



Faculté de Technologie
Département de Génie des procédés

Mémoire

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE Master

Domaine : Science et Technologie Filière : Génie des Procédés
Spécialité : Génie Alimentaire

Présenté par

BENAISSA Mounia & OUBECHOU Zina

Thème

Comparaison entre l'activité antioxydante, antimicrobienne et analyse sensorielle de thé vert préparé par infusion et décoction

Soutenu le 06/07/2022

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade		
ACHAT.S	MCA	Université de Bejaia	Président
OULD SAADI	MCB	Université de Bejaia	Examineur
BEY.Z	MAA	Université de Bejaia	Encadrant

Remerciements

*Avant tout, nous tenons à remercier le **Dieu** tout puissant qui nous a accordé santé et courage pour réaliser ce travail.*

*Nous tenons à remercier également notre promotrice Mme **BEY.Z** qui a accepté de nous encadrer et qui nous a toujours guidés dans la réalisation de ce travail.*

Nous remercions les membres du jury d'avoir accepté de lire et évaluer le travail.

Nous remercions également tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à réaliser ce modeste travail.

MERCI

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents pour leur amour, leurs sacrifices et leur soutien

*Mes frère **Karim** et **Mahdi***

*Mes adorables sœurs **Manel**, **Hanane** et **Rania***

Mes oncles et tantes

Mes cousins et cousines

*A mon fiancé **Fares** qui est toujours présent à mes coté par*

Son amour, soutien et encouragement. Que Dieu leur procure bonne

Santé et longue vie

Toute ma famille et tous mes amis

*A ma binôme **OUBECHOU Zina** et toute sa famille*

*A mon encadrante, Madame **BEY** pour sa patience, sa disponibilité et*

Sur tous judicieux conseils

A tous ceux qui m'ont aidé dans la réalisation de ce travail de près ou

De loin.

MOUNIA

Dédicaces

C'est avec un très grand honneur que je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents qui ont tant prié pour ma réussite, qui m'ont soutenu le long de mes études et qui m'ont poussé à donner le meilleur, à qui je dois énormément d'amour et de reconnaissance.

*Mes très chère sœurs **Saloua** et **Meriem***

Mes chers oncles et tantes

Mes chers cousins et cousines

A toute ma famille

*A ma binôme **BENAISSA Mounia** et toute sa famille*

*A mon encadrante, Madame **BEY** pour sa patience, sa disponibilité et*

Sur tous judicieux conseils

A mes amies

A tous ceux qui m'ont aidé dans la réalisation de ce travail de près ou de loin.

ZINA

Abréviation

FAOSTAT :	Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database
EC	Epicatéchine
GC	Gallocatechine
EGC	Epigallocatechine
CG	Gallate De Catéchine
ECG	Gallate D'epicatechine
GCG	Gallate De Gallocatechine
EGCG	Gallate D'epigallocatechine
KAEMPFEROL-3-G	Kaempférol-3-O-Glucoside
TPS	Les polysaccharides du thé
GSH	Glutathion
SOD	Superoxyde dismutases
CAT	Catalase
GPX	Glutathion peroxydase
GR	Glutathion réductase
ERO	Espèces réactive à l'oxygène
ADN	Acide désoxyribonucléique
LES	Lupus érythémateux systémique
OH [•]	Radical hydroxyl
O ₂ ^{•-}	Radical superoxyde
HO ₂ [•]	Forme protonnée de radical superoxyde
ROO [•]	Radical peroxyde
H ₂ O ₂	Peroxyde d'hydrogène
1O ₂	Oxygène singulet
TRX	Thiorédoxine
Cu/Zn SOD	Superoxyde dismutase de cuivre-zinc

Cu/Zn SOD	Superoxyde dismutase de cuivre-zinc
Mn SOD	Superoxyde dismutase de manganèse
EC SOD	Superoxyde dismutase extracellulaire
TRXR	Thiorédoxine réductase
NADPH	Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate
LDL	Lipoprotéines de faible densité
BHA	Hydroxyanisole butylé
BHT	Hydroxytoluène buthylé
TBHQ	Tert-butylhydroquinone
HPLC	Chromatographie en phase liquide haute performance
DPPH	1,1-diphényle-2-picrylhydrazyl
Mg EAG	Mg équivalent acide gallique
Mg EQ	Mg équivalent de quercétine
Mg EAT	Mg équivalent acide tanique
Mg ET	Mg équivalent Trolox

Listes des figures

Figure 1 : la plante <i>Camellia sinensis</i>	3
Figure 2 : <i>Camellia sinensis</i>	4
Figure 3 : Volume de production de thé dans le monde de 2004 à 2017(en millions de tonnes).....	6
Figure4 : Cueillette manuelle.....	7
Figure 5 : Cueillette mécanisée.....	7
Figure 6 : Fétrissage du thé.....	7
Figure 7 : Roulage du thé.....	8
Figure 8 : Processus de fermentation des différents types de thés.....	8
Figure 9 : séchage manuel du thé.....	9
Figure 10 : le thé blanc.....	9
Figure 11 : le thé vert.....	10
Figure 12 : le thé oolong.....	10
Figure 13 : le thé noir.....	11
Figure 14 : le thé Pu-Erh.....	11
Figure 15 : Structures des principaux polyphénols du thé.....	12
Figure16 : Balance radicaux libres/antioxydants.....	17
Figure17 : thé vert.....	22
Figure18 : les étapes de la préparation de thé vert infusé et décocté.....	22
Figure19 : <i>Staphylococcus aureus</i>	28
Figure20 : <i>Escherichia coli</i>	29
Figure 21 : <i>Pseudomas aerugenosa</i>	29
Figure 22 : <i>Salmonelle</i>	30
Figure 23 : Résultats de Tests phytochimiques d'extrait aqueux de <i>Camellia sinensis</i>	33
Figure24 : Profil du chromatogramme du thé infusé.....	35
Figure25 : Profil du chromatogramme du thé décocté.....	35
Figure 26 : Spectre infrarouge de thé vert infusé.....	36
Figure 27 : Spectre infrarouge de thé vert décocté.....	37
Figure 28 : Pouvoir discriminant par descripteur.....	46
Figure 39 :Coefficients des modèles de l'échantillon A.....	47
Figure 30 : Coefficients des modèles de l'échantillon B.....	47
Figure 31 :Corrélation entre les variables et les facteurs.....	49

Figure 33: Profil des classes créées.....	50
Figure 34 : Courbes de niveau et carte des préférences.....	51

Listes des tableaux

Tableau I : Classification de <i>Camellia sinensis</i>	3
Tableau II : production mondiale de thé par an (en tonne).....	5
Tableau III: Rendement des extractions par infusion et décoction.....	33
Tableau IV : Tests phytochimiques d'extraits aqueux de <i>Camellia sinensis</i>	34
Tableau V : Les composés phénoliques identifiés par HPLC dans le thé vert décocté et infusé	36
Tableau VI : Teneurs en polyphénols des deux échantillons analysés.....	38
Tableau VII : Teneurs en flavonoïdes pour chaque échantillon analysé.....	39
Tableau VIII : Teneurs en tanins dans le thé vert infusé et décocté.....	40
Tableau IX : Teneurs en pigments liposolubles pour chaque échantillon analysé.....	41
Tableau X : Les résultats obtenus pour le test de DPPH et le pouvoir réducteur des différents extraits.....	43
Tableau XI : Diamètres des zones d'inhibition de la croissance bactérienne induite par les extraits aqueux du thé(mm).....	44
Tableau XII : Moyennes ajustées par produit.....	48

Table des matières

Remerciement

Dédicace

Liste des tableaux

Liste des figures

Abréviations

Introduction générale.....1

Chapitre I : Généralités sur le thé

I.1. Histoire et origine de thé.....	3
I.2. Classification systématique.....	3
I.3. Description botanique.....	4
I.4. La production et la consommation mondiale de thé.....	4
I.5. Procédés de fabrication du thé	6
I.5.1. La cueillette	6
I.5.2. Flétrissage	7
I.5.3. Roulage	7
I.5.4. Fermentation	8
I.5.5. Post fermentation	8
I.5.6. Séchage	9
I.6. Les différents types de thé	9
I.6.1. Thé blanc.....	9
I.6.2. Thé vert.....	10
I.6.3. Thé Oolong.....	10
I.6.4. Thé noir.....	10
I.6.5. Thé sombre.....	11
I.7. La composition des feuilles du thé	11
I.7.1. Polyphénols.....	11
I.7.2. Pigments	12
I.7.3. Polysaccharides	13
I.7.4. Alcaloïdes	13

I.7.5. Acides aminés	13
I.7.6. Saponines	14
I.8. Les propriétés biologiques du thé	14
I.8.1. Activité antioxydante.....	14
I.8.2. Activité antibactérienne.....	14
I.8.3. Effets anticancéreux	15
I.8.4. Effets cardiovasculaires.....	15
I.8.5. Effets anti caries	15
I.8.6. Activité anti-inflammatoire	16
I.8.7. Propriétés antidiabétiques et anti-obésité.....	16

Chapitre II : Le stress oxydatif et les antioxydants

II.1. Stress Oxydatif	17
II.2. Espèces réactives de l'oxygène (ERO)	17
II.3. Radicaux libres et leur origine	17
II.4. Dommages biologiques causés par le stress oxydatif	18
II.4.1. Peroxydation lipidique	18
II.4.2. Oxydation des protéines	18
II.4.3. Dégradation d'ADN.....	18
II.5. Les antioxydants	19
II.5.1. Les différents types.....	19
II.5.1.1. Systèmes antioxydants enzymatiques	19
II.5.1.2. Systèmes antioxydants non enzymatiques.....	20
II.5.2. Les antioxydants du thé	20
II.6. Les utilisations industrielles des antioxydants	21
II.6.1. La vitamine C et ses dérivés	21
II.6.2. Les dérivés de l'acide gallique	21
II.6.3. Autres	21

Chapitre III : Matériels et Méthodes

III.1. Matériel végétal.....	22
III.2. Préparation des échantillons.....	22
III.3. Rendement de l'extraction par décoction et par infusion	22
III.4. Analyse qualitative	23
III.4.1. Caractérisation phytochimique	23

III.4.2. HPLC	24
III.4.3. IR	24
III.5. Analyse quantitative	24
III.5.1. Dosage des polyphénols.....	24
III.5.2. Dosage des flavonoïdes.....	25
III.5.3. Dosage des tannins condensés	25
III.5.4. Détermination de la teneur en pigments liposolubles	26
III.6. Evaluation de l'activité anti-oxydante	27
III.6.1. Piégeage de radical DPPH°.....	27
III.7.2. Pouvoir réducteur du fer	27
III.8. Activité antibactérienne	28
III.8.1. Les souches testées	28
III.9. Analyses sensorielles	31
III.9.1. Présentation et préparation des échantillons.....	31
III.9.2. Etude statistique	32

Chapitre III : Résultats et Discussion

IV.1. Rendement des extractions.....	33
IV.2. Analyse qualitative	33
IV.2.1. Caractérisations phytochimiques.....	33
IV.2.3. Analyse par spectroscopie infrarouge.....	35
IV.3. Analyse quantitative.....	36
IV.3.1. Teneur en polyphénols.....	38
IV.3.2. Teneur en flavonoïdes.....	38
IV.3.3. Teneur en tanins.....	39
IV.3.4. Teneur en pigments liposolubles.....	40
IV.4. Analyse antioxydante.....	41
IV.4 .1. Piégeage de radical DPPH et le pouvoir réducteur.....	42
IV.5. Activité antibactérienne.....	42
IV.6. Analyse sensorielle.....	44
IV.6.1. Caractérisation des produits	46
IV.6.2. Pouvoir discriminant par descripteur.....	46
IV.6.3. Coefficient des modèles	46

IV.6.4. Moyennes ajustées par produit	47
IV.6.5. Analyse en composantes principales (ACP)	48
IV.6.6. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).....	48
IV.6.7. La cartographie externe de préférence (PREFMAP)	49

Conclusion

Références bibliographiques

Annexe

Résumé

Introduction générale

Introduction générale

Depuis l'aube de l'humanité, les plantes ont permis à l'homme non seulement de se nourrir, de se vêtir, de se loger, de se chauffer et de se parfumer, mais aussi de maintenir son équilibre, de soulager ses souffrances, de préserver et de guérir les maladies qui nuisent à sa santé **(Ouis, 2015)**.

Les plantes ont été employées pendant des siècles comme remèdes pour les maladies humaines grâce à leurs richesses en composés bioactifs présentent une valeur thérapeutique. Le pouvoir de guérison des plantes provient des effets de leurs métabolites secondaires. Ces métabolites interviennent dans la défense contre les parasites pathogènes. On distingue plusieurs groupes de métabolites notamment les phénols (simples phénols, acides phénoliques, flavonoïdes, tannins et coumarines) **(Khadhri et al, 2013)**.

Un déséquilibre entre les oxydants et les antioxydants, résultant de l'augmentation de la production d'oxydants et/ou la réduction des antioxydants, génère un état de stress dans la cellule, appelée stress oxydatif. Plusieurs études épidémiologiques et cliniques suggèrent que le stress oxydant joue un rôle important dans la genèse et l'entretien de nombreuses pathologies humaines (diabète, maladies cardiovasculaires, cancer, allergies, maladies neurodégénératives) ainsi que le vieillissement **(Hamma et al, 2015)**.

Le thé vert est une boisson importante pour l'homme depuis les temps anciens, largement consommée et considérée comme bénéfique pour la santé **(Lorenzo et Munekata, 2016)**. Les polyphénols et la sous-division des flavonoïdes des thés produits à partir de la plante *Camellia sinensis* sont considérés comme les plus importants en métabolites en termes de bénéfiques pour la santé en raison de leur capacité à agir comme antioxydants **(Shannon et al, 2018)**.

Les études épidémiologiques suggèrent fortement que la consommation régulière de polyphénols végétaux, comme ceux que l'on trouve dans le thé et les tisanes, peut protéger contre le développement de troubles causés par les dommages du stress oxydatif **(Shannon et al, 2018)**.

le taux de ces molécules dans le thé vert que nous consommons dépend de la méthode d'extraction que nous utilisons à savoir l'infusion ou la décoction, afin de bénéficier du maximum des effets bénéfiques de ces molécules sur notre santé, donc ce travail consiste à comparer les composés phénoliques et d'évaluer l'activité antioxydante et l'activité antibactérienne de thé vert préparé par décoction, méthode la plus utilisée aux pays du Maghreb et de l'infusion plus fréquente partout dans le monde.

L'objectif de notre travail est de comparer l'activité antioxydante, antimicrobienne et analyse sensorielle de thé vert préparé par infusion et décoction.

Introduction générale

Notre travail sera présenté comme suit :

La première partie est une synthèse bibliographique contenant deux chapitres dont :

- Le premier chapitre : englobe les généralités sur le thé (histoire et origine, et quelques généralités sur le thé vert).
- Le deuxième chapitre traite le stress oxydatif et le système antioxydant.

La deuxième partie concerne la partie expérimentale, qui comporte deux parties :

- Le premier chapitre : concerne le matériel et les méthodes de travail utilisés où nous avons détaillé la préparation des extraits, les principes et les protocoles.
- Le deuxième chapitre : présent les résultats et discussion et une conclusion finale.

Chapitre I
Généralités sur le thé

I.1. Histoire et origine du thé

Le thé a été importé de Chine au XVI^e siècle par les commerçants portugais en Europe, puis introduit en France comme plante digestive par les jésuites. Le thé est aujourd'hui la boisson la plus bue au monde après l'eau et le café. L'étymologie même du nom *Camellia Sinensis* confirme l'hypothèse de la naissance du thé en Chine, puisqu'il signifie littéralement (Camélia chinois). La découverte du thé est attribuée à l'empereur Shen Nong qui, selon la légende, plus de 2 000 ans avant notre ère, se serait endormi à l'ombre d'un arbre, un bol d'eau chaude à ses côtés. À son réveil, il constata qu'une feuille d'un théier avoisinant, transportée par le vent, avait terminé sa course dans sa tasse. Néanmoins, Shen Nong but une gorgée de l'infusion obtenue et il aurait alors été frappé par l'arôme incroyable qui s'en serait dégagé (Robert, 2013).

I.2. Classification systématique

Tableau I : Classification de *Camellia Sinensis* (Khizar et al, 2015).

Règne	<i>Plantea</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	<i>Theales</i>
Genre	<i>Theaceae</i>
Famille	<i>Camellia</i>
Espèce	<i>Camellia sinensis</i>



Figure 1 : la plante *Camellia Sinensis* (Tamhane et al, 2021)

I.3. Description botanique

Camellia Sinensis, membre de la famille des théacées, est un arbre ou un arbuste à feuilles persistantes qui atteint une hauteur de 10 à 15 m à l'état sauvage et de 0,6 à 1,5 m lorsqu'il est cultivé. Il possède des feuilles persistantes avec un grand nombre de branches. Ses feuilles matures apparaissent vertes-foncées, brillantes, lisses et ovales allongées. Alors que les jeunes feuilles apparaissent vertes-claires, portant des poils, de courtes tiges de longueur variante de 5 à 30cm et environ 4 cm de largeur.

Les fleurs portent de nombreuses étamines avec des anthères jaunes et produisent des capsules rouges brunâtres. Le fruit est une capsule trigone à trois cellules aplaties, lisses et arrondies contenant des graines de taille d'une petite noix (**Mahmood et al, 2010**).



Figure 2 : *Camellia Sinensis* (Dieusait, 2018)

I.4. La production et la consommation mondiale de thé

On peut retenir quatre principaux pays producteurs et exportateurs de thé : l'Inde, la Chine, le Sri Lanka et le Kenya. Certains se sont plus spécialisés dans la manufacture de thé noir, tandis que d'autres produisent préférentiellement le thé vert (**Anonyme I**).

Généralité sur le thé

Tableau II : production mondiale de thé par an (en tonnes) (**Anonyme I**).

Pays	Production par an (en tonnes)
Chine	2, 414,802
Inde	1, 252,174
Kenya	473,000
Sri Lanka	349,308
Turquie	243,000
Viêt Nam	240,000
Indonésie	144.015
Birmanie	102,404
Argentine	89,609
Japon	80,200

Dans le monde, 5, 966,467 tonnes de thé sont produites par an. La Chine est le plus grand producteur de thé au monde avec un volume de production de 2, 414,802 tonnes par an. L'Inde arrive en deuxième position avec une production annuelle de 1, 252,174 tonnes. La Chine et l'Inde produisent ensemble plus de 60% du total mondial (**Anonyme I**).

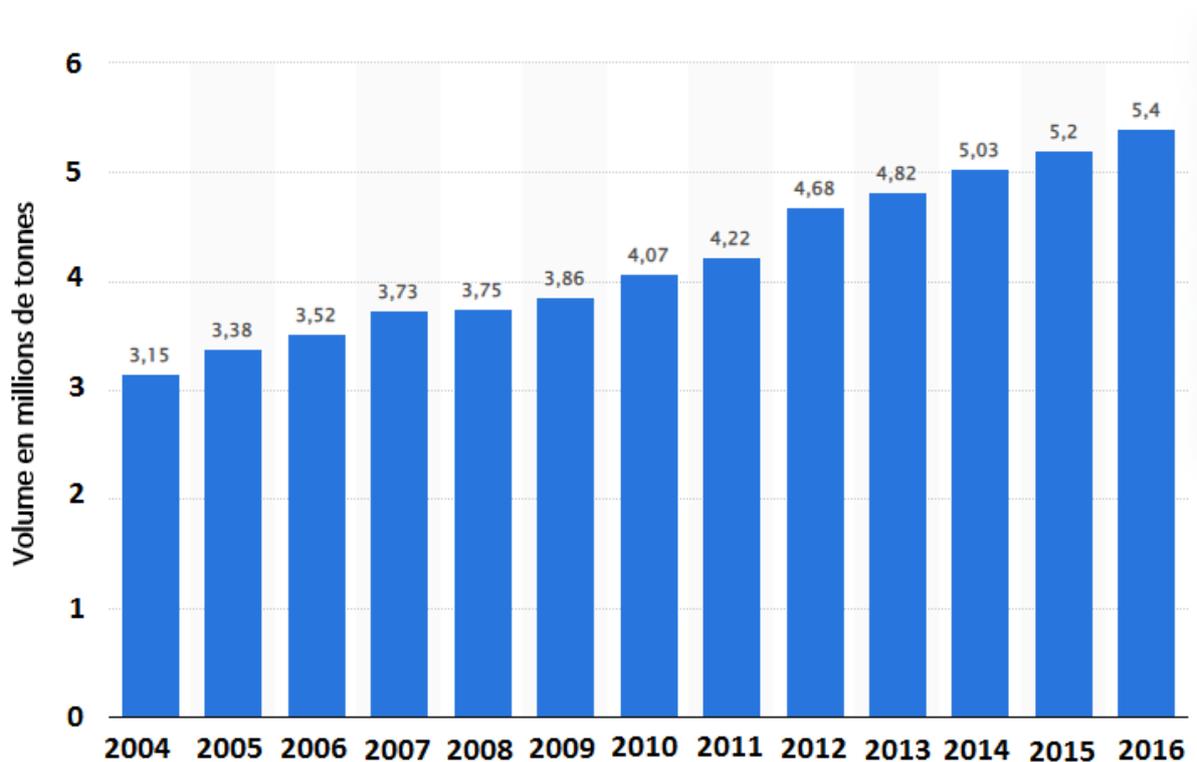


Figure 3 : Volume de production de thé dans le monde de 2004 à 2017 (en millions de tonnes) (**Anonyme III**).

