

Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences Alimentaires  
Filière : Sciences Biologiques  
Spécialité : Sciences Alimentaires  
Option : Bioprocédés et Technologie Alimentaire



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme

**MASTER**

*Thème*

**Etude comparative de la composition phénolique et de  
l'activité antioxydante de quelques infusions  
(Tisane et thé)**

Présenté par :

**AZIRI Hamida & DJENAD Fatima**

Soutenu le: **20 Juin 2017**

Devant le jury composé de :

M<sup>me</sup> BRAHMI Fatiha

M<sup>me</sup> BOULEKBACHE Lila

M<sup>elle</sup> GUEMGHAR Manana

M<sup>me</sup> FELLA Samira

MCB

MCA

Doctorante

MAA

Présidente

Promotrice

Co promotrice

Examinatrice

**Année universitaire : 2016 / 2017**



## *Remerciements*

*Avant tout, nous remercions **ALLAH** le tout puissant de nous avoir donné la santé, la force, le courage, la patience, la persistance et nous a permis d'exploiter les moyens disponibles afin d'accomplir ce modeste travail. Merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite.*

*Nous adressons nos plus sincères remerciements à notre promotrice Madame **BOULEKBACHE Lila** qui nous a dirigées avec une grande rigueur scientifique, sa patience, ses conseils, sa grande disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour le temps qu'elle nous a consacré et sans elle ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.*

*Nous remercions de tout cœur notre co-promotrice M<sup>elle</sup> **GUEMGHAR Menana** pour sa disponibilité, ses conseils, son aide et son soutien concernant la réalisation de ce travail.*

*Nous exprimons nos profonds remerciements aux membres de jury qui vont juger notre recherche :*

*Madame **Brahmi Fatiha** qui nous fait l'honneur de présider ce jury. Qu'elle trouve ici l'expression de notre profond respect.*

*Madame **FELLA Samira** pour l'honneur qu'elle nous à fait en acceptant d'examiner ce mémoire.*

*Nous remercions également tous les ingénieurs du laboratoire de recherche 3BS ainsi les dirigeants du laboratoire de Technologie Alimentaire, bloc 12.*

*Nos plus vifs remerciements aux doctorantes Khoukha, Sabrina et Farriel pour leurs aides et leurs conseils.*

*Une pensée particulière pour l'ensemble des enseignants ayant contribué à notre formation durant notre cycle d'étude et à tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin à l'achèvement de ce travail.*



## *Dédicaces*

*Avant tout, merci à Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage, la santé et m'accorder son soutien durant les périodes les plus difficiles.*

*Je dédie ce modeste travail en signe de respect, de reconnaissance et de gratitude*

### *A mes parents*

*Aucun mot ne serait exprimer mon amour, mon affection et ma grande considération pour vous, pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation, instruction et mon bien être.*

*Veillez trouver dans ce travail, l'humble gratitude d'une fille fidèle et reconnaissante. Que Dieu le tout puissant, vous procure bonne santé et longue vie.*

*A mes très chers frères : Allaoua, Sedik, Menad, Mouhoub et mon jumeaux Mahdi à qui je dois énormément d'amour et de reconnaissance, pour le soutien morale et leurs sacrifices le long de ma formation.*

*A mes sœurs bien aimées Samia et Soraya et leurs maris Azzidine et Nacer.*

*A mes belles sœurs : Sabah, Wassila et Koko que j'aime beaucoup.*

*A mes très chers neveux : Younes, Kherdine, Elyas et Moumouh qui rendent la vie meilleure.*

*A mes cousins et cousines surtout Thiziri.*

*A ma très chère amie d'enfance et mon binôme que j'aime bien Fatima, avec qui j'ai partagé mes meilleurs moments et sa tante Fatiha pour son soutien et encouragement.*

*A mes très chères amies et sœurs : Fatma, Meriam, Fatima et Lilia avec qui j'ai passé des moments inoubliables.*

*A mes très chères copines : Yasmine, Hassiba, Hamida, Fadila, Dihiyia, Lisa, Lahna et Lidya.*

*A Sonia et Oualid pour leur aide, leur soutien et la motivation qu'ils m'ont offert durant toute la période du mémoire.*

*A tous mes camarades et enseignants de ma promotion.*

*Pour tous ceux qui n'ont pas cités, je leurs dis mon cœur n'oublierait jamais.*

*Hamida*



## *Dédicaces*

*Avant tout, merci à Dieu le tout puissant de m'avoir accordé la force, la santé et les moyens de pouvoir accomplir ce modeste travail.*

*À mes parents qui sont la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie, qui m'ont apportés leurs appuis durant toutes mes années d'études, pour leurs sacrifices et soutien et qui m'ont donné la tendresse, la confiance, le courage et la sécurité.*

*Avec un énorme plaisir, cœur ouvert et une immense joie, que je dédie ce travail à **ma Tante Fatiha** pour sa tendresse et sa permanente présence à mes côtés et son soutien tout au long de ma vie.*

*À la mémoire de ma grande mère que dieu repose son âme en paix.*

*À mes deux sœurs bien aimées Sonia et Cecilya*

*À mon très cher petit frère Chérif*

*Les trésors de ma vie que j'aime à fond, pour tout le soutien et l'amour dont ils m'ont fait don et qui chaque jour m'aident et à sourire.*

*À ma très chère amie d'enfance et ma partenaire dans ce mémoire Hamida que j'ai partagé mes plus bon moments et ces frères Menad et Mehdi à qui je dois un énorme respect.*

*À mes amies : Fatma, Meriam, Lilia, Lydia, Yasmine, Hassiba et Hamida qui ont cru en moi et qui m'ont toujours encouragé et avec qui j'ai passé des moments inoubliables.*

*À Oualid pour son aide, son soutien et la motivation qu'il m'a offert durant toute la période du mémoire.*

*À tous mes camarades et enseignants de ma promotion.*

*Àinsi à tous ceux ou celles qui m'ont apporté leur soutien, réconfort moral et leur contribution dans l'élaboration de ce mémoire.*

*Fatima*

# Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction .....	1

## *Partie théorique*

### **Chapitre I : Plantes étudiées**

1. Thé vert <i>Camellia sinensis</i> .....	3
1.2. Description botanique.....	3
1.3. Classification botanique.....	4
1.4. Composition chimique du thé vert.....	5
1.4.1. Polyphénols.....	5
1.4.2. Autres composants.....	6
1.5. Fabrication du thé.....	6
1.6. Production et consommation mondiale du thé.....	7
1.7. Usage thérapeutique du thé.....	8
2. Verveine odorante <i>Aloysia citriodora</i> .....	8
2.1. Description botanique de la verveine.....	9
2.2. Classification botanique de la verveine.....	9
2.3. Composition chimique de la verveine.....	10
2.4. Principaux pays producteurs de la verveine.....	10
2.5. Effet thérapeutique de la verveine.....	11
3. Modes de préparation des liqueurs.....	11
3.1. Infusion.....	11
3.2. Décoction.....	11
3.3. Macération.....	12

# *Partie expérimentale*

## **Chapitre II. Matériel et méthode**

1. Matériel végétal.....	13
2. Préparation des extraits.....	13
3. Détermination des paramètres physico-chimiques des échantillons.....	14
3.1. Détermination de la teneur en cendres.....	14
4. Dosages des composés phénoliques.....	14
4.1. Dosage des polyphénols.....	15
4.2. Dosage des flavonoïdes.....	17
5. Activité antioxydante des différents extraits.....	17
5.1. Evolution de l'activité anti radicalaire (radical libre DPPH°).....	18
5.2. Pouvoir réducteur.....	19
6. Analyse statistique.....	19

## **Chapitre III. Résultats et discussion**

1. Détermination des paramètres physico-chimiques des échantillons.....	20
1.1. Détermination de la teneur en cendres.....	20
2. Dosages des composés phénoliques.....	21
2.1. Dosage des polyphénols.....	21
2.2. Dosage des flavonoïdes.....	24
3. Activité antioxydante des différents extraits.....	26
3.1. Evolution de l'activité anti radicalaire (radical libre DPPH°).....	26
3.2. Pouvoir réducteur.....	29
4. Corrélation entre les composés phénoliques et l'activité antioxydante.....	31
4.1. Corrélation entre les polyphénols et l'activité anti radicalaire.....	32
4.2. Corrélation entre les polyphénols et le pouvoir réducteur.....	33
4.3. Corrélation entre les flavonoïdes et l'activité anti radicalaire.....	34
4.4. Corrélation entre les flavonoïdes et le pouvoir réducteur.....	35
Conclusion.....	36

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

## *Liste des abréviations*

<b>A:</b>	Absorbance
<b>AlCl<sub>3</sub>:</b>	Trichlorure d'Aluminium
<b>ANOVA:</b>	Analysis of Variance
<b>avant J.C. :</b>	avant Jésus-Christ
<b>DPPH.:</b>	2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl
<b>EAG :</b>	équivalent acide gallique
<b>EQ :</b>	équivalent quercétine
<b>HSD :</b>	Honest significant difference
<b>IC<sub>50</sub>:</b>	Concentration permettant d'inhiber 50% du radical libre DPPH
<b>MANOVA:</b>	Multivariate analysis of variance
<b>MS:</b>	matière sec
<b>r :</b>	coefficient de corrélation
<b>Var :</b>	variété

# Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Feuilles et fleurs de théier.....	3
<b>Figure 2</b> : Schéma de la plante <i>Camellia sinensis</i> .....	4
<b>Figure 3</b> : Les principales étapes du traitement des feuilles de théières après la récolte...	7
<b>Figure 4</b> : Photographie de fleurs et feuilles d' <i>Aloysia citriodora</i> .....	9
<b>Figure 5</b> : Les infusions du thé et verveine.....	14
<b>Figure 6</b> : Protocole de dosage des polyphénols totaux .....	16
<b>Figure 7</b> : Protocole de dosage de flavonoïdes .....	17
<b>Figure 8</b> : Forme libre et réduite du DPPH° .....	18
<b>Figure 9</b> : Protocole de mesure de l'activité anti radicalaire DPPH°.....	18
<b>Figure 10</b> : Histogramme représentant le pourcentage de la teneur en cendres des infusions étudiées .....	21
<b>Figure 11</b> : Histogramme représentant la teneur en polyphénols des infusions étudiées...	23
<b>Figure 12</b> : Histogramme représentant la teneur en flavonoïdes des infusions étudiées...	25
<b>Figure 13</b> : Représentations graphiques de l'évolution du pourcentage d'inhibition du radical DPPH° en fonction des concentrations des extraits en µg /ml .....	27
<b>Figure 14</b> : Représentations graphiques de l'évolution des absorbances du pouvoir réducteur en fonction des concentrations des extraits en µg /ml.....	30
<b>Figure 15</b> : Corrélation entre la teneur en polyphénols totaux des échantillons du thé et les échantillons de la verveine et l'activité anti radicalaire DPPH° .....	32
<b>Figure 16</b> : Corrélation entre la teneur en polyphénols totaux des échantillons du thé et les échantillons de la verveine et le pouvoir réducteur.....	33

**Figure 17** : Corrélation entre la teneur en flavonoïdes des échantillons du thé et les échantillons de la verveine et l'activité anti radicalaire DPPH°..... 34

**Figure 18** : Corrélation entre la teneur en flavonoïdes des échantillons du thé et les échantillons de la verveine et le pouvoir réducteur..... 35

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau I</b> : Classification botanique de <i>Camellia sinensis</i> .....	4
<b>Tableau II</b> : Les grands pays producteurs de thé en 2013.....	8
<b>Tableau III</b> : Classification botanique d' <i>Aloysia citriodora</i> Paláu .....	10
<b>Tableau IV</b> : Liste des échantillons utilisés dans cette étude .....	13
<b>Tableau V</b> : Paramètres pris en considération lors de l'extraction.....	14
<b>Tableau VI</b> : Teneurs en cendre des infusions étudié.....	20
<b>Tableau VII</b> : Teneurs en polyphénols des infusions (thé et verveine).....	22
<b>Tableau VIII</b> : Teneurs en flavonoïdes des infusions (thé et verveine).....	24
<b>Tableau IX</b> : Valeurs des concentrations des IC <sub>50</sub> .....	28

# *Introduction*

# *Introduction*

Depuis plusieurs années, l'utilisation des plantes médicinales ou des préparations à base des plantes connaît un succès croissant. Ainsi, d'après les estimations actuelles, 80% de la population mondiale dépend principalement de la médecine traditionnelle, où les plantes ont pu démontrer une réelle efficacité (Ghnimi, 2015).

Aujourd'hui, beaucoup de chercheurs s'intéressent aux plantes médicinales en raison de leur réservoir immense en composés potentiels et en molécules bioactives. A côté des métabolites primaires, elles accumulent fréquemment des métabolites dits secondaires. Ces derniers représentent une source importante de molécules à savoir les polyphénols et les flavonoïdes, qui sont largement utilisés en thérapeutique comme vasculoprotecteurs, anti-inflammatoires, inhibiteurs enzymatiques, antioxydants et anti radicalaires (Kreif, 2003).

Beaucoup de métabolites secondaires sont également importants pour notre alimentation (goût, couleur), et d'autres ont une application commerciale dans les domaines pharmaceutiques et biomédicaux et font partie des médicaments, colorants, arômes, parfums et des insecticides (Teixeira, 2004).

Le thé, obtenu par infusion des feuilles de théier ou *Camellia sinensis*, est la boisson la plus consommée dans le monde entier après l'eau. Bien qu'il fût longtemps considéré comme simple boisson alimentaire, les chercheurs lui réattribuent aujourd'hui son vrai statut de plante médicinale (kreips, 2009).

Les tisanes représentent une source majeure de composés phénoliques dans notre alimentation. Parmi les tisanes les plus consommées, l'infusé de verveine odorante (*Lippia citriodora* ou *Aloysia triphylla*) est connu pour ses propriétés aromatiques, digestives et antispasmodiques (Lenoir, 2011).

Le choix du thé et de la verveine est basé d'une part sur l'importance de leurs familles «les Théaceae» et «les Verbenaceae» qui sont parmi plantes aromatiques les plus populaires dans le monde. Elles sont riches en composés phénoliques (polyphénols et flavonoïdes) et d'autre part, sur leur usage traditionnel connu et fréquent dans le monde, dans le domaine culinaire et celui de la médecine traditionnelle (Fillon, 2014).

Dans ce contexte, s'inscrit le présent travail de fin d'étude, dont le but principal est d'étudier les composés phénoliques et d'évaluer l'activité antioxydante des différents extraits des deux herbes proposées.

Notre travail sera présenté comme suit :

La première partie sera consacrée pour les données bibliographiques sur *Camellia sinensis* et *Aloysia citriodora* : aspects botaniques, composition chimique et intérêts sur la santé. Elle décrit aussi les principaux composés phénoliques et les modes de préparation des extraits des plantes.

La deuxième partie concerne la partie expérimentale, qui comporte deux chapitres, l'un sur le matériel et les méthodes de travail utilisés; le deuxième chapitre regroupe l'ensemble des résultats qui seront suivi d'une discussion qui englobe :

- Etudes quantitatives des polyphénols et des flavonoïdes des extraits de thé et de verveine ;
- Evaluation du pouvoir piègeur (scavenger) des extraits vis-à-vis d'un radical libre DPPH° ;
- Etude de l'activité antioxydante par la méthode de réduction du fer.
- Etablissement des corrélations entre les différentes activités étudiées et les composés phénoliques.

*Partie*  
*théorique*

*Chapitre I*

*Plantes étudiées*

**I.1. Thé vert *Camellia sinensis*****I.1.1. Historique**

L'histoire du thé, boisson obtenue par infusion des feuilles du *Camellia sinensis* « Camellia Chinois », remontrait à 2737 avant J.C selon la légende chinoise la plus célèbre, sous le règne de l'empereur Chen Nung (Wang, 2006).

Son origine se situe probablement au Yunnan Chinois, au nord de l'Inde dans les régions de l'Assam en s'étendant jusqu'au sud de la Chine (Kriepps, 2009).

Il est ainsi introduit au Japon et dans le monde Arabe à partir du IX<sup>e</sup> siècle. Puis en Europe au XVII<sup>e</sup> siècle par les commerçants Portugais et Hollandais. Le thé est la boisson la plus consommée dans le monde après l'eau (Wachira et al., 2001; Scharbert et Hofmann, 2005).

**I.1.2. Description botanique**

*Camillia sinensis* est un arbuste à fleurs persistantes, appartenant à la famille des théaceae. A l'état naturel, le théier est un petit arbre très rameux, de 5 à 10 mètres de haut et pouvant atteindre 15 mètres. Il est maintenu à une taille d'environ 1,50 mètre afin de faciliter la cueillette de ses feuilles (Fillon, 2014), il possède un système racinaire pivotant et une durée de vie moyenne de 50 ans (Marcel, 2002). Ses feuilles persistantes sont isolées, alternes et d'une couleur vert foncé brillante. Leurs taille est de 5 à 14 cm de longueur sur 1,9 à 5 cm de largeur (Mckenna, 2002 et Kreips, 2009).



