à cette gamme une forte légitimité fonctionnelle qui répond parfaitement aux attentes des consommateurs en matière de santé.

- **La gamme Hibiscus, le choix de l'attractivité visuelle et aromatique :**

En récoltant 30 % des suffrages, la gamme Hibiscus se positionne juste derrière le Gingembre. Son succès repose sur son identité visuelle unique, caractérisée par une robe rouge intense et profonde qui a obtenu la note maximale pour l'intensité de la couleur ($\bar{x} = 4,4 \pm 0,79$). Cette couleur remarquable est le résultat direct de sa richesse en anthocyanes, stabilisées par le pH acide (5,04) de l'infusion. Outre son impact visuel indéniable, elle offre une expérience olfactive et gustative séduisante avec une excellente note d'arôme ($\bar{x} = 4,0 \pm 0,95$) et un score de fraîcheur élevé ($\bar{x} = 3,5 \pm 1,45$) lié à sa vivacité acidulée. Sur le plan fonctionnel, sa forte corrélation entre la teneur en pigments anthocyaniques et l'activité antioxydante ($R^2 \geq 0,98$) en fait un puissant argument santé.

En comparaison, la gamme Verveine, bien que performante sur le plan de l'arôme ($\bar{x} = 4,3$) et de la fraîcheur ($\bar{x} = 3,8$), reste en retrait en termes de préférence globale (26,7 %). Quant aux gammes Menthe (3,3 % de préférence) et Citron (0 % de préférence), elles affichent des résultats insuffisants imputables à des défauts de formulation (faiblesse aromatique et déséquilibre acide-amer), ce qui les exclut d'un lancement commercial en l'état.

En conclusion, **les gammes Gingembre et Hibiscus se distinguent nettement comme les formulations les plus abouties et les plus prometteuses**. Elles réussissent le double défi de séduire l'ensemble des participants par leurs qualités organoleptiques (goût, arôme, couleur), critère jugé prioritaire à 100 % par le panel, tout en offrant des propriétés bioactives majeures apportées par la synergie entre la base thé/eucalyptus/cannelle et leurs plantes additives spécifiques.

Conclusion

Au terme de ce travail portant sur l'élaboration de plusieurs gammes de thé naturel et fonctionnel, à base de thé noir, d'eucalyptus et de cannelle, enrichies chacune d'une plante complémentaire parmi le citron, le gingembre, la menthe, l'hibiscus et la verveine, nous pouvons formuler les conclusions suivantes.

L'analyse sensorielle conduite auprès du panel d'évaluateurs a permis de départager les cinq gammes de manière significative. Les formulations **Hibiscus** et **Gingembre** se sont nettement démarquées comme les plus abouties, en offrant un équilibre harmonieux entre couleur, arôme et goût, ainsi qu'une originalité organoleptique fortement appréciée. La gamme Hibiscus s'est imposée grâce à sa robe rubis éclatante, liée à sa richesse en **anthocyanes**, conférant au produit un atout visuel particulièrement attractif. La gamme Gingembre, quant à elle, a séduit par son caractère aromatique puissant et ses notes épicées distinctives, faisant de ces deux formulations les candidates les plus prometteuses pour une valorisation ultérieure.

En revanche, les gammes **Citron** et **Menthe** ont présenté des défauts sensoriels qui les excluent en l'état. La gamme Citron souffre d'un **déséquilibre acide-amer** nuisant à son harmonie gustative, tandis que la gamme Menthe révèle une **faiblesse aromatique** ne parvenant pas à s'exprimer suffisamment dans la matrice de base.

En perspective, il serait pertinent de procéder à l'**optimisation des formulations Citron et Menthe**, en ajustant les proportions d'incorporation ou en explorant des procédés d'extraction alternatifs. Des études complémentaires portant sur la **stabilité et la conservation** de ces infusions, ainsi que sur la **quantification de leurs propriétés antioxydantes**, constitueraient également des axes de recherche à fort intérêt scientifique. Enfin, une étude approfondie des **synergies entre les constituants végétaux** de chaque gamme permettrait de mieux comprendre les interactions bioactives à l'œuvre et d'optimiser davantage l'efficacité fonctionnelle de ces thés.