Le monde consomme essentiellement du thé noir et du thé vert (**Bernaude, 2004**) :

- Le thé noir représente 65% de la production mondiale et 67% de la consommation.
- Le thé vert est surtout consommé en Chine, au Japon et en Afrique du Nord, où il est à la base du thé à la menthe. Il connaît un engouement croissant dans les pays occidentaux.

La consommation mondiale de thé par habitant a augmenté à un taux moyen d'environ 3% par an au cours des dix dernières années (2010-2019), avec une forte hausse dans les pays producteurs de thé (**Anonyme III**).

I.5. Procédés de fabrication du thé

L'opération consiste à transformer les feuilles du théier en feuilles séchées, afin d'obtenir le thé à infuser (**CNUCED, 2016**).

I.5.1. La cueillette

Elle consiste à récolter les jeunes pousses fraîches des théiers matures. La cueillette peut se faire à la main ou avec une machine de prélèvement mécanique. Cependant, la cueillette manuelle reste la meilleure méthode de récolte du thé. Lorsqu'il est automatisé, le processus n'est pas sélectif, ce qui peut endommager les feuilles et affecter la qualité. En outre, les constituants biochimiques des feuilles de thé et sa qualité dépendent de la méthode de cueillette (**CNUCED, 2016**).



Figure 4 : Cueillette manuelle (Nault, 2015) **Figure 5 :** Cueillette mécanisée (Nault, 2015)

I.5.2. Flétrissage

Ce processus est utilisé pour enlever l'excès d'eau des feuilles et de permettre une légère oxydation (CNUCED, 2016). De manière traditionnelle, les feuilles sont laissées à sécher en plein air ou sous un abri. De manière industrielle, les feuilles sont étalées sur des claies et subiront un courant d'air naturel ou provoqué par une soufflerie (Aubert, 2016).



Figure 6 : Fétrissage du thé.

I.5.3. Roulage

Après le flétrissement, les feuilles sont roulées, soit à la machine, soit (de plus en plus rare) à la main. Cela sert à tordre les feuilles et à les écraser, libèrent la sève et l'exposant à l'oxygène, ce qui stimule la fermentation. Dans certaines usines de transformation du thé, les feuilles roulées sont ensuite tamisées à travers différentes porosités de tamisage pour les trier par taille. Les plus grosses particules de feuilles peuvent être enroulées une deuxième ou une troisième fois pour les tordre et les casser suffisamment pour l'étape suivante. Le roulage prend environ deux heures (Martin, 2007).



Figure 7 : Roulage du thé.

I.5.4. Fermentation

Il s'agit de provoquer le processus d'oxydation de la feuille en atmosphère humide, dans des conditions de température (25°C) et d'hygrométrie (95 à 98%) strictes. Cette étape dure 4 heures environ (Aubert, 2016). Le contrôle de cette étape est crucial puisque c'est cette dernière qui donnera le goût aux feuilles de thé oolong ou noir (Nault, 2015).

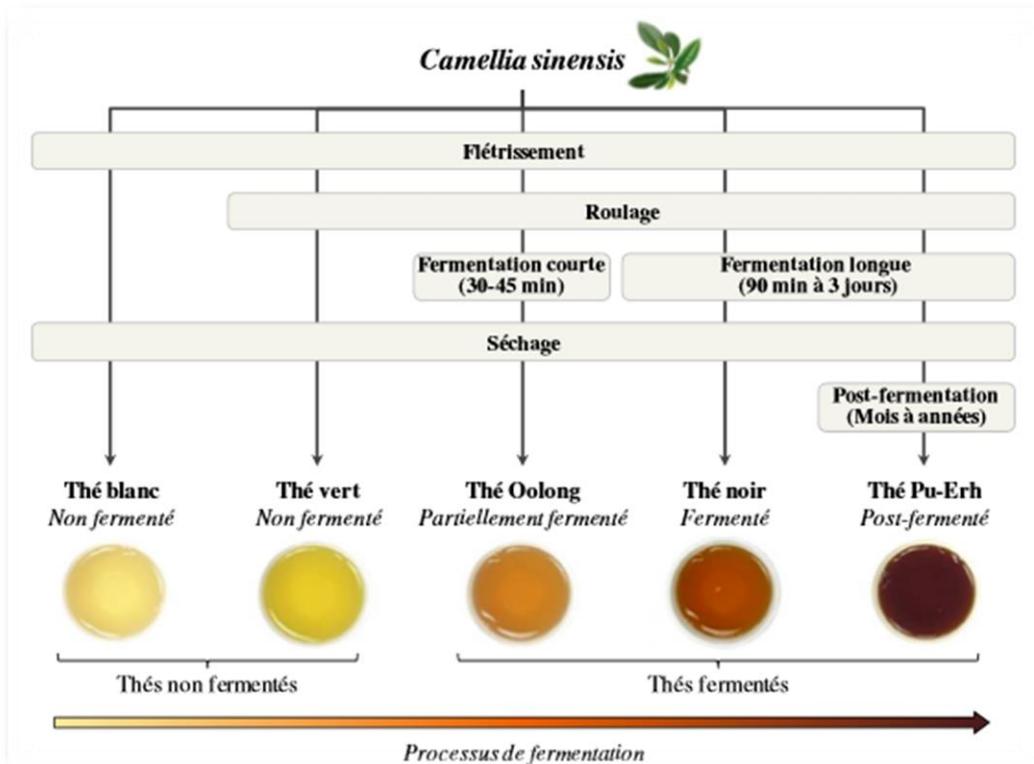


Figure 8 : Processus de fermentation des différents types de thés (Braud, 2015)

I.5.5. Post fermentation

La post fermentation concerne seulement le thé noir et le thé Pu-Erh (province du Yunnan). La post fermentation permet une oxydation non enzymatique ou bien la réaction de Maillard (il n'y a pas un brunissement de l'aliment au contact de l'oxygène).

Généralité sur le thé

De manière traditionnelle : torréfaction/ dessiccation (exposition des feuilles à un feu direct) afin de stopper l'oxydation enzymatique, compression, conservation pendant une longue période. Le goût de ce thé est particulier. Plus la conservation est longue, plus le goût s'adoucit et s'enrichit. Leur âge est l'élément essentiel de leur prix, un thé âgé sera plus cher qu'un thé jeune (Reims, 2013).

I.5.6. Séchage

Les feuilles fermentées sont séchées à travers un courant d'air chaud, ce qui arrête la fermentation et diminue la teneur en humidité (CNUCED, 2016).



Figure 9 : séchage manuel du thé

Si le temps du séchage n'est pas assez long, les feuilles peuvent moisir à cause de l'humidité. Si, au contraire, le temps est trop long, les substances aromatiques disparaissent (Reims, 2013).

I.6. Les différents types de thé

I.6.1. Thé blanc

Le thé blanc est un thé qui n'a pas été vieilli, qui n'est pas oxydé ou seulement légèrement oxydé. Traditionnellement, seuls les bourgeons et les jeunes feuilles, non complètement ouvertes, sont utilisés (CNUCED, 2016).



Figure 10 : le thé blanc (Anonyme IV)

I.6.2. Thé vert

Les feuilles de thé vert ne sont pas oxydées. Il existe un très grand nombre de variétés, chacune ayant une saveur et un arôme uniques. Une grande importance est accordée aux feuilles choisies lors de la récolte (CNUCED, 2016).



Figure 11 : le thé vert (Nault, 2015)

I.6.3. Thé Oolong

Le thé Oolong, est un thé traditionnel chinois produit par un procédé unique, comprenant le flétrissage de la plante au soleil et l'oxydation avant le flétrissage. Il combine les techniques de finition du thé vert et l'oxydation du thé noir (CNUCED, 2016).



Figure 12 : le thé oolong (Nault, 2015)

I.6.4. Thé noir

Le thé noir est un thé entièrement oxydé. Son goût est généralement plus fort que celui des thé moins oxydés. Le thé noir conserve sa saveur pendant de nombreuses années. Le thé noir est le thé le plus largement produit et consommé dans le monde (CNUCED, 2016).



Figure 13 : le thé noir (Nault, 2015)

I.6.5. Thé sombre

Également nommé Pu-Erh, Pu-Er ou thé post-fermenté, c'est un type de thé qui subit une fermentation en plein air. La fermentation à l'air libre varie de plusieurs mois à plusieurs années. Pour poursuivre la fermentation, le thé est exposé à la microflore, à l'humidité et à l'oxygène. L'oxygène maintient la fermentation du thé. Cela comprend l'auto-oxydation et, dans certains cas, la réactivation des enzymes oxydatives. Ce processus modifie l'arôme et le goût du thé. L'amertume du thé est réduite et le thé a un goût et un arrière-goût agréables (Tamhane et al, 2021).



Figure 14 : le thé Pu-Erh (Nault, 2015)

I.7. La composition des feuilles du thé

I.7.1. Polyphénols

Les thés blancs, verts et jaunes contiennent des polyphénols en abondance, notamment des catéchines et leurs dérivés, dont la catéchine, l'épi-catéchine (EC), la gallo-catéchine (GC), l'épigallocatechine (EGC), le gallate de catéchine (CG), le gallate d'épi-catéchine (ECG), le gallate de gallo-catéchine (GCG) et le gallate d'épigallocatechine (EGCG). En outre, d'autres

Généralité sur le thé

polyphénols comme l'acide gallique, l'acide chlorogénique, l'acide ellagique, l'acide galloylquinique, le kaempférol-3-O-glucoside (kaempférol-3-G) et divers flavonoïdes sont également présents dans le thé. Les polyphénols du thé sont l'un des antioxydants naturels les plus importants. La capacité antioxydante des polyphénols du thé peut être influencée par la configuration spatiale, et généralement en corrélation positive avec le nombre de groupes hydroxyle (Tang *et al*, 2019).

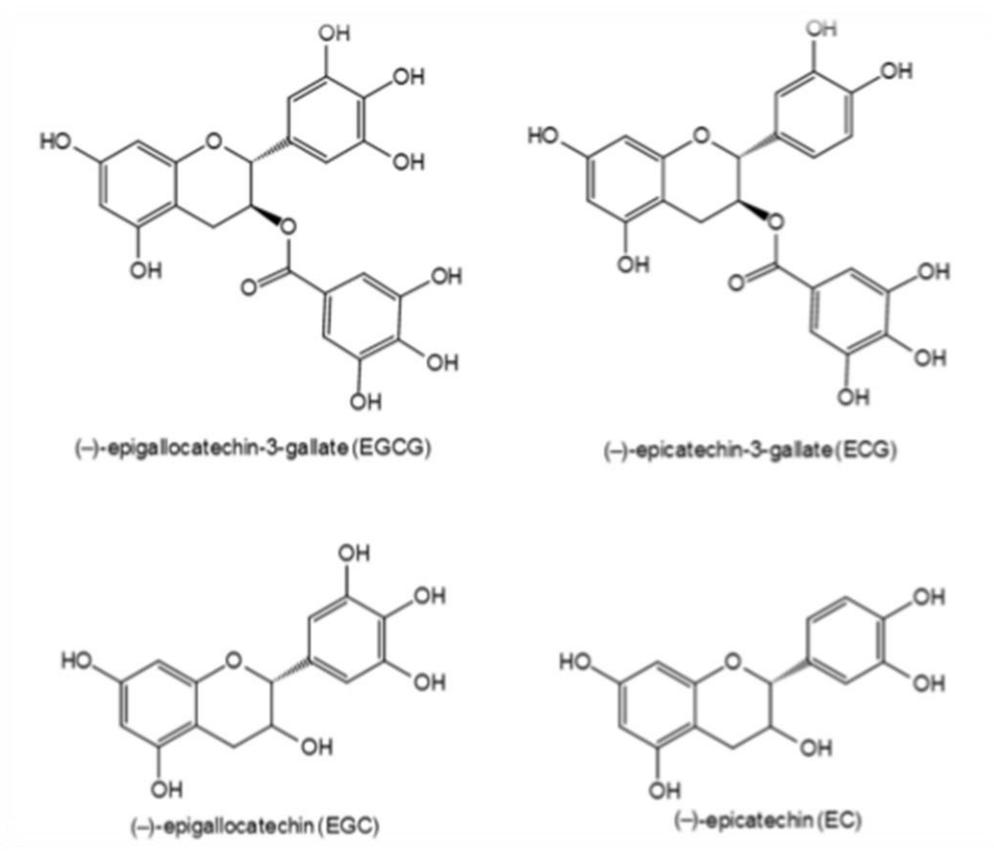


Figure 15 : Structures des principaux polyphénols du thé (Yan *et al*, 2021).

I.7.2. Pigments

Au cours de la fermentation, les catéchines du thé sont oxydées en théaflavines, théarubigines et théabrownines, par conséquent, les thés oolongs, noirs et sombres sont riches en pigments. Les structures des théaflavines, qui ont été identifiées avec 4 isomères, dont la théaflavine, la théaflavine-3-gallate, la théaflavine-30-gallate et la théaflavine-3,30-gallate, sont plus simples que celles des théarubigines et des théabrownines qui sont des mélanges complexes de polyphénols et de leurs polymères. Les pigments de thé se sont également révélés être des composants bioactifs importants responsables des effets bénéfiques de thé, comme les effets anti-inflammatoires, anticancéreux et hépato-protecteurs, bien que leur

activité antioxydante puisse être plus faible par rapport aux catéchines du thé (Tang et al, 2019).

I.7.3. Polysaccharides

En plus des polyphénols, les polysaccharides du thé (TPS) sont un autre composé bioactif important du thé. Contrairement aux polyphénols du thé, la teneur en polysaccharides du thé peut augmenter à mesure que la maturité des feuilles de thé crues augmente. De plus, les TPS présentent divers monomères (principalement du glucose, du galactose, du rhamnose, de l'arabinose, de xylose et du mannose), de l'acidité (neutre ou acide), de la solubilité (hydrosoluble), des protéines, des polyphénols... Il existe diverses propriétés chimiques associées à la liaison de. Le sélénium, un ion métallique qui influence fortement la relation entre structure et fonction. Par exemple, un complexe de polysaccharides de thé à faible teneur en polyphénols peut présenter une activité antioxydante plus élevée que ceux à forte teneur en polyphénols, et la liaison au sélénium peut augmenter de manière significative l'activité antioxydante des polysaccharides de thé. Les polysaccharides peuvent contribuer aux effets antioxydants, immuno-modulateurs, anticancéreux, antidiabétiques et anti-obésité de l'infusion de thé et de ses extraits (Tang et al, 2019).

I.7.4. Alcaloïdes

Le thé est l'une des sources les plus importantes d'alcaloïdes, généralement des alcaloïdes puriques (par exemple, la caféine, la théobromine et la théophylline), qui peuvent être transformées en flavo-alcaloïdes. Une voie possible a été proposée comme impliquant la désamination, la décarboxylation et la cyclisation spontanée de la L-théanine, puis la fixation du produit à l'EGCG pour former les flavo-alcaloïdes. La caféine est l'alcaloïde le plus abondant dans les six catégories de thé. Les effets antioxydants, antidiabétiques et anti-obésité des alcaloïdes du thé ont été décrits dans certaines études (Tang et al, 2019).

I.7.5. Acides aminés

L'infusion de thé et son extrait contiennent également une quantité considérable d'acides aminés. L'acide aspartique, l'acide glutamique, l'arginine, l'alanine, la tyrosine et la théanine ont été signalés comme les principaux acides aminés du thé, et le profile des acides aminés peut être modifié pendant la fermentation. Parmi eux, la théanine est un acide aminé non protéique particulier au thé. Il a été rapporté que la L-théanine a des effets positifs sur la relaxation, la performance cognitive, l'état émotionnel, la qualité du sommeil, le cancer, les maladies cardiovasculaires, l'obésité et le rhume (Tang et al, 2019).

I.7.6. Saponines

Les saponines sont un autre composant bioactif de l'infusion de thé et de ses extraits, et présentent généralement des effets antioxydants, immunorégulateurs, anticancéreux et cardioprotecteurs.

Les saponines du thé sont généralement considérées comme des composés sûrs qui ont des propriétés antifongiques et insecticides et sont largement utilisés dans le champ de l'agriculture et de l'industrie alimentaire (**Tang et al, 2019**).

I.8. Les propriétés biologiques du thé

I.8.1. Activité antioxydante

Il a été démontré que l'extrait de thé et ses composants protègent contre les effets liés au stress oxydatif. Le thé vert pourrait protéger contre le stress oxydatif cutané en augmentant l'activité de piégeage des radicaux de la peau. L'extrait de thé vert et de thé oolong enrichi en catéchine pourrait améliorer de façon significative la teneur en GSH et l'activité des enzymes antioxydantes, notamment la SOD, la catalase (CAT), le glutathion peroxydase (GPX) et le glutathion réductase (GR). Globalement, les extraits de thé montrent une bonne activité antioxydante principalement en raison de ses divers composants antioxydants, tels que les polyphénols, les polysaccharides et les pigments, qui peuvent piéger les radicaux libres, épuiser les ERO, augmenter les contenus antioxydants et améliorer les activités des enzymes antioxydantes (**Tang et al, 2019**).

I.8.2. Activité antibactérienne

La résistance aux agents antimicrobiens est devenue nuisible à l'environnement et a accéléré le problème mondial. De nos jours, de nombreux médicaments antimicrobiens ne peuvent pas détruire les micro-organismes pathogènes car ils deviennent résistants. Par conséquent, les chercheurs trouvent de nouveaux médicaments à partir des espèces de mangrove pour contrôler les agents pathogènes en raison de la présence de composés antimicrobiens. L'étude qui suit porte sur l'action antimicrobienne des polyphénols du thé vert, composés naturels caractéristiques, possédant un large éventail de propriétés pharmacologiques. L'activité antimicrobienne du thé a été établie pour la première fois il y a presque 100 ans par McNaught (1906). De nombreux rapports contradictoires sur l'activité antimicrobienne présumée montrent que le spectre antibactérien spécifique du thé vert est en fait difficile à évaluer.

Le thé présente des propriétés antimicrobiennes, qui sont attribuées principalement à ses polyphénols. Le degré d'animation dépend de l'espèce bactérienne et de la structure des polyphénols. L'activité antibactérienne du thé vert est progressivement documentée et rapportée pour la première fois au Japon par l'utilisation du thé japonais contre divers pathogènes diarrhéiques (**Ikbal, 2019**).

I.8.3. Effets anticancéreux

La consommation répandue de thé dans le monde entier a suscité l'intérêt pour la possibilité de son utilisation dans la chimio-prévention de la carcinogenèse et de son phénomène connexe, la mutagenèse. Plusieurs études basées sur la population confirment les effets protecteurs du thé contre le cancer. Le cancer est généralement causé par des dommages oxydatifs résultant du tabagisme. Les chercheurs affirment que les PP du thé sont de puissants antioxydants qui induisent des enzymes de phase 2 de détoxification qui, à leur tour, réduisent le risque de cancer en diminuant les dommages à l'ADN dans la cellule et l'activation du cancer conduisant à la malignité (**Khizar et al, 2015**).

I.8.4. Effets anti-cardiovasculaires

Les maladies cardiovasculaires sont des affections du cœur et des vaisseaux sanguins. On distingue généralement les maladies coronariennes, les maladies cérébrovasculaires, l'hypertension et l'insuffisance cardiaque. Les principales raisons de la forte prévalence des maladies cardiovasculaires sont l'hypertension artérielle, l'hypercholestérolémie, le diabète, le tabagisme important et les antécédents familiaux. Le thé et ses polyphénols ont été reconnus comme une source puissante et fiable pour lutter contre les maladies cardiovasculaires. Les polyphénols du thé pourraient agir comme des candidats cardioprotecteurs en raison de leur puissante capacité antioxydante. Ils induisent des effets antioxydants en piégeant les espèces réactives de l'oxygène et en capturant les ions métalliques. Il a été constaté que les radicaux libres jouent un rôle clé dans l'apparition de troubles cardiovasculaires en provoquant un stress oxydatif. En raison de l'induction répétitive du stress oxydatif cellulaire, il se produit une résistance cellulaire induite à l'exposition consécutive aux espèces réactives de l'oxygène. Ce phénomène pourrait être inhibé par le groupe galloyle des polyphénols du thé (**Rana et al, 2021**).

I.8.5. Effets anti caries

L'extrait de thé vert est efficace pour prévenir la carie dentaire grâce à sa double action. Autrement dit, le parfum est antibactérien et les polyphénols ont une activité anti-plaque. Un effet synergique de 128 à 256 fois a été observé lorsqu'il est combiné avec des hydrocarbures sesquiterpéniques (delta cadinène et caryophyllène) et de l'indole (**Duke, 2000**).