**Figure 1 :** Feuilles et fleurs de théier (Chan et Wong ,2015).

Les fleurs de théier sont petites blanches à jaune claire, solitaires ou groupées (Samy, 2010). Le fruit est une capsule loculicide, les graines sont assez peu nombreuses, souvent aplaties ou aillées (Namita et al., 2012).

Cette plante ayant besoin d'un climat chaud à humidité constante et abondante, pousse principalement dans les régions tropicales et subtropicales, le sol qui lui convient en mieux est acide (Okamura et al., 2012).



Figure 2 : Schéma de la plante *Camellia sinensis* (Ashida et al., 2004)

### I.1.3. Classification botanique

La classification botanique du théier a beaucoup évolué depuis la première description de la plante en 1753 par Carl Von Linné. À cette époque, ils existaient deux genres distincts: *Thea*; contenant les variétés de thé cultivées, et *Camellia*; comprenant les variétés ornementales. En 1759, ils furent fusionnés sous le nom de *Camellia* à cause de leurs points communs (Mckenna et al., 2002).

Aujourd'hui, Le théier cultivé est donc nommé *Camellia sinensis*. Deux variétés peuvent être distinguées: *C. sinensis var. sinensis* et *C. sinensis var. assamica* (Maillet, 2003).

Tableau I : Classification botanique de *Camellia sinensis* (Mahmood et al., 2012)

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

**I.1.4. Composition chimique du thé vert**

Depuis longtemps, des chercheurs ont analysé la composition du thé, ainsi que ses infusées (Banerjee et al., 2005). En effet, plusieurs vertus sont attribuées à sa consommation et de nombreuses recherches scientifiques ont montré que le thé est une source d'antioxydants qui renforcent les défenses naturelles (Landau et al, 2006 ; Ozercan, 2008).

Les feuilles du thé contiennent plus de 200 composés bioactifs (Luo et al.,2013), parmi les principaux constituants:

**I.1.4. 1. Les polyphénols**

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires qui sont largement distribués dans le règne végétal (Harbone, 1994). L'élément structural fondamental qui les caractérise est la présence d'un ou plusieurs noyaux aromatiques auxquels sont directement liés un ou plusieurs groupement hydroxyles libres ou engagés dans une autre fonction (éther, ester) (Bruneton, 1999).

Les polyphénols sont les composés les plus abondants des feuilles du thé, mais leur proportion varie de 20 à 36 % selon leur maturité (Kreips, 2009).

**➤ Les acides phénoliques**

Les acides phénoliques, ou acides phénols ont une fonction acide et plusieurs fonctions phénols, ils sont incolores (Haslam, 1994). Ces composés sont universellement rencontrés chez les plantes. Deux sous-groupes peuvent être distingués :

-Les acides hydroxybenzoïques, dont les plus répandus sont l'acide salicylique et l'acide gallique.

-Les acides hydroxycinnamiques, dont les plus abondants sont l'acide caféique et l'acide férulique (Nkhili, 2009).

Ces composés représentent 5% du poids sec de la feuille du thé, et le constituant majeur est l'acide gallique (0,9%) (Schmitter, 2016).

**➤ Les flavonoïdes**

C'est le groupe le plus représentatif des composés phénoliques, ces molécules ont des structures chimiques variées et des caractéristiques propres (Benhammou, 2012). Ils sont considérés comme des pigments, quasiment universels, des végétaux et souvent responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles. À l'état naturel, les flavonoïdes se

trouvent le plus souvent sous forme d'hétérosides (Ghestem et *al.*, 2001; Bruneton, 1999). Du point de vue structural, ces composés ont une structure de base formée de 2 noyaux benzéniques A et B reliés par un noyau C qui est un hétérocycle pyranique (Lobestein, 2010).

Dans les feuilles du thé, ils sont représentés par les catéchines, près de 59% sont représentés par l'épigallocatechines-3-gallate (EGCG), 19% par l'épigallocatechine (EGC), 13,6% d'épicatechin, 3-gallate (ECG) et 6,4% par l'épicatechine (EC) (Jhansee et al ., 2013).

### ➤ **Tanins**

Les tanins sont des composés phénoliques complexes, hydrosolubles ayant un poids moléculaire compris entre 500 et 3000 Da (Kamra et al., 2006). Ces composés naturellement produits par les plantes se caractérisent par leur facilité à se combiner à des macromolécules (protéines, polysaccharides....) (Gazengel et Orecchioni, 2012). Les tanins sont classés en deux groupes selon leur structure chimique: tanins hydrolysables et cathéchiques (condensés) (Charnay et Tourmeau, 2007).

Le thé est riche en tanin (8 à 15 % - 20 % pour le thé vert). Ce sont les composés qui contribuent à l'amertume, l'astringence et l'arrière-goût sucré de l'infusion du thé (Chaturvedula et Prakash, 2011).

### **I.1.4. 2. Autres composants**

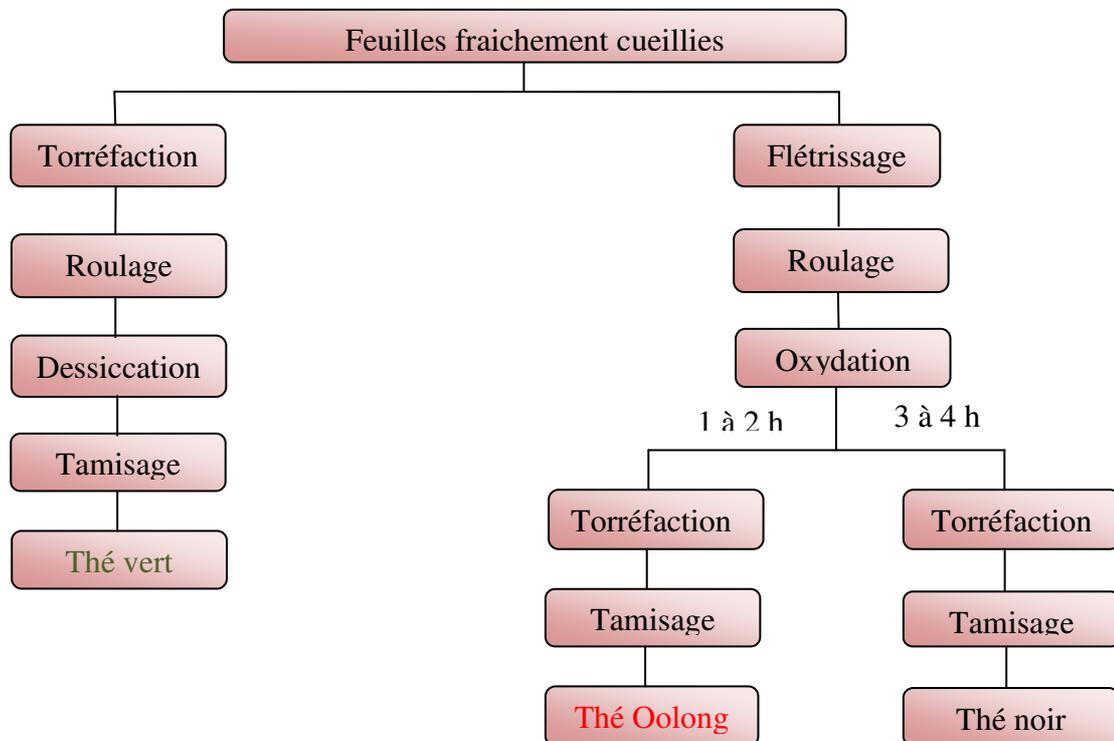
La feuille de théier contient aussi d'autres constituants faiblement extraits lors de l'infusion: environ 25 à 30% de glucides, dont un 1/3 sont des fibres de cellulose (Garel, 2006), 4 à 16,5% des lipides (Dewick, 2002), 10 à 15% de matières minérales (potassium, calcium, phosphore, manganèse, cuivre, sodium et en grande quantité le fluor) (Schmitter, 2016).

### **I.1.5. La fabrication du thé**

A partir du moment où les nouvelles feuilles cueillies atteignent l'usine de transformation, le traitement peut commencer. L'opération consiste à transformer les feuilles du théier en feuilles séchées, afin d'obtenir le thé à infuser (CNUCED, 2016).

Tous les types de thé, qu'ils s'agissent de thé vert, de thé oolong ou de thé noir, proviennent d'une seule espèce, *Camellia sinensis*. La principale différence entre les

différents thés réside dans leur mode de préparation, qui aura une influence sur le contenu qualitatif et quantitatif en polyphénols. Selon le procédé de fabrication, les thés sont classés en 3 types : non-fermentés (thé vert), partiellement fermentés (thé oolong) ou fermenté (thé noir) (Morin, 2015).



**Figure 3 :** Les principales étapes de transformation des feuilles de théières après la récolte (Monograph, 2000).

### I.1.6. Production et consommation mondiale du thé

Depuis 2004, la production mondiale du thé a augmenté de près de 54% pour atteindre 5,35 million de tonnes en 2013. Cette croissance significative est due à l'amélioration des rendements, et des compétences dans la production (CNUCED, 2016).

La Chine est le plus grand pays producteur de thé, ce qui représente 36% de la production mondiale avec 1,9 million de tonne en 2013.

**Tableau II :** Les grands pays producteurs de thé en 2013 (FAOSTAT, 2015)

<b>Pays</b>	<b>Production (tonne)</b>
Chine	1924457.00
Inde	1208780.00
Kenya	432400.00
Sri Lanka	340230.00
Viet Nam	214300.00

De 2009 à 2013, la consommation du thé a augmenté de près de 24% pour atteindre 4,8 million de tonnes en 2013. Cette augmentation a été renforcée par la croissance rapide des revenus, en particulier en Chine, en Inde et dans les autres économies émergentes, qui ont fait une ascension remarquable en termes de consommation (FAOSTAT, 2015).

### **I.1.7. Usage thérapeutique du thé vert**

Il semble que le thé vert soit celui qui possède le plus de vertus thérapeutiques, ces dernières sont reconnues depuis longtemps par la médecine traditionnelle Chinoise (Mossion, 2007).

En effet, de nombreux avantages du thé vert ont été constatés sur la santé de l'organisme notamment comme un effet protecteur contre le cancer de prostate (Stuart et al, 2008), de la peau (Kuzuhara, 2008), du colon et du pancréas (Fujiki, 2005).

En plus de ses effets sur le cancer, le thé vert protègerait des maladies cardiovasculaires en diminuant les risques d'hypertension et d'hypercholestérolémie. Le thé diminuerait les risques d'ostéoporose, protègerait des affections hépatiques, des infections bactériennes et virales (Cooper, 2012 ; Da Silva Pinto, 2013 ; Mukhtar, 2000). Les autres effets positifs du thé sont associés à leurs propriétés anti-mutagéniques et anti-inflammatoires (Cooper, 2012 ; Da Silva Pinto, 2013).

## **I.2. Verveine odorante *Aloysia citriodora***

L'infusé de verveine odorante ou verveine citronnelle est l'une des tisanes les plus consommées (Lenoir, 2011), connue sous plusieurs noms : *Aloysia citriodora* Ort ; synonyme, *Lippia citriodora* Kunth *Verbena triphylla* L Herit, (famille Verbenaceae). Cette plante est

originaires du Chili et du Pérou (Ghédira et Goetz, 2017), elle a été introduite en Europe à la fin du XVII<sup>e</sup> siècle par plusieurs botanistes ; puis cultivée sous les climats tempérés au bord de la Méditerranée : Europe du sud et Afrique du nord (Naser Aldeen et al., 2015)

### **I.2.1. Description botanique de la verveine**

La verveine odorante, *Aloysia citriodora* ou *Lippia citriodora* (Kunth.), est un sous-arbrisseau vivace de la famille des Verbenaceae (Lenoir, 2011) mesurant 1,50 à 3,00 m de hauteur (De Figueiredo et al., 2002). Les tiges sont anguleuses, cannelées à branches droites et ramifiées (Cheurfa et Allem, 2016), portant des feuilles vertes pâles, allongées, celle-ci ont une longueur de 3 à 7 centimètres et une largeur de 1 à 2 centimètres, verticillées par trois ou quatre sur les tiges, à pétioles très courts, rudes au toucher (Figure 4).

Elles dégagent une odeur caractéristique de citron lorsqu'elles sont froissées (Chapman, 1996). Les fleurs longues, disposées en épis, possèdent quatre pétales soudées à la base en un tube et étalés en quatre lobes bicolores: blancs sur la face externe et bleu violacé sur la face interne (Figure 4) (Ghédira et. Goetz, 2017).



**Figure 4** : Photographie des fleurs et feuilles d'*Aloysia citriodora* (Anonyme)

### **I.2.2. Classification botanique de la verveine**

La littérature botanique révèle une variété de noms, y compris *Aloysia triphylla*. En Amérique du Sud, les botanistes lui donnèrent le nom du genre *Lippi*, en mémoire d'un naturaliste Italien d'origine Française, Augustin Lippi et puis un autre botaniste d'origine Espagnol en 1785, la nomma *Aloysia* en l'honneur de Maria Luisa, princesse de Parme et épouse de Charles IV d'Espagne propriétaire du jardin Real Jardin de Madrid où la plante a été importée (Anonyme).

**Tableau III :** Classification botanique d'*Aloysia citriodora* Paláu (Ghédira et Goetz ,2017)

<b>Règne</b>	Plantae
<b>Super-division</b>	Embryophyta
<b>Division</b>	Tracheophyta
<b>Classe</b>	Magnoliopsida
<b>Superordre</b>	Asteranae
<b>Ordre</b>	Lamiales
<b>Famille</b>	Verbenaceae
<b>Genre</b>	<i>Aloysia</i> Juss
<b>Espèce</b>	<i>Aloysia citriodora</i> Paláu

### I.2.3. Composition chimique de la verveine odorante

Les parties utilisées de la plante sont les feuilles, fraîches ou séchées. Bien que l'infusé de feuilles de verveine odorante soit largement consommé, sa composition qualitative et quantitative en polyphénols est encore mal connue. Les feuilles contiennent des composés phénoliques à une concentration de 675 mg/l: dérivés hydroxycinnamique avec verbacoside (5,3%), flavonoïdes tel que luteoline 7- glucoside et luteolin 7-diglucuronide (0,8%) et du potassium 440 mg/ml (Carnat et al., 1999). D'un point de vue quantitatif, la concentration en polyphénols de l'infusion de verveine odorante a été évaluée à 675 mg/l dont 24% de flavonoïdes et 76% d'acides phénoliques (Lenoir, 2011). Les feuilles de la verveine contiennent aussi des huiles essentielles (0, 2- 1%): les principaux composés (10-40%) sont : citral, géraniale et limonène (Carnat et al ., 1999) .

### I .2.4. Principaux pays producteurs de la verveine

Les pays producteurs sont le Mexique, le Chili, le Brésil, le pourtour Méditerranéen (Maroc, Algérie, Turquie et France), l'Afrique du sud et l'Inde.

Le marché est réservé principalement pour la consommation en herboristerie mais aussi pour la production de l'huile essentielle (EL Hmamouchi, 2006).

### **I.2.5. Effet thérapeutique d'*Aloysia citriodora***

*Aloysia citriodora* est une herbe largement utilisée à des fins alimentaires. Elle a connu une longue histoire dans la médecine traditionnelle tel que le traitement de l'asthme, du rhume, de la fièvre et de la grippe, elle est utilisée pour lutter contre les flatulences, les coliques, la diarrhée, l'indigestion, l'insomnie et l'anxiété (Abuhamdah et al., 2013). La verveine odorante est également utilisée contre les états nerveux, les palpitations, les migraines, les bourdonnements d'oreille et les vertiges (Pascual et al, 2001), elle est également utilisée pour baisser le taux de glycémie. Les huiles essentielles de cette plante sont utilisées dans le traitement des cancers (Yousefzadeh et Meshkatalasadat, 2013).

Des analyses menées *in vitro* à l'aide de différents tests ont permis de montrer les propriétés antioxydantes, antispasmodiques et anti-inflammatoires de l'infusé. Des chercheurs ont montré que l'huile essentielle d'*Aloysia citriodora* possède une activité antibactérienne vis-à-vis d'*Escherichia coli*, de *Mycobacterium tuberculosis*, de *Staphylococcus aureus* et d'*Helicobacter pylori* (Cheurfa, 2016).

## **I.3. Modes de préparation des liqueurs**

### **I.3.1. Infusion**

C'est la forme de préparation la plus simple, elle se prépare en versant de l'eau bouillante sur les parties de plantes fraîches ou séchées et les bien tremper afin d'extraire leurs principes actifs. En laissant reposer la mixture pendant 5 à 10 minutes. Elle convient pour l'extraction de parties délicates ou finement hachées des plantes: feuilles, fleurs, graines, écorces et racines, ayant des constituants volatiles ou thermolabiles comme les huiles essentielles (Baba-Aïssa, 1999; Kraft et Hobbs, 2004).

Pour conserver les infusions, il faut les embouteiller à chaud (à environ 80 °C ou 90-100°C selon les plantes), elles sont stockées pour quelques jours au froid (Chaboussou et Chabauty, 2013).