Références bibliographiques

Aalman, S.; Oz, G.; Felek, R.; Haznedar, A.; Turna, T. (2022). Effects of fermentation time on phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activities of green, oolong, and black teas. *Food Biochem.*, 49, 101884.

Ames. B.N., Shigenag, MK and Hagen T.M, (1993). “Oxidants, antioxidant and the degenerative diseases of ageing. *Processing of the National Academic Science*, 90 : 7915-22.

Andrew Chevallier. (2016). *Encyclopedia of Herbal Medicine* (3rd ed.). DK Publishing.

Anitha, S.; Krishnan, S.; Senthilkumar, K.; Sasirekha, V. (2021). A comparative investigation on the scavenging of 2,2-diphenyl-1- picrylhydrazyl radical by the natural antioxidants (+) catechin and (-) epicatechin. *J. Mol. Struct.*, 1242, 130805.

Batish, D.R.; Singh, H.P.; Kohli, R.K.; Kaur, S. (2008). Eucalyptus Essential Oil as a Natural Pesticide. *For. Ecol. Manag.*, 256, 2166–2174.

Bhuyan LP, Borah P, Sabhapondit S, et al. (2015). Spatial variability of theaflavins and thearubigins fractions and their impact on black tea quality. *J Food Sci Technol.*;52 (12):7984–7993.

Blaszczyk T, Krzyzanowska J, Lamer-Zarawska E. (2000). Screening for antimycotic properties of 56 traditional Chinese drugs. *Phytother Res.*; 14:210-212.

Brooker MI, Kleinig DA. (2006). *Field Guide to Eucalyptus*. 3rd ed. Melbourne, Australia: Blooming Books.

Buchbauer G. (2000). The detailed analysis of essential oils leads to the understanding of their properties. *Perfumer and flavourist*.

Bule, M.; Albelbeisi, A. H.; Nikfar, S.; Amini, M.; Abdollahi, M. (2020). The antidiabetic and antilipidemic effects of Hibiscus sabdariffa: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Food Res. Int.*, 130, 108980.

Chao L. K., K.-F. Hua, H.-Y. Hsu, S.-S. Cheng, J.-Y. Liu, and S.T. Chang. 2005. “Study on the Antiinflammatory activity of essential oil from leaves of *Cinnamomum osmophloeum*,” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 53, no. 18, pp. 7274–7278.

Chen, N.; Han, B.-S.; Fan, X.-W.; Cai, F.; Ren, F.-D.; Xu, M.-L.; Zhong, J.-Y.; Zhang, Y.; Ren, D.-B.; Yi, L.-Z. (2020). Uncovering the antioxidant characteristics of black tea by

coupling in vitro free radical scavenging assay with uhplc–hrms analysis. *J. Chromatogr. B*, 1145, 122092.

Christian, K. R.; Jackson, J. C. (2009).Changes in total phenolic and monomeric anthocyanin composition and antioxidant activity of three varieties of sorrel (*Hibiscus sabdariffa*) during maturity. *J. Food Compos. Anal.*, 22 (7–8), 663–667.

Cmíková, N., Galovičová, L., Kačániová, M., et al. (2023). Biological Activity of Eucalyptus globulus Essential Oil. *Plants*, 12(5), 1076.

Damjanović-Vratnica B, Đakov T, Šuković D, Damjanović J. 2011.Antimicrobial effect of essential oil isolated from Eucalyptus globulus Labill. from Montenegro. *Czech J Food Sci*; 3: 277-84.

Dixit A, Rohilla A, Singh V. 2012. Eucalyptus globulus: A new perspective in therapeutics. *Int J Pharm Chem Sci*; 1(4): 1678-83.

Elliot WR, Jones DL. 1984. Encyclopaedia of australian plants suitable for cultivation. Melbourne: Lothian Publishing.

Ezzat SM. 2001. *In vitro* inhibition of *Candida albicans* growth by plant extracts and essential oils. *World J Microbiol Biotechnol.*;17:757-759.