Les feuilles de thé sont riches en fluorure, qui est connu pour améliorer la santé dentaire et prévenir les caries dentaires. Cependant, les avantages possibles du thé pour la santé dentaire ne se limitent pas au fluor, mais impliquant d'autres composants du thé. Les caries dentaires sont induites par la microflore orale. Plusieurs polyphénols du thé vert ont des effets préventifs sur les caries dentaires. Parmi les catéchines, le GC et l'EGC sont les plus actifs, inhibant la croissance de 10 souches de bactéries cariogènes (Namita *et al*, 2012).

I.8.6. Activité anti-inflammatoire

L'activité anti-inflammatoire considérable du thé et de ses composants bioactifs a été démontrée avec un aperçu des multiples mécanismes d'action, indiquant le potentiel dans le traitement et la gestion des maladies liées à l'inflammation.

Des essais cliniques récents ont étudié l'effet anti-inflammatoire du thé. Un essai clinique a indiqué que la consommation quotidienne d'extraits de thé vert a amélioré de manière significative la maladie du lupus érythémateux systémique (LES) ainsi que la vitalité et la santé générale correspondantes. Les résultats d'un autre essai clinique ont suggéré que le thé vert avait des effets similaires concernant la diminution des niveaux plasmatiques des facteurs inflammatoires, les extraits de thé et ses composants bioactifs possèdent donc une forte activité anti-inflammatoire (Tang *et al*, 2019).

I.8.7. Propriétés antidiabétiques et anti obésité

Le diabète est un état pathologique dans lequel le taux de glucose sanguin du patient est supérieur au taux normal. Cette situation peut généralement survenir en raison de l'incapacité de l'organisme à capter le glucose supplémentaire dans la circulation sanguine ou de l'incapacité du métabolisme du glucose. Diverses études ont révélé que le thé, en particulier le thé vert, joue un rôle important dans la prévention du diabète. Divers chercheurs ont signalé les propriétés préventives et curatives des polyphénols du thé contre le diabète. Les données de recherche documentées ont montré que la consommation de thé est corrélée à la prévention du diabète. L'obésité est l'une des principales causes de la résistance à l'insuline qui entraîne la production de diverses cytokines pro-inflammatoires ce qui finit par inhiber la signalisation de l'insuline. Des études antérieures ont révélé que le thé et ses constituants présentaient une activité stimulant l'insuline, abaissant le taux de glucose plasmatique et inhibant le taux de cytokines inflammatoires. Les catéchines du thé vert augmentent la sécrétion d'insuline, contrôlent la glycémie et aident également à améliorer la résistance à l'insuline chez les patients atteints de diabète sucré du type 2. Il a également été rapporté que les catéchines du thé inhibent les enzymes impliquées dans la digestion des glucides et diminuent l'absorption du glucose dans l'intestin (Rana *et al*, 2021).

Chapitre II
Le stress oxydatif et les
antioxydants

Le stress oxydatif et les antioxydants

II.1. Stress Oxydatif

L'oxygène, molécule indispensable à la vie, est susceptible d'entraîner des effets dommageables dans l'organisme via la formation de radicaux libres et d'espèces réactives de l'oxygène (ERO : Espèces Réactive à l'oxygène) (Haleng *et al*, 2007).

Le stress oxydatif est le résultat d'un déséquilibre entre la production des (ERO) et les défenses anti oxydantes de l'organisme (Zbadi *et al*, 2018).

Notre mode de vie (tabagisme, alcoolisme, obésité, exercice physique intense), mais aussi notre alimentation inadaptée, contribuent à augmenter de manière significative la production des (ERO) dans notre organisme. Ce phénomène est potentiellement associé à un risque accru de développer des pathologies liées au vieillissement telles que les maladies cardiovasculaires et le cancer (Haleng *et al*, 2007).

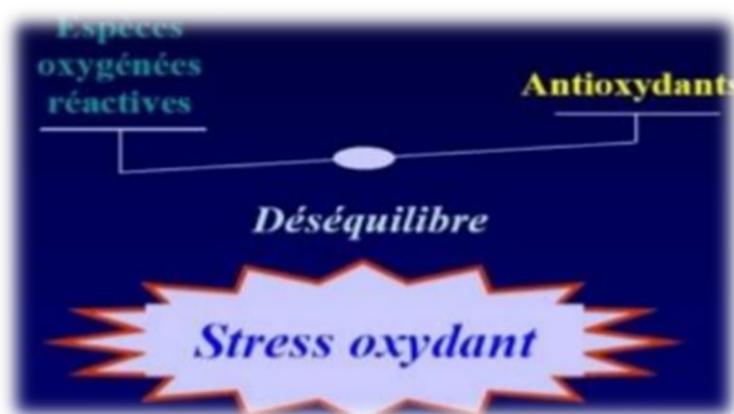


Figure16 : Balance radicaux libres/antioxydants (Shimizu, 2004)

II.2. Espèces réactives de l'oxygène (ERO)

Les espèces réactives oxygénées (ERO) incluent les radicaux libres comme le radical hydroxyle (OH^\bullet), le radical superoxyde ($\text{O}_2^{\bullet-}$) et sa forme protonnée (HO_2^\bullet), le radical peroxyde (ROO^\bullet) et les espèces non radicalaires comme le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) et l'oxygène singulet ($^1\text{O}_2$) sont des molécules hautement réactives produites dans les organismes vivant sous des conditions physiologiques et pathologiques (Patterson *et al*, 2019).

II.3. Radicaux libres et leur origine

Les radicaux libres sont des atomes ou des molécules portant un électron non apparié. Cette propriété rend ces éléments très réactifs en raison de la tendance de cet électron à se rapparer, déstabilisant ainsi d'autres molécules. Les molécules ainsi transformées deviennent à leur tour d'autres radicaux libres et initient ainsi une réaction en chaîne (Favier, 2003).

Le stress oxydatif et les antioxydants

Ils sont capables d'induire des dommages considérables à différentes molécules de l'organisme telles que les lipides membranaires, les protéines cellulaires et l'ADN (**Pelletier et al, 2004**).

L'origine exogène des radicaux libres, liée à l'environnement (fumées, rayonnements ionisants) ou au mode de vie (tabac, alcool, erreurs alimentaires, sport intense ...), est bien connue. Mais paradoxalement, les radicaux libres sont produits par divers mécanismes physiologiques (respiration mitochondriale, lutte anti-infectieuse, activités enzymatiques) car ils sont indispensables à l'organisme. Cependant, une production excessive de ces espèces radicalaires et/ou une diminution des systèmes de défense anti-radicalaires peuvent avoir des effets délétères : on parle alors de stress oxydant (**Aubert, 2016**).

II.4. Dommages biologiques causés par le stress oxydatif

Le stress oxydatif a été décrit réellement comme un facteur étiologique crucial impliqué dans diverses maladies chroniques humaines telles que le cancer, les maladies cardiovasculaires, les maladies neurodégénératives, l'inflammation, le diabète et le vieillissement (**Ghedadba et al, 2015**). Dans des conditions physiopathologiques, la production des (ERO) dépasse la défense antioxydante naturelle des cellules, en provoquant des altérations cellulaires et tissulaires plus ou moins graves (**Siti et al, 2015**). Ces dommages oxydatifs touchent diverses biomolécules, en particulier les protéines, les lipides et l'ADN, et conduisent à la dégradation et à la mort des cellules (**Ghedadba et al, 2015**).

II.4.1. Peroxydation lipidique

L'attaque des doubles liaisons lipidiques membranaires par les radicaux libres induit des processus d'oxydations en cascade puis une désorganisation complète de la membrane, c'est la peroxydation lipidique (**Koechlin-Ramonatxo, 2006**). Dans un premier temps, un radical libre ajoute un oxygène pour former un radical peroxyde ($\text{ROO}\cdot$) qui devient suffisamment réactif pour arracher un proton d'un acide gras voisin, en propageant ainsi la réaction en chaîne (**Haleng et al, 2007**).

II.4.2. Oxydation des protéines

Toute attaque radicalaire d'un acide aminé provoque l'oxydation de certains résidus et des groupements carbonylés, des clivages des chaînes peptidiques, des ponts intra- et inter-chaînes peptidiques et, par conséquence, une agrégation et une inactivation de plusieurs molécules protéiques (**Haleng et al, 2007**).

II.4.3. Dégradation d'ADN

Les radicaux $\text{O}_2\cdot^-$ et $\text{OH}\cdot$ peuvent interagir avec les désoxyriboses et les bases puriques et pyrimidiques de l'ADN. Non réparés, les lésions induites entraînent des modifications

Le stress oxydatif et les antioxydants

géniques et des mutations toute en conduisant à l'altération du message génétique et par conséquence au déclenchement du cancer et du vieillissement (Koechlin-Ramonatxo, 2006).

II.5. Les antioxydants

II.5.1. Les différents types

II.5.1.1. Systèmes antioxydants enzymatiques

Les systèmes antioxydants enzymatiques comprennent une série d'enzymes telles que les superoxyde dismutases (SOD), les glutathion peroxydases (Gpx), la catalase et le système thiorédoxine et peroxiredoxine (Trx).

Les superoxyde dismutases

La SOD est une métalloprotéine très importante pour les cellules vivantes. Ce sont les premières lignes de défense de l'organisme contre le stress oxydatif, garantissant que la réaction de dismutation élimine l'anion superoxyde $O_2^{\cdot-}$ et le convertit en peroxyde d'hydrogène et en oxygène (Haleng et al, 2007). Il existe trois isoformes chez l'homme, qui diffèrent par la structure quaternaire, l'emplacement des cellules et la teneur en métal. Il existe la superoxyde dismutase cuivre-zinc (Cu/Zn SOD), la superoxyde dismutase manganèse (Mn SOD) et la superoxyde dismutase extracellulaire (EC SOD), qui se produisent dans les cellules musculaires lisses (Hamma et al, 2015). (EC SOD) est le système antioxydant majeur de la paroi artérielle (Haleng et al, 2007).

Les glutathion peroxydases (GPx)

Les GPx sont des sélénoprotéines, il existe plusieurs isoformes, réparties différemment dans la cellule. Elles catalysent la réduction de l' H_2O_2 et des hydroperoxydes de lipides en H_2O et en alcools lipidiques respectivement en une réaction utilisant le glutathion (glutamyl-cystéinyl-glycine) réduit (GSH) (Hamma et al, 2015).

La catalase

La catalase est une enzyme héminique essentiellement présente dans les peroxysomes et dans les hématies. Elle catalyse la dismutation du peroxyde d'hydrogène H_2O_2 en eau et oxygène (Hamma et al, 2015).

Système thiorédoxine et peroxiredoxine

Le principal antioxydant responsable du maintien des protéines à l'état réduit est la thiorédoxine (Trx) qui est régénérée par le NADPH grâce à l'action d'une sélénoenzyme, la thiorédoxine réductase (TrxR). La Trx est impliquée dans la dégradation des peroxydes lipidiques et du peroxyde d'hydrogène.

Le stress oxydatif et les antioxydants

Les peroxiredoxine (Prx) constituent un groupe des élénothiol peroxydases non spécifiques qui contribuent également au contrôle redox cellulaire par leur capacité à éliminer les hydroperoxydes organiques et H₂O₂ (**Hamma et al, 2015**).

II.5.1.2. Systèmes antioxydants non enzymatiques

Parmi les systèmes antioxydants non enzymatiques, certains sont hydrosolubles, ce qui leur permet d'agir dans la fraction soluble de la cellule ou dans le plasma, comme le glutathion, la vitamine C et l'acide urique. D'autres systèmes antioxydants, comme les vitamines E, A et β -carotène, étant liposolubles, agissent au sein des membranes. Les molécules amphipathiques peuvent agir dans les deux environnements (**Hamma et al, 2015**).

Les polyphénols constituent une famille importante d'antioxydants présents dans les végétaux. Ils sont capables de piéger les radicaux libres générés par notre corps ou formés en réponse à une agression environnementale (**Haleng et al, 2007**).

II.5.2. Les antioxydants du thé

L'activité antioxydante des différents composés phénoliques du thé est largement reconnue (**Frei et Higdon, 2003**).

Les différents constituants du thé ont chacun leur propre pouvoir antioxydant, mais c'est leur association qui confère au thé ses propriétés intéressantes (**Sarkar et Bhaduri, 2001**). Les catéchines ayant le plus grand nombre de groupes hydroxyle sont celles qui possèdent le plus grand potentiel antioxydant (**Salah et al, 1995**).

Les flavonoïdes du thé sont nettement plus antioxydants que ceux des fruits et légumes. L'analyse de la structure moléculaire des catéchines et des flavonols a révélé leur capacité à donner des électrons, et donc leur activité antioxydante par le biais de réactions d'oxydoréduction. (**Benabara, 2009**).

Chez l'homme, plusieurs études ont confirmé les capacités antioxydantes du thé. L'activité antioxydante totale du plasma est significativement augmentée de respectivement 7 et 12 % deux heures après une ingestion de 300 ml ou 450 ml de thé (**Sung et al, 2000**). Plusieurs études ont également montré le rôle protecteur des polyphénols du thé vert, en particulier de l'EGCG (épigallocatechine gallate) dans la prévention de l'oxydation des lipoprotéines de faible densité (LDL) (**Wiseman et al, 2000**). La consommation régulière de thé renfermant 250 mg de catéchines pendant 42 jours entraîne une baisse significative des peroxydes plasmatiques et des dommages à l'ADN. Ces résultats sont confirmés chez le fumeur, que la consommation de thé durant 4 mois, protège des dommages oxydatifs (**Hakim et al, 2004**).

Le stress oxydatif et les antioxydants

II.6. Les utilisations industrielles des antioxydants

Les antioxydants sont largement utilisés dans l'industrie alimentaire pour prolonger la durée de conservation des aliments. Cependant, leur utilisation est réglementée. La liste des additifs pouvant être utilisés est précise. Les différents composés sont classés en fonction de leur structure chimique (DESMIER, 2016).

II.6.1. La vitamine C et ses dérivés

La vitamine C (ou acide ascorbique) est une vitamine hydrosoluble sensible à la chaleur et à la lumière, présente dans la nature. Il est principalement utilisé dans l'industrie alimentaire pour les produits ayant une longue durée de conservation sans réfrigération, afin d'éviter la prolifération de bactéries qui entraînent la détérioration du produit. Il est également utilisé pour son pouvoir réducteur dans le vin et la bière ainsi que pour prévenir l'oxydation de certains fruits.

L'un des dérivés de l'acide ascorbique est l'ascorbate de sodium. On le trouve dans certains aliments pour bébés et dans le poisson congelé. Un autre dérivé de l'acide ascorbique, l'ascorbate de calcium, est un sel de calcium dont l'utilisation principale est d'être appliqué sur les pommes avant leur commercialisation pour empêcher leur oxydation et donc leur brunissement. De même, l'ascorbate de potassium est utilisé pour prévenir l'oxydation des beurres, des sirops et conserves (DESMIER, 2016).

II.6.2. Les dérivés de l'acide gallique

L'acide gallique est un acide phénolique non utilisé à l'état basique. Cependant, ses sels et esters sont plus largement utilisés. Le gallate de propyle est un composé synthétique formé à partir d'acide gallique et de propanol. On le trouve dans les poudres de lait des distributeurs automatiques, les chewing-gums et les pommes de terre séchées. Il convient de noter que le gallate d'octyle, est également utilisé dans les mêmes aliments.

En raison de sa plus grande liposolubilité que les deux précédents, le gallate de dodécyle est utilisé pour prévenir le rancissement oxydatif des produits gras. Enfin, le gallate d'éthyle est un composé organique résultant de l'estérification de l'acide gallique avec l'éthanol. Il est utilisé dans les soupes et les produits de boulangerie fine (DESMIER, 2016).

II.6.3. Autres

Il existe d'autres antioxydants utilisés largement pour leur capacité à empêcher l'oxydation des graisses et huiles principalement d'origine animale. Il s'agit du BHA (hydroxyanisolebutylé), du BHT (hydroxytoluènebutylé) et de la TBHQ (*tert*-butylhydroquinone). Ils sont également employés en cosmétologie et seront développés dans la section 4.3.2. Les antioxydants de synthèse (DESMIER, 2016).

Chapitre III
Matériels et méthodes

III.1. Matériel végétal

Notre travail est réalisé sur le thé vert (*Camellia Sinensis*) achetés dans un supermarché. (Produit en Chine importées en Algérie, emballé dans une boîte sous le nom EL Marwan).



Figure17 : thé vert

III.2. Préparation des échantillons

Une masse de feuille de 1g est pesée à l'aide d'une balance de précision et mise en contact avec 100ml d'eau distillée. Le thé est préparé par infusion et par décoction à 100°C pendant 5min. Les extraits sont filtrés puis on les laisse refroidir pour analyse.



Figure18 : les étapes de la préparation de thé vert infusé et décocté

III.3. Rendement de l'extraction par décoction et par infusion

Les extraits sont placés dans l'étuve ventilée réglée à 37°C pendant 2 jours jusqu'à l'obtention d'une matière sèche. Pour connaître la masse d'extrait sec, nous avons pesé les contenants (bécher) de ces derniers avant et après l'opération de séchage.

Les résultats sont exprimés en (%) et déterminés en appliquant la formule suivante :

$$R\% = \frac{(PF) * 100}{PI}$$

R : rendement d'extraction en %.

PF : poids de l'extrait sec après séchage.

PI : poids initiale de la plante.

III.4. Analyse qualitative :

III.4.1. Caractérisation phytochimique

L'étude phytochimique qualitative permet de détecter les différentes familles chimiques présentes dans les feuilles du thé vert par des réactions de coloration et de précipitation.

➤ Flavonoïdes : Réaction à la cyanidine

1 ml de chaque extrait est ajouté à 100 µl de HCl concentré et quelques copeaux de magnésium. La présence des flavonoïdes est confirmée par l'apparition de la couleur rouge ou orange (**Khan et al, 2011**).

➤ Tanins

À 1 ml de l'extrait est ajouté 200 µl de FeCl₃ 1 %. La présence des tanins est indiquée par une coloration verdâtre ou bleu- noir (**Khan et al, 2011**).

➤ Quinones libres

Sur un volume de chacun de nos extraits, on ajoute quelques gouttes de NaOH 1%. L'apparition d'une couleur qui vire au jaune, rouge ou violet indique la présence des quinones libres (**Oloyede, 2005**).

➤ Saponosides

10 ml de l'extrait est agité pendant 15 secondes puis laissé au repos pendant 15 min. Une hauteur de mousse persistante, supérieur à 1 cm indique la présence de saponosides (**N'Guessan et al, 2009**).

➤ Terpénoïdes : Test de Slakowski

5 ml de l'extrait est ajouté à 2 ml de chloroforme et 3 ml d'acide sulfurique concentré. La formation d'un anneau marron - rouge à l'interphase indique la présence des terpénoïdes (**Khan et al, 2011**).

➤ Identification des glucosides :

A 2g de poudre de feuilles, on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique, la formation d'une coloration rouge brique ensuite violette traduit la présence des glucosides (**Khan et al, 2011**).

➤ Mucilages :

Introduire 1ml d'extrait dans un bécher puis ajouter 5 ml d'alcool absolu et laisser agir pd 10 min. La réaction positive se traduit par l'apparition d'un précipité floconneux (**Khan et al, 2011**).

➤ Irridoides :

A 2 ml d'extrait on ajoute quelques gouttes d'acide chlorhydrique, et on chauffe le mélange une coloration bleu est obtenu (**Khan et al, 2011**).

➤ Composés réducteurs :

Introduire 1 ml d'extrait dans un tube à essai, ajouter 2 ml de liqueur de Fehling, incubé pendant 8 min dans un bain Marie à 100°C. L'apparition d'une coloration rouge brique indique la présence des composés réducteurs (**Khan et al, 2011**).

III.4.2. HPLC :

L'analyse des composés phénolique a été réalisé avec une HPLC de type Dionix UltiMate3000. Les échantillons ont été filtrés à travers un filtre à membrane de 0,45µm et 20 µL de chaque échantillon ont été injectés pour l'analyse HPLC. La phase mobile était composée de 3 % acide formique (solvant A) et méthanol de qualité HPLC (solvant B) à un débit de 1 ml/min. L'élution a été réalisée avec un gradient commençant à 20% B pour atteindre 60% B à 30 min, 100% B à 37 min et 20% B à 40 min. Les Chromatogrammes ont été enregistrées à 280 nm. Des composés phénoliques ont été identifiés en comparant les temps de rétention et les données spectrales avec celles des normes authentiques (**Komes et al, 2009**).

III.4.3. IR

La spectroscopie IR est une technique d'analyse qualitative et quantitative utilisée pour l'identification des groupements fonctionnels qui apparaissent sous forme de bande d'absorption. Elle consiste à soumettre la molécule au rayonnement IR. Les spectres IR des deux extraits aqueux de thé vert ont été enregistrée à l'aide d'un spectrophotomètre infrarouge à transformée de Fourier de modèle SHIMAZU FTIR-8400S, piloté par un ordinateur muni d'un logiciel de traitement avec une résolution de 4 cm^{-1} , dans la région 4000 cm^{-1} à 400 cm^{-1} .