### **I.3.2. Décoction**

Cette méthode est utilisée lorsque la ou les drogues utilisées sont constituées de racines, tiges, écorces, graines ou baies ; qui sont les parties les plus coriaces des plantes. Fractionnées en petits morceaux, les drogues sont placées dans de l'eau fraîche, qui sera

portée à ébullition. Une fois celle-ci atteinte, il est nécessaire de laisser frémir à petit bouillon pendant 5 à 20 minutes. La solution obtenue est appelée décocté (Perry, 2013), qui peut être stocké à froid quelques semaines dans des pots en verre à l'obscurité. Il à noter que cette décoction peut être poursuivie par une infusion (Chaboussou et Chabauty , 2013).

### **I.3.3. Macération**

La macération consiste à maintenir en contact la drogue avec un solvant à température ambiante pendant une durée de 30 minutes à 48 heures. Dans le cas des tisanes le solvant est l'eau. Cette méthode permet une extraction douce des principes actifs, surtout lorsqu'ils sont thermolabiles (Chabrier, 2010) et elle convient à la plupart des racines, rhizomes et écorces (Lehmann, 2013). Cette technique est surtout utilisée pour les plantes à gomme ou à mucilage, un macéré est ainsi obtenu (Perry, 2013). La préparation ne peut être stockée car elle risque de se fermenter (Chaboussou et Chabauty , 2013).

*Partie*  
*expérimentale*

*Chapitre II*

*Matériels*

*et*

*méthodes*

## II. Matériel et méthodes

### II.1. Matériel végétal

L'étude est effectuée sur des infusions mises sur le marché Algérien (Tableau IV) et le choix est porté sur six échantillons (trois verveines et trois thés).

**Tableau IV:** Liste des échantillons utilisés dans cette étude

	Marques utilisées	Type	
Thé <i>Camellia sinensis</i>	LIPTON menthe	Sachet d'infusion	
	AKBAR caramel	Sachet d'infusion	
	AKBAR fraise	Sachet d'infusion	
Verveine <i>Aloysia citriodora</i>	NACERIA	Sachet d'infusion	
	SALOUNA	Sachet d'infusion	
	AFTIS	Sachet d'infusion	

### II.2. Préparation des extraits

Les extraits aqueux du thé et de la verveine ont été préparés par la méthode d'infusion en utilisant deux extractions, la première avec l'eau minérale et la deuxième avec de l'éthanol 50 %.

L'extraction aqueuse consiste à verser 250 ml ( $\approx$  1 verre) d'eau minérale bouillie (100°C) et à ajouter 1 sachet de chaque infusion, le mélange et laissé agir 5 minutes, puis les

sachets sont retirés et l'infusion est laissée refroidir à température ambiante. Les mêmes étapes ont été suivies pour l'extraction éthanolique (Tableau V), la figure 5 montre la photographie des infusions préparées.



**Figure 5** : Les infusions du thé et verveine

**Tableau V** : Les paramètres pris en considération lors de l'extraction

<b>Solvant utilisée pour extraction</b>	<b>Température du solvant avant ébullition</b>	<b>Température du solvant à ébullition</b>	<b>Temps d'infusion</b>
<b>Extraction par l'eau minérale</b>	20°C	100°C	5 minutes
<b>Extraction par éthanol 50%</b>	24°C	24°C	5 minutes

### **II.3. Détermination des paramètres physico-chimiques des échantillons**

#### **II.3.1. Détermination de la teneur en cendres**

Cette méthode est basée sur la destruction totale de toutes les particules charbonneuses et à la pesée de la matière minérale restante.

Les broyats des différents échantillons (2 g) sont mis dans des capsules en porcelaine ( $M_1$ ) qui sont placées dans un four à moufle réglé à  $550 \pm 15$  ° C pendant cinq heures jusqu'à obtention des cendres de couleur grise, claire ou blanchâtre (AFNOR, 1982).

Les capsules sont pesées après refroidissement ( $M_2$ ) et la matière organique est calculée par la formule suivante :

$$M_O \% = (M_1 - M_2) \cdot 100 / P$$

$M_O$  : Matière organique en pourcentage % ;

$M_1$  : Masse des capsules + la masse de la prise d'essai ;

$M_2$  : Masse des capsules + cendres ;

$P$  : La masse de la prise d'essai.

La teneur en cendres (cd) est calculée comme suit :

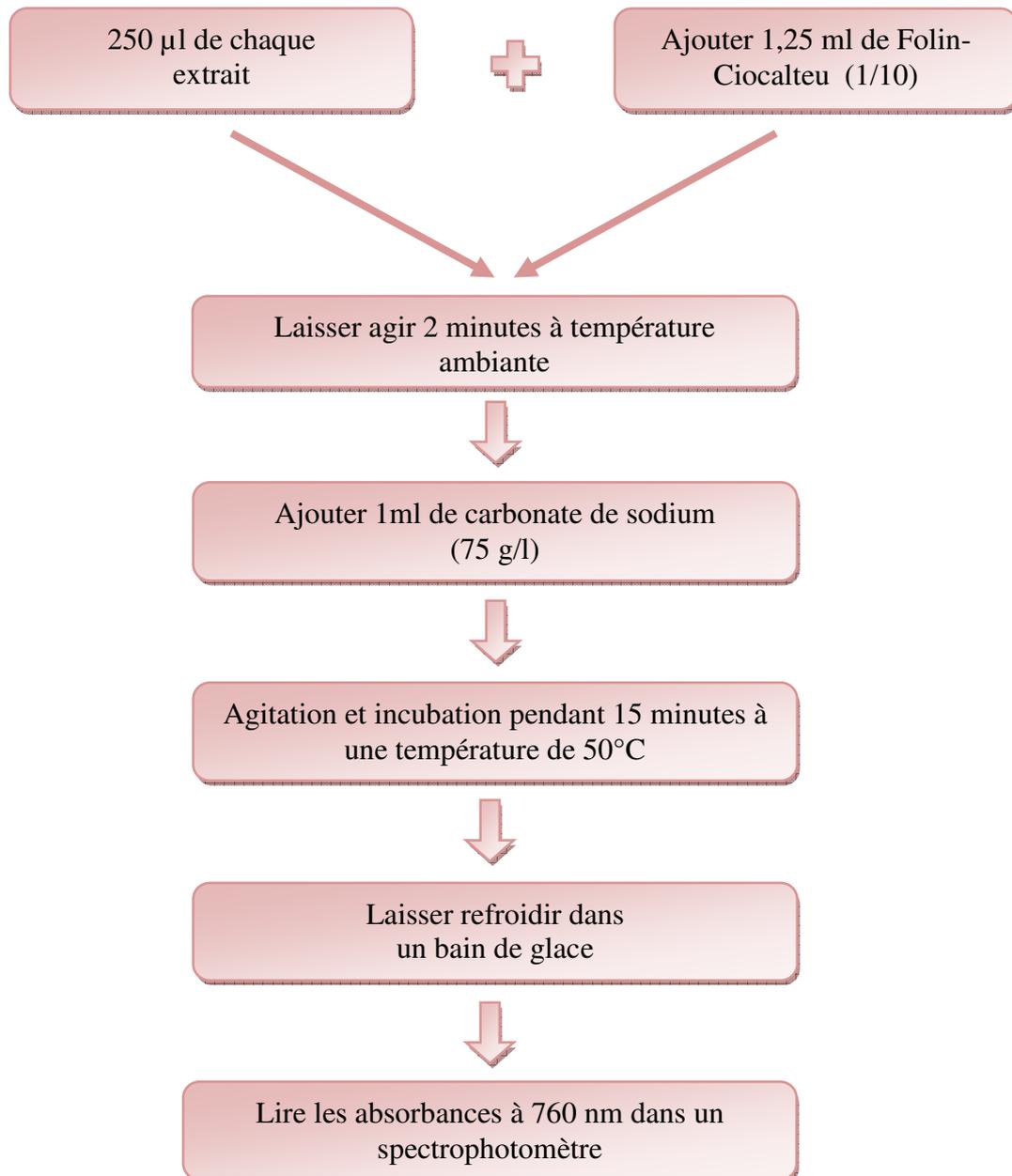
$$Cd = 100 - M_O \%$$

## **II.4. Dosage des composés phénoliques**

Dans le but de déterminer qualitativement et quantitativement la teneur en composés phénoliques (totaux et flavonoïdes) des différentes infusions de *Camellia sinensis* et *Aloysia citriodora*, deux protocoles ont été suivis.

### **II.4.1. Dosage des polyphénols**

La teneur en polyphénols totaux des infusions a été effectuée en utilisant le protocole décrit par George et al. (2005). L'ensemble des composés phénoliques est oxydé par le réactif de Folin-Ciocalteu. Ce dernier est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ) qui est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en mélange d'oxyde bleus de tungstène ( $W_8O_{23}$ ) et de molybdène ( $Mo_8O_{23}$ ) (Boizot et Charpentier, 2006). La coloration bleue produite est proportionnelle au taux de polyphénols. L'organigramme du dosage des polyphénols est présenté dans la figure 6.



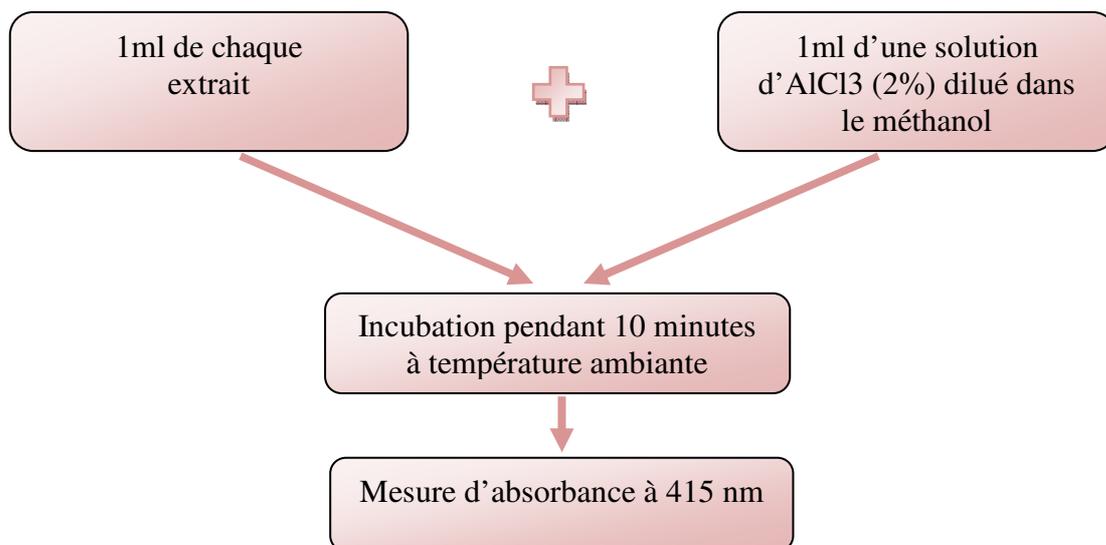
**Figure 6** : protocole de dosage des polyphénols totaux (George et al., 2005).

Un blanc a été préparé en remplaçant l'extrait par le solvant d'extraction (eau minérale ou éthanol). La teneur en composés phénoliques de chaque extrait est calculée à partir de la courbe d'étalonnage préparée par l'acide gallique, elle est exprimée en milligrammes équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g MS).

### II.4.2. Dosage des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes des infusions a été déterminée en utilisant la méthode du chlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3$ ) décrite par Quettier-Deleu et al. (2000).

Les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle (OH), libre en position cinq, susceptible de donner en présence du chlorure d'aluminium un complexe jaunâtre, par chélation de l'ion aluminium ( $\text{Al}^{3+}$ ), dont sa concentration est proportionnelle à la quantité de composés présents dans les extraits (Djeridane et al., 2006). Le protocole de dosage des flavonoïdes est présenté dans la figure 7.



**Figure 7** : Protocole de dosage des flavonoïdes (Quettier-Deleu et al., 2000).

Un blanc a été préparé en remplaçant l'extrait par le solvant d'extraction (eau minérale ou éthanol).

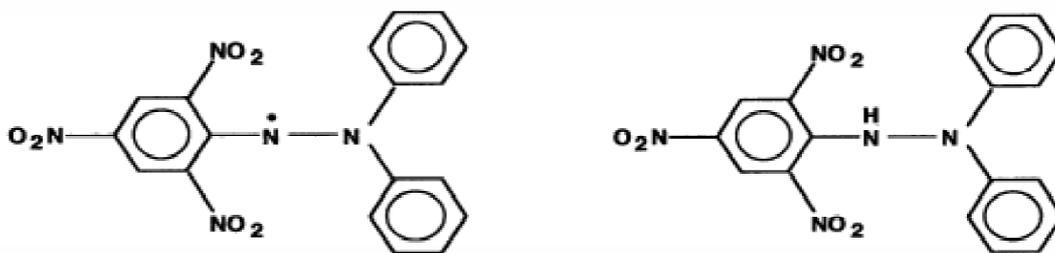
La teneur en flavonoïdes de chaque extrait est calculée à partir de la courbe d'étalonnage établie avec la quercétine, elle est exprimée en milligrammes équivalent quercétine par gramme de matière sèche (mg E .Q/g MS).

### II.5. Activité antioxydante des différents extraits

L'activité antioxydante des extraits a été évaluée par deux tests différents: pouvoir réducteur et inhibition du radical DPPH°.

### II.5.1. Evaluation de l'activité anti radicalaire (radical libre DPPH°)

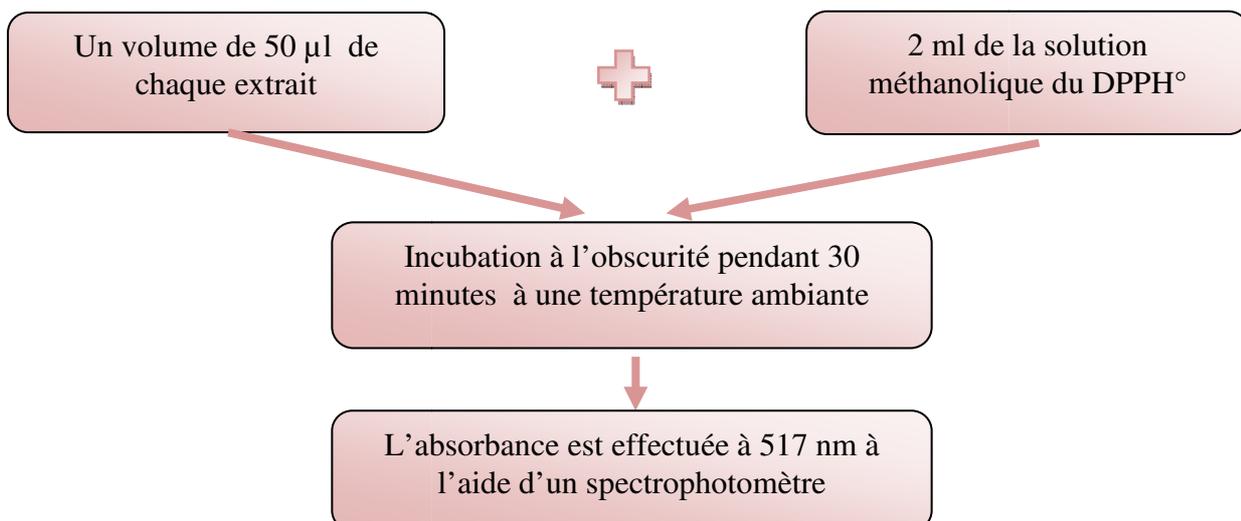
Pour l'évaluation de l'activité antiradicalaire des infusions, nous avons utilisé la méthode du DPPH° 2,2-Diphényl-picrylhydrazyl, qui est un radical relativement stable, dans ce test, les antioxydants réduisent le 2,2-Diphényl-1-picryl hydrazyl ayant une couleur violette en un composé de couleur moins intense allant jusqu'à la couleur jaune, 2,2-Diphényl-1-picryl hydrazine. La couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu (Athamina et al., 2010).



1: Diphenylpicrylhydrazyl (radical libre)    2: Diphenylpicrylhydrazine (forme réduite)

**Figure 8 :** Forme libre et réduite du DPPH° (Molyneux, 2004)

La mesure de l'activité anti radicalaire DPPH° a été effectuée en suivant le protocole de Brand-Williams et al. (1995).



**Figure 9:** Protocole de mesure de l'activité anti radicalaire DPPH°

Un contrôle est préparé avec un mélange de 50 µl du méthanol et 2 ml du DPPH°. Le pourcentage d'inhibition du DPPH° des extraits a été calculé en utilisant la formule suivante:

$$\% \text{ d'inhibition du DPPH}^\circ = [(A \text{ contrôle} - A \text{ extrait}) / A \text{ contrôle}] \times 100$$

**A contrôle** : absorbances du control;

**A extrait** : absorbances de l'extrait.

### II.5.2. Pouvoir réducteur

Les extraits qui ont un potentiel réducteur réagissent avec le ferricyanure de potassium ( $\text{Fe}^{3+}$ ) pour former le ferrocyanure de potassium ( $\text{Fe}^{2+}$ ), qui réagit ensuite avec le chlorure ferrique ( $\text{FeCl}_3$ ) pour donner un complexe ferrique ferreux mesurable à 700 nm (Jayanthi et Lalitha, 2011). La forme réduite donne une couleur verte qui est proportionnelle au pouvoir réducteur de l'extrait.