Garia-Lafuente A, E. Guillamon, A. Villares, M. A. Rostagno, and J. A. Martinez. (2009). “Flavonoids as anti-inflammatory agents: implications in cancer and cardiovascular disease,” *Inflammation Research*, vol. 58, no. 9, pp. 537–552.

GASTALDI, B. et al. 2018. Nutraceutical properties of herbal infusions from six native plants of Argentine Patagonia. *Plant Foods for Human Nutrition*, 73:180-188.

Guerin JC, Reveillere HP. 1985. Antifungal activity of plant extracts used in therapy. II. Study of 40 plant extracts against 9 fungal species. *Ann Pharm Fr.*;43:77-81.

Guo, Q.; Zhao, B.-L.; Shen, S.-R.; Hou, J.-W.; Hu, J.-G.; Xin, W.-J. ESR. 1999. Study on the structure-antioxidant activity relationship of tea catechins and their epimers. *Biochim. Biophys. Acta*, 1427, 13–23.

Halliwell B., (2006). “Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme of aerobic life,” *Plant Physiology*, vol. 141, no. 2, pp. 312–322.

Halliwell B., (2011). “Free radicals and antioxidants—quo vadis?” Trends in Pharmacological Sciences, vol. 32, no. 3, pp. 125–130.

Hamidpour R, Hamidpour M, Hamidpour S, Shahlari M. 2015. Cinnamon from the selection of traditional applications to its novel effects on the inhibition of angiogenesis in cancer cells and prevention of Alzheimer's disease, and a series of functions such as antioxidant, anticholesterol, antidiabetes, antibacterial, antifungal, nematocidal, acaracidal, and repellent activities. J Tradit Complement Med. Jan 16;5(2):66-70.

Hardel, D.K.; Sahoo, L. A. 2011. Review on Phytochemical and Pharmacological of Eucalyptus gbulus: A Multipurpose Tree. Int. J. Res. Ayurveda Pharm. (IJRAP), 2, 1527–1530.

He, H.-F. 2019. Research progress on theaflavins: efficacy, formation, and preparation.

He, Y.-S.; Lin, Y.; Li, Q.-S.; Gu, Y.-X. 2020. The contribution ratio of various characteristic tea compounds in antioxidant capacity by dpsh assay. J. Food Biochem., 3, 13270.

Hua, J.-J.; Xu, Q.; Yuan, H.-B.; Wang, J.-J.; Wu, Z.-Q.; Li, X.-T.; Jiang, Y.-W. 2021. Effects of novel fermentation method on the biochemical components change and quality formation of congou black tea. J. Food Compos. Anal., 96, 103751.

J. Lin, A. R. Opoku, M. Geheeb-Keller et al. 1999. “Preliminary screening of some traditional zulu medicinal plants for anti-inflammatory and anti-microbial activities,” Journal of Ethnopharmacology, vol. 68, no. 1–3, pp. 267–274,.

Jayaweera DMA, Senaratna LK. 2006. Medicinal Plants [Indigenous and Exotic] Used in Ceylon. The National Science Foundation, Sri Lanka.; p-117.

JORA. (2017). Journal officiel de la république Algérienne n° 39, 2 juillet 2017.

Kasim, M. (2019). Tea production in Malaysia: Culture versus challenges and prospect to Malaysian economics. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, Vol. III, Issue VI.

Kawai T. 1994. Anti-emetic principles of Magnolia Obovata Bark and Zingiber Officinale Rhizome, Planta Medica.; 60(1): 17-20.

Langer E, Greifenberg S Gruenwald J. Ginger: History and Use. Adv Ther. (1998): Review. Pub Med PMID: 10178636.

Lee S. H., S. Y. Lee, D. J. Son et al., 2005. “Inhibitory effect of 2’-hydroxycinnamaldehyde on nitric oxide production through inhibition of NF- κ B activation in RAW 264.7 cells,” *Biochemical Pharmacology*, vol. 69, no. 5, pp. 791–799.