III.5. Analyse quantitative

III.5.1. Dosage des polyphénols

▪ Principe

Le dosage des polyphénols dans les extraits étudiés (thé vert et épices), est effectué selon la méthode de Follin Ciocalteu (**Boizot et al, 2006**). Le réactif utilisé est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique (H₃PW₁₂O₄₀) et d'acide phosphomolybdique (H₃PMo₁₂O₄₀) de couleur verte. Le principe de la méthode est basé sur l'oxydation des composés phénoliques par ce réactif, qui entraîne la formation d'un nouveau complexe d'oxydes métalliques de tungstène et de molybdène de couleur bleu. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits (**Ribéreau-Gayon, 1968**).

▪ Méthode

Dans des tubes à essais et à l'aide d'une micropipette, 200µL de chaque extrait est ajouté à 1mL du réactif Follin-Ciocalteu (dilué 1/10), puis agité pendant 1min. Après 8 min d'incubation à température ambiante, 1mL de carbonate de sodium 7,5% (Na₂CO₃) sont additionnés au mélange. Puis les tubes sont maintenus à une température ambiante et à l'obscurité pendant 1 heure. L'absorbance est ensuite lue à $\lambda=765$ nm par un spectrophotomètre UV-Visible. La concentration en polyphénols est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant l'acide gallique comme standard. Les concentrations sont exprimées en mg Equivalent Acide Gallique/ 100ml) d'extrais aqueux. Une courbe d'étalonnage a été réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide gallique (**Annexe II**).

III.5.2. Dosage des flavonoïdes

La méthode du trichlorure d'Aluminium (**Bahorum et al, 1996**) est utilisée pour quantifier les flavonoïdes dans les différents extraits. La méthode de dosage des flavonoïdes repose sur la capacité de ces composés à former des complexes chromogènes avec le chlorure d'aluminium (AlCl₃).

Le protocole de dosage est effectué comme suite : 1mL de chaque échantillon ou de standard quercétine (dilué dans l'éthanol), est ajouté à 1mL de la solution d'AlCl₃ (2%)

Après 10 minutes d'incubation, l'absorbance est lue à 430 nm par un spectrophotomètre UV-Visible.

Les concentrations des flavonoïdes des différents extraits sont déduites à partir de la courbe d'étalonnage, établie avec la quercétine, et sont exprimées en milligrammes équivalents quercétine par ml de la matière sèche.

Une courbe d'étalonnage a été réalisé en parallèles dans les mêmes conditions opératoires en remplaçant l'extrait par la quercétine.

III.5.3. Dosage des tannins condensés

Les tanins condensés, également connus sous le nom de proanthocyanidines – dérivés polymériques de flavan-3-ol, sont déterminés par la méthode de **Sun et al, (1998)** qui consiste à dépolymériser les tanins en milieu méthanolique acide, et après réaction avec la vanilline à les transformer en anthocyanidols des couleurs rouges facilement analysables à 500nm.

Une prise de 500µl d'extrait convenablement dilué est ajoutée à 3ml de vanilline à 4% et 1,5ml d'acide chlorhydrique (HCl). Le mélange est mis en incubation à température ambiante pendant 15min. L'absorbance de cette préparation est mesurée à 500nm.

Matériels et Méthodes

Les résultats obtenus sont exprimés en mg Equivalent cyanidine par 100g de matière sèche (mgEC/100g de MS), en utilisant la formule suivante :

$$C(\text{mgEC}/100\text{ml}) = \frac{(\text{Abs} * \text{MM} * \text{FD} * 1000)}{100\epsilon L}$$

Abs : Absorbance à 530nm

MM : Masse molaire de la cyanidine (287.24g/mole)

FD : Facteur de Dilution

L : Trajet optique

ϵ : Coefficient d'extinction molaire de la cyanidine ($\epsilon = 34700 \text{Lmol}^{-1}\text{cm}^{-1}$)

III.5.4. Détermination de la teneur en pigments liposolubles

Les colorants naturels ou « pigments », dont la plupart sont d'origine végétale, forment une gamme très étendue de nuances (de jaune au bleu, en passant par le vert et même le noir). La chlorophylle, le lycopène et B-carotène sont parmi les colorants les plus rencontrés et les plus utilisés dans les industries agroalimentaires. A des doses réglementées, ils sont bénéfiques pour la santé. Certains d'entre eux sont connus pour leurs activités anti oxydantes, antimutagène, voire anticarcinogènes (**Kamat et al, 2000 ; Bouchet et al, 2005 ; Ben Mansour et Latrach Tlemcani, 2009**).

Dans le but de quantifier leur teneur dans nos plantes, nous avons opté pour la méthode décrite par **Barros et ses collaborateurs (2011)**. 150 mg de poudre végétale sont agités vigoureusement après avoir ajouté 10 ml du mélange acétone-hexane (4/6, v/v) pendant 1min puis filtrés. L'absorbance du filtrat est mesurée par la suite à différentes longueurs d'onde (453 ,505 ,645 et 663 nm).

La teneur en pigments est calculée suivant les équations indiquées ci-dessous et exprimée en $\mu\text{g} / \text{g}$ de matière végétale sèche.

$$\beta\text{-carotène (mg /100ml)} = 0,216 \times A_{663} - 1,220 \times A_{645} - 0,304 \times A_{505} + 0,452 \times A_{453}$$

$$\text{Lycopène (mg/100ml)} = - 0,0458 \times A_{663} + 0,204 \times A_{645} - 0,304 \times A_{505} + 0,452 \times A_{453}$$

$$\text{Chlorophylle a (mg/100ml)} = 0,999 \times A_{663} - 0,0989 \times A_{645}$$

$$\text{Chlorophylle b (mg/100ml)} = 0,328 \times A_{663} + 1,77 \times A_{645}$$

III.6. Evaluation de l'activité anti-oxydante

III.6.1. Piégeage de radical DPPH

- Principe

Matériels et Méthodes

L'évaluation du pouvoir antioxydant des différents extraits issue du thé vert (*Camellia Sinensis*) est réalisée par le test DPPH qui est considéré comme un radical libre relativement stable. Le principe de cette méthode est basé sur la mesure du piégeage des radicaux libres de DPPH (1,1-diphényle-2-picrylhydrazyl) de couleur violette en un composé jaune (Sanchez-Moreno, 2002).

▪ Méthode

Le protocole est le suivant : 1mL de chaque extrait est ajouté à 2mL de DPPH Le mélange est laissé à l'obscurité pendant 30 minutes et la lecture de l'absorbance à 517 nm et le contrôle dont l'absorbance est mesurée dans les mêmes conditions que les extraits.

Les résultats du test DPPH sont exprimés en pourcentage d'inhibition (I%) selon l'équation ci-dessous :

$$I\% = \frac{(\text{Abs de controle} - \text{Abs de l'échantillon})}{\text{Abs de controle}} * 100$$

Abs : absorbance de contrôle et de l'échantillon

III.7.2. Pouvoir réducteur du fer

Le pouvoir réducteur du fer est estimé selon la méthode de (Oyaizu, 1986). Un volume de 1 ml d'extrait est additionné a 1 ml de tampon phosphate (0.2 M, pH 6.6) et 1 ml de ferricyanure de potassium (1%). Après incubation à 50 °C pendant 20 minutes, 1 ml 'acide trichloracétique (10%) est ajouté au mélange suivi d'une centrifugation à 1700 g pendant 15 minutes. Un aliquote de 1 ml du surnagent est transférée dans un tube à essai est additionnée de 1 ml d'eau distillée et de 0.2 ml de chlorure ferrique (0.1%). Après une incubation à l'obscurité pendant 10 minutes, l'absorbance est mesurée à 700 nm.

Le pouvoir réducteur est exprimé en pourcentage de réduction de fer ferrique en fer ferreux. Le protocole suivant résume la méthode de détermination de l'activité antioxydante par la méthode de pouvoir réducteur.

III.8. Activité antibactérienne

III.8.1. Les souches testées

➤ Choix des souches

Les souches bactériennes choisies pour cette étude sont des bactéries pathogènes et impliquées fréquemment dans la contamination et l'altération des denrées alimentaires, nous avons sélectionné deux groupes de bactéries :

Bactéries à Gram négatif (-) : *Escherichia coli* (25922), *Salmonelle*, *Pseudomas*.

Bactéries à Gram positif (+) : *Staphylococcus aureus* résistant à la miticilline et (SARM ATCC43300).

➤ Caractéristiques des souches testées

Staphylococcus aureus

S. aureus est une bactérie à Gram positif non sporulant de la famille des Staphylococcaceae. C'est un coccus, de forme arrondie, qui se présente sous la forme de diplocoques (des cocci associés par deux) ou sous la forme d'amas ayant la forme de grappes de raisin. *S. aureus* est une bactérie à la fois commensale et pathogène opportuniste, Cette espèce bactérienne peut coloniser l'humain aussi bien que plusieurs espèces animales comme le porc, le sanglier ainsi que le cerf rouge. Chez l'humain, on peut retrouver *S. aureus* au niveau du nez, des aisselles ou encore dans le système gastro-intestinal (Foster, 2004).

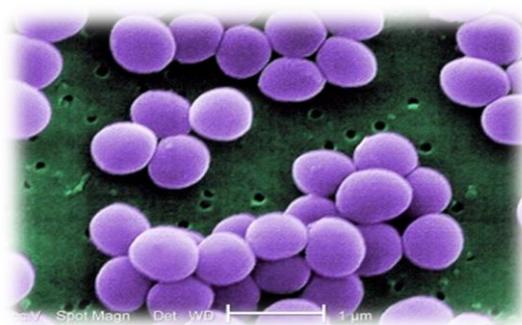


Figure19 : Staphylococcus aureus (anonyme V)

Escherichia coli

Escherichia coli, également appelée colibacille est une bactérie intestinale (Gram négatif) des mammifères, en forme de bâtonnet, très commune chez l'être humain. *E. coli* est une bactérie anaérobie facultative que l'on trouve dans l'intestin des vertébrés. En effet, elle

Matériels et Méthodes

compose environ 80 % de notre flore intestinale aérobie. certaines souches d'*E. coli* peuvent être pathogènes, entraînant alors des gastro entérites, infections urinaires, méningites ou sepsis. Sous certaines conditions, *E. coli* serait capable de produire du méthane. (Zhao, 2016).

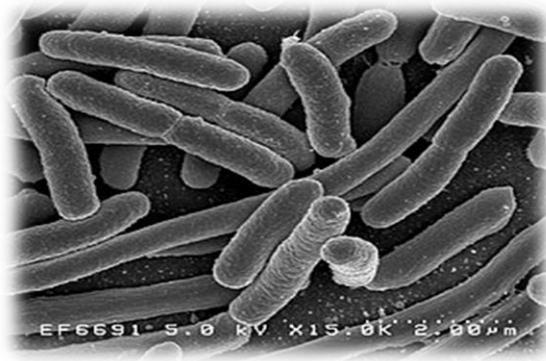


Figure20 : Escherichia coli (Anonyme VI)

Pseudomonas aeruginosa

P. a est un bacille à Gram négatif ubiquitaire, présent notamment dans le sol et dans les milieux aquatiques, non sporulant de forme droite ou légèrement courbée. Il mesure de 1 à 5 μm de long et de 0,5 à 1 μm de large. Bien que ce pathogène, ayant un métabolisme oxydatif, non fermentaire, aérobie stricte, plusieurs isolats ont montré une capacité à croître en milieu anaérobie. *P. a* est une bactérie mésophile capable de se multiplier à l'intérieur d'un large spectre de température allant de 4 à 45°C. La température optimale de croissance se situe entre 30 et 37°C. (Elmeskini, 2011).



Figure 21 : Pseudomas aeruginosa (Anonyme VII)

Salmonelle

Les salmonelles (*Salmonella*) forment un genre de protéobactéries appartenant à la famille des entérobactéries. Elles mesurent 0,7 à 1,5 μm de diamètre, pour 2 à 5 μm de longueur avec un flagelle.

Elles provoquent chez l'espèce humaine des maladies telles que la fièvre typhoïde, la fièvre paratyphoïde et la salmonellose, une des principales causes de toxi-infection alimentaire collective (TIAC). (Lang, 2016).

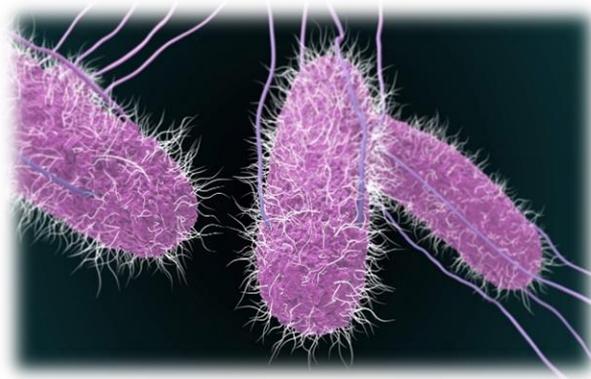


Figure 22 : Salmonelle (Anonyme VIII)

- **Principe**

La méthode est basée sur une technique utilisée en bactériologie médicale, appelée antibiogramme ou méthode par diffusion en milieu gélosé ou encore méthode des disques. Cette méthode a l'avantage d'être d'une grande souplesse dans le choix des antibiotiques testés, de s'appliquer à un très grand nombre d'espèces bactériennes. (Faucher et Avril, 2002).

Le principe de la méthode repose sur la diffusion du composé antimicrobien en milieu solide dans une boîte de pétri, avec création d'un gradient de concentration après un certain temps de contact entre le produit et le microorganisme cible. L'effet du produit antimicrobien sur la cible est apprécié par la mesure d'une zone d'inhibition, et en fonction du diamètre d'inhibition. (Michel, 2011).

Mode opératoire

Couler aseptiquement le milieu de culture Agar de Muller Hinton (MH) en surfusion dans les boîtes de Pétri à raison de 20 ml par boîte. Laisser refroidir et solidifier sur la paillasse. Tremper un écouvillon stérile dans la suspension bactérienne puis essorer en le pressant

fermement sur la paroi interne du tube, afin de décharger au maximum et frotter l'écouvillon sur la totalité de la surface gélosée, séchée de haut en bas, en stries serrées, répéter l'opération, deux fois en tournant la boîte de 60° à chaque fois (**Guinoiseau, 2010**).

➤ Dépôt des disques

Dans les conditions aseptiques et à l'aide d'une pince stérile, des disques de papier wattman N°40 sont disposés sur l'agar.

➤ Expression des résultats

Après l'incubation des boîtes à 37°C pendant 24 heures, la lecture se fait par mesure de diamètre de la zone d'inhibition (un halo translucide autour du disque, identique à la gélose stérile) signifie l'absence de croissance bactérienne. Le diamètre de ces zones est mesuré à l'aide d'un pied à coulisse (y a compris le diamètre de disque de 6 mm). Les résultats de l'antibiogramme sont exprimés exclusivement à partir de la mesure du diamètre des halos d'inhibitions en mm (**Baser et Buchbauer, 2010**).

D'après **Ponce *et al*, 2003**. La sensibilité aux extraits de thé vert infusé et décocté est classée par le diamètre des halos d'inhibitions :

- Non sensible ou non résistante (-) pour les diamètres moins de 8 mm.
- Sensible (+) pour les diamètres de 8 à 14 mm.
- Très sensible (++) pour les diamètres de 15 à 19 mm.
- Extrêmement sensible (+++) pour les diamètres plus de 20 mm.

III.9. Analyses sensorielles

L'analyse sensorielle Consiste à analyser les propriétés organoleptiques des produits par les organes des sens, le gout, l'odorat, la vue, le toucher par un groupe de jury de dégustation expert composé de dix personnes.

III.9.1. Présentation et préparation des échantillons

Les échantillons sont préparés à l'avance et transportés dans un thermos jusqu'au laboratoire d'analyse sensorielle du département des Sciences Alimentaires (université A. MIRA, Bejaïa).

Les échantillons ont été numérotés d'A à B et présentés d'une façon identique dans les thermos avec une bouteille d'eau, ont été fournis pour des jurys experts.

III.9.2. Etude statistique

Nos résultats ont été traités par le logiciel XLSTATMX, ce dernier utilise le Microsoft Excel comme une interface de récupération des données et d'affichage des résultats, XLSTAT permet d'utiliser des techniques statistiques d'analyse des données et de modélisation mathématique sans quitter Microsoft Excel donc sa particularité est qu'il est parfaitement intégré à l'Excel (**Nicolau, 2006 ; Addisoft, 2013**).

Les principales fonctionnalités offertes par les outils de XLSTATMX qui se trouve dans XLSTAT version 2015 sont le plan d'expérience, caractérisation de produit, analyse des pénalités, analyse procrustéenne généralisée, préférence MAPPING, classification ascendante hiérarchique (CAH) et analyse de la composante principale (**XLSTAT version 2015**).

Chapitre IV
Résultats et discussion

IV.1. Rendement des extractions

Les résultats de rendement des extractions par infusion et par décoction sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau III : Rendement des extractions par infusion et décoction

Echantillons	Rendement d'extraction %
TINF	43,1±2,17 (a)
TDEC	40,5±0,78 (a)

Les lettres a, b, indiquent les différences significatives ($p < 0,05$) entre les différents échantillons

TINF : Thé infusé

TDEC : Thé décocté

D'après l'analyse statistique aucune différence significative n'a été constatée entre le rendement de l'extraction par infusion (43,1±2,17 %) ou par décoction (40,5±0,78%) de thé vert.

Nos résultats sont supérieurs à ceux obtenus par **Balci et Özdemir, 2016** qui a eu un rendement de $31.7 \pm 0.6\%$.

En effet, d'après **Su et al, 2006** le rendement d'extraction dépend de plusieurs facteurs à savoir le temps, la température, le solvant d'extraction et la nature chimique de l'échantillon.

IV.2. Analyse qualitative

IV.2.1. Caractérisations phytochimiques

Les tests phytochimiques nous ont permis de détecter la présence ou l'absence de ces composés :

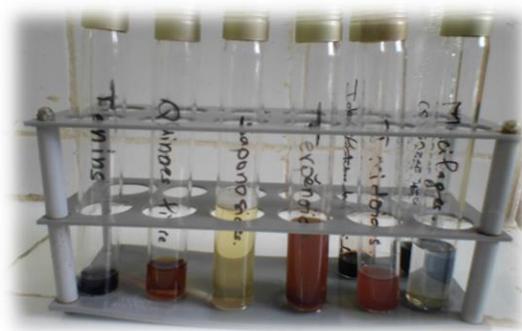


Figure 23 : Résultats de tests phytochimiques d'extrait aqueux de *Camellia Sinensis*

Les résultats du criblage phytochimique du thé infusé et décocté, ont révélé la présence des flavonoïdes, des tanins, des quinones libres, des saponoside, des terpénoïdes et des mucilages et l'absence des iridoïdes, des composés réducteurs et des glucosides.

Tableau IV : Tests phytochimiques d'extraits aqueux de *Camellia Sinensis*

Composés	Thé infusé	Thé décocté
Flavonoïdes	+	+
Tanins	+	+
Quinones libres	+	+
Saponosides	+	+
Terpénoïdes	+	+
Glucosides	-	-
Mucilages	+	+
Irridoïdes	-	-
Composés réducteurs	+	+

(+) : la présence, (-) : l'absence

Dheeraj et al, 2011 ont détecté la présence des terpénoïdes dans le thé vert. Et plusieurs études ont même dosés les autres molécules dans le thé.

Khan et al, 2011 ont rapporté la présence des alcaloïdes, des flavonoïdes et des tanins dans de nombreuses plantes et qui sont d'une importance primordiale pour la santé des individus. En effet, les saponosides sont un vaste groupe de glycosides, largement distribués chez les plantes supérieures, leurs propriétés tensio-actives les distinguent des autres glycosides. Ils se dissolvent dans l'eau pour former des solutions moussantes colloïdales par agitation (**Tyler et al, 1981**). En outre, **Oloyed, 2005** a rapporté que les saponines, sont connus pour être utilisés dans le traitement de l'insuffisance cardiaque.

Entre autre les quinones libres : sont directement impliquées dans la pigmentation des plantes, des champignons et des animaux, dans la formation de la cuticule des insectes et dans la formation de la paroi cellulaire secondaire des plantes (**Leatham, 1980**).