Le pouvoir réducteur des infusions de *Camellia sinensis* et *Aloysia citriodora* a été déterminé selon le protocole rapporté par Khaled-Khodja et al. (2014). 1 ml de chaque extrait est mélangé avec 2,5 ml de solution tampon phosphate (0,2M ; pH=6,6) et 2,5 ml de solution de ferricyanure de potassium à 1% ( $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ ). Le mélange a été incubé à 50°C pendant 20 min, puis les tubes ont été retirés, ensuite 2,5 ml d'acide trichloracétique à 10% sont ajoutés. 2,5 ml d'eau distillée et 0,5 ml de  $\text{FeCl}_3$  à 0,1% sont ajoutés à 2,5 ml du mélange. La mesure de l'absorbance a été réalisée à 700 nm. Un blanc a été préparé en remplaçant l'extrait par le solvant d'extraction (eau minérale et éthanol).

### II.6. Analyse statistique

Une analyse descriptive des résultats est réalisée à l'aide du logiciel Microsoft Office Excel 2007, afin de déterminer les moyennes, les écarts types et les coefficients de corrélation. Les résultats sont analysés par un logiciel JMP 7, basé sur l'analyse de la variance (ANOVA-MANOVA, Tukey-Kramer HSD). Les différences sont significatives à  $\alpha = 0,05$ .

*Chapitre III*

*Résultats*

*et*

*discussion*

### III.1. Détermination des paramètres physico-chimiques des échantillons

#### III.1.1. Détermination de la teneur en cendres

La détermination de la teneur en cendre des 3 verveines (NACERIA, SALOUNA, AFTIS) et 3 thés (LIPTON menthe, AKBAR caramel, AKBAR fraise) a donné les résultats présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau VI** : la teneur (%) en cendres des verveines et thé étudiés

Type de plante	Marque de la matrice	Teneur en cendre %
Thé <i>Camellia sinensis</i>	Thé LIPTON menthe	6 ± 0,71
	Thé AKBAR caramel	5,5 ± 0,00
	Thé AKBAR fraise	5,5 ± 0,00
Verveine <i>Aloysia citriodora</i>	Verveine SALOUNA	7,25 ± 0,35
	Verveine NACERIA	6,5 ± 0,71
	Verveine AFTIS	10 ± 0,71

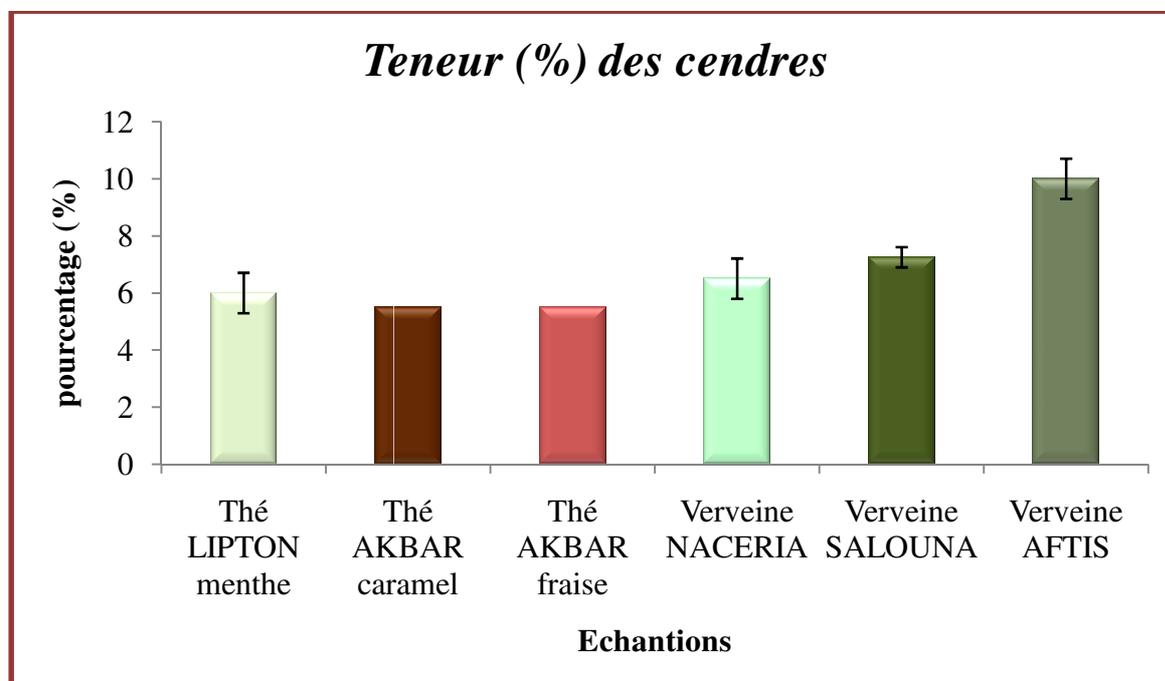
Le taux de cendres représente, la quantité totale en sels minéraux contenue dans les échantillons. D'après la figure 10, illustrant les valeurs obtenues pour les verveines, celles-ci varient entre 6,5% et 10%. Par contre, les valeurs obtenues pour les thés sont comprises entre 5,5% et 6%. On constate que la verveine a la plus grande teneur en cendres que le thé.

La valeur obtenue par Valez Parraga, (2015) pour les feuilles de la verveine *Aloysia citriodora* est de 10,05%, cette dernière est proche de celle rapportée pour la verveine AFTIS (10%), mais inférieur à celle des verveines SALOUNA et NACERIA qui sont de 7,25% ± 0,35 et 6,5% ± 0,71, respectivement.

Le résultat rapporté par Minano (2012) qui est de 7,38%, il est proche de celui trouvé pour la verveine SALOUNA (7,25%), mais faible comparativement à celui obtenu pour NACERIA (6,5%).

En ce qui concerne le thé *Camellia sinensis*, les valeurs trouvées sont proches (5,5% et 6,5%). Ces résultats avoisinent ceux de Jabeen et al , (2015) avec une teneur de 5,5%. Tandis

que les teneurs trouvées dans la présente étude sont élevées comparées à la valeur rapportée par Elgailani, (2015) qui est de 5,10%.



**Figure 10:** Histogramme représentant le pourcentage de la teneur en cendres des infusions étudiées.

## III.2. Dosage des composés phénoliques

### III.2.1. Dosage des polyphénols

Le dosage des polyphénols nous donne une estimation globale de la teneur en différentes classes des composés phénoliques contenus dans *Camellia sinensis* et *Aloysia citriodora*. Le dosage de ces composés a été réalisé par des réactions chimiques en utilisant le réactif de Folin –Ciocalteu. Pour calculer les concentrations, nous avons utilisé une courbe d'étalonnage où l'acide gallique est considéré comme standard avec l'équation :  $Y = 0,012x$   $R^2 = 0,999$ . Les teneurs en polyphénols des liqueurs de *Camellia sinensis* et *Aloysia citriodora* sont exprimées en mg équivalent acide gallique / g de matière sèche (MS) (Tableau VII).

**Tableau VII** : La teneur en polyphénols des infusions (thé et verveine) mg (E.A.G)/g MS

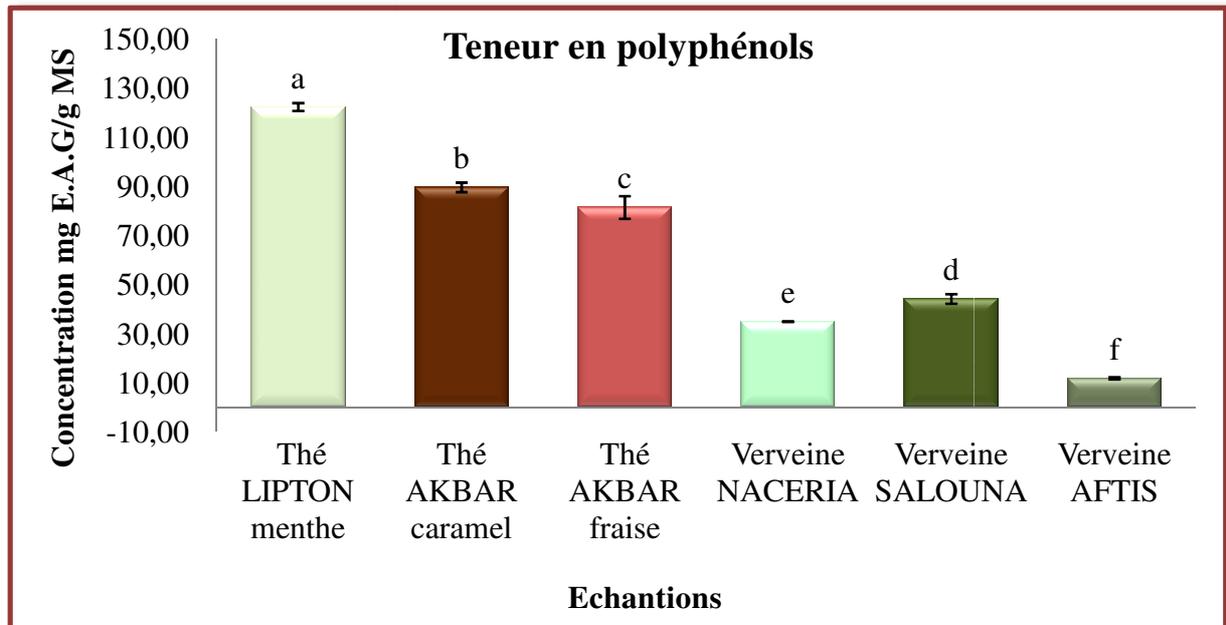
Type d'infusion	Extraction par eau minérale mg (E.A.G)/g MS	Extraction par éthanol mg (E.A.G)/g MS
Thé LIPTON menthe	122,48 <sup>a</sup> ±1,59	194,58 <sup>a'</sup> ±1,89
Thé AKBAR caramel	89,74 <sup>b</sup> ±1,96	131,62 <sup>b'</sup> ±4,21
Thé AKBAR fraise	81,55 <sup>c</sup> ±4,64	113,67 <sup>c'</sup> ±4,52
Verveine SALOUNA	44,30 <sup>d</sup> ±0,44	55,64 <sup>d'</sup> ±2,86
Verveine NACERIA	35,03 <sup>e</sup> ±0,13	39,86 <sup>e'</sup> ±1,51
Verveine AFTIS	11,96 <sup>f</sup> ±0,44	22,21 <sup>f'</sup> ±0,67

Nous remarquons, d'après les résultats du tableau VII, qu'il existe des différences significatives entre la nature du solvant d'extraction (éthanol et l'eau), pour les deux types de plantes (*Camellia sinensis* et *Aloysia citriodora*) et entre les échantillons eux même (thé LIPTON menthe, thé AKBAR caramel, thé AKBAR fraise, verveine NACERIA, verveine SALOUNA, verveine AFTIS).

Les résultats montrent que les composés phénoliques sont abondants dans les infusions de *Camellia sinensis* et *Aloysia citriodora*. La teneur élevée en polyphénols dans les différents extraits est liée à la solubilité élevée des phénols dans les solvants polaires (eau et éthanol), grâce à leurs richesse en groupement hydroxyle (Ghedadba et al., 2014). D'après le tableau ci-dessus, nous constatons que la teneur en polyphénols des extraits éthanoliques est supérieure à celle des extraits aqueux (eau minérale), cela indique que le rendement de l'extraction le plus élevé est obtenu avec des solvants de polarité inférieure à celle de l'eau (Ouedraogo et al., 2015). Ce qui signifie, que le système de solvant d'extraction influencerait sur les teneurs en polyphénols totaux.

D'après les résultats de cette étude, *Camellia sinensis* a donné des teneurs plus importantes en polyphénols totaux, qui varient de 81,55±4,64 à 122,48±1,59 mg EAG/g MS avec une différence significative à  $\alpha = 0,05$ , par rapport à celles trouvées pour *Aloysia citriodora* qui varient de 11,96±0,44 à 44,30±0,44 mg EAG/g MS.

Plusieurs facteurs peuvent influencer la teneur en composés phénoliques, des études récentes ont montré que les facteurs extrinsèques (facteurs géographiques et climatiques), les facteurs génétiques, mais également le degré de maturation de la plante et la durée de stockage ont une forte influence sur le contenu en composés phénoliques (Cheurfa et Allem, 2016).



**Figure 11** : Histogramme représentant la teneur en polyphénols des extraits aqueux (Thé et verveine).

Au vu des résultats rapportés dans la figure 11, une concentration très élevée est marquée pour le thé LIPTON menthe, qui est nettement le plus riche en polyphénols totaux, cette concentration atteint 122,48 mg EAG/g MS. Suivie par le thé AKBAR caramel et le thé AKBAR fraise qui semblent également être riches en polyphénols avec des concentrations respectives de 89,74 mg EAG/g MS et de 81,55 mg EAG/g MS.

Ces différences de concentrations peuvent être dues à la faible spécificité du réactif de Folin-Ciocalteu qui est l'inconvénient principal du dosage colorimétrique. Le réactif est extrêmement sensible à la réduction de tous les groupes hydroxyles, non seulement ceux des composés phénoliques, mais également de certains sucres et aromes etc. (Vuorela, 2005 ; Gomez-Caravaca et al., 2006).

L'analyse, des résultats représentés sur la figure 11, montre que l'extrait de la verveine SALOUNA possède une teneur élevée en polyphénols totaux égale à 44,30mg EAG/g MS par rapport à celles des verveines NACERIA et AFTIS, avec des teneurs respectives de l'ordre

de 35,03 mg EAG/g MS et 11,96 mg EAG/g MS. Les raisons de cette variabilité peuvent être expliquées par les différences environnementaux (climat et situations géographiques), les techniques de récoltes, les conditions de séchage, de stockages et de conservation.

Nos résultats, présentés précédemment sur le thé AKBAR, rejoignent ceux de Nor Qhairul Izzreen et Mohd Fadzelly, (2013), qui ont rapporté un taux de polyphénols dans l'infusion du thé vert qui est de l'ordre de 80,51mg EAG/g MS. Dans l'étude de Chan et al. (2010), ils ont trouvé un taux de polyphénols égal à 141,20 mg EAG/g MS qui est proche de celui du thé LIPTON. De plus, Bizuayehu et al. (2016) ont trouvé dans l'extrait de *Camellia sinensis* une teneur égale à 31,6 mg EAG/g MS qui est nettement inférieure aux valeurs trouvées dans la présente étude.

Concernant *Aloysia citriodora*, Losagni et al. (2014) ont trouvé une teneur en polyphénols égale à 39,33 mg EAG/g MS qui est proche des teneurs trouvées pour les verveines SALOUNA et NACERIA, par contre elle est largement supérieure à la valeur trouvée pour la verveine AFTIS.

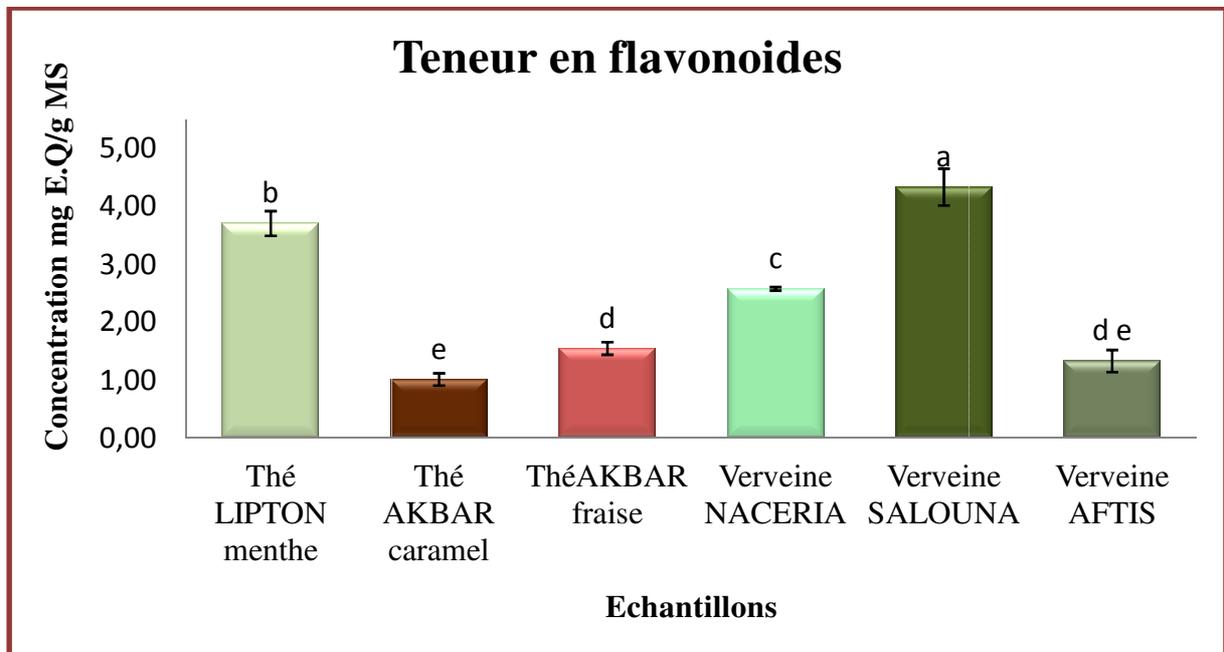
### III.2.2. Dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé par la méthode colorimétrique décrite par Quettier-Deleu et al., 2000. Nous avons calculé la teneur en flavonoïdes des différentes infusions en utilisant une courbe d'étalonnage ( $y = 22,699x + 0,1424$   $R^2 = 0,996$ ) où la quercétine est considérée comme un standard. Les concentrations des infusions sont exprimées en mg équivalent de quercétine (EQ) par gramme de matière sèche (MS).