Li R. W., G. David Lin, S. P. Myers, and D. N. Leach. 2003. “Anti-inflammatory activity of Chinese medicinal vine plants,” *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 85, no. 1, pp. 61–67,.

Li, H, Liu, Y; Luo, D; Ma, Y; Zhang, J; Li, M; Yao, L; Shi, X. Liu, X; Yang K. 2019. Ginger for health care: An overview of systematic reviews. *Complement. Ther.Med*, 45 ,114-123.

Lingayat, M. R., Mohan, R. S., Vaykos, D. K., et al. (2023). ANTI-OXIDATIVE AND ANTI-INFLAMMATORY EFFECTS OF GINGER. *International Journal of Novel Research and Development*.

Loolaie M, Moasefi N, Rasouli H, Adibi H. 2017. Peppermint and Its Functionality: A Review. *Arch Clin Microbiol.* ;8(4):54.

Mang B., M. Wolters, B. Schmitt et al. (2006). “Effects of a cinnamon extract on plasma glucose, HbA1c, and serum lipids in diabetes mellitus type 2,” *European Journal of Clinical Investigation*, vol.36, no. 5, pp. 340–344.

Mitra, C., Ray Chakravarti, A., & Bhattacharjee, S. (2022). Bioactive components of peppermint (*Mentha piperita* L.), their pharmacological and ameliorative potential and ethnomedicinal benefits: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 11(1), 109-114.

Mohamed, A. I.; Salau, V. F.; Erukainure, O. L.; Islam, M. S. 2022. Hibiscus sabdariffa L. polyphenolic-rich extract promotes muscle glucose uptake and inhibits intestinal glucose absorption with concomitant amelioration of Fe²⁺-induced hepatic oxidative injury. *J. Food Biochem.*, 46 (12), No. e14399.

Mohamed, B. B. Roselle. 2021. (Hibiscus sabdariffa L.) in Sudan: Production and Uses. *Roselle*; Elsevier; pp 121–127.

Mohamed, R. K., Gibriel, A. Y., Rasmyn, N. M. H., & Abu-Salem, F. M. (2016). Extraction and Antioxidant Activity of Anthocyanins from Hibiscus sabdariffa L. *Middle East Journal of Applied Sciences*, 6(4), 856-866.

- Musa, M. S.; Abdelrasool, F. E.; Elsheikh, E. A.; Ahmed, L.; Mahmoud, A. L. E.; Yagi, S. M. 2011.** Ethnobotanical study of medicinal plants in the Blue Nile State, South-eastern Sudan. *J. Med. Plant Res.*, 5 (17), 4287–4297.
- Newall C. A., Anderson L. A., Phillipson J. D. 1996.** “Herbal Medicines—A Guide for Health-care Professionals,” The Pharmaceutical Press, London, , p. 179.
- Ngure FM, Wanyoko JK, Mahungu SM, et al. 2009.** Catechins depletion patterns in relation to theaflavin and thearubigins formation. *Food Chem.*;115(1):8–14.
- Noor Fadzlina, I. Z. A., Faridah, H., Mohd. Nazrul Hisham, D., et al. (2024).** Evaluation on stability and quality characteristics of black tea-roselle mixture during storage. *Tropical Agriculture and Food Science*, 52(2), 39-47.
- Obanda M, Owuor PO, Mang’oka R, et al. 2004.** Changes in thearubigin fractions and theaflavin levels due to variations in processing conditions and their influence on black tea liquor brightness and total colour. *Food Chem.*;85(2):163–173.
- Pimpale, S. P., Pawar, V. B., & Dhamak, K. B. (2024).** A systematic review on *Cinnamomum zeylanicum*. *International Journal of Novel Research and Development*, 9(2).
- Rasheed, D. M.; Porzel, A.; Frolov, A.; El Seedi, H. R.; Wessjohann, L. A.; Farag, M. A. 2018.** Comparative analysis of *Hibiscus sabdariffa* (roselle) hot and cold extracts in respect to their potential for α -glucosidase inhibition. *Food Chem.*, 250, 236–244.
- Ray, D.; Ferreira, M.; Braunger, M.; Riul, A., Jr.; Thomas, J.; Barbin, D. 2023.** Exploration of an impedimetric electronic tongue and chemometrics for characterization of black tea from different origins. *J. Food Compos. Anal.*, 123, 105535.
- Reyes-Luengas, A.; Salinas-Moreno, Y.; Ovando-Cruz, M. E. 2015.** Arteaga-Garibay, R. I.; Martinez-Peña, M. D. Análisis de ácidos fenólicos y actividad antioxidante de extractos acuosos de variedades de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) con cálices de colores diversos. *Agrociencia*, 49 (3), 277–290.
- Riaz, G.; Naik, S. N.; Garg, M.; Chopra, R. 2021.** Phytochemical composition of an underutilized plant sorrel/roselle (*Hibiscus Sabdariffa* L.) cultivated in India. *Lett. Appl. NanoBioScience*, 10, 2138–2147.