IV.2.2. Analyses HPLC des extraits

Les profils chromatographiques de différents extraits de la plante *Camellia Sinensis* analysés

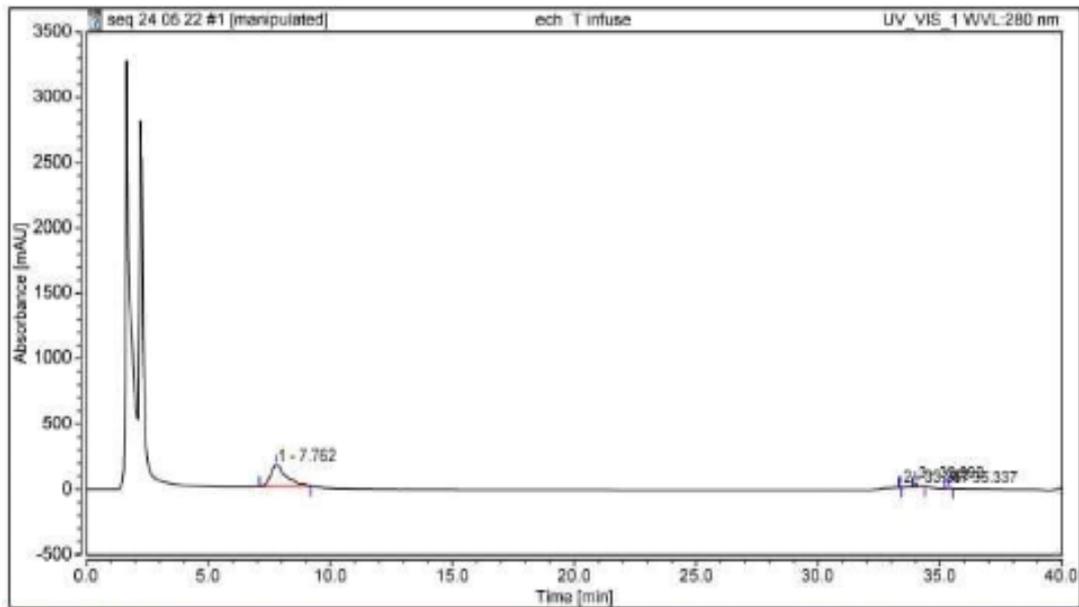


Figure24 : Profil du chromatogramme du thé infusé

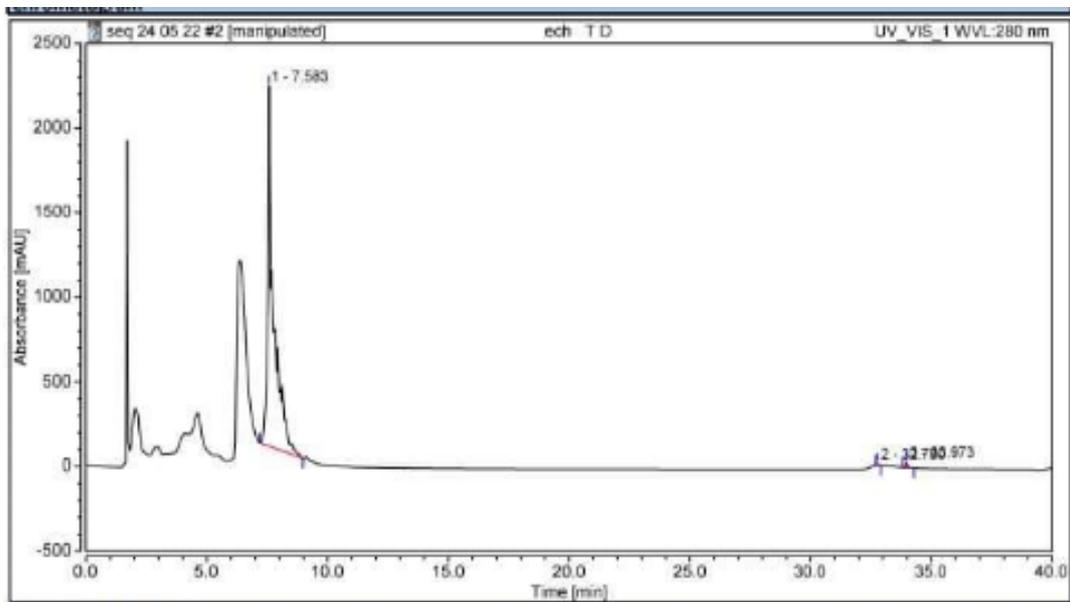


Figure25 : Profil du chromatogramme du thé décocté

Résultats et discussion

Tableau V : Les composés phénoliques identifiés par HPLC dans le thé vert décocté et infusé

Thé vert décocté	Thé vert infusé
Acide caféique	Acide coumarique
TR : 7,583 min	TR : 7,762min

L'identification a été réalisée en comparant les temps de rétention des molécules à ceux des molécules étalon déjà analysées. Le chromatogramme montre qu'il y a 4 pics pour le thé infusé et 3 pics pour le thé décocté correspondant à l'acide coumarique dans le thé infusé, de l'acide caféique dans le thé décocté, nous n'avons pas pu identifier les deux autres composés, par manque de composé étalon et aussi parce le temps de l'analyse été court.

IV.2.3. Analyse par spectroscopie infrarouge

La spectroscopie infrarouge est très utile pour examiner la présence de liaisons ou toute autre interactions chimiques susceptibles d'être établies dans une substance ou un mélange. Elle permet d'étudier l'impact que présente l'incorporation au départ de deux corps structurés différemment sur la structure résultante du produit obtenu après modification chimique.

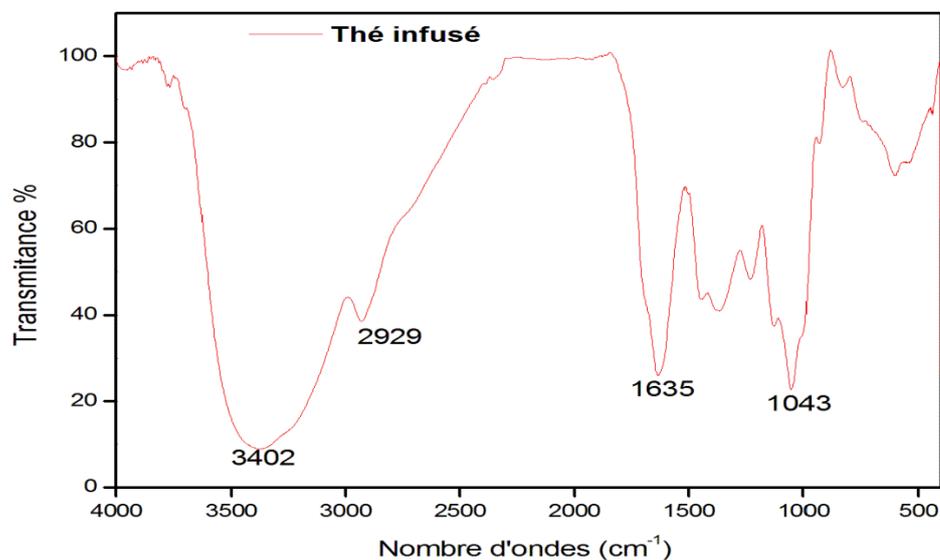


Figure 27 : Spectre infrarouge de thé vert infusé

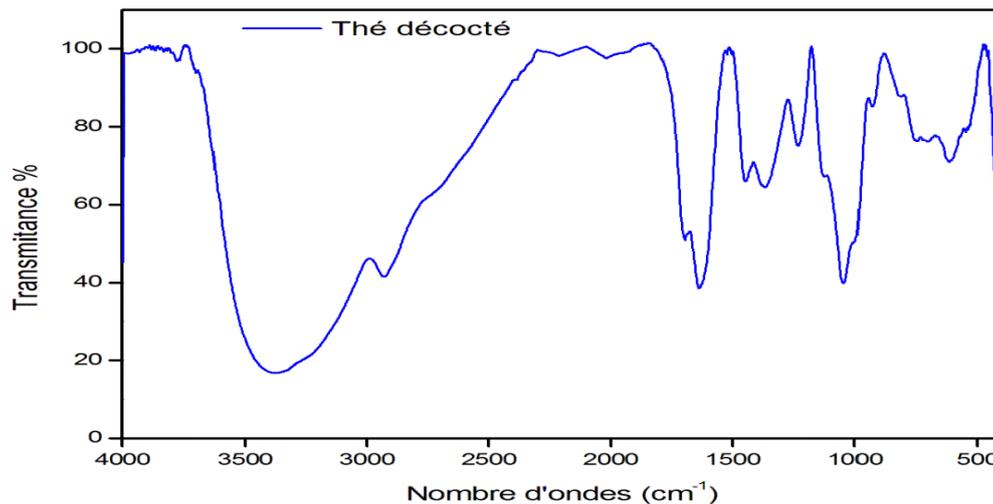


Figure 28 : Spectre infrarouge de thé vert décocté

Les données de la spectroscopie infrarouge sont illustrées dans les deux figures ci-dessus : ces deux figures montrant que la poudre de thé vert (décocté, infusé) présente une large zone d'absorption entre 3500 et 500 cm^{-1} qui correspondent aux vibrations suivantes :

Thé infusé présenté par la figure 27

Une bande d'absorption vers 3402 cm^{-1} qui détermine la présence des composées phénolique ou alcools (O-H) dans la zone (3100-3700). Une bande vers 2929 cm^{-1} montrant la présence des Alcanes (C-H) dans la zone (2800-3000). Egalement, le spectre indique la présence d'une bande des Amine (N-H) vers 1635 cm^{-1} dans la zone (1560-1640), une bande de liaison (C-C) vers 1043 cm^{-1} dans la zone (1000-1250) et une bande de pont disulfure vers 500 cm^{-1} . (**Laurent *et al*, 2011**).

Thé décocté présenté par la figure 28

Une bande d'absorption vers 3417 cm^{-1} qui détermine la présence des composées phénolique ou alcools (O-H) dans la zone (3100-3700). Une bande vers 2940 cm^{-1} montrant la présence des Alcanes (C-H) dans la zone (2800-3000). Egalement, le spectre indique la présence d'une bande des Amine (N-H) vers 1590 cm^{-1} dans la zone (1560-1640), une bande de liaison (C-C) vers 1018 cm^{-1} dans la zone (1000-1250) et une bande de pont disulfure vers 500 cm^{-1} . (**Laurent *et al*, 2011**).

D'après les résultats les deux spectres d'infrarouge qui résume la transmittance % en fonction de nombre d'onde, sont presque identiques.

IV.3. Analyse quantitative

IV.3.1. Teneur en polyphénols

Les polyphénols, dénommés aussi composés phénoliques, sont des molécules spécifiques du règne végétal et qui appartiennent à leur métabolisme secondaire (Nkhili, 2009) On les trouve dans les plantes, depuis les racines jusqu'aux fruits. Leurs fonctions ne sont pas strictement indispensables à la vie du végétal, cependant ces substances jouent un rôle majeur dans les interactions de la plante avec son environnement (Achat, 2013). Leurs propriétés photoprotectrices peuvent être liées à leurs propriétés antioxydantes, anti-prolifératives, anticancérogènes et propriétés anti-inflammatoires (Granger et al 2020).

La teneur en polyphénols estimée par la méthode de Folin-Ciocalteu pour chaque extrait a été déterminée à partir de l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage, tracée en utilisant l'acide gallique comme standard : $y=7,9478X$ et $R^2=0.9902$. Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent acide gallique par 100 ml d'extraits (mgEAG/100ml)

Tableau VI : Teneurs en polyphenols des deux échantillons analysés

Echantillon	Teneurs en polyphenols (mgEAG/100ml)
TINF	374,94±6,65 (a)
TDEC	185,30±1,96 (b)

Les lettres a, b, indiquent les différences significatives ($p<0,05$) entre les différents échantillons

TINF : Thé infusé

TDEC : Thé décocté

Les résultats représentés dans le tableau VI montrent que les deux échantillons étudiés contiennent une teneur importante en composés phénoliques et il existe une différence significative entre les deux extraits.

Nous constatons que l'extrait de thé infusé est le plus riche en polyphénols avec une teneur égale à $374,94 \pm 6,65$ mgEAG/100ml alors que l'extrait de thé décocté est moins riche avec une teneur égale à $185,30 \pm 1,96$ mg EAG/100ml.

TINF>>>>TDEC

D'après ces résultats, on déduit que le contenu phénolique dans les extraits examinés, dépend de la méthode utilisée pour l'extraction.

Rahman et al, 2021 ont obtenu une teneur en polyphénols de 725.52 ± 4.34 mg GAE/g de thé vert infusé est bien supérieure à nos résultats, effectivement cette teneur dépend également du type de solvant utilisé, de sa polarité et de la solubilité des composés phénoliques dans les

solvants d'extraction (**Tanase et al, 2019 et Zlotek et al, 2016**). Les teneurs phénoliques totales dans les extraits de plantes dépendent de la haute solubilité des phénols dans les solvants polaires ce qui fournit une concentration élevée de ces composés dans les extraits obtenus en utilisant ces solvants (**Sepahpour et al, 2018**).

IV.3.2. Teneur en flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes des différents extraits a été évaluée en utilisant la méthode colorimétrique au trichlorure d'aluminium $AlCl_3$. Ce dernier forme un complexe très stable avec les groupements hydroxydes OH des phénols. Les résultats ont été déterminées à partir de l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage : $y=0,439X-0,0004$, $R^2 = 0,999$. Les concentrations des extraits sont exprimées en mg équivalent de quercétine (EQ) par 100 ml d'extraits (mg EQ/100ml) (**Tableau VII**).

Tableau VII : Teneurs en flavonoïdes pour chaque échantillon analysé

Echantillons	Teneurs en flavonoïdes (mgEQ/100ml)
TINF	123,73±2,66 (a)
TDEC	119,52±4,68 (a)

Les lettres a, b, indiquent les différences significatives ($p < 0,05$) entre les différents échantillons

TINF : Thé infusé

TDEC : Thé décocté

Les résultats présentés dans le **tableau VII** montrent qu'il n'y a aucune différence significative entre les concentrations en flavonoïdes entre les deux extraits de thé vert.

La teneur en flavonoïdes dans l'extrait de thé vert infusé obtenue dans l'étude effectuée par **Rahman et al, 2021** est de 33.27 ± 1.17 mg EQ/g et inférieure aux valeurs retrouvées dans notre étude.

Les flavonoïdes constituent généralement 2 à 3 % des feuilles de thé séchées et sont largement responsables de leur goût distinctif, de leur couleur et de leurs multiples bienfaits pour la santé (**Shi et al, 2021**).

La teneur totale en flavonoïdes variait de $2,24 \pm 0,27$ à $3,10 \pm 0,52$ % de tous les échantillons de thé vert de commerce analysés par (**Kumari et Kuumar, 2022**).

Les catéchines sont les principaux flavonoïdes des feuilles de thé, la teneur totale en catéchine était généralement comprise entre 92.4 mg/g à 165.4 mg/g (**Shi et al, 2021**), d'après les résultats de (**Carlioni et al, 2013**), leur taux est de 1.94 ± 0.57 mg/ml de thé en catéchine totale. Cette différence est la résultante des différentes techniques d'extraction utilisées, ainsi

Résultats et discussion

qu'aux conditions totales de l'extraction à savoir, le type de solvant, la quantité du thé utilisée...etc.

Certaines études ont montré que les teneurs en composés phénoliques varient de façon considérable d'une espèce à une autre et à l'intérieur de la même espèce à causes des facteurs extrinsèques (température et climat), génétiques (la variété et l'origine d'espèce) (**Ksouri et al, 2008**).

Les flavonoïdes sont des composés poly phénoliques, presque toujours hydrosolubles et très répandus dans le règne végétal. Ils sont responsables de la coloration des fleurs, des fruits, et parfois des feuilles. (**Bouhadjera, 2005**). La concentration des flavonoïdes dans les extraits de la plante dépend de la polarité des solvants utilisés dans la préparation d'extrait.

Le type de standard utilisé (quercétine, rutine) peut aussi changer les résultats (**Ghedadba et al, 2015**). Ils sont une classe d'agents antioxydants qui agissent en tant que piègeurs de radicaux libres. De nombreuses études se sont concentrées sur la relation entre la consommation de thé et ses propriétés potentielles de prévention des maladies qui pourraient être dues à leur contenu en ces composés (**Bansode, 2015**).

IV.3.3. Teneur en tanins

Les tanins sont des substances d'origine organique que l'on trouve dans pratiquement tous les végétaux, et dans toutes leurs parties (écorces, racines, feuilles, etc.), caractérisées par leur astringence (sensation de dessèchement en bouche) (**Messai, 2011**).

Les concentrations des tanins condensés sont déduites à partir d'une courbe d'étalonnage établie avec l'acide tannique. Les résultats obtenus sont exprimés en milligramme d'équivalent acide tannique par 100 ml d'extrait de thé vert (mg EAT/100ml).

Tableau VIII : Teneurs en tanins dans le thé vert infusé et décocté.

Echantillons	Teneurs en tanins (mgEAT/100ml)
TINF	3,57±0,003 (a)
TDEC	1,64±0,017 (b)

Les lettres a, b, indiquent les différences significatives ($p < 0,05$) entre les différents échantillons

TINF : Thé infusé

TDEC : Thé décocté

Une différence significative est enregistrée dans les concentrations des tanins dans le thé vert infusé et décocté

TINF>>>>>TDEC

Résultats et discussion

Les résultats obtenus dans cette étude montrent que l'extrait de thé infusé est plus riche en tanins avec une teneur égale à $3,57 \pm 0,003$ (mgEAT/100ml), tandis que l'extrait de thé décocté est moins riche avec une teneur en tanins de $1,64 \pm 0,017$ (mgEAT/100ml).

Rahman et al, 2021 ont obtenu une teneur de 13.64 ± 1.33 mgEAT/g ce qui est largement supérieur aux valeurs retrouvées dans notre étude.

En effet, **Ghedadba et al, 2015** ont rapporté que l'extraction des tanins condensés dépend de leur nature chimique, du solvant utilisé et des conditions opératoires. Or, les teneurs en tanins condensés peuvent être variables aussi en raison de plusieurs facteurs tels que : la sensibilité des tanins à des plusieurs voies de dégradation (l'oxydation, la lumière...), le stade de maturité des fruits, les conditions culturales, climatiques, et au stress de prédation.

IV.3.4. Teneur en pigments liposolubles

Les pigments du thé vert se composent de chlorophylles et de caroténoïdes. Les chlorophylles sont les pigments dominants des feuilles de thé vert (**Kusmita et al, 2014**).

Dans le but de quantifier leur teneur dans notre plante, nous avons opté pour la méthode décrite par (**Barros et ses collaborateurs, 2011**).

Les résultats représentés dans le **tableau IX** sont exprimés en milligramme par 100 ml.

Tableau IX : Teneurs en pigments liposolubles pour chaque échantillon analysé.

	β -Carotène	Lycopène	chlorophylle a	chlorophylle b
TINF	$0,059 \pm 0,012$ (b)	$0,5990.00$ (a)	$0,782 \pm 0,012$ (a)	$1,216 \pm 0,009$ (a)
TDEC	$0,558 \pm 0,004$ (a)	$0,513 \pm 0,001$ (b)	$0,685 \pm 0,009$ (b)	$0,399 \pm 0,004$ (b)

Les lettres a, b, indiquent les différences significatives ($p < 0,05$) entre les différents échantillons

TINF : Thé infusé

TDEC : Thé décocté

Le **tableau IX** montre clairement que le thé infusé est plus riche en chlorophylle et en lycopène que le thé décocté.

Lycopène et chlorophylle : TINF >>>>> TDEC

Par contre le thé vert décocté est plus riche en B-carotène

β -Carotène : TDEC >>>> TINF ce dernier est en revanche plus riche en B carotène.

Des différences significatives sont enregistrées entre le thé vert infusé et décocté. La teneur en chlorophylle dans l'extrait de *Camellia Sinensis* obtenu dans l'étude effectuée par **Atmaja et al, 2018** est égale 1.24 ± 0.13 mg/g de chlorophylle a et 0.49 ± 0.07 de chlorophylle b. La chlorophylle a n'a été détectée que chez certaines plantes tel que *E. arvensis* (9,7 mg/g), *M.*

Résultats et discussion

officinalis (15,7 mg/g). Contrairement à la chlorophylle b qui a été identifiée dans 21 plantes. La teneur en chlorophylle b variait de 2,3 mg/g à 75,2 mg/g (**Loranty et al, 2010**).

Shi et al, (2021) ont eu une concentration moyenne en chlorophylle de $1,24 \pm 0,80$ mg/g).

Les isomères de b-carotène ont été trouvés dans 15 thés et les valeurs variaient de 2,5 mg à 92,2 mg par gramme thé sec. Différentes valeurs de b-carotènes ont été notées variant de 0 mg à 92,2 mg/g de plante sèche. En effet, plusieurs essais cliniques ont montré que le b-carotène peut diminuer l'intensité de l'érythème causé par la lumière du soleil. Donc il présente avec les polyphénols le potentiel d'améliorer la protection systémique non seulement contre les UV mais aussi contre les rayons de visible et de l'infrarouge (**Granger et al, 2020**).

Le lycopène est un pigment rouge que l'on trouve dans les tomates. Il possède une forte propriété antioxydante, anti-inflammatoires qui aident à réduire les risques de maladies chroniques et systémiques et des propriété anticancéreuse. Il protège de la peroxydation lipidique et de la neutralisation des radicaux hydroxyles. L'activité antioxydante du lycopène est due au mécanisme de l'activité de piégeage des espèces réactives de l'oxygène (ERO) (**Mukundh et al, 2021**).

La disponibilité du lycopène est élevée dans le corps humain par rapport aux autres caroténoïdes.

Les caroténoïdes dont (lutéine, lycopène et b-carotène) sont des pigments présents dans une large variété de légumes et de fruits. Des études in vitro et in vivo ont montré que les caroténoïdes peuvent inhiber la production d'espèces réactives de l'oxygène et empêchent ainsi la photo inactivation des protéines antioxydantes, la peroxydation des lipides, et les dommages à l'ADN.