**Tableau VIII** : Teneur en flavonoïdes des infusions en mg (E.Q)/g MS

Type d'infusion	Extraction par eau minérale mg(E.Q)/g MS	Extraction par éthanol mg/g MS
Thé LIPTON menthe	3,71 <sup>b</sup> ±0,21	6,27 <sup>c</sup> ±0,20
Thé AKBAR caramel	1,02 <sup>e</sup> ±0,11	7,07 <sup>b</sup> ±0,39
Thé AKBAR fraise	1,55 <sup>d</sup> ±0,11	8,48 <sup>a</sup> ±0,13
Verveine SALOUNA	4,34 <sup>a</sup> ±0,32	5,51 <sup>d</sup> ±0,17
Verveine NACERIA	2,58 <sup>c</sup> ±0,03	3,19 <sup>f</sup> ±0,08
Verveine AFTIS	1,33 <sup>d</sup> ±0,19	4,38 <sup>e</sup> ±0,13

D'après les résultats regroupés dans le tableau ci-dessus, nous avons constaté la présence d'une variabilité des teneurs en flavonoïdes non seulement entre les deux types de plantes (*Camellia sinensis* et *Aloysia citriodora*), mais aussi des différences significatives par comparaison aux teneurs obtenues dans les extraits issus d'une même plante.



**Figure 12 :** Histogramme représentant la teneur en flavonoïdes des extraits aqueux (thé et verveine).

Les résultats présentés dans la figure 12, montrent que les concentrations des flavonoïdes sont très proches pour la majorité des extraits, avec une légère différence enregistrée entre *Camellia sinensis* et *Aloysia citriodora*. Les teneurs en flavonoïdes, des extraits d'*Aloysia citriodora*, varient de  $1,33 \pm 0,19$  à  $4,34 \pm 0,32$  mg EQ/ g MS qui sont supérieures à celles de *Camellia sinensis*, allant de  $1,02 \pm 0,11$  à  $3,71 \pm 0,21$  mg EQ/g MS. Ces différences de concentrations, entre les deux plantes, montrent que les polyphénols présents dans la plante de *Camellia sinensis* ne sont pas tous des flavonoïdes, il peut y avoir la présence d'autres polyphénols tel que les tanins (Al-Khateeb et al., 2012).

Ces rapports permettent de conclure que la variation des flavonoïdes n'est pas relative à celles des polyphénols. Cela peut être expliqué par la prépondérance des polyphénols et non des flavonoïdes dans *Camellia sinensis* (Al-Khateeb et al., 2012).

La comparaison des valeurs en flavonoïdes, des différents extraits de *Camellia sinensis*, a montré que le thé LIPTON menthe est plus riche en flavonoïdes avec une teneur

égale à 3,71 mg EQ/g MS suivi par le thé AKBAR fraise et AKBAR caramel avec des concentrations proches 1,55 mg EQ/g MS et 1,02 mg EQ/g MS, respectivement. Ces résultats sont nettement inférieurs à ceux trouvés par d'autres auteurs: Nor Qhairul Izzreen et Mohd Fadzelly, (2013) et de El Sheikh et al. (2015) avec des valeurs respectives de 20,90 mg EQ/ g MS et 22,61 mg EQ/ g MS. En effet, ces chercheurs ont utilisé un procédé extractif différent de celui utilisé dans le présent travail.

En ce qui concerne *Aloysia citriodora*, les résultats du dosage des flavonoïdes illustrés dans la figure 12 ont permis d'enregistrer une forte teneur pour la verveine SALOUNA avec 4,34 mg EQ/ g MS par rapport aux valeurs trouvées pour les verveines NACERIA et AFTIS avec des concentrations respectives de 2,58 mg EQ/ g MS et de 1,33 mg EQ/ g MS. Nos résultats sont comparables à ceux rapportés par Moien et al. (2014 ) (7,01 mg EQ/g MS) et Cheurfa et Allem, ( 2015) (6,41 mg EQ/g MS).

Les différences entre les échantillons peuvent être liées aux conditions climatiques (la température élevée, exposition solaire, sécheresse et salinité), qui stimulent la biosynthèse des métabolites secondaires tel que les flavonoïdes (Fallah et al ., 2008), la région et la date de la récolte, la méthode d'extraction et les solvants utilisés (Trichine, 2010).

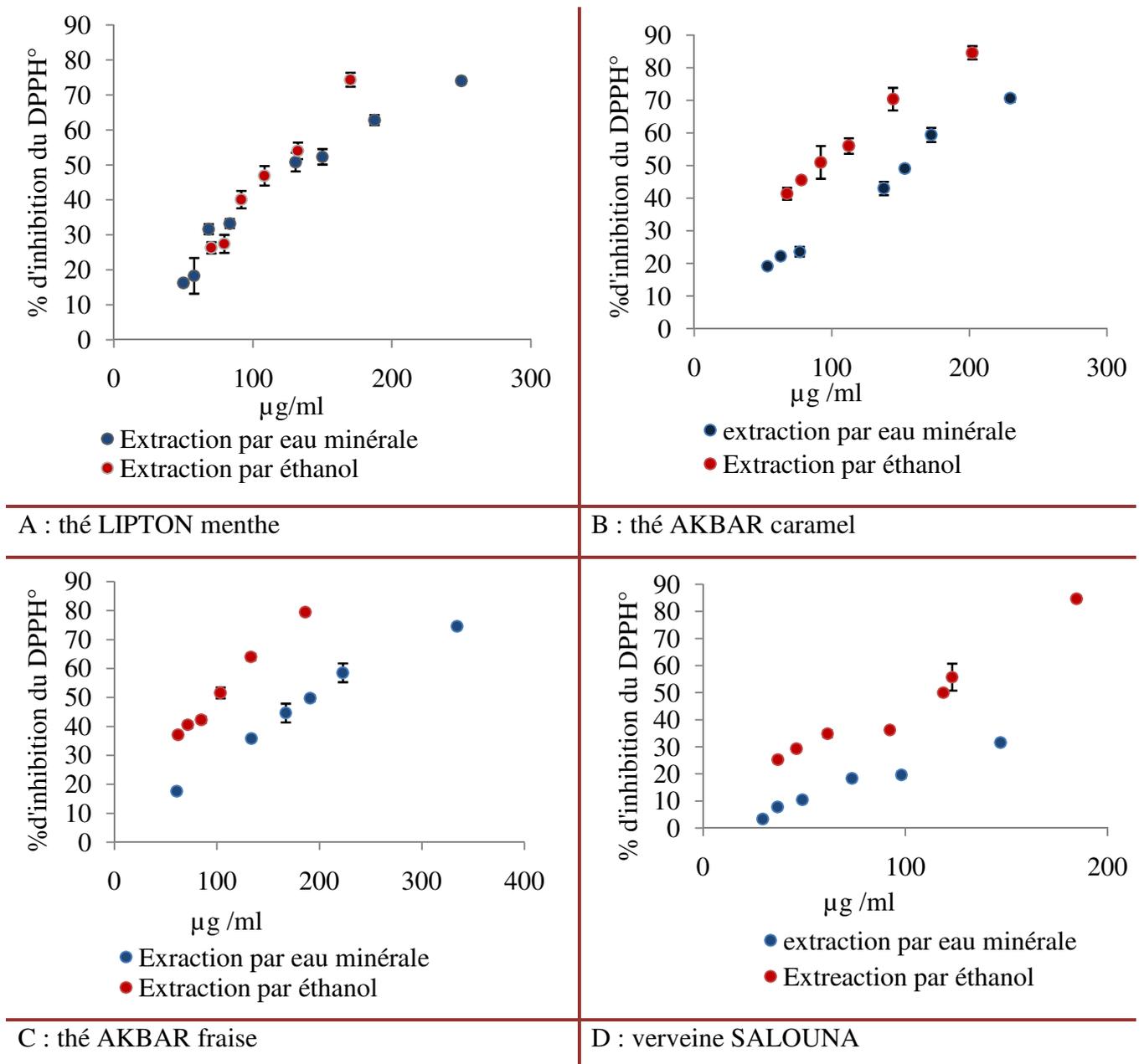
### **III.3. Activité antioxydante des différents extraits**

L'activité antioxydante des différents extraits issus des deux plantes étudiées a été évaluée par deux méthodes différentes, le piégeage du radical libre DPPH° et le pouvoir réducteur.

#### **III.3.1.Evaluation de l'activité anti radicalaire (radical libre DPPH°)**

L'activité antioxydante des différents extraits de la plante vis-à-vis du radical DPPH° à été évalué spectrophotométriquement en 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 (Nur Alam et al., 2013).

Les résultats du piégeage du radical libre DPPH° sont exprimés en pourcentage d'inhibition du radical libre en fonction des concentrations des extraits (Figure 13).



**Figure 13 :** Représentations graphiques de l'évolution du pourcentage d'inhibition du radical DPPH° en fonction des concentrations des extraits en µg /ml.

D'après les résultats obtenus dans les quatre figures ci-dessus, nous avons enregistré une augmentation des pourcentages d'inhibition de DPPH° en fonction des concentrations des extraits étudiés.

Après analyse de nos résultats, nous déduisons que les extraits de *Camellia sinensis* sont plus actifs avec une activité anti radicalaire importante par rapport à celles trouvées pour les extraits d'*Aloysia citriodora*.

Cette différence peut être expliquée par le fait qu'il s'agit non seulement de deux espèces différentes, mais aussi de l'action combinée des différents composés à activité anti radicalaire qu'elles peuvent contenir (les polyphénols glycosides, les peptides, les acides organiques.. ) (Ahmed, 2009).

Concernant *Camellia sinensis*, les résultats présentés sur la figure 13, montre que l'extrait aqueux de thé LIPTON menthe a donné une activité anti radicalaire importante avec un pourcentage d'inhibition du DPPH° de 64,5 % à une concentration 200 µg /ml, par rapport aux deux extraits de thé AKBAR caramel et AKBAR fraise qui ont présenté à la même concentration des pourcentages d'inhibition du DPPH° respectifs de 63,42% et 50%.

Quant à *Aloysia citriodora* c'est la verveine SALOUNA qui a enregistré un taux d'inhibition du DPPH° élevé par rapport à ceux des verveines NACERIA et AFTIS. Ces derniers ne sont pas mentionnés sur la figure 13 car les pourcentages d'inhibition du DPPH° de leurs extraits purs sont très faibles.

#### ❖ Détermination des IC<sub>50</sub>

IC<sub>50</sub> exprime la concentration capable de piéger 50% du radical DPPH. Ce paramètre est utilisé pour estimer l'activité antioxydante. Une IC<sub>50</sub> faible représente l'activité anti radicalaire la plus élevée (Molyneux, 2004). A partir des courbes de la figure 13 nous pouvons déterminer la valeur d'IC<sub>50</sub> de chaque extrait de *Camellia sinensis* et *Aloysia citriodora*. Les valeurs des concentrations des IC<sub>50</sub> sont rapportées dans le tableau suivant :

**Tableau IX :** Valeurs des concentrations d'IC<sub>50</sub>

Type de plante	Type d'infusion	Concentration d'IC <sub>50</sub> µg /ml
Thé <i>Camellia sinensis</i>	Thé LIPTON menthe	149,91
	Thé AKBAR caramel	153,14
	Thé AKBAR fraise	200
Verveine <i>Aloysia citriodora</i>	Verveine SALOUNA	-
	Verveine NACERIA	-
	Verveine AFTIS	-

D'après le tableau ci-dessus, on remarque que l'extrait aqueux de thé LIPTON menthe est le plus actif avec un  $IC_{50}$  de l'ordre de  $149,91\mu\text{g} / \text{ml}$ , suivi par l'extrait aqueux de thé AKBAR caramel avec une concentration égale à  $153,14\mu\text{g} / \text{ml}$ . Par contre, l'extrait aqueux de thé AKBAR fraise a la plus faible activité anti radicalaire avec  $200\mu\text{g} / \text{ml}$ . Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Moraes-De-Souza et al., (2007) qui ont trouvé des valeurs de  $IC_{50}$  de l'ordre de  $147,63\mu\text{g} / \text{ml}$ . De plus Gonbad et al., (2015) ont montré que l'extrait aqueux de thé vert assure une réduction de 50% à la concentration de  $215\mu\text{g} / \text{ml}$ . Tandis que Chan et al. (2006) ont présenté des résultats largement inférieurs à ceux obtenus dans la présente étude.

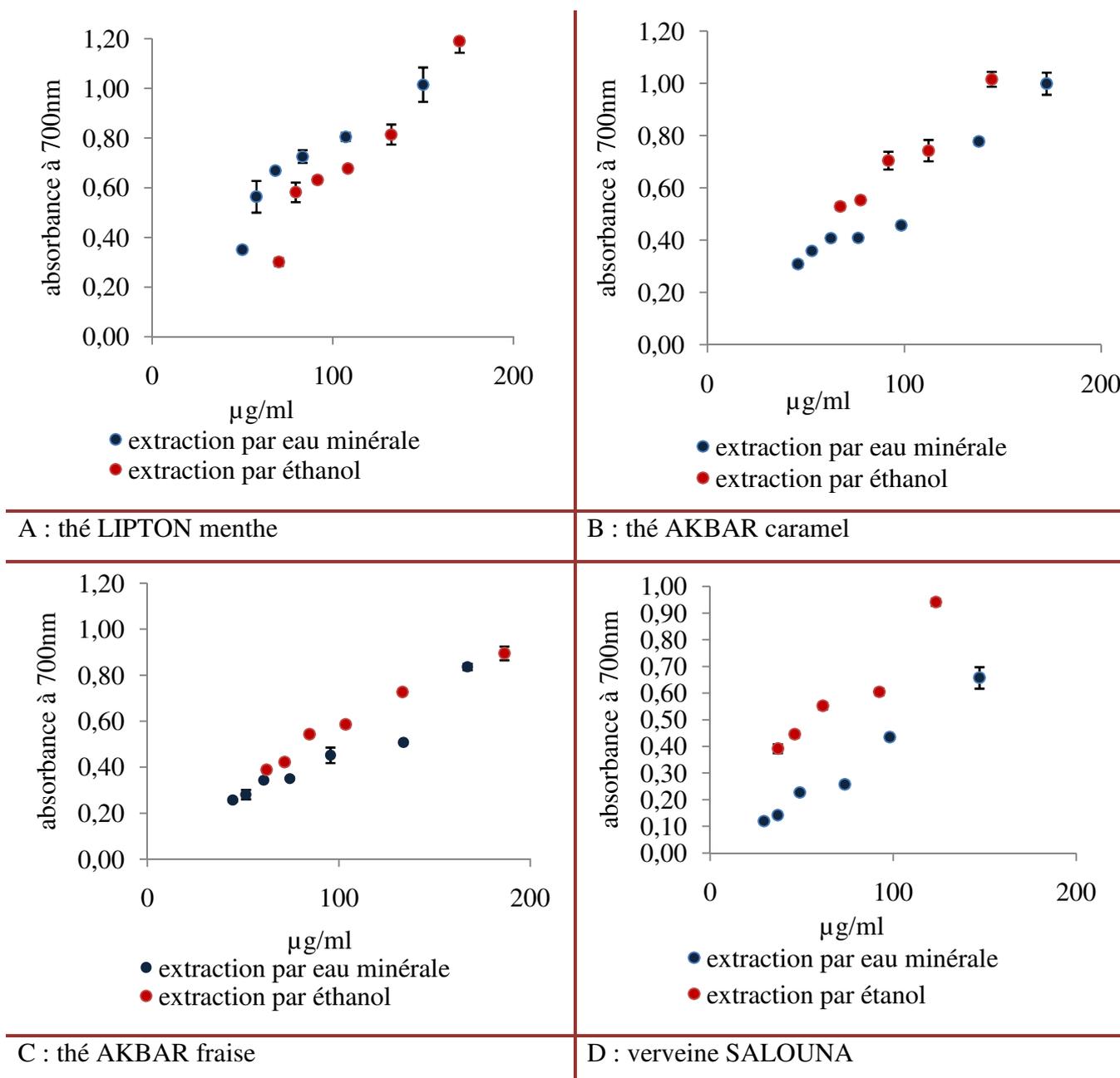
Les concentrations minimales inhibitrices n'ont pas été déterminées pour *Aloysia citriodora* car aucun extrait aqueux n'a pu atteindre un seuil d'inhibition de 50% des radicaux, étant donné qu'à la plus forte concentration (extrait pur), le taux d'inhibition ne dépasse pas 32%.

D'après les résultats obtenus, la variation du pouvoir antioxydant des différents extraits pourrait s'expliquer par leur richesse différentielle en polyphénols et plus particulièrement la nature de ces composés. Selon Turkmen et al. (2007) les polyphénols semblent être des donateurs efficaces d'hydrogène au radical DPPH, en raison de leur chimie structurale idéale.