- Safdar M., A. Khan, M. M. A. K. Khattak, and M. Siddique.** 2004. "Effect of various doses of cinnamon on blood glucose in diabetic individuals," *Pakistan Journal of Nutrition*, vol. 3, no. 5, pp. 268–272.
- Scharbert S, Jezussek M, Hofmann T.** 2004. Evaluation of the taste contribution of theaflavins in black tea infusions using the taste activity concept. *Eur Food Res Technol*;218(5):442–447.
- Shabani, S.; Rabiei, Z.; Amini-khoie, H.** 2020. Exploring the multifaceted neuroprotective actions of gallic acid: A review. *Int. J. Food Prop.*, 1, 736–752.
- Styawan, A. A., Susidarti, R. A., Purwanto, Windsarishi, A., Rahmawati, N., Sholikhah, I. K. M., & Rohman, A.** (2022). Phytochemical compositions, biological activities and authentication of *Zingiber officinale* Roscoe: A review. *Food Research*, 6(4), 443-454.
- Suliman, A. M.; Ali, A. O.; AA Idris, S. E.; Abdualrahm, M. A.** 2011. A comparative study on red and white karkade (*Hibiscus sabdariffa* L.) calyces, extracts and their products. *Pak. J. Nut.*, 10 (7), 680–683.
- Suna, S., İncedayı, B., Tamer, C.E., Ozcan-Sinir, G., & Copur, O.U.** (2019). LEMON VERBENA (*LIPPIA CITRIODORA* KUNTH) BEVERAGES: PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES, CONTENTS OF TOTAL PHENOLICS AND MINERALS, AND BIOACCESSIBILITY OF ANTIOXIDANTS. *Italian Journal of Food Science*, 31(1), 43-54.
- Tahir, H. E.; Xiaobo, Z.; Mariod, A. A.; Mahunu, G. K.; Abdualrahman, M. A.; Tchabo, W.** 2017. Assessment of antioxidant properties, instrumental and sensory aroma profile of red and white Karkade/Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *J. Food Meas. Charact.*, 11, 1559–1568.
- Takahashi T, Kokubo R, Sakaino M.** 2004. Antimicrobial activities of eucalyptus leaf extracts and flavonoids from *Eucalyptus maculata*. *Lett Appl Microbiol*; 39(1): 60-4.
- Tassou C, Koutsoumanis K, Nychas GJE.** 2000. Inhibition of *Salmonella enteritidis* and *Staphylococcus aureus* in nutrient broth by mint essential oil. *Food Res Intern.*;33:273-280.
- Theppakorn, T.** (2016). Stability and chemical changes of phenolic compounds during Oolong tea processing. *International Food Research Journal*, 23, 564–574.