IV.4. Etude de l'activité antioxydante

IV.4 .1. Piégeage de radical DPPH et le pouvoir réducteur

Piégeage de DPPH : L'activité antioxydante des différents extraits de la plante vis-à-vis du radical DPPH° a été évaluée par spectrophotométrie suivant la réduction de ce radical qui s'accompagne par son passage de la couleur violette à la couleur jaune. Cette capacité de réduction est déterminée par une diminution de l'absorbance induite par des substances anti radicalaires (**Majhenic et al, 2007**). Cette méthode est fréquemment utilisée pour sa simplicité, rapidité et sensibilité (**Nor et al, 2013**).

Pouvoir réducteur : Cette méthode est basée sur la capacité des polyphénols présents dans nos échantillons à réduire le complexe ferrique (Fe^{3+}) de couleur jaune en fer ferreux (Fe^{2+}) de couleur bleu verdâtre. Le mécanisme est connu comme étant un indicateur de l'activité donatrice d'électrons, caractéristique de l'action des antioxydants.

Résultats et discussion

Les résultats du piégeage du radical libre DPPH et de pouvoir réducteur obtenus pour les extraits de plante *Camellia sinensis* étudiées sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

Tableau X : Les résultats obtenus pour le test de DPPH et le pouvoir réducteur des différents extraits.

Test	TINF	TDEC
Pouvoir réducteur (mg EeqTrolox/100g de MS)	7,029±0,07 ^(b)	3,798±0,072 ^(a)
DPPH (mgEeqTrolox/100g de MS)	7,066±0,069 ^(a)	6,963±0,080 ^(a)

Les lettres a, b, indiquent les différences significatives ($p < 0,05$) entre les différents échantillons

TINF : Thé infusé

TDEC : Thé décocté

D'après le tableau X, nous constatons que tous les extraits de *Camellia sinensis* ont dévoilé une forte activité antiradicalaire.

Les deux extraits de thés préparés par infusion et décoction montrent la même activité antiradicalaire 7,066±0,069 et 6,963±0,080. Et statistiquement aucune différence significative n'a été notée pour les deux extraits.

Les résultats obtenus montrent que les extraits de *Camellia Sinensis* possèdent une forte activité antioxydante. Nous remarquons que la capacité la plus intéressante a été obtenue avec l'extrait décocté qui est égale à 3.78 ±0.072mg EeqTrolox/100gde MS) (PR) et (6.963 ±0.08) (DPPH) et un peu plus faible pour le thé infusé (7,029±0,07) (PR) et (7.066 ±0.069) (mgEeqTrolox/100g MS).

Kumari et Kumar, (2022) ont analysé trois échantillons de thé vert et ont obtenu une valeur la plus élevée égale à 145,65 ± 2,85 µgEAG/mL et la plus basse a été de 226,28 ± 2,72 µgEAG /mL EAG.

Des études antérieures ont montré des résultats semblables pour les extraits aqueux du thé préparés par infusion (**Chan et al, 2007 ; Su et al, 2006**). Selon certains auteurs, ces effets anti-radicalaires du thé seraient dus à la présence de polyphénols, connus pour leurs activités antioxydantes (**Almaraz et al, 2006**). En effet, il a été montré qu'il existe une grande corrélation entre la concentration en polyphénols et l'activité antioxydante du thé (**Turkmen et al, 2006**). Les catéchines sont les principaux composés phénoliques présents dans le thé et ils seraient pourvus d'une grande activité réductrice envers le DPPH (**Zhu et al, 2001 ; Chan et al, 2007 ; Manian et al, 2008**).

Le pouvoir réducteur est un indicateur significatif du potentiel antioxydant d'une substance, et présente souvent un profil comparable à celui des teneurs en substances

Résultats et discussion

antioxydantes dont la nature et la concentration modulent le pouvoir réducteur (Arasu *et al*, 2016).

Bougandoura et Bendimerad, 2012 ont rapporté que le pouvoir réducteur des extraits de la plante *Camellia sinensis* étudiées est probablement dû à la présence de groupement hydroxyle dans les composés phénoliques qui peuvent servir comme de donneurs d'électrons. Par conséquent, les antioxydants sont considérés comme des réducteurs et inactivateurs des oxydants.

IV.5. Activité antibactérienne

L'effet antimicrobien des extraits aqueux du thé est évalué dans cette étude par la technique de diffusion sur l'agar. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau XI : Diamètres des zones d'inhibition de la croissance bactérienne induite par les extraits aqueux du thé (mm).

	Escherichia Coli(25922)	S. aureus (ATCC43300)	Salmonelle.sp	p. aeruginosa ATCC27853
TINF	6 ^(a)	8,166±2.254 ^(a)	13,666±0.763 ^(a)	10,833±1.258 ^(a)
TDEC	6 ^(a)	8,333±2.254 ^(a)	11,166±1.258 ^(b)	10,666±0.288 ^(a)

Les lettres a, b, indiquent les différences significatives ($p < 0,05$) entre les différents échantillons

TINF : Thé infusé

TDEC : Thé décocté

La bactérie *Escherichia Coli* a été révélée non sensible aux deux extraits de thé vert.

D'après Frazzini *et al*, (2022), il est bien nécessaire d'utiliser les concentrations les plus élevées afin de garantir un effet antimicrobien significatif contre la croissance de O138 *E. coli*. L'effet inhibiteur de la croissance était probablement limité en raison de la méthode d'extraction qui permettait d'obtenir un extrait brut sans étapes de purification ou de concentration (Frazzini *et al*, 2022).

Pour *Staphylococcus aureus* (ATCC : 43300)

Les deux extraits du thé ont montré un faible effet inhibiteur envers la croissance de *Staphylococcus aureus* avec un diamètre de 8,166±2.254 mm pour le thé infusé et un diamètre d'inhibition égale à 8,333±2.254 mm pour le thé décocté. Aucune différence significative de sensibilité des germes étudiés vis-à-vis des deux extraits n'a été révélée par l'étude statistique

Résultats et discussion

sauf pour la salmonelle puisque les extraits de thé vert infusé et décocté ont donné des zones d'inhibition de $13,66 \pm 0.76$ et $11,16 \pm 1.25$ mm respectivement.

La bactérie *Staphylococcus aureus* a été révélée sensible vis-à-vis les deux extraits de thé vert.

D'après **Guo et al, (2022)** la CMI a été de 625 µg/ml pour ECG à 5000µg/ml enregistré pour EGCG, indiquant qu'ils présentent tous les deux des effets contre *s. aureus* (SAMR)

Pour *pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853) :

Les deux extraits de thé vert préparés par infusion et par décoction ont montré une activité inhibitrice envers la croissance de *pseudomonas aeruginosa* avec des diamètres d'inhibition proches ($10,833 \pm 1.258$ mm pour le thé infusé et $10,666 \pm 0.288$ mm pour le thé décocté).

Cette activité antibactérienne est généralement attribuée aux polyphénols connus pour l'inhibition de la formation de biofilm bactérien par divers mécanismes, y compris par la réduction de la motilité bactérienne, adhérence à la surface, et en inhibant l'expression des facteurs de virulence associés avec un comportement pathogène.

En outre, les polyphénols interagissent avec les membranes cellulaires des Gram positifs et les bactéries Gram-négatives pour perturber bicouches lipidiques, affectant la fluidité et en augmentant la perméabilité de la membrane, modifiant ainsi le transport des ions.

De plus, les polyphénols présentent des activités antibactériennes en inhibant l'ADN gyrase et bloquer la synthèse des acides nucléiques (**Bael et al, 2022**).

Les résultats obtenus par **Kumar et al, (2012)** sont plus élevés par rapport à celle trouvée dans cette étude. Ces différences peuvent être liées à la méthode de préparation des extraits de thé (concentration, température, solvant utilisé) les zones d'inhibition de *E. coli* varie de 10 à 13 mm pour des extraits de thé vert préparés avec de l'éthanol et de méthanol, Les volumes des extraits aqueux utilisés étaient de 10, 20 et 30µl. Une plus grande zone d'inhibition a été trouvée dans les extraits méthanoliques que dans les extraits éthanoliques. Ils ont trouvé des zones d'inhibition variant de 8 à 12 pour *Staphylococcus aureus* et de 7 à 10 mm pour *Pseudomonas aeruginosa* ce qui correspond à nos résultats.

Abdul Majid et al, (2013), ont obtenu des zones d'inhibition de 20,31mm contre *E. coli* pour un thé vert préparé avec de l'eau froide et de 22mm contre *S. aureus*. Ce qui est supérieurs à nos résultats, ceci pourrait être la résultante de la méthode d'extraction.

IV.6. Analyse sensorielle

Une analyse sensorielle a été réalisée sur le thé vert préparé par infusion et par décoction

IV.6.1. Caractérisation des produits

La caractérisation de produit permet d'identifier quels sont les descripteurs qui discriminent le meilleur des produits et quelles sont les caractéristiques importantes de ces mêmes produits dans le cadre de l'analyse sensorielle (Husson et Pages, 2009).

IV.6.2. Pouvoir discriminant par descripteur

Ce test permet de représenter les attributs sensoriels des produits dégustés par le jury expert, ordonnés de celui ayant un pouvoir discriminatif fort jusqu'au celui ayant le pouvoir discriminatif le plus faible en fonction de p-value, les résultats sont représentés dans la **figure 29** ci-dessous :

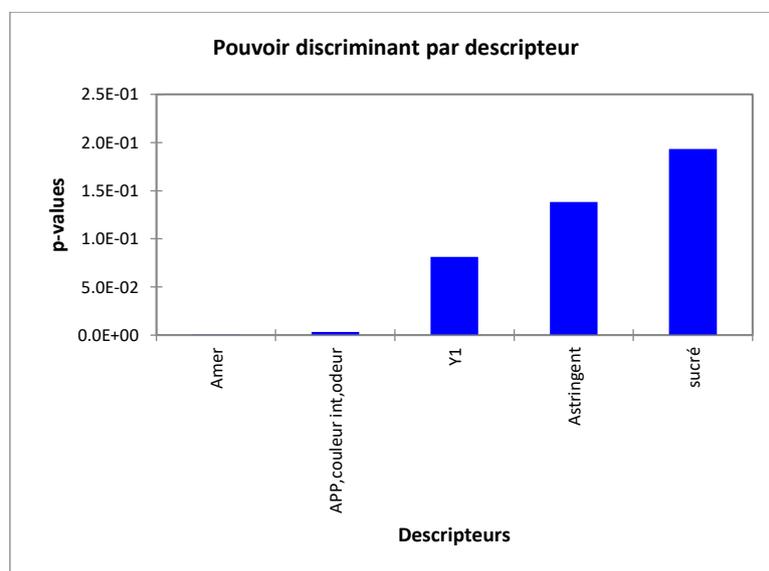


Figure 29 : Pouvoir discriminant par descripteur

Selon les résultats illustrés dans la figure, le goût amer, l'odeur et la couleur sont les descripteurs qui ont les plus forts pouvoir discriminant sur les deux échantillons, c'est-à-dire que les experts ont constatés des différences dans le goût amer, l'odeur et la couleur des échantillons. D'autre part les descripteurs, "Astringent" et "sucré" ont un pouvoir discriminant faible.

IV.6.3. Coefficient des modèles

Les coefficients du modèle sont sélectionnés pour chaque descripteur et pour chaque produit. En bleu, on voit les caractéristiques dont le coefficient est significativement positif donc les notes attribuées pour ces caractéristiques sont supérieures à la moyenne des notes des juges et en rouge celles dont le coefficient est significativement négatif (inférieures à la moyenne), en blanc les caractéristiques dont les coefficients ne sont pas significatifs (très proches de la moyenne). L'analyse de chaque graphique permet de définir chaque produit.

Les résultats sont présentés dans les figures 30 et 31.

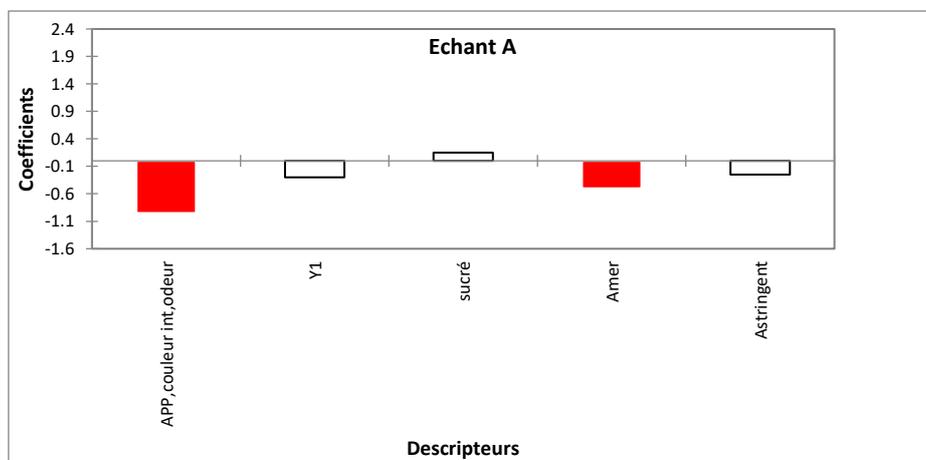


Figure 30 : Coefficients des modèles de l'échantillon A

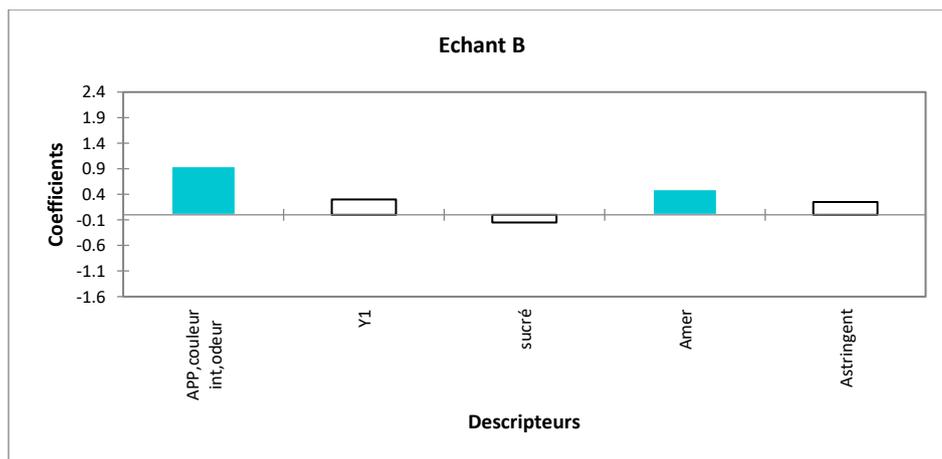


Figure 31 : Coefficients des modèles de l'échantillon B

Echantillon A (infusé) : La figure 30 montre que la couleur, l'odeur et le goût amer présentée en rouge, sont des caractéristiques détectées de la part des membres de jurys, c'est-à-dire que le descripteur couleur, odeur et goût amer de thé vert infusé sont faiblement

intenses. En blanc, sont affichées les caractéristiques du produit qui ne sont pas détectées par les jurys. Donc on peut conclure que le thé vert infusé est caractérisé par une couleur une odeur et un gout amer faiblement intense.

Echantillon B (décocté) : En bleu, sont affichées les caractéristiques, couleur, odeur et amer c'est-à-dire que le thé vert B possède une couleur et odeur intense et un amer désagréable qui n'est pas apprécié par les jurys. Concernant la couleur blanche sont affichées les caractéristiques de thé qui ont des notes proches de la moyenne que les juges ont donné.

IV.6.4. Moyennes ajustées par produit :

L'objectif de ce test est de définir les moyennes ajustées calculées pour chaque combinaison descripteur-produit. Les résultats des moyennes ajustées par produit sont présentés dans le **Tableau XII**.

Tableau XII : Moyennes ajustées par produit.

	APP,couleur int,odeur	Amer	Astringent	Y1	Sucré
Echant B	4,900	3,100	3,200	2,800	1,700
Echant A	3,000	2,100	2,700	2,200	2,000

Le **Tableau XII** permet de faire ressortir les moyennes lorsque l'on croise les différents produits et les caractéristiques. On voit donc en bleu les moyennes qui sont significativement plus grandes que les moyennes globales, comme la couleur, odeur et l'amer de l'échantillon B. En rouge, celles qui sont significativement plus petites que la moyenne globale, comme la couleur, odeur et le goût amer de l'échantillon A.

IV.6.5. Analyse en composantes principales (ACP)

L'ACP est l'une des méthodes d'analyse de données multivariées auxquelles les observations (les produits) sont décrites par un ou plusieurs variables (les attributs sensorielles). Cette méthode consiste à transformer et réduire le nombre de variables corrélées en nouvelles variables non corrélées les unes des autres. Ces nouvelles variables sont nommées "composantes principales", qui peuvent être visualisées graphiquement, avec la conservation d'un maximum d'information (**Jolliffe, 2016 ; Kassambara, 2017**). La carte suivante permet de représenter les corrélations entre les variables et les facteurs par l'ACP.

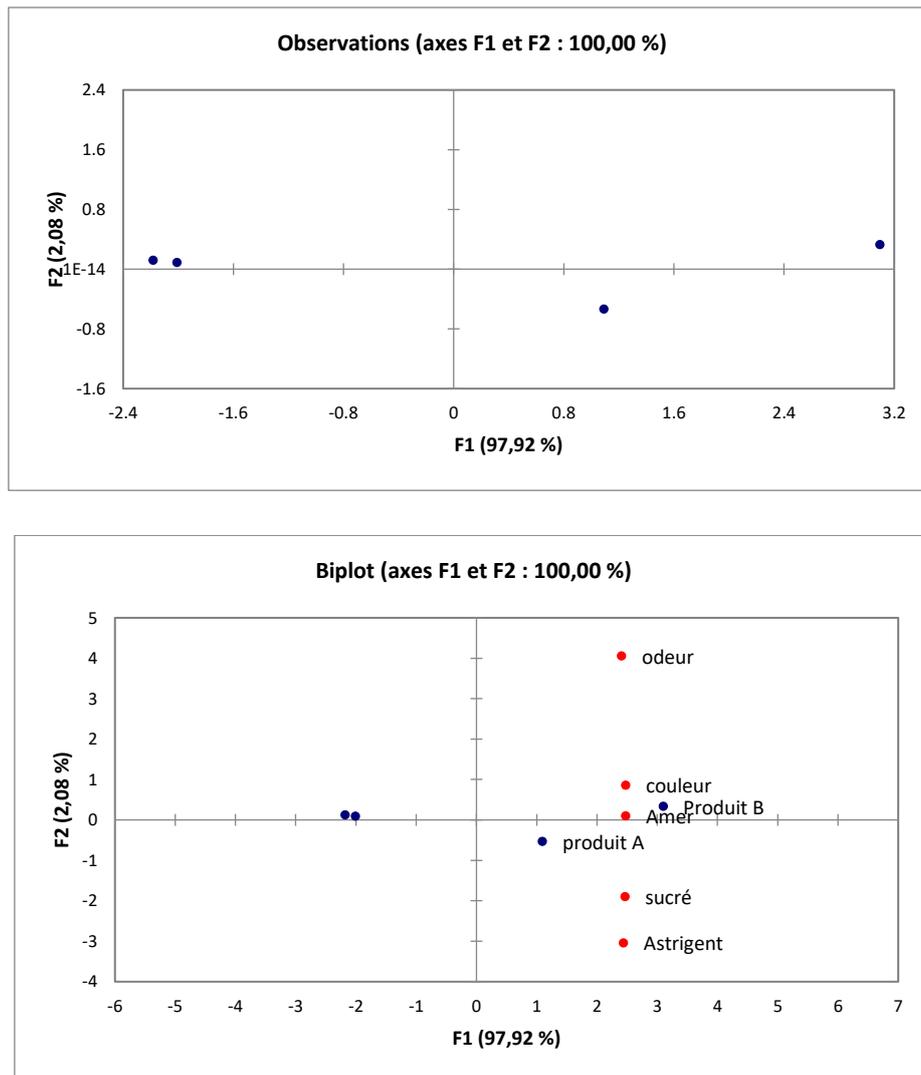


Figure 32 : Corrélation entre les variables et les facteurs

La **figure 32** permet de représenter les corrélations entre les variables et les facteurs. Nous voyons clairement que toutes les caractéristiques se rapprochent sauf pour l'odeur.

IV.6.6. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

La CAH est une méthode de classification des consommateurs (panel expert) en groupes homogènes de classe selon leur notation de préférence pour chaque produit, ces résultats permettent de visualiser les données en classes homogènes (**Everitt et al, 2011**) afin de faciliter l'interprétation des résultats de cartographie externe de préférence.