Selon la bibliographie, les métabolites secondaires en particulier les polyphénols sont connus par leur effet antioxydant en neutralisant les radicaux libres. D'après les résultats des dosages des polyphénols et des flavonoïdes totaux on peut déduire que le thé vert, (*Camellia sinensis*) a un effet anti radicalaire, qui est fort probable lié à sa richesse en polyphénols et en flavonoïdes (Astill et al., 2009). Ces composés sont dotés d'activité antioxydante en libérant un atome d'hydrogène à partir de leur groupement hydroxyle ou bien par leurs propriétés chélatrices des ions métalliques (Pastre et al., 2005).

### **III.3.2. Pouvoir réducteur**

Le test du pouvoir réducteur, met en évidence la capacité d'une molécule à réduire un oxydant en lui cédant un électron, permettant ainsi de bien apprécier l'activité antioxydante de l'extrait testé. Ce test est un essai simple et reproductible, il est universel et peut être appliqué aux plantes et aux extraits organiques et aqueux (Bougandoura et Bendimerad, 2012). Les résultats obtenus pour les extraits des plantes étudiées sont illustrés dans la figure ci-dessous :



**Figure 14 :** Représentation graphique de l'évolution des absorbances du pouvoir réducteur en fonction des concentrations des extraits en µg /ml.

En ce référant aux résultats illustrés sur la figure14, on remarque que le pouvoir réducteur, des différents extraits est dose dépendant (concentration dépendante), c'est-à-dire que la capacité de réduction de fer est proportionnelle à l'augmentation de la concentration des extraits.

Les résultats obtenus montrent que les extraits aqueux de *Camellia sinensis* possèdent un fort pouvoir réducteur, qui varie de  $0,26 \pm 0,01$  à  $1,51 \pm 0,01$  par rapport aux extraits

d'*Aloysia citriodora* qui enregistrent un faible pouvoir réducteur variant de  $0,05 \pm 0,01$  à  $0,66 \pm 0,04$ . Ceci peut être expliqué par la forte teneur en composés phénoliques de *Camellia sinensis* contrairement à *Aloysia citriodora* qui présente une faible teneur en ces composés. Ces derniers connus pour leur pouvoir réducteur sont appelés réductones, ils sont capables de réduire le fer ferrique ( $Fe^{3+}$ ), céder des électrons et transformer les radicaux libres actifs en des produits stables (Dorman et al., 2004 ; Singh et al., 2006).

Les résultats de l'activité réductrice montrent clairement que l'extrait aqueux de thé LIPTON menthe présente le pouvoir de réduire l'ion  $Fe^{3+}$  le plus intéressant (le potentiel antioxydant le plus fort), suivi par l'extrait aqueux du thé AKBAR caramel et en dernier lieu l'extrait aqueux du thé AKBAR fraise .

Parmi les trois extraits aqueux d'*Aloysia citriodora* étudiés, la verveine SALOUNA a enregistré le plus fort pouvoir réducteur, alors que la plus faible valeur est enregistrée pour la verveine AFTIS.

Le pouvoir réducteur des extraits des deux plantes 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 (Bougandoura et Bendimerad, 2012).

Ce processus d'autoxydation dépend de multiples paramètres tels que la concentration de l'ion métallique et des polyphénols, la température, le pH et la présence d'agents complexants (Ghedadba et al., 2015). Quelques études antérieures ont également montré que le pouvoir réducteur d'un composé peut servir comme un indicateur significatif de son activité antioxydante potentielle (Jeong et al., 2004).

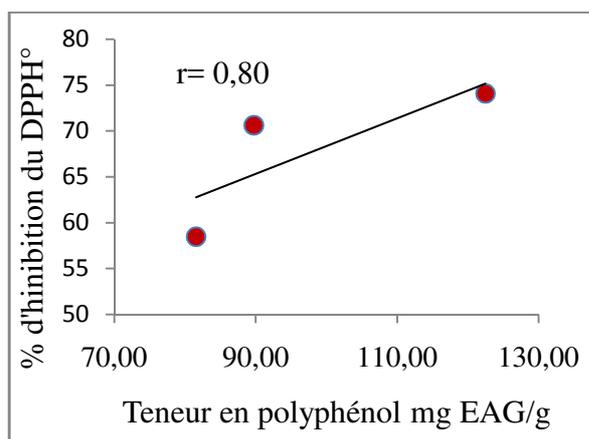
#### **III.4. Corrélation entre les composés phénoliques et l'activité antioxydante**

Les composés phénoliques présents dans les plantes sont de bons antioxydants naturels (Wangcharoen et Morasuk, 2007). Afin de confirmer que l'activité antioxydante des extraits aqueux de *Camellia sinensis* et *Aloysia citriodora* est due à leur richesse en composés phénoliques, nous avons essayé de trouver une corrélation linéaire entre les valeurs de la capacité antioxydante et leur contenu en composés phénoliques (polyphénols et flavonoïdes). Le coefficient de corrélation est compris entre -1 et 1. Un signe négatif indique qu'il varie en sens inverse de X. on parle alors d'une corrélation négative. Si le coefficient est proche de 0, les deux variables sont linéairement indépendantes, tandis qu'une liaison linéaire est d'autant plus marquée que le coefficient s'approche de 1 ou -1 (Rakotomalala, 2015).

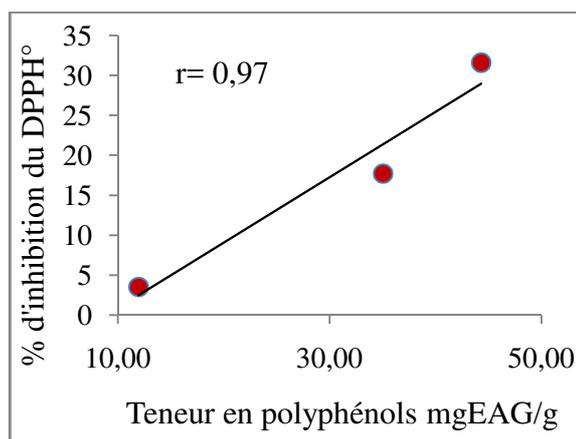
### III.4.1. Corrélation entre les polyphénols et l'activité anti radicalaire DPPH°

L'activité anti radicalaire est généralement liée à la quantité et à la nature des composés phénoliques présents dans les extraits. Les résultats de l'analyse de corrélation entre les polyphénols et l'activité anti radicalaire DPPH° sont présentés sur la figure 15.

A :



B :



**Figure 15 :** Corrélation entre la teneur en polyphénols totaux des échantillons du thé et les échantillons de la verveine et l'activité anti radicalaire DPPH°.

A: *Camellia sinensis*

B: *Aloysia citriodora*

D'après ces graphes, une corrélation est observée entre la teneur en polyphénols totaux et l'activité anti radicalaire, avec  $r = 0,80$  pour les échantillons aqueux du *Camellia sinensis*. Ce résultat est en accord avec les travaux de Gonbad et al. (2015) et Zeilinski et al. (2015) avec des coefficients respectifs de  $r = 0,85$  et de  $r = 0,76$ . Pour les échantillons aqueux d'*Aloysia citriodora* leur coefficient de corrélation est de l'ordre 0,97. Les études de Dadé et al. (2009) sur la verveine, ont montré que le coefficient de corrélation entre la teneur des extraits de la verveine en polyphénols et l'activité antioxydante est fortement significatif.

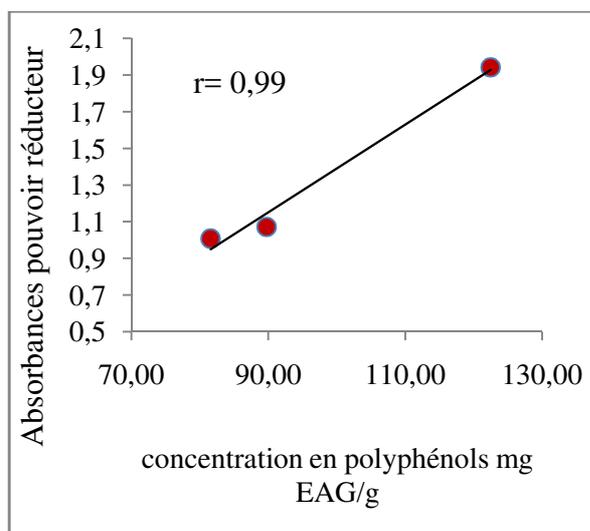
En effet, cette concordance confirme que l'activité anti radicalaire de *Camellia sinensis* et *Aloysia citriodora* peut être due principalement à leur teneur en polyphénols totaux. Généralement, les polyphénols avec un nombre élevé de groupements hydroxyle présentent l'activité antioxydante la plus élevée (Heim et al., 2002), qui est due à leur pouvoir de donner plus d'atomes pour stabiliser les radicaux libres (Torres de pinedo et al., 2007), ce qui peut être expliqué en partie par le fait que l'activité anti-radicalaire est dépendante du

nombre, de la position et de la nature des substituants sur les cycles B et C (groupements hydroxyles, méthoxylés, glycosylés) et le degré de polymérisation (Popovici et al., 2010).

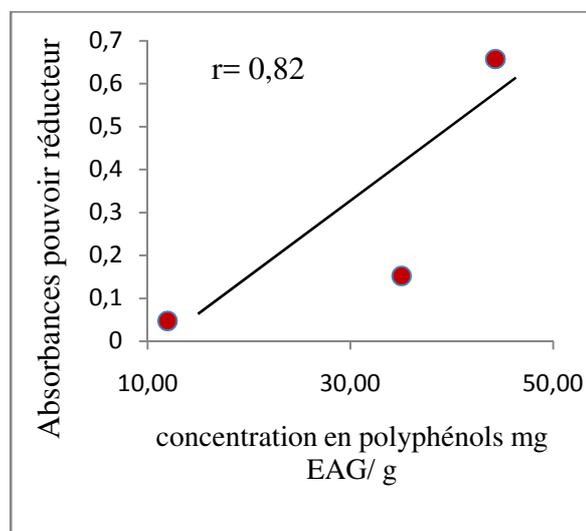
### III.4.2. Corrélation entre les polyphénols et le pouvoir réducteur

Il est intéressant de relier le pouvoir réducteur des extraits à leurs teneurs en composés phénoliques. Afin d'explorer cette relation, nous avons déterminé la corrélation entre les teneurs en polyphénols et le pouvoir réducteur des extraits de *Camellia sinensis* et *Aloysia citriodora*.

A :



B :



**Figure 16** : Corrélation entre la teneur en polyphénols totaux des échantillons du thé et les échantillons de la verveine et le pouvoir réducteur.

A: *Camellia sinensis*

B: *Aloysia citriodora*

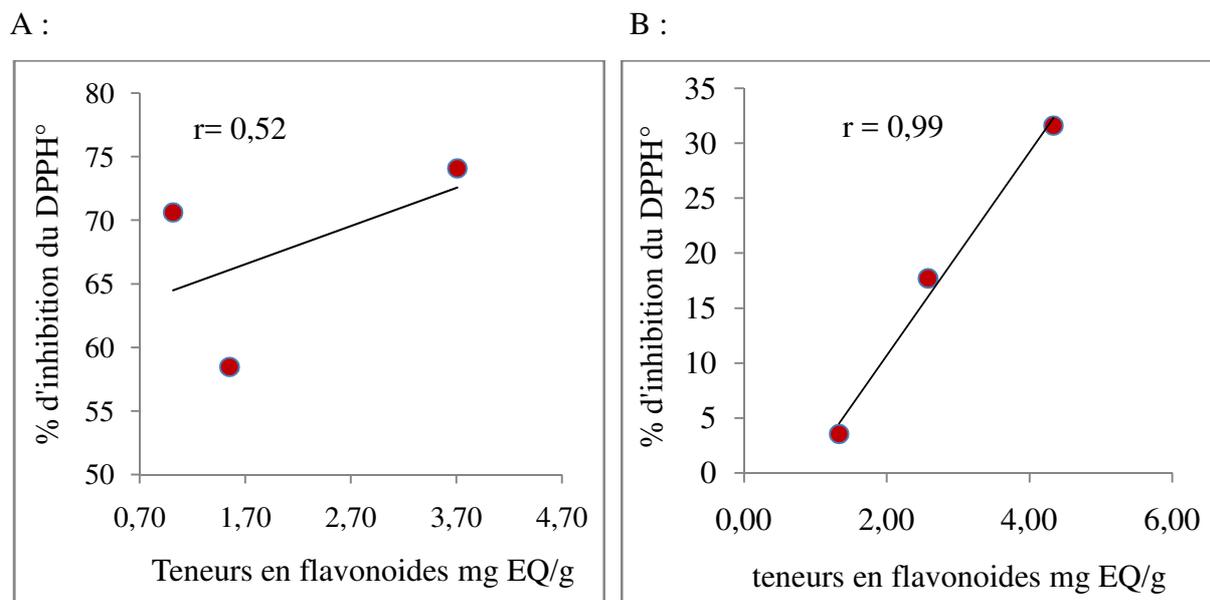
Il existe une bonne corrélation entre le pouvoir réducteur et la teneur en polyphénols de *Camellia sinensis* et *Aloysia citriodora*, avec des coefficients respectifs de  $r = 0,99$  et  $r = 0,82$  (figure 16).

Les études de Anesini et al. (2008) et Zeilinski et al. (2015) sur le thé vert, ont rapporté un coefficient de corrélation, entre la teneur des extraits de thé vert en polyphénols et le pouvoir réducteur, qui est égale à  $r = 0,90$ . D'autre part, au cours de leur étude menée sur *Aloysia citriodora*, Dadé et al. (2009) ont signalé la présence d'une corrélation entre les polyphénols et pouvoir réducteur.

La forte corrélation positive constatée entre le pouvoir réducteur et le contenu phénolique suggère que les composés phénoliques de cette plante sont des constituants qui contribuent majoritairement à son activité antioxydante.

### III.4.3. Corrélation entre les flavonoïdes et l'activité anti radicalaire DPPH°

Les résultats de l'analyse de corrélation entre les flavonoïdes et l'activité anti radicalaire DPPH° sont présentés sur la figure 17.



**Figure 17:** Corrélation entre la teneur en flavonoïdes des échantillons du thé et les échantillons de la verveine et l'activité anti radicalaire DPPH°.

A: *Camellia sinensis*

B: *Aloysia citriodora*

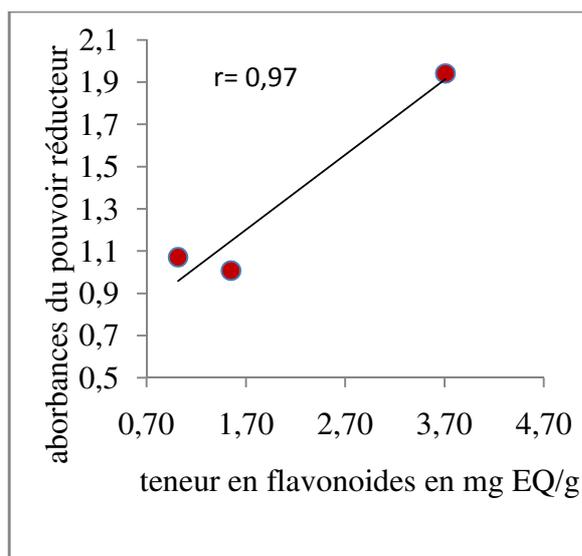
Au vu de ces résultats, une forte corrélation positive a été trouvée pour *Aloysia citriodora*, avec un coefficient de 0,99. Nos résultats sont conformes à ceux de Dadé et al. (2009), qui ont trouvé une corrélation positive (0,86) entre les flavonoïdes et le pouvoir anti radicalaire. Les flavonoïdes sont connus pour leurs nombreuses activités biologiques qui sont attribuées en partie aux propriétés antioxydantes. Ils sont susceptibles de réagir avec la plupart des espèces réactives oxygénées (Cheurfa, 2015).

Une faible corrélation est observée entre le contenu en flavonoïdes et le pouvoir anti radicalaire ( $r = 0,52$ ) de *Camellia sinensis*. Le résultat trouvé dans notre étude est inférieur à celui trouvé par Gonbad et al. (2015) ( $r = 0,884$ ).

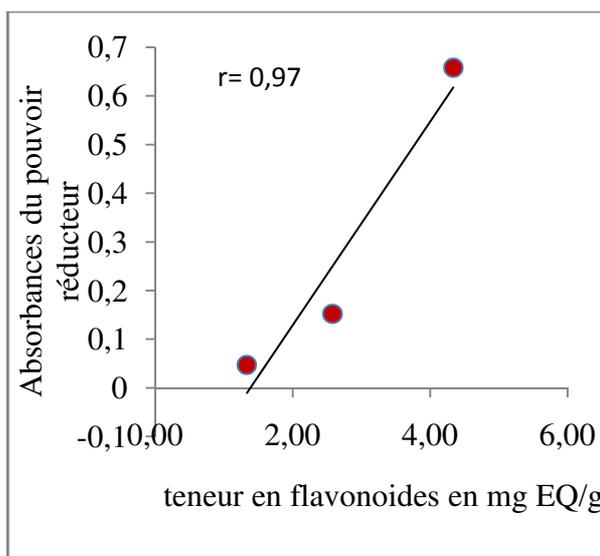
Nous pouvons suggérer d'après nos résultats, que les flavonoïdes présents dans nos extraits ne sont pas dotés d'un important pouvoir antioxydant. Cette activité est peut être due à d'autres classes de composés bioactifs y compris les tanins.