- Tung Y.-T., M.-T. Chua, S.-Y. Wang, and S.-T. Chang. 2008.** “Anti-inflammation activities of essential oil and its constituents from indigenous cinnamon (*Cinnamomum osmophloeum*) twigs,” *Bioresource Technology*, vol. 99, no. 9, pp. 3908–3913.
- Tung Y.-T., P.-L. Yen, C.-Y. Lin, and S.-T. Chang. 2010.** “Anti-inflammatory activities of essential oils and their constituents from different provenances of indigenous cinnamon (*Cinnamomum osmophloeum*) leaves,” *Pharmaceutical Biology*, vol. 48, no.10, pp. 1130–1136.
- Valentão P., Andrade P. B., Areias F., Ferreres F., Seabra R. M., J. (1999).** *Agric. Food Chem.*, 47, 4579—4582
- Valentão, P., Fernandes, E., Carvalho, F., Andrade, P. B., Seabra, R. M., & Bastos, M. L. (2002).** Studies on the Antioxidant Activity of *Lippia citriodora* Infusion: Scavenging Effect on Superoxide Radical, Hydroxyl Radical and Hypochlorous Acid. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, 25(10), 1324-1327.
- Vecchio, M. G., Loganes, C., & Minto, C. (2016).** Beneficial and Healthy Properties of Eucalyptus Plants: A Great Potential Use. *The Open Agriculture Journal*, 10(Suppl 1: M3), 52-57.
- Wang H, Sun J, Lv W, et al. 2011.** Research progress on preparation, analysis, sepearation and function of theaflavins. *J Food Sci Biotechnol*;30(1):1673–1689.
- Wang, H.-J.; Shen, S.; Wang, J.-J.; Jiang, Y.-W.; Li, J.; Yang, Y.-Q.; Hua, J.-J.; Yuan, H.-B. 2022.** Novel insight into the effect of fermentation time on quality of Yunnan Congou black tea. *LWT*, 155, 112939.
- Wang, W., Le, T., Wang, W., Yu, L., Yang, L., & Jiang, H. (2023).** Effects of Key Components on the Antioxidant Activity of Black Tea. *Foods*, 12(16), 3134.
- Widowati, W.; Rani, A. P.; Hamzah, R. A.; Arumwardana, S.; Afifah, E.; Kusuma, H. S. W.; Rihibiha, D. D.; Nufus, H.; Amalia, A. 2017.** Antioxidant and antiaging assays of *Hibiscus sabdariffa* extract and its compounds. *Nat. Prod. Sci.*, 23 (3), 192–200.
- Yagi, S., Uba, A. I., Sinan, K. I., Piatti, D., Sagratini, G., Caprioli, G., Eltigani, S. M., Lazarova, I., & Zengin, G. (2023).** Comparative Study on the Chemical Profile, Antioxidant Activity, and Enzyme Inhibition Capacity of Red and White *Hibiscus sabdariffa* Variety Calyces. *ACS Omega*, 8, 42511-42521.

Yalcin Gorgulu, T., Kipcak, A. S., Dere Ozdemir, O., Moroydor Derun, E., & Piskin, S. (2014). Examination of the lemon effect on risk elements concentrations in herbal and fruit teas. *Czech Journal of Food Sciences*, 32(6), 555-562.

Yaman, C. (2020). Lemon balm and sage herbal teas: Quantity and infusion time on the benefit of the content. *Brazilian Journal of Food Technology*.

Ye M, Zhou W, Xu J. 2015. Preliminary study on the determination and distribution of theaflavins content in different types of tea. *AEM Prod Process.*;378(2):49–53.

Yu, X., Chen, X., Li, Y., & Li, L. (2022). Effect of Drying Methods on Volatile Compounds of Citrus reticulata Ponkan and Chachi Peels as Characterized by GC-MS and GC-IMS. *Foods*, 11(17), 2662.

Zayapor, M. N., & Syahida, M. (2023). Quality and safety aspects of herbal infusion: a review. *Food Research*, 6(Suppl. 2), 134-154.

Zhang, C.; Suen, C.; Yang, C.; Quek, S. 2018. Antioxidant capacity and major polyphenol composition of teas as affected by geographicallocation, plantation elevation and leaf grade. *Food Chem.*, 244, 109–119.