La représentation graphique du profil des classes présenté dans la figure 33 permet de comparer les moyennes des différentes classes du panel expert créées. Selon les résultats

représentés ci-dessus, les membres de panel expert sont répartis selon leurs préférences en trois classes,

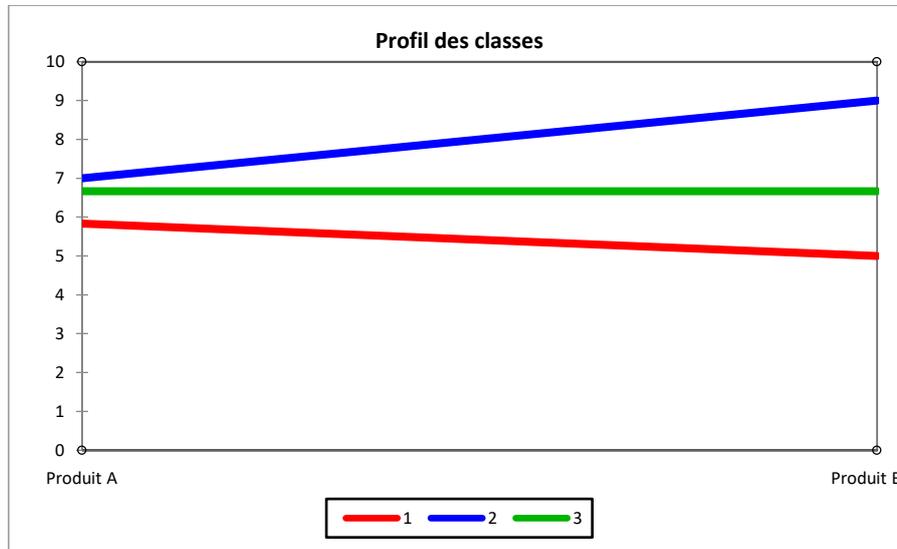


Figure 33 : Profil des classes créées.

L'application de l'analyse des données CAH a généré plusieurs tableaux et graphes. Le graphe du profil des classes (réalisé à partir des données de préférence) permet de comparer visuellement les moyennes des différentes classes créées :

La classe 1 préfère l'échantillon A (infusé)

La classe 2 et 3 préfère l'échantillon B (décocté).

Une fois que les étapes précédentes sont effectuées, le PREFMAP peut être réalisé.

IV.6.7. La cartographie externe de préférence (PREFMAP)

De nombreuses méthodes d'optimisation de produits sont exploitées, pour mieux comprendre la relation entre les produits alimentaires préférés chez les consommateurs et leur attributs sensoriels (Richardson-Harman *et al.*, 2000). Les trois figures : courbes de niveau, ACP et biplot sont superposées et la carte des préférences (PREFMAP) obtenue dans la figure34 qui représente les courbes de niveau et la carte de préférences.

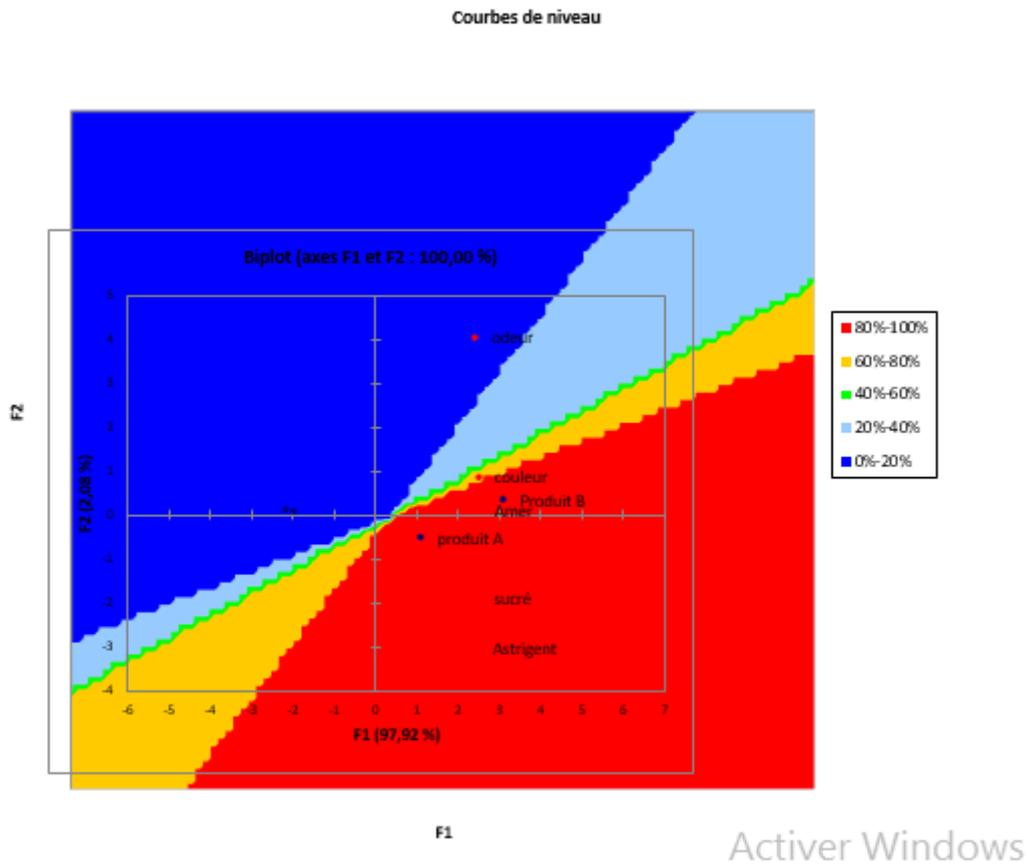


Figure 34 : Courbes de niveau et carte des préférences

D'après la figure 34 les deux échantillons ont un ordre de préférence entre 80 et 100%, par contre les caractéristiques odeur, couleur et goût amer sont perçus comme intenses et désagréables par les jurys experts pour l'échantillon B (Thé vert décocté) contrairement au thé vert A (thé vert infusé) où ces mêmes caractéristiques ne sont pas intenses et acceptables.

Conclusion

Conclusion

L'objectif de notre étude été d'évaluer la composition en composés phénoliques de thé vert et ses propriétés antioxydante, et antibactérienne mais également de déterminer la méthode idéale qui permet de bénéficier du maximum de ces propriétés entre la décoction pratiquée dans les pays nord africains et l'infusion fréquente dans le monde entier

Au terme de cette étude, nous avons pu faire ressortir les conclusions suivantes :

- ✓ La même composition pour le thé vert décocté et infusé
- ✓ Des profils IR semblables
- ✓ Le thé vert est une boisson riche en polyphenols en flavonoïdes et en tanins, néanmoins, le thé vert infusé montre les meilleurs résultats avec les résultats suivants (374,94±6,65 ; 123,73±2,66 ; 3,57±0,003) respectivement.
- ✓ Le thé vert infusé et décocté sont tous les deux doués d'activité antioxydante intéressante et le thé décocté montre une légère supériorité par rapport au thé infusé.
- ✓ Une forte sensibilité de *Salmonelle.sp* et de *Staphylococcus aureus*(SAMR) a été enregistrée pour le thé vert infusé.
- ✓ L'analyse sensorielle révèle une préférence des jurys pour le thé infusé.

En termes de perspectives, notre travail peut être enrichie par :

Déterminer les concentrations minimales inhibitrices (CMI) et bactéricides (CMB) des différents thés préparés vis-à-vis des souches étudiées ;

- Identifier et isoler les molécules actives de thé vert ;
- Etudier d'autres activités biologiques, telle que l'activité antidiabétique et anti-inflammatoire.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

A

Achat S, 2013 : « Polyphénols de l'alimentation : extraction, pouvoir antioxydant et interactions avec des ions métalliques » ; Thèse de Doctorat. Université de Bejaia, Université d'Avignon et des pays Vaucluse.

Almaraz-Abarca N, Campos M.G, Reyesa J.A, Jimenez N.N, Corrala J.H, Gonzalez-Valdez S.D, 2002 : « Antioxidant activity of polyphenolic extract of monofloral honey bee collected pollen from mesquite (*Prosopis juliflora*, Leguminosae) » ; *J Food Composit Anal*, 20, 119-124.

Arasu M.V, Al-Dhabi N.A, Ilavenil S, Choi K.C, Srigopalram S, 2016: « *In vitro* importance of probiotic *Lactobacillus plantarum* related to medical field »; *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23(1), pp.6-10.

Atmaja-Prawira M I, Shabri, Khomaini H.S, Maulana H, Harianto S, Rohdiana D, 2018: « Changes in chlorophyll and polyphenols content in *Camellia sinensis* var. *sinensis* at different stage of leaf maturity ». *Earth and Environmental Science* 131 (2018) 012010.

Aubert M, 2016 : « Intérêt nutritionnel du thé dans la prévention des pathologies oxydatives » ; Thèse présentée pour l'obtention du doctorat en pharmacie. Université Joseph Fourier.

B

Bae J.Y, Seo Y.H, Oh S.W, 2022 : « Antibacterial activities of polyphenols against foodborne pathogens and their application as antibacterial agents » ; *The Korean Society of Food Science and Technology* 2022.

Bahorun T, Gressier B, Troitin F, Brunete C, Dine T, Vasseur J, Gazin J.C, Pinkas M, Luycky M, Gazin M, 1996: « Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations »; *Arzneimittel-Forschung* 46, pp 1086-1089.

Balci F, özdemir F, 2016: « Influence of shooting period and extraction conditions on bioactive compounds in Turkish green tea »; *Food Sci. Technol, Campinas*, 36(4), pp 737-743.

Bansode P. A, 2015: «total flavonoid content of commonly consumed teas in india»; *World Journal of Pharmaceutical Research* 4(2).

Baser et Buchbauer, 2010: *Handbook of essential oils: Science, Technology, and Applications*». Ed, *Taylor and Francis Group, LLC. United States of America*.

Benaraba R, 2010, « Insulinorésistance et stress oxydant dans le syndrome métabolique : étude expérimentale des effets protecteurs de microconstituants nutritionnels (Polyphénols du

Références bibliographiques

thé, de la cannelle et chrome III) » ; Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'université Joseph Fourier.

Bernaudo, 2004 : « Consommation de thé et de médicaments : que doit savoir le pharmacien à l'officine » ; Thèse de doctorat. Université de Nantes.

Boizot N, Charpentier J. P, 2006 : « Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier » ; Le Cahier des Techniques de l'Inra, pp 79-82.

Bougandoura N, Bendimerad N, 2012 : « Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha ssp* » ; B-Sciences Agronomiques et Biologiques 9, pp 14-19.

Bouhadjera K, 2005 : « Contribution à l'étude chimique et biologique de deux plantes médicinales sahariennes *oudneya africana r.br.* Et *aristidapungens* » ; Thèse De Doctorat. Université Abou Bekr Belkaid.

Braud L, 2015 : « Effets lipotropes des molécules antioxydantes du thé (*Camellia sinensis*) ». Thèse Pour obtenir le grade de Docteur en Science de la vie et de la santé. Université de Toulon.

C

Carlioni P, Tiano L, Padella L, Bacchetti T, Customu C, Kay A, Damiani E, 2013: « Antioxidant activity of white, green and black tea obtained from the same tea cultivar » ; Dipartimento Scienze Agrarie, Alimentari Ambientali, Università Politecn Food Research International 53, pp 900–908.

Chan EWC, Wong SK. 2007: « Herbs and herbal teas with antioxidant properties comparable to or superior than those of *camellia sinensis* » ; International Journal of Pharmacognosy 2, pp 33-37.

CNUCED, 2016 : « THE Un profil de produit de base Par INFOCOMM » ; Conférence des nations unies sur le commerce et le développement 8–14, Avenue de la Paix.

D

Dangles O, 2020 : « Le potentiel antioxydant des aliments : mythes et réalités » ; Cahiers de nutrition et de diététique - ISSN : 0007-9960 55(4), pp. 176-183.

Das A.K, Md. Nazrul I, Md. Omar F, Md. Ashaduzzaman, Dungani R, 2020: « Review on tannins: Extraction processes, applications and possibilities » ; South African Journal of Botany 135, pp 58-70.

Desmier T, 2016 : « les antioxydants de nos jours : définition et applications » ; Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie. Université de Limoges.

Références bibliographiques

- Dieusait C, 2018 :** « Les vertus naturelles du thé dans la lutte contre la carie dentaire » ; Thèse pour le diplôme d'état de docteur en chirurgie dentaire. Université Sorbonne paris.
- Duke J.A, 2000:** « Handbook of Medicinal Herbs »; 2^{ed} Florida: CRC Press, pp 54-353.
- Dheeraj P. J, Shyam S. P, Rakesh P, 2011:** « Synergistic antioxidant activity of green tea with some herbs ». Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research 2(3), pp 177-183.

E

- Elmeskini M.K, 2011 :** « Pseudomonas aeruginosa – Infection nosocomiale – Bactérie multirésistante » ; Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie. Université Mohammed V Faculté de Médecine et de Pharmacie Rabat.

F

- Favier A, 2003 :** « Le stress oxydant Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique » ; L'actualité chimique : pp 108-115.
- Frazzini S, Scaglia E, Dell'Anno M, Reggi S, Panseri S, Giromini C, Lanzoni D, Rossi C, Rossi L, 2022:** « Antioxidant and Antimicrobial Activity of Algal and Cyanobacterial Extracts: An in Vitro Study »; Antioxidants 2022, 11, 992.
- Frei, B. et Higdon, J.V, 2003:** « Antioxidant activity of tea polyphenols in vivo: evidence from animal studies »; J Nutr 133, 3275S-84S.
- Faucher J.L, Avril J.L, 2002 :**« Bactériologie générale et médicale » ; Tome 1, Ed, Ellipses, Paris.
- Foster T. J, 2004 :** « The Staphylococcus aureus “superbug” » ; J. Clin. Invest 114, pp 1693–1696.

G

- Ghedadba N, Hambaba L, Ayachi A, Aberkane M.C, Bousselfela H, Oueld-Mokhtar S.M, 2015 :** « Polyphénols totaux, activités antioxydante et antimicrobienne des extraits des feuilles de Marrubium deserti de Noé » ; Phytothérapie DOI 10.1007/s10298-015-0944-4.
- Granger C, Aladren S, Delgado J, Garre A, Trullas C, Gilaberte Y, 2020:**«Prospective Evaluation of the Efficacy of a Food Supplement in Increasing Photoprotection and Improving Selective Markers Related to Skin Photo-Ageing»; Gilaberte Dermatol Ther (Heidelb) 10, pp 163–178.
- Guinoiseau E, 2010 :** « Molécules, antibactérienne issues d'huiles essentielles : séparation, identification et mode d'action » ; Thèse de Doctorat Univ. Corse Option Biochimie-Biologie moléculaire France.

Références bibliographiques

Guo Q, Ren C.W, Cai J.H, Zhang C.Y, Li Y.T, Xu B, Farooq M.A, 2022: « The synergistic inhibition and mechanism of epicatechin gallate and Chitosan against Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and the application in pork preservation »; *LWT - Food Science and Technology* 163 (113575).

H

Haleng J, Pincemail J, Defraigne J.O, Charlier C, Chapelle J.P, 2007: « Le stress oxydant »; *Rev Med Liege* 62(10): pp 628-638.

Hamma S.A, Nouri N, Fergani I, Lekhal A, Cheriet S, Abadi N, Lezzar A, Benlatreche C, 2015 : « Biologie des espèces réactives ET STRESS oxydant. » ; *Journal algérien de médecine* 23(2) : pp 48-53.

Hakim IA, Harris RB, Chow HH, Dean M, Brown S, Ali IU, 2004: « Effect of a 4-month tea intervention on oxidative DNA damage among heavy smokers: role of glutathione S-transferase genotypes »; *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev*13: pp 242-249.

I

Ikbal A, Roy Set Pati K, 2019: « Health benefits of green tea: A mini review »; *Journal of Entomology and Zoology Studies* 8(1), pp 1424-1430.

K

Khadhri A, El Mokni R, Smiti S, 2013 : « composés phénoliques et activités antioxydantes de deux extraits de chardon à glu : *atractylis gummifera* » ; *Sci. Nat. de Tunisie* 39, pp 44-52.

Khan A.M, Qureshi R.A, Ullah F, Gilani S.A, Nosheen A, Sahreen S, Laghari M.K, Laghari M.Y, Rehman S, Hussain I, Murad W, 2011: « Phytochemical analysis of selected medicinal plants of Margalla Hills and surroundings »; *Journal of Medicinal Plants Research* Vol. 5(25), pp 6017-6023.

Khizar H, Hira I, Uzma M, Uzma B et Sobia M, 2015: « Tea and Its Consumption: Benefits and Risks »; *Food Science and Nutrition* 55, pp 939–954.

Koechlin-Ramonatxo C, 2006 : « Oxygène, stress oxydant et suppléments antioxydants ou un aspect différent de la nutrition dans les maladies respiratoires » ; *Nutrition clinique et métabolisme*, pp 165-177.

Komes Dr A, Dunja H, Ana B, Karin K, Ivana V, 2009 : « Green tea preparation and its influence on the content of bioactive compounds » ; *Food Research International* 43, pp167–176.

Ksouri R, Megdiche W, Falleh H, Trabelsi N, Boulaaba M, Smaoui A, Abdelly C, 2008C: «Influence of biological, environmental and technical factors on phenolic content and antioxidant activities of Tunisian halophytes»; *R. Biologies*, 331, pp 865-873

Références bibliographiques

Kumar A, Kumar A. J, Thakur P, Patil S, Payal C, Kumar A, Sharma P, 2012: « Antibacterial activity of green tea (*Camellia sinensis*) extracts against various bacteria isolated from environmental sources »; *Science and Technology* 2012, 4(1): 19-23.

Kumari A, Kumar D, 2022: «Evaluation of antioxidant and cytotoxic activity of herbal teas from Western Himalayan region: a comparison with green tea (*Camellia sinensis*) and black tea »; *Chem.Biol. Technol. Agric.* (2022) 9(33).

Kusmita L, Puspitaningrum I, Limantar L, 2014: «Identification, Isolation and Antioxidant Activity of Pheophytin from Green Tea (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) »; *Procedia Chemistry* 14, pp 232 – 238.

L

Lang E, 2016 :« compréhension de l'inactivation de bactéries pathogènes présentes dans des produits alimentaires déshydratés » ; Thèse Pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de Bourgogne Franche-Comté.

Laurent *et al*, 2011 :« Comprendre la spectroscopie infrarouge : principes et mise en œuvre » ; Université Bordeaux institut des sciences moléculaires groupe de spectroscopie moléculaire.

Leatham G. F, King V, Mark A. Stahmann, 1980: « In vitro protein polymerization by quinones or free radicals generated by plant or fungal oxidative enzymes », *Phytopathology* 70, pp 1134-1140

Loranty A, Rembialkowska E, Rosa Eduardo A.S, Bennett R. N, 2010: « Identification, quantification and availability of carotenoids and chlorophylls in fruit, herb and medicinal teas »; *Journal of Food Composition and Analysis* 23, pp 432–44.

Lorenzo J. M, Munekata P. E. S, 2016 « Phenolic compounds of green tea: Health benefits and technological application in food »; *Asian Pac J Trop Biomed* 6(8), pp 709–719.

M

Mahmood T, Akhtar N et Ali Khan B, 2010: « The morphology, characteristics, and medicinal properties of *Camellia sinensis*' tea »; *Journal of Medicinal Plants Research* 4(19), pp 2028-2033.

Majhenič L, Škerget M, Knez Ž. 2007: « Antioxidant and antimicrobial activity of guarana seed extracts»; *Food chemistry* 104(3), pp1258-1268.

Majid A, Rahman M, Shah J.A, Khan K, Ali M.A, Zamin I, Ullah1 Z, Ibrar M, Zaman Q, 2013: « In vitro antibacterial activity of *Camellia sinensis* leaf extracts to some selective pathogenic bacterial strains »; *International Journal of Biosciences* 3(9), pp 69-75.

Manian R, Anusuya A, Siddhuraju P, Manian S, 2008: « The antioxidant activity and free radical scavenging potential of two different solvent extracts of *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntz, *Ficusbengalensis* L. and *Ficusracemosa* L »; *Food Chem* 107, pp 1000–1007.

Références bibliographiques

Martin, 2007: « Tea: the drink that changed the world»; pp177.

McNAUGHT, 1906: « a note on the bacteriology of a series of cases of sore throat »; J R Army Med Corps 7(3), pp 211-217.

Messai. L, 2011 : « Etude phytochimique d'une plante médicinale de l'est Algérien (ARTEMISIA HERBA ALBA) » ; Thèse de Doctorat. Université Mentouri de Constantine.

Michel L, 2011 : « Documentation technique : Etude de la sensibilité aux antimicrobiens, Documentation technique extraite des notices techniques commerciales et de différentes publications » ; Lycée des métiers du tertiaire, de la santé et du social – Luise Michel Grenoble.

Mukundh V.C, Uma Maheswari T. N, Rajeshkumar S, 2021: « Anti-Inflammatory and Antioxidant Activity of Lycopene, Raspberry, Green Tea Herbal Formulation Mediated Silver Nanoparticle »; Journal of Indian Academy of Oral Medicine & Radiology, Published by Wolters Kluwer – Medknow.

N

Namita P, Mukesh R, Kumar J. V, 2012: « Camellia Sinensis (Green Tea): A Review »; Global Journal of Pharmacology 6 (2), pp 5-52.

Nault K, 2015 : « les limites et les bénéfices des certifications biologiques et équitables ; le cas de la culture du thé » ; Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement et développement durable en vue de l'obtention du grade de maître en environnement. Université de Sherbrooke.

Nkhili E.Z, 2009 : « Polyphénols de l'Alimentation : Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant » ; Thèse De Doctorat. Université Cadi Ayyad Marrakech, Université D'Avignon Et Des Pays De Vaucluse Montpellier.