#### III.4.4. Corrélation entre les flavonoïdes et le pouvoir réducteur

A :



B :



**Figure 18:** Corrélation entre la teneur en flavonoïdes des échantillons du thé et les échantillons de la verveine et le pouvoir réducteur.

A: *Camellia sinensis*

B: *Aloysia citriodora*

Nous avons mis en évidence une corrélation entre la teneur en flavonoïdes de nos extraits et leur pouvoir réducteur. D'après la figure 18, nous constatons que le pouvoir réducteur de *Camellia sinensis* et *Aloysia citriodora* est en parfaite corrélation avec les teneurs en flavonoïdes ( $r = 0,97$ ). Cela s'explique par un mécanisme de transfert d'électrons qui augmente la capacité de réagir comme réducteurs.

Le niveau de corrélation entre le contenu phénolique et l'activité antioxydante est un aspect intéressant, mais il faut prendre en considération que les composés phénoliques réagissent différemment, selon le nombre de groupes phénoliques et que les composés phénoliques totaux ne représentent pas nécessairement tous les antioxydants qui peuvent être présents dans un extrait brut (Tawaha *et al.*, 2007).

*Conclusion*

# Conclusion

De nos jours, un grand nombre de plantes aromatiques et médicinales possède des propriétés biologiques très importantes qui trouvent de nombreuses applications dans divers domaines à savoir l'industrie, la médecine, la pharmacie et l'agriculture.

Dans le cadre de notre travail, nous nous sommes intéressés à une étude comparative en composés phénoliques et à l'activité antioxydante des infusions de thé (*Camellia sinensis*) et de la verveine (*Aloysia citriodora*). Les préparations à base de ces deux plantes connues par leur propriété aromatique et leur goût appréciables sont largement utilisées en médecine traditionnelle à travers le monde.

Pour ce faire, 3 marques de thé (LIPTON menthe, AKBAR caramel et AKBAR fraise) et 3 marques de verveine (SALOUNA, NACERIA ET AFTIS), mises sur le marché local ont été choisies sur la base de leurs large consommation. La préparation des différents extraits est réalisée par la méthode d'infusion en utilisant deux solvants d'extraction: l'eau minérale et l'éthanol (50%), ce dernier est considéré comme un standard.

De cette étude, nous pouvons ressortir les points suivants :

L'évaluation quantitative des polyphénols totaux par la méthode de Folin-Ciocalteu a révélé la présence de quantités importantes de polyphénols dans les extraits des deux plantes étudiées. Cependant, les extraits de thé vert sont les plus riches en polyphénols que ceux de la verveine. L'analyse des résultats de ce dosage a révélé également que l'extrait du thé LIPTON menthe est plus riche en ces composés que les deux autres extraits (AKBAR caramel et AKBAR fraise). Parmi les trois extraits de la verveine testés, il apparaît que la verveine SALOUNA est la plus riche en polyphénols. Ce test phytochimique nous a permis de conclure que *Camellia sinensis* et *Aloysia citriodora* sont une source importante des polyphénols.

En parallèle, la quantification des flavonoïdes a été effectuée par la méthode de trichlorure d'aluminium. Les résultats obtenus par ce dosage nous ont permis de conclure que les teneurs en flavonoïdes sont très proches pour tous les extraits, avec une légère augmentation pour la verveine.

L'activité antioxydante a été évaluée par deux tests différents : l'inhibition du radical DPPH° et le pouvoir réducteur.

Parmi les six échantillons des thés et des verveine testés, l'inhibition du radical DPPH°, exprimé en terme de concentration inhibitrice de 50% des radicaux (IC<sub>50</sub>), n'a été évoluée que pour les extraits de thé dont le thé LIPTON menthe représente l'extrait le plus actif avec une IC 50% de l'ordre de 149,91µg/ml, suivi par la thé AKBAR caramel et fraise. Pour les autres extraits de verveine, cette grandeur ne pouvait pas être atteinte, car à la plus forte concentration (148 µg /ml), elle n'arrive pas à dépasser les 32% de l'activité de piégeage du radical DPPH°. D'après ces résultats, on peut déduire que le thé vert (*Camellia sinensis*) a un effet anti radicalaire qui est fort probable lié à sa richesse en composés phénoliques, tandis que la verveine présente un pouvoir le plus faible.

Les résultats de l'activité réductrice montrent clairement que les extrais de thé vert manifestent le pouvoir réducteur le plus élevé par rapport aux extrais de la verveine. L'extrait du thé LIPTON menthe présente le potentiel antioxydant le plus fort, tandis que pour la verveine, le plus grand pouvoir réducteur est enregistré avec l'extrait de la verveine SALOUNA.

L'analyse de nos résultats, fait ressortir qu'il ya une forte corrélation positive entre le contenus phénoliques de l'ensemble des extrais testés du thé et de la verveine et leur activité antioxydante. Cela suggère que les composés phénoliques de ces deux plantes étudiées sont des constituants qui contribuent majoritairement à leur activité antioxydante.

Globalement, les extraits des deux plantes sélectionnées dans ce travail contiennent probablement des molécules très intéressantes qui peuvent être considérées comme des agents antioxydants et peuvent être employées pour des applications thérapeutiques, sachant que les antioxydants contribuent de manière très efficaces à la prévention des maladies telle que les cancers et les maladies cardiovasculaires.

*Références  
bibliographiques*

## *Références bibliographiques*

### *A*

**Abuhamdah R, Mohammed A. 2014.** Chemical, molecular pharmacology and neuroprotective properties of the essential oil derived from *Aloysia citrodora* Palau: Durham University.

**Afnor Ø. 1982.** Recueil de normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes jus de fruits. AFNOR 325.

**Ahmed SH, Rocha JB. 2009.** Antioxidant properties of water extracts for the Iraqi plants *Phoenix dactylifera*, *Loranthus europeas*, *Zingiber officinalis* and *Citrus aurantifolia*. *Modern Applied Science* 3(3):161.

**Al Khateeb W, Hussein E, Qouta L, Alu'datt M, Al-Shara B, Abu-Zaiton A. 2012.** In vitro propagation and characterization of phenolic content along with antioxidant and antimicrobial activities of *Cichorium pumilum* Jacq. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)* 110(1):103-110.

**Alam MN, Bristi NJ, Rafiquzzaman M. 2013.** Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. *Saudi Pharmaceutical Journal* 21(2):143-152.

**Anesini C, Ferraro GE, Filip R. 2008.** Total polyphenol content and antioxidant capacity of commercially available tea (*Camellia sinensis*) in Argentina. *Journal of agricultural and food chemistry* 56(19):9225-9229.

**Ashida H, Furuyashiki T, Nagayasu H, Bessho H, Sakakibara H, Hashimoto T, Kanazawa K. 2004.** Anti-obesity actions of green tea: possible involvements in modulation of the glucose uptake system and suppression of the adipogenesis-related transcription factors. *Biofactors* 22(1-4):135-140.

**Astill C, Birch MR, Dacombe C, Humphrey PG, Martin PT. 2001.** Factors affecting the caffeine and polyphenol contents of black and green tea infusions. *Journal of agricultural and food chemistry* 49(11):5340-5347.

**Athamena S, Chalghem I, Kassah-Laouar A, Laroui S, Khebri S. 2010.** Activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits de *Cuminum cyminum* L. *Lebanese Science Journal* 11(1):69-81.

### *B*

**Baba Aissa F. 1999.** Encyclopédie des plantes utiles, Flore d'Algérie et du Maghreb. Rouiba:235-236.

**Banerjee B, Chaudhuri T. 2005.** Therapeutic effects of tea: Science Publishers.

**Benhammou N. 2012.** Activité antioxydante des extraits des composés phénoliques de dix plantes médicinales de l'Ouest et du Sud-Ouest Algérien.

**Bizuayehu D, Atlabachew M, Ali MT. 2016.** Determination of some selected secondary metabolites and their invitro antioxidant activity in commercially available Ethiopian tea (*Camellia sinensis*). SpringerPlus 5(1):412.

**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, Numéro spécial 2006: Méthodes et outils pour l'observation et l'évaluation des milieux forestiers, prairiaux et aquatiques:79-82.

**Bougandoura N, Bendimerad N. 2012.** Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha* ssp. *Nepeta* (L) Briq Rev«Nature & Technologie» B-Sciences Agronomiques et Biologiques 9:14-19.

**Brand-Williams W, Cuvelier M-E, Berset C. 1995.** Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food science and Technology 28(1):25-30.

**Bruneton J. 1999.** Pharmacognosie. Phytochimie Plantes médicinales, Paris, Ed Tec-Doc.

## C

**Carnat A, Carnat A, Fraisse D, Lamaison J. 1999.** The aromatic and polyphenolic composition of lemon verbena tea. *Fitoterapia* 70(1):44-49.

**Chaboussou AD, Chabauty A. 2013.** Modes opératoires des extraits végétaux en viticulture biologique. *L'Agriculture Biologique en pays de la Loire*:1-4.

**Chabrier J-Y. 2010.** Plantes Médicinales Plantes Médicinales Et Formes Et Formes d'utilisation En Phy d'utilisation En Phytothérapie Tothérapie Tothérapie.

**Chan EWC, Wong SK. 2015.** Herbs and herbal teas with antioxidant properties comparable to or superior than those of *camellia sinensis*. *International Journal of Pharmacognosy* 2:33-37.

**Chapman RE. 2009.** Terpene chemistry of Lemon verbena (*Aloysia citriodora*): natural variation and response to ecological and agricultural variables: Ph. D. Thesis, University of Georgia, Athens, GA.

**Charnay P, Tourmeau J. 2007.** Petit Futé Guide pratique de la Dégustation. Ed. PGA ,Paris.:235.

**Chaturvedula VSP, Prakash I. 2011.** The aroma, taste, color and bioactive constituents of tea. *Journal of Medicinal Plants Research* 5(11):2110-2124.

**Chen H-Y, Lin Y-C, Hsieh C-L. 2007.** Evaluation of antioxidant activity of aqueous extract of some selected nutraceutical herbs. *Food chemistry* 104(4):1418-1424.

**Cheurfa M, Allem R. 2016.** Évaluation de l'activité anti-oxydante de différents extraits des feuilles d'*Aloysia triphylla*. *Phytothérapie* 14(3):181-187.

**CNUCED NU. 2016.** Thé Un profil de produit de base par INFOCOMM.

**Cooper R. 2012.** Green tea and theanine: health benefits. *International journal of food sciences and nutrition* 63(sup1):90-97.

## *D*

**Da Silva JAT. 2004.** Mining the essential oils of the Anthemideae. *African Journal of biotechnology* 3(12):706-720.

**Da Silva Pinto M. 2013.** Tea: A new perspective on health benefits. *Food Research International* 53(2):558-567.

**De Figueiredo RO, Stefanini MB, Ming LC, Marques MOM, Facanali R.2002.** Essential Oil Composition of *Aloysia triphylla* (L'Herit) Britton Leaves Cultivated in Botucatu, São Paulo, Brazil. p 131-134.

**De Pinedo AT, Peñalver P, Morales JC. 2007.** Synthesis and evaluation of new phenolic-based antioxidants: Structure–activity relationship. *Food chemistry* 103(1):55-61.

**Dewick PM. 2002.** Medicinal natural products: a biosynthetic approach: John Wiley & Sons.

**Djeridane A, Yousfi M, Nadjemi B, Boutassouna D, Stocker P, Vidal N. 2006.** Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food chemistry* 97(4):654-660.

**Dorman HD, Bachmayer O, Kosar M, Hiltunen R. 2004.** Antioxidant properties of aqueous extracts from selected Lamiaceae species grown in Turkey. *Journal of agricultural and food chemistry* 52(4):762-770.

## *E*

**Elgailani IEH. 2015.** Spectrophotometric and Phytochemical Analysis of Black Tea (*Camellia sinensis* Leaves). *Journal of Applied and Industrial Sciences*:167-171.

## *F*

**Falah S, Suzuki T, Katayama T. 2008.** Chemical constituents from *Swietenia macrophylla* bark and their antioxidant activity. *Pak J Biol Sci* 11:2007-2012.

**FAOSTAT F. 2015.** Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. Rome: FAO.

**Fillon L. 2014.** Le thé et le syndrome métabolique.

**Fujiki H. 2005.** Green tea: health benefits as cancer preventive for humans. *The Chemical Record* 5(3):119-132.

## G

**Garel E. 2006.** Sources et intérêt de la théanine présente dans le thé et ses préparations.

**Gazengel JM, Orecchioni AM. 2013.** Le préparateur en pharmacie. Guide théorique et pratique (2<sup>ème</sup> Edition. Ed. Lavoisier Paris):374.

**Georgé S, Brat P, Alter P, Amiot MJ. 2005.** Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. *Journal of agricultural and food chemistry* 53(5):1370-1373.

**Ghedadba N, Bousselsela H, Hambaba L, Benbia S, Mouloud Y. 2014.** Évaluation de l'activité antioxydante et antimicrobienne des feuilles et des sommités fleuries de *Marrubium vulgare* L. *Phytothérapie* 12(1):15-24.

**Ghedadba N, Hambaba L, Ayachi A, Aberkane M, Bousselsela H, Oueld-Mokhtar S. 2015.** Polyphénols totaux, activités antioxydante et antimicrobienne des extraits des feuilles de *Marrubium deserti* de Noé. *Phytothérapie* 13(2):118-129.

**Ghédira K, Goetz P. 2017.** Verveine odorante *Aloysia citriodora* Paláu (*Lippia citriodora*). *Phytothérapie* 15(1):33-37.

**Ghestem A, Seguin E, Paris M, Orecchioni A. 2001.** Le préparateur en pharmacie. Dossier 2:272.

**Ghnimi W. 2015.** Étude phytochimique des extraits de deux Euphorbiaceae: *Ricinus communis* et *Jatropha curcas*. Évaluation de leur propriété anti-oxydante et de leur action inhibitrice sur l'activité de l'acétylcholinestérase: Université de Lorraine.

**Gómez-Caravaca A, Gómez-Romero M, Arráez-Román D, Segura-Carretero A, Fernández-Gutiérrez A. 2006.** Advances in the analysis of phenolic compounds in products derived from bees. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 41(4):1220-1234.

**Gonbad RA, Afzan A, Karimi E, Sinniah UR, Swamy MK. 2015.** Phytoconstituents and antioxidant properties among commercial tea (*Camellia sinensis* L.) clones of Iran. *Electronic Journal of Biotechnology* 18(6):433-438.

## H

**HARBONE JB. 1994.** Phenolics in natural products : their chemistry and biological significance Eds .Mann J. Davidson RS, Hobbs JB .Longman (London). 6:361- 388.

**Haslam E, Cai Y. 1994.** Plant polyphenols (vegetable tannins): gallic acid metabolism. *Natural product reports* 11:41-66.

**Heim KE, Tagliaferro AR, Bobilya DJ. 2002.** Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *The Journal of nutritional biochemistry* 13(10):572-584.

**Hmamouchi ME. 2006.** Partenariats Agricoles pour la productivité et la prospérité. Numéro spécial : L'Institut National des Plantes Médicinales et Aromatiques (INPMA) de Taounate:4.

## *J*

**Jabeen S, Alam S, Saleem M, Ahmad W, Bibi R, Hamid FS, Shah HU. 2015.** Withering timings affect the total free amino acids and mineral contents of tea leaves during black tea manufacturing. *Arabian Journal of Chemistry*.

**Jayanthi P, Lalitha P. 2011.** Reducing power of the solvent extracts of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 3(3):126-128.

**Jeong S-M, Kim S-Y, Kim D-R, Jo S-C, Nam K, Ahn D, Lee S-C. 2004.** Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels. *Journal of agricultural and food chemistry* 52(11):3389-3393.

## *K*

**Kamra D, Agarwal N, Chaudhary L.2006.** Inhibition of ruminal methanogenesis by tropical plants containing secondary compounds. Elsevier. p 156-163.

**Khaled-Khodja N, Boulekbache-Makhlouf L, Madani K. 2014.** Phytochemical screening of antioxidant and antibacterial activities of methanolic extracts of some Lamiaceae. *Industrial crops and products* 61:41-48.

**Kraft K, Hobbs C. 2004.** Pocket guide to herbal medicine: Georg Thieme Verlag.

**Krief S. 2003.** Métabolites secondaires des plantes et comportement animal: surveillance sanitaire et observations de l'alimentation des chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda. *Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées: Museum national d'histoire naturelle-MNHN PARIS*.

**Krieps M. 2009.** Le The: Origine, Actualité et Potentialités: Thèse de doctorat, Faculté de pharmacie de l'Université Henri Poincaré-Nancy 1.

**Kuzuhara T, Suganuma M, Fujiki H. 2008.** Green tea catechin as a chemical chaperone in cancer prevention. *Cancer letters* 261(1):12-20.