Zhao, C.-N.; Tang, G.-Y.; Cao, S.-Y.; Xu, X.-Y.; Gan, R.-Y.; Liu, Q.; Mao, Q.-Q.; Shang, A.; Li, H.-B. 2019. Phenolic profiles and antioxidant activities of 30 tea infusions from green, black, oolong, white, yellow and dark teas. *Antioxidants*, 8, 215.

Annexe

Modèle du questionnaire utilisé

Titre du formulaire : *Évaluation d'un thé aux plantes aromatiques*

Description :

Dans le cadre d'un mémoire de Master en Sciences Alimentaires, nous réalisons une étude pour déterminer les meilleures conditions de préparation d'un thé à base d'eucalyptus et de plantes aromatiques (citron, menthe, gingembre, hibiscus). Vos impressions nous aideront à optimiser ce produit. Merci pour votre participation !

1- Votre Profil

Question 1 : Votre sexe :

- ☐ Féminin
- ☐ Masculin

Question 2 : Votre âge :

- ☐ Moins de 18 ans
- ☐ 18 - 25 ans
- ☐ 25 - 60 ans
- ☐ Plus de 60 ans

Question 3 : À quelle fréquence consommez-vous des infusions (tisanes) ou du thé ?

- ☐ Jamais
- ☐ Plusieurs fois par mois
- ☐ Une fois par semaine
- ☐ Plusieurs fois par semaine
- ☐ Une fois par jour ou plus

2- Vos habitudes de consommation

Question 4 : Quels sont les trois critères les plus importants pour vous lorsque vous choisissez une infusion ? (3 choix maximum)

- ☐ Le goût / l'arôme
- ☐ Les bienfaits pour la santé
- ☐ Le prix

- ☐ L'origine naturelle des ingrédients
- ☐ L'intensité de l'infusion
- ☐ L'emballage
- ☐ Les recommandations de mon entourage

Question 5 : Préférez-vous généralement les thés/infusions (Choix unique) :

- ☐ Non parfumés (pur)
- ☐ Aux parfums de fruits
- ☐ Aux parfums de plantes (menthe, verveine, etc.)
- ☐ Aux épices (cannelle, gingembre, etc.)
- ☐ Aux mélanges de plusieurs plantes

3- Dégustation des échantillons

Question 6 : Quel est votre échantillon préféré parmi les quatre ? (Choix unique)

- ☐ Menthe
- ☐ Citron
- ☐ Gingembre
- ☐ Hibiscus
- ☐ Verveine

4- Bienfaits et intention d'achat

Question 7 : Saviez-vous que les feuilles d'eucalyptus sont reconnues pour leurs propriétés bénéfiques sur la santé (voies respiratoires, antioxydant, etc.) ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

Question 8 : Dans quelle mesure seriez-vous intéressé par un thé qui combine l'eucalyptus avec : (écrivez X sur la case qui vous conviens le plus)

Proposition	Pas du tout intéressé	Peu intéressé	Neutre	Intéressé	Très intéressé
La menthe (effet rafraîchissant et digestif)					
Le citron (vertus vitaminées et dynamisantes)					
Le gingembre (propriétés anti-inflammatoires)					
L'hibiscus (bienfaits sur la tension artérielle)					
La Verveine (Effet relaxant et amélioration du sommeil)					

Question 9 : À quel prix seriez-vous prêt à acheter une boîte de 20 sachets du thé que vous avez préféré ? (Maximum)

- ☐ Moins de 150 DA
- ☐ Entre 150 et 200 DA
- ☐ Entre 200 et 250 DA
- ☐ Plus de 250 DA

Message de fin

Merci infiniment pour votre participation ! Vos réponses sont essentielles pour la réussite de notre étude.

ملخص

تركز هذه الدراسة على تطوير وتقييم خمس مجموعات من الشاي الطبيعي والوظيفي، تعتمد على الشاي الأسود (*Camellia sinensis*)، والأوكالبتوس (*Eucalyptus globulus*)، والقرفة (*Cinnamomum verum*)، مُدعمة كل منها بنبات مُكمل من بين خمسة خيارات: الليمون، والزنجبيل، والنعناع، والكرديه، واللوزة. كان الهدف هو ابتكار مشروبات ذات فوائد صحية وحسية للمستهلك.