Nor Qhairul Izzreen M.N, Mohd Fadzelly A.B, 2013: « Phytochemicals and antioxidant properties of different parts of Camellia sinensis leaves from Sabah Tea Plantation in Sabah, Malaysia »; International Food Research Journal 20(1), pp 307-312.

N'Guessan K, TraBi F.H, Koné M.W, 2009 : « Étude ethnopharmacologique de plantes antipaludiques utilisées en médecine traditionnelle chez les Abbey et Krobou d'Agboville (Côte d'Ivoire) » ; Ethnopharmacologia 44, pp 42-50.

O

Oloyede O.I, 2005: « Chemical Profile of Unripe Pulp of Carica papaya »; Pakistan Journal of Nutrition 4 (6), pp 379-381.

Ouis N, 2015 : « étude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre, de fenouil et de persil » ; Thèse Pour obtenir le Grade de Docteur en Sciences Spécialité chimie Organique Université d'Oran.

Références bibliographiques

Oyaizu, 1986: « Studies on product of browning reaction-Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine»; Japanese Journal of Nutrition. 44, pp 115-307.

P

Panche A.N, Diwan A.D, Chandra S.R, 2016: « Flavonoids: an overview »; Journal of nutritional science 5(47), pp 1-15.

Pattanaik B, Lindber P, 2015: « Terpenoids and Their Biosynthesis in Cyanobacteria »; Life 5: pp 269-293.

Patterson J.C, Joughin B.A, van de Kooij B, Lim D.C, Lauffenburger D.A, Yaffe M.B, 2019: « ROS and oxidative stress are elevated in mitosis during asynchronous cell cycle progression and are exacerbated »; Mitotic Arrest *Cell Syst* 8 (2), pp 163-167.

Pelletier E, Campbell P.G.C, Denizeau F, 2004 : « Défaillance de la synthèse des hormones corticostéroïdes. In *Ecotoxicologie Moléculaire. Principes fondamentaux et perspectives de développement* » ; Press de l'université du Québec (Canada) 447, pp 182-184.

Ponce A.G, Eritz R, Del V.C, Roura S.I, 2003: «Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard»; *Lebensm. -Wiss. u. Technol* 36, pp 679-684.

R

Rahman M, Jahan I.A, Ahmed S, Ahmed K.S, Roy M, Zzaman W, Ahmad I, 2021: « Bioactive compounds and antioxidant activity of black and green tea available in Bangladesh »; Food Research 5 (3), pp 107 – 111.

Rana A, Rana S, Kumar S, 2021: « Phytotherapy with active tea constituents: a review »; Environmental Chemistry Letters, <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01154-y>.

Ribéreau-Gayon P., 1968 : « Les composés phénoliques des végétaux » ; *Ed. Dunod. Paris*, pp 173-201.

ROBERT J, 2013 : « Découvrir le thé » ; Kelis 1, pp 1-45.

S

Salah N, Miller N.J, Paganga G, Tijburg L, Bolwell G.P, Rice-Evans C, 1995 : « Polyphenolic flavanols as scavengers of aqueous phase radicals and as chain-breaking antioxidants » ; *Arch Biochem Biophys* 322, pp 46-339.

Sanchez-Moreno C, 2002: « Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems»; *Inter. J. Food Sci. and Technol.* 8, pp 121-137.

Références bibliographiques

Sarkar, A. and Bhaduri, A, 2001: « Black tea is a powerful chemopreventor of reactive oxygen and nitrogen species: comparison with its individual catechin constituents and green tea »; *Biochem Biophys Res Commun* 284, pp 173-8.

Sepahpour S, Selamat J, Abdul Manap M.Y, Khatib A, Abdull Razis A.F, 2018: « Comparative analysis of chemical composition, antioxidant activity and quantitative characterization of some phenolic compounds in selected herbs and spices in different Solvent Extraction Systems »; *Molecules* 23(2), pp 402-415.

Shannon E, Jaiswal A.K, Abu-Ghannam N, 2018: « Polyphenolic content and antioxidant capacity of white, green, black, and herbal teas: akinetic Study »; *Food Research* 2 (1), pp 1 – 11.

Shi J, Simal-Gandara J, Mei J, Ma W, Peng Q, Shi Y, Xu Q, Lin Z, Haipeng L.V, 2021: «Insight into the pigmented anthocyanins and the major potential co-pigmented flavonoids in purple-coloured leaf teas»; *Food Chemistry* 363, 130278.

Shimizu H, 2004 : « Relationship between plasma glutathione levels and cardiovascular disease in a defined population : the Hisayama study » ; *Stroke* 35 (9), pp 2072-2077.

Siti H.N, Kamisah Y, Kamsiah J, 2015: « The role of oxidative stress, antioxidant and vascular inflammation in cardiovascular disease »; *Vascular Pharmacologie* 71, pp 40-56.

Su X, Duan J, Jian Y, Shi J and Kakuda Y, 2006: « Effect of soaking conditions on the antioxidant potentials of oolong tea»; *J Food Composition Anal* 19, pp 348-353.

T

Tamhane R, 2021: « Green Tea: A Storehouse of Antioxidants »; *International Journal of Creative Research Thoughts* 9(8), pp 137-141.

Tanase C, Coşarcă S, Muntean D.L, 2019: « A critical review of phenolic compounds extracted from the bark of woody vascular plants and their potential biological activity »; *Molecules* 24(6), 1182.

Tang G, Meng X, Gan R, Zhao C, Liu Q, Feng Y, Li S, Wei X, Atanasov G.A, Corke H et Li H, 2019: « Health Functions and Related Molecular Mechanisms of Tea Components: An Update Review »; *International Journal of Molecular Sciences* 20, 6196, pp 1-38.

Turkmen N, Sari F, Velioglu YS 2006: « Effect of extraction on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and folin- ciocalteu methods»; *Food Chem* 99, pp 835-841.

W

Références bibliographiques

Wiseman S.A, Balentine D.A, Frei B, Malvy D, and Remesy C, 2000: « Les antioxydants du thé »; *Cahier. Nutr. Diet.* 35, pp 23-33.

Y

Yan L.H, Liu Y, Mai Y, Guo H, He X, Xia Y, Li H, Zhuang Q et Gan R, 2021: « Phenolic Content, Main Flavonoids, and Antioxidant Capacity of Instant Sweet Tea (*Lithocarpus litseifolius* [Hance] Chun) Prepared with Different Raw Materials and Drying Methods »; *Foods* 10, 1930, pp 1-13.

Z

Zbadi R, Mohti H, Moussaoui F, 2018 : « Stress oxydatif : évaluation du pouvoir antioxydant de quelques plantes médicinales » ; *Médecine Thérapeutique* 24(2), pp 134-141.

Zhao L, Zhang Y, Yang H, 2016: « Efficacy of low concentration neutralised electrolysed water and ultrasound combination for inactivating *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pichia pastoris* GS115 and *Aureobasidium pullulans* 2012 on stainless steel coupons »; *Food Control* 73, pp 889-899.

Zhu N, Wang M, Wei GJ, Lin JK, Yang CS and Ho CT 2001: « Identification of reaction products of (-)- epigallocatechin, (-)- epigallocatechin gallate and pyrogallol with 2,2 diphenyl-1- pycrylhydrazyl radical »; *Food Chem*, 73, pp 345-349.

Złotek U, Mikulska S, Nagajek M, Świeca M, 2016: « The effect of different solvents and number of extraction steps on the polyphenol content and antioxidant capacity of basil leaves (*Ocimum basilicum*L.) extracts »; *Saudi J Biol Sci* 23(5), pp 628-633.

Références bibliographiques

Anonyme I: <https://www.atlasbig.com/fr> Consulté le 28/06/2022 à 21 :55.

Anonyme II: <https://fr.statista.com/>consulté le 29/06/2022 à 16: 26.

Anonyme III : <https://www.fao.org/home/es> consulté le 29/06/2022 à 16:30

Anonyme IV: <https://the-gandhara.com/>Consulté le 28/06/2022 à 21 :39.

Anonyme V: <https://www.aquaportail.com/> consulté le 29/06/2022 à 20 :15.

Anonyme VI: <https://fr.wikipedia.org/> consulté le 26/06/2022 à 10: 40.

Anonyme VII: <https://unidospelavida.org.br/pseudomonasaeruginosa/> consulté le 29/06/2022 à 20 : 50.

Anonyme VIII: <https://www.biomerieux-industry.com/en-us> Consulté le 29/06/2022 à 19 :50.

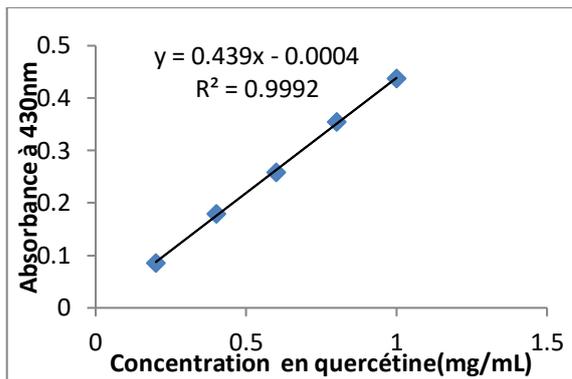
Annexes

Annexes

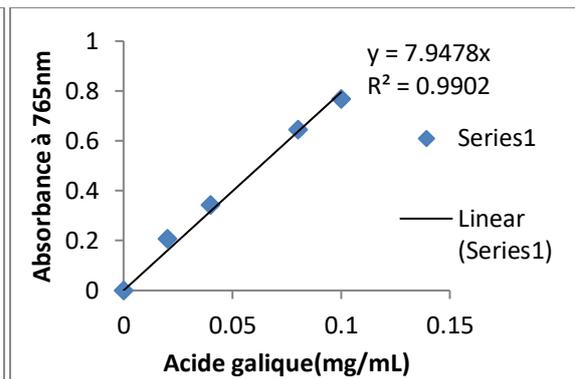
Annexe I : Matériel et Réactifs

Matériel	Réactifs
✓ Balance analytique (Balance de	✓ Eau distillée
✓ précision PS 600/C/2)	✓ Acide tannique
✓ Plaque chauffante PHYWE	✓ Acide sulfurique à 70%
✓ Bain marie memmert	✓ La vanilline
✓ Spectrophotomètre UV Visible	✓ Acide gallique
✓ (Thermo Scientific Evolution 201)	✓ Le réactif de Follin
✓ Etuve memmert	✓ Na ₂ CO ₃
✓ Autoclave BIOBASE	✓ Ethanol
✓ Bec benzène	✓ DPPH
✓ Verreries (Tubes à essai, éprouvette,	✓ Trichlorure d'Aluminium AlCl ₃
✓ erlenmeyer, bécher, pipette graduée,	✓ La quercétine
✓ entonnoirs, boîtes de pétries)	✓ Le milieu de culture Muller Hinton
✓ Ecouvillons, Pince, Anse de platine,	✓ Les bactéries
✓ Disque en papier	✓ Eau physiologique
	✓ La gélose nutritive

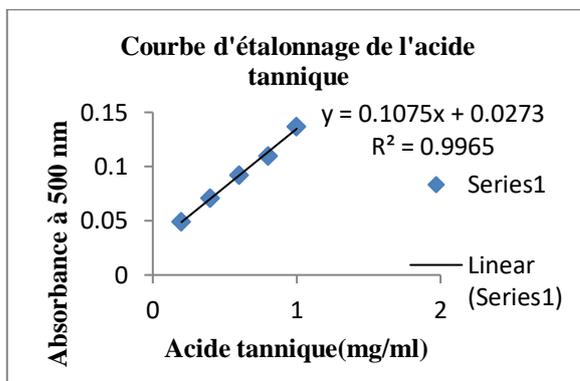
Annexe II : Courbes d'étalonnages



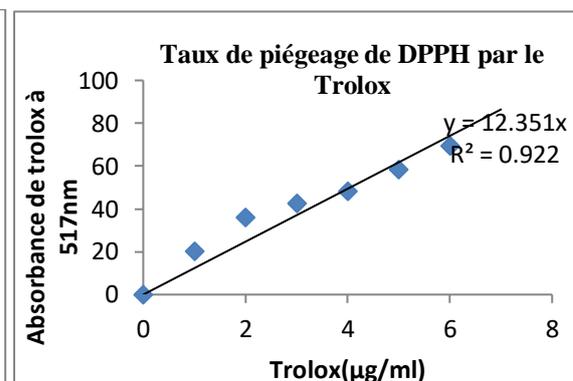
Courbe d'étalonnage de la quercétine



Courbe d'étalonnage de l'acide galique



Courbe d'étalonnage de l'acide tannique



Courbe d'étalonnage de Trolox

Annexe III : Activité antibactérienne



Préparation des boîtes de pétries



Ensemencement

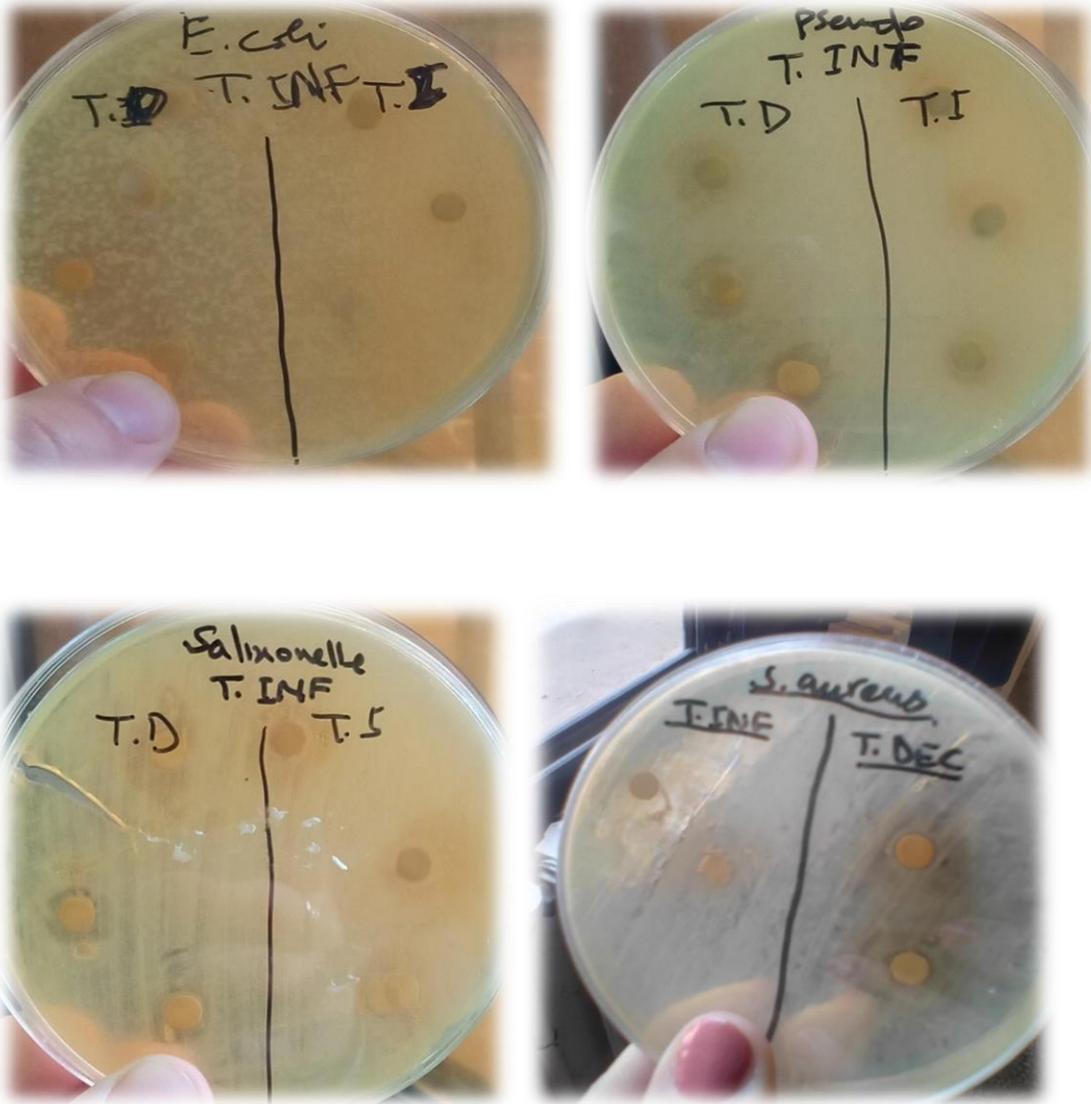


Dépôt des disques et imprégnés



Incubation 24h à 37C°

Annexe IV : Résultats de l'antibiogramme



Zones d'inhibition des extraits

Résumé :

L'objectif de l'étude qualitative, quantitative, antioxydante et antibactérienne des extraits préparés par infusion et par décoction de thé vert est de savoir la meilleure préparation nous permettant de bénéficier des bienfaits de cette plante pleine de vertus. Les résultats nous ont donné un rendement élevé pour les deux extraits de thé vert $43,1 \pm 2,17\%$ pour l'extrait préparé par infusion et $40,5 \pm 0,78\%$ pour l'extrait préparé par décoction. Les analyses qualitatives des extraits du thé vert par les tests phytochimiques a révélé la présence des flavonoïdes, tanins, saponosides, Quinones libres, mucilages et les terpénoïdes. Le dosage des polyphenols révèle que le thé infusé représente l'extrait le plus riche en ces composés et en composés liposolubles. L'extrait de thé infusé a présenté la plus forte activité antioxydante avec une valeur de $7,066 \pm 0,069$ mgEq Trolox/100g MS pour le DPPH et une valeur de $7,029 \pm 0,07$ mgEq Trolox/100g MS Pour le pouvoir réducteur. L'étude de l'activité antibactérienne nous a révélé la sensibilité de Staphylococcus aureus, Salmonelle.sp vis-à-vis des deux échantillons. Par contre E. Coli s'est montré résistante. D'après l'analyse sensorielle, le thé vert infusé a une préférence de 80-100 % par les jurys experts pour ces caractéristiques: couleur, odeur, goût (Sucré, Amer Astringent).

Mots clés : Thé vert, infusion, décoction, Activité antioxydante, Activité antimicrobienne

Abstract

The objective of the qualitative, quantitative, antioxidant and antibacterial study of the extracts prepared by infusion and decoction of green tea is to know the best preparation allowing us to benefit from the benefits of this plant full of virtues. The results gave us a high yield for the two green tea extracts $43.1 \pm 2.17\%$ for the extract prepared by infusion and $40.5 \pm 0.78\%$ for the extract prepared by decoction. Qualitative analyzes of green tea extracts by phytochemical tests revealed the presence of flavonoids, tannins, saponosides, free quinones, mucilages and terpenoids. The dosage of polyphenols reveals that the infused tea represents the richest extract in these compounds and fat-soluble compounds. The infused tea extract showed the highest antioxidant activity with a value of $7,066 \pm 0,069$ mgEq Trolox/100g MS for the DPPH and a value of $7,029 \pm 0,07$ mgEq Trolox/100g MS For reducing power. The study of the antibacterial activity revealed to us the sensitivity of Staphylococcus aureus, Salmonella.sp to the two samples. On the other hand E.coli was resistant. Green tea infusion was preferred in 80-100 % by the experts for these characteristics : colour, smell, taste (sweet, bitter, astringent).

Keywords : Green tea, infusion, decoction, antioxidant activity, antimicrobial activity

ملخص

الهدف من الدراسة النوعية والكمية ومضادات الأكسدة والمضادة للجراثيم للمستخلصات المحضرة عن طريق النقع والتغلي من الشاي الأخضر هو معرفة أفضل إعداد يسمح لنا بالاستفادة من فوائد هذا النبات المليء بالفوائد. أعطتنا النتائج عائدًا مرتفعًا لمستخلصي الشاي الأخضر $43.1 \pm 2.17\%$ للمستخلص المحضر بالتسريب و $40.5 \pm 0.78\%$ للمستخلص المحضر بالإغراق. كشفت التحليلات النوعية لمستخلصات الشاي الأخضر عن طريق الاختبارات الكيميائية النباتية عن وجود مركبات الفلافونويد، والتانين، والصابونوزيدات، والكينونات الحرة، والصمغ، والتريبينويدات. تكشف جرعة البوليفينول أن الشاي المنقوع يمثل أعلى خلاصة في هذه المركبات وفي المركبات التي تذوب في الدهون. أظهرت قيمة 7.029 ± 0.07 mgEq Trolox / 100g DM - DPPH 7.066 ± 0.069 mgEq Trolox / 100g DM مستخلص الشاي المخمر أعلى نشاط مضاد للأكسدة بقيمة 7.066 ± 0.069 mgEq Trolox / 100g DM لتقليل الطاقة. دراسة النشاط المضاد للبكتيريا كشفت لنا عن حساسية *Staphylococcus aureus* تجاه العينتين. من ناحية أخرى، كانت الإشريكية القولونية مقاومة. تم تفضيل الشاي الأخضر بنسبة 80-100% من قبل الخبراء *Salmonella.sp*. لهذه الخصائص: اللون، الرائحة، المذاق (حلو، قابض مر).

الكلمات المفتاحية: شاي أخضر، منقوع، مغلي، نشاط مضاد للأكسدة، نشاط مضاد للميكروبات