## *L*

**Landau JM, Lambert JD, Yang CS. 2006.** Green Tea. *NUTRITIONAL ONCOLOGY* Second Edition:597- 606.

- Lasagni VR, Reides CG, Ferreira SM, Llesuy SF. 2014.** The protective effect of *Aloysia triphylla* aqueous extracts against brain lipid-peroxidation. *Food & function* 5(3):557-563.
- Lau Bik-San C. 2013.** Green tea (*Camellia sinensis*) extract inhibits both the metastasis and osteolytic components of mammary cancer 4T1 lesions in mice. *The Journal of nutritional biochemistry* 25(4):395-403.
- Lehmann H. 2013.** Le médicament à base de plantes en Europe: statut, enregistrement, contrôles: Université de Strasbourg.
- Lenoir L. 2011.** Effet protecteur des polyphénols de la verveine odorante dans un modèle d'inflammation colique chez le rat: Université d'Auvergne-Clermont-Ferrand I.
- Lobstein A. 2010.** Substances naturelles et pharmacognosie, les alcaloïdes.3-25.
- Luo K-W, Ko C-H, Yue GG-L, Lee JK-M, Li K-K, Lee M, Li G, Fung K-P, Leung P-C,**

## *M*

- Mahmood T, Akhtar N, Khan BA. 2010.** The morphology, characteristics, and medicinal properties of *Camellia sinensis* tea. *Journal of Medicinal Plants Research* 4(19):2028-2033.
- Maillet F. 2003.** Les vertus médicinales du thé (*Camellia sinensis*, Ternstroemiaceae): du mythe à la réalité.
- Majhenič L, Škerget M, Knez Ž. 2007.** Antioxidant and antimicrobial activity of guarana seed extracts. *Food chemistry* 104(3):1258-1268.
- Martin M, Fioravanti DE, SCHINELLA GR, Tournier HA. 2009.** Total antioxidant capacity and polyphenol content of 21 aqueous extracts obtained from native plants of Traslasierra valley (Argentina). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 8(6):529-539.
- Mazoyer M. 2002.** Larousse agricole (Mlthilde Mjonel):617-618.
- McKenna DJ, Jones K, Hughes K. 2002. *Botanical medicines: the desk reference for major herbal supplements*: Psychology Press.
- MIÑANO M S H A. 2012.** Efecto de la presión de vapor y tiempo de extracción en el rendimiento y características fisicoquímicas de aceite esencial de cedrón (*Aloysia triphylla*).
- Moeina M, Zarshenasc MM, Etemadfard H. 2014.** Essential oil composition and total flavonoid content of *Aloysia citriodora* palau under different cultivation systems. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences* 4(1):353-358.
- Molyneux P. 2004.** The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J Sci Technol* 26(2):211-219.
- Monograph. 2000.** Green tea. *Alternative Medicine Review* 5:372- 375.

**Moraes-de-Souza R, Oldoni T, Regitano-d'Arce M, Alencar S. 2008.** Antioxidant activity and phenolic composition of herbal infusions consumed in Brazil aactivid ad antioxidante Y Compuestos fenólicos en Infusiones herbarias consumid as en Brasil. CYTA-Journal of Food 6(1):41-47.

**Morin M-P. 2015.** Les polyphénols du thé vert: des molécules à double action contre la maladie parodontale: Université Laval.

**Mossion A. 2007.** Étude de la composition minérale et organique des liqueurs de thé et de leurs caractéristiques organoleptiques: influence des paramètres physico-chimiques de l'eau.

**Mukhtar H, Ahmad N. 2000.** Tea polyphenols: prevention of cancer and optimizing health. The American journal of clinical nutrition 71(6):1698s-1702s.

## N

**Namita P, Mukesh R, Vijay KJ. 2012.** Camellia Sinensis (green tea): a review. Global Journal of Pharmacology 6(2):52-59.

**Naser Aldeen MG, Mansoor R, AlJoubbeh M. 2015.** Fluctuations of phenols and flavonoids in infusion of lemon verbena (*Lippia citriodora*) dried leaves during growth stages. Nutrition & Food Science 45(5):766-773.

**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, Montpellier 2009.

**Nor Qhairul Izzreen M, Mohd Fadzelly A. 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).

## O

**Okamura K, Takanashi A, Yamada T, Hiraishi A. 2012.** Ammonia-oxidizing activity and microbial community structure in acid tea (*Camellia sinensis*) orchard soil. IOP Publishing. p 012052.

**Ouedraogo RA, Koala M, Dabire C, Hema A, Bazie V, Outtara L, Gnoula C, Pale E, Nebie RH. 2015.** Teneur en phénols totaux et activité antioxydante des extraits des trois principales variétés d'oignons (*Allium cepa* L.) cultivées dans la région du Centre-Nord du Burkina Faso. International Journal of Biological and Chemical Sciences 9(1):281-291.

**Ozercan IH. 2008.** Nutr. Res. 28:92-97.

## P

**Pascual M, Slowing K, Carretero E, Mata DS, Villar A. 2001.** Lippia: traditional uses, chemistry and pharmacology: a review. *Journal of ethnopharmacology* 76(3):201-214.

**Pastre J. 2005.** Intérêt de la supplémentation en antioxydants dans l'alimentation des carnivores domestiques.

**PERRY M. 2013.** Herboristerie : Enquête sur les principales demandes a l'officine faculté de pharmacie.

**Popovici C, Saykova I, Tylkowski B. 2010.** Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH.

## Q

**Quettier-Deleu C, Gressier B, Vasseur J, Dine T, Brunet C, Luyckx M, Cazin M, Cazin J-C, Bailleul F, Trotin F. 2000.** Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. *Journal of ethnopharmacology* 72(1):35-42.

## R

**Rakotomalala R. 2015.** Analyse de corrélation. Étude des dépendances-Variables.

Samy K. 2010. Etude de la relation du thé vert. Maladies cardiovasculaires et Stress oxydant.

## S

**Scharbert S, Hofmann T. 2005.** Molecular definition of black tea taste by means of quantitative studies, taste reconstitution, and omission experiments. *Journal of agricultural and food chemistry* 53(13):5377-5384.

**Schmitter MG. 2016.** Université de Picardie Jules Verne les propriétés anticancéreuses des catéchines issues du thé vert. Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme d'état de docteur en pharmacie.

**Sheikh Re, Amin AS, Atwa MA, Gouda AA, Abdullah AA. 2015.** Determination of Phenolic components and antioxidant activity of some Egyptian tea samples. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* Vol 7(4):198-202.

**Singh J, Upadhyay A, Bahadur A, Singh B, Singh K, Rai M. 2006.** Antioxidant phytochemicals in cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata). *Scientia Horticulturae* 108(3):233-237.

**Stuart EC, Rosengren RJ. 2008.** The combination of raloxifene and epigallocatechin gallate suppresses growth and induces apoptosis in MDA-MB-231 cells. *Life sciences* 82(17):943-948.

## T

**Tawaha K, Alali FQ, Gharaibeh M, Mohammad M, El-Elimat T. 2007.** Antioxidant activity and total phenolic content of selected Jordanian plant species. *Food chemistry* 104(4):1372-1378.

**Tirichine HS. 2010.** Etude ethnobotanique, activité antioxydante et analyse phytochimique de quelques cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) du Sud-Est Algérien: Université Ahmed Ben Bella d'Oran1 Es Senia.

**Turkmen N, Velioglu YS, Sari F, Polat G. 2007.** Effect of extraction conditions on measured total polyphenol contents and antioxidant and antibacterial activities of black tea. *Molecules* 12(3):484-496.

## V

**Vélez Párraga EA. 2015.** Análisis farmacognóstico de los órganos botánicos del Cedrón (*Lippia Citriodora*), con poder Antimicrobial y Letal, cultivada en la República del Ecuador.

**Vuorela S, Salminen H, Mäkelä M, Kivikari R, Karonen M, Heinonen M. 2005.** Effect of plant phenolics on protein and lipid oxidation in cooked pork meat patties. *Journal of agricultural and food chemistry* 53(22):8492-8497.

## W

**Wachira F, Tanaka J, Takeda Y. 2001.** Genetic variation and differentiation in tea (*Camellia sinensis*) germplasm revealed by RAPD and AFLP variation. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 76(5):557-563.

**Wang L. 2006.** Le thé et la culture chinoise. Chine : Editions en Langues Etrangères Beijing:ii-5, 14-15, 22-33.

**Wangcharoen W, Morasuk W. 2009.** Antioxidant capacity changes of bird chili (*Capsicum frutescens* Linn) during hot air drying. *Kasetsart Journal (Natural science)* 43:12-20.

## Y

**Yousefzadeh N, Meshkatalasadat Mh.2013.** Quantitative and qualitative study of bioactive compounds of essential oils of plant *Lippia citriodora* by use of GC-MS technique. *Journal of Novel Applied Sciences*:964-968.

## Z

**Zielinski AAF, Haminiuk CWI, Beta T. 2016.** Multi-response optimization of phenolic antioxidants from white tea (*Camellia sinensis* L. Kuntze) and their identification by LC–DAD–Q–TOF–MS/MS. *LWT-Food science and Technology* 65:897-907.

# *Annexes*

Annexe I : La composition chimique de *Camellia sinensis*

Tableau I : composition chimique de la feuille de thé (Mossion, 2007).

Composés de la feuille de thé	Pourcentage de la matière sèche
Polyphénols	20% à 36%
Flavanols	25%
Acides phénols	3%
Caféine	2 à 4% ou plus
Théophylline	0,02 à 0,04%
Théobromine	0,15 à 0,2%
Glucides	25%
Protéines	15%
Acides aminés	3 à 4%
Lipides	2 à 3%
Minéraux	3 à 5%
Cellulose	7%
Caroténoïdes	<0,1%
Chlorophylle	0,5%
Composés volatils	0,01 à 0,02%
Cendres	5%

## Annexe II : Classe et structures de quelques composés phénoliques

Tableau IV : les classes des polyphénols et leurs structures de base (Nagendran, 2006).

Classe	Structure de base
Acides phénoliques	C6-C1/C6-C3
Coumarines	C6-C3
Flavonoïdes	C6-C3-C6
Stilbénes	C6-C2-C6
Lignanes	(C6-C3) <sub>2</sub>
Lignines	(C6-C3) <sub>n</sub>
Tanins	(C6-C3-C6) <sub>n</sub>

## Annexe III : Courbes d'étalonnages utilisés

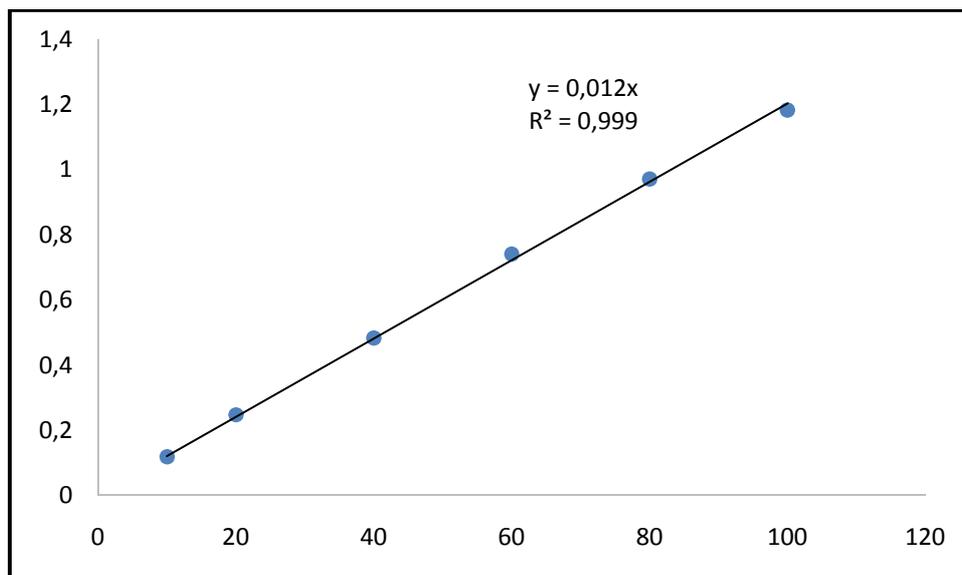


Figure 1 : Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux.

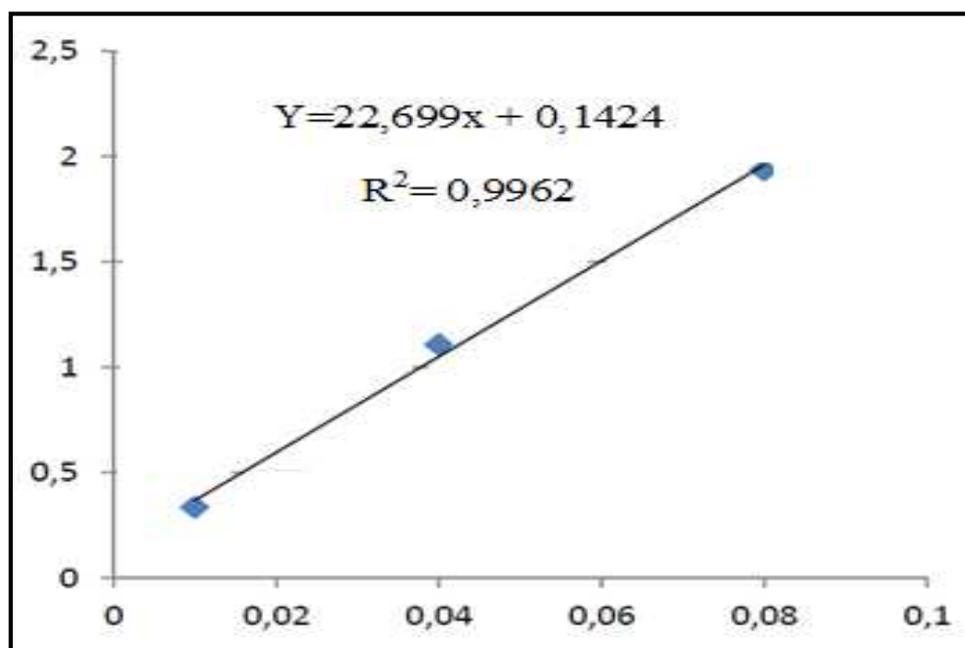


Figure 2 : Courbe d'étalonnage des flavonoïdes.

## Résumé

L'objectif de notre travail est l'évaluation de la composition phytochimique et l'activité antioxydante de quelques infusions de thé et de verveine misent sur le marché local. Le dosage calorimétrique avec le Folin-Ciocalteu des polyphénols témoigne de la présence de grandes quantités de polyphénols dans tous les extraits de thé et de la verveine étudiés. L'extrait du thé LIPTON menthe représente l'extrait le plus riche en ces composés (122,48 mg EAG/g MS) parmi les trois extraits de thé testés (thé AKBAR caramel et thé AKBAR fraise). Tandis que l'extrait de la verveine SALOUNA révèle une teneur la plus élevée en polyphénols (44,30mg EAG/g) comparée à celle trouvée pour les extraits NACERIA et SALOUNA. La quantification des flavonoïdes a été effectuée par la méthode de trichlorure d'aluminium qui a révélé la richesse en flavonoïdes des extraits de la verveine par rapport à aux extraits de thé. Des analyses complémentaires ont permis de mettre en évidence les capacités antioxydantes et anti radicalaires de ces extraits, selon les méthodes de DPPH° et le pouvoir réducteur. Les résultats de ces travaux nous ont permis d'affirmer que l'ensemble des extraits de thé présentent une bonne propriété antioxydante par rapport aux extraits de la verveine. Nous avons enregistré une bonne corrélation entre les composés phénoliques de nos extraits et de l'activité antioxydante, cela indique que cette dernière prouvée par les deux tests utilisés sont assurés, probablement, par les même molécules bioactives (les polyphénols).

**Mots clés :** Thé, verveine, physicochimie, polyphénols, flavonoïdes, activité antioxydante.

## Abstract

The objective of our work is to evaluate the phytochemical composition and the antioxidant activity of some infusions of tea and verbena on the local market. The Folin-ciocalteu spectrophotometric method of polyphenols demonstrates the presence of large quantities of polyphenols in all the tea extracts and verbena studied, of which the extract of LIPTON mint tea represents the richest extract of these compounds (122,48 mg AGE / g) among the three tea extracts tested (AKBAR caramel tea and AKBAR strawberry tea) . Whereas the extract of verbena SALOUNA reveals a higher content of polyphenols (44,30mg AGE / g) compared to that found for extracts NACERIA and SALOUNA. The quantification of flavonoids was carried out by the aluminum trichloride method which revealed a slight superiority of the flavonoids levels in verbena extracts compared to those found for tea extracts. The additional analyses allowed us to highlight the antioxidant and anti free radical capacities of these extracts, according to the DPPH° and the reducing power .The results of this work allowed us to state that all the tea extracts have very good antioxidant properties compared to extracts of verbena. We recorded a positive correlation between the phenolic compounds of our extracts and the antioxidant activity, which indicates that the latter proved by the two preceding tests are assured, probably, of the same bioactive molecules (the polyphenols).

**Keywords:** Tea, verbena, physico-chemical, phenolic compounds, flavonoids, antioxidant activity.