خضعت كل مجموعة لتحليل حسي من قبل لجنة من المتذوقين لتقييم خصائصها الحسية، بالإضافة إلى استبيان حول عاداتهم الشرائية ونواياهم.

أظهرت النتائج أن مجموعتي الكركديه والزنجبيل برزتا كأنجح وأفضل تركيبات استحسنًا من قبل اللجنة، نظرًا لقوتها الفائقة، ورائحتهما الجذابة، ونكهاتهما المتوازنة. في المقابل، تُظهر مجموعتا الليمون والنعناع اختلالات حسية تحول دون طرحهما تجاريًا بشكلهما الحالي، لا سيما ضعف الرائحة؛ وقد أكد الاستبيان هذه النتائج.

في الختام، تُعدّ تشكيلة مشروبات الكركديه والزنجبيل مشروبات طبيعية واعدة للغاية، إذ تجمع بين خصائص حسية مميزة وتركيبية غنية بالمركبات النشطة بيولوجيًا، مما يُفيد صحة المستهلك.

الكلمات المفتاحية: شاي وظيفي، أوكالبتوس، كركديه، زنجبيل، تركيبة، تحليل حسي، إمكانات تجارية.

Résumé

Le présent travail porte sur l'élaboration et l'évaluation de cinq gammes de thé naturel et fonctionnel, à base de thé noir (*Camellia sinensis*), d'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) et de cannelle (*Cinnamomum verum*), enrichie d'une plante complémentaire parmi cinq variantes : le citron, le gingembre, la menthe, l'hibiscus et la verveine, dans le but d'obtenir des infusions aux vertus bénéfiques sur le plan organoleptique et sur la santé du consommateur.

Chaque gamme a été soumise à une analyse sensorielle auprès d'un panel de dégustateurs, afin d'évaluer des attributs organoleptiques, complétée par un questionnaire sur leurs habitudes et intentions d'achat.

Les résultats que les gammes Hibiscus et Gingembre se sont distinguées nettement comme les formulations les plus abouties et les mieux acceptées par le panel, dues à leur meilleure intensité, leur arôme apprécié, et leur équilibre des saveurs. En revanche, les gammes Citron et Menthe présentent des déséquilibres organoleptiques les excluant d'un lancement commercial en l'état, notamment une faiblesse aromatique ; ces tendances ont été confirmées par le questionnaire.

En conclusion, les gammes Hibiscus et Gingembre constituent des boissons naturelles très prometteuses, alliant qualités organoleptiques remarquables et profil phytochimique riche en composés bioactifs, bénéfiques pour la santé du consommateur.

Mots-clés : Thé fonctionnel, *Eucalyptus*, *Hibiscus*, *Gingembre*, Formulation, Analyse sensorielle, Intérêt commercial.

Abstract

This study focuses on the development and evaluation of five ranges of natural and functional teas, based on black tea (*Camellia sinensis*), eucalyptus (*Eucalyptus globulus*), and cinnamon (*Cinnamomum verum*), each enriched with one complementary plant from among five options: lemon, ginger, mint, hibiscus, and verbena. The aim was to create infusions with beneficial effects on both the sensory experience and consumer health.

Each range underwent sensory analysis with a panel of tasters to evaluate its organoleptic attributes, supplemented by a questionnaire about their purchasing habits and intentions.

The results showed that the Hibiscus and Ginger ranges stood out as the most successful and best-received formulations by the panel, due to their superior intensity, appealing aroma, and balanced flavors. In contrast, the Lemon and Mint ranges exhibit organoleptic imbalances that preclude a commercial launch in their current form, notably a weak aroma; these trends were confirmed by the questionnaire.

In conclusion, the Hibiscus and Ginger ranges are very promising natural beverages, combining remarkable organoleptic qualities with a phytochemical profile rich in bioactive compounds, beneficial to consumer health.

Keywords: Functional tea, *Eucalyptus*, *Hibiscus*, *Ginger*, Formulation, Sensory analysis, Commercial potential.