

République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université A. Mira de Bejaia



Faculté de Technologie
Département de Génie des procédés

Mémoire
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
Master

Domaine : Science et Technologie Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie Alimentaire

Présenté par

M^{elle} Boufroua Ines & M^{elle} IKHLEF Ouarda.

Thème :

*L'impact du séchage sur l'activité biologique de
l'Ocimum basilicum .*

Soutenue le : 25/09/2022

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade		
Mme Bouras.K	MCA	Université de Bejaia	Présidente
Mme Arkoub.L	MCA	Université de Bejaia	Examinatrice
Mme BEY. Z	MAA	Université de Bejaia	Encadreur

Année Universitaire : 2021/2022

Remerciements

Avant tout nous remercions dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé, la force, le courage et la patience pour dépasser toutes nos difficultés et mener à terme notre travail.

Nous tenons à exprimer notre plus grande gratitude et nos sincères remerciements à notre encadrante « Mme BEY Zakia » pour avoir accepté de diriger ce travail et d'avoir cru en nos capacités de recherche.

On la remercie pour sa disponibilité son professionnalisme, son apport de connaissances et son aide lors de diverses manipulations expérimentales, ses précieux conseils et le support qu'elle nous a donné tout au long de notre projet de recherche, ainsi qu'à sa bonne humeur et sa gentillesse.

Un grand merci pour ses encouragements et son soutien dans les moments difficiles surtout dans la période de grossesse et la période d'accouchement de Warda.

Nous remercions vivement les ingénieurs des laboratoires : Mme Adrar. M, Mme Habi, Mme Amrani ainsi que Mme Braday pour nous avoir accueillies au sein des laboratoires de génie des procédés et pour leur entière disponibilité.

Nos remerciements s'adressent également aux membres de jury qui jugeront notre travail à savoir Mme Arkoub et Mme Bouras

On souhaite également remercier le chef de notre département de génie des procédés monsieur Fatmi. S, sans oublier de remercier les enseignants qui nous ont formé tout au long de notre cursus.

Enfin, nous adressons chaleureusement nos vifs remerciements à nos familles, nos amis(es) et nos proches qui ont toujours été à nos côtés pendant cette période et aussi toutes les personnes qui ont participé, aidé, soutenu et encouragé tout au long de la réalisation de ce modeste mémoire.



B. Ines & I. Ouarda -

Dédicace

Je tiens à dédier ce modeste travail, achevé avec l'aide de Dieu le tout puissant qui m'a donné la santé, la volonté, le courage et la patience pour mener à terme ma formation à mes chers parents,

mes frères Salim et Bilal à mes cousines Sabrina, Zina, Lila, Kahina, Mina, Chanez, Fahima et Ibtissam; qui m'ont toujours encouragé dans tous mes projets et qui m'ont appris que s'instruire est l'héritage le plus important dans la vie et j'espère vous faire honneur et que vous serez toujours fiers de moi.

Je dédie ce travail à toutes mes copines; Yasmina, Zina et Warda et à son petit ange Axel



- B. Ines -

Dédicace

Je dédie ce travail à :

*Mes très chers parents, quoi que je fasse ou que je dise,
Je ne peux pas vous remercier comme il se doit, votre
amour et votre présences à mes côtés a toujours été ma
source de force et de réussite.*

A vous mes frères yacine et Hocine

Mon cher mari Moussa ainsi mon petit ange Axel

Ma copine et binôme Ines et toute sa famille

Mes copines Houda et Soraya et mes collègues

*Sans oublier nos chers professeurs que ce soit de primaire,
du moyen, du secondaire ou de l'enseignement supérieurs.*



- I. Ouarda -

Table de matière

REMERCIEMENTS

DEDICACE

DEDICACE

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....1

Chapitre I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Présentation du basilic	4
I.1.1. Historique	4
I.1.2. Basilic (<i>Ocimum basilicum</i>)	4
I.1.3. Nomenclature	4
I.1.4. Description botanique	5
I.1.5. Classification botanique	6
I.1.6. Les variétés d' <i>Ocimum basilicum</i>	7
I.1.6.1. Basilic citron « <i>Ocimum basilicum</i> cinnamon »	7
I.1.6.2. Grand vert « <i>Ocimum basilicum</i> L. gratissium »	7
I.1.6.3. <i>Basilic</i> fin vert ou nain compact.....	7
I.1.6.4. Le <i>basilic</i> cannelle.....	8
I.1.6.5. Basilic pourpre « <i>Ocimum basilicum</i> L. purperescens »	8
I.1.7. Origine et répartition géographique du <i>basilic</i> dans le monde.....	9
I.1.8. Composition biochimique de <i>Basilic</i>	10
I.1.8.1. Composition en métabolites primaires	10
I.1.9. Utilisation d' <i>Ocimum basilicum</i> L.....	13
I.1.9.1. Pour l'alimentation.....	13
I.1.9.2. En parfumerie.....	13
I.1.9.3. En médecine.....	13
I.2. Le stress oxydatif	14
I.2.1. Définition du stress oxydant.....	14
I.2.2. Radicaux libres	14
I.2.3. Différents types de radicaux libres	15
I.2.4. Dommages biologiques causés par le stress oxydatif.....	15
I.3. Les antioxydants	16
I.3.1. Définition	16
I.3.2. Différents types d'antioxydants.....	16
I.4. Le séchage	18
I.4.1. Historique	18
I.4.2. Définition	19
I.4.3. Principe du séchage.....	19
I.4.4. Objectif du séchage.....	19
I.4.5. Méthode et modes de séchage des plantes	20
I.4.5.1. Méthode de séchage	20

Table de matière

I.4.5.2. Mode de séchage	20
I.4.6. Séchage et conservation du basilic	23
I.4.7. Les avantages et inconvénients du séchage.....	23
I.4.7.1. Les avantages du séchage	23
I.4.7.2. Les inconvénients du séchage	23

Chapitre II

MATERIELS ET METHODES

II.1. Matière végétale.....	25
II.2. Le séchage	25
II.3. Préparation des échantillons	25
II.4. Rendement des extractions	26
II.5. Cinétique de séchage du basilic	26
II.6. Analyse qualitative.....	27
II.6.1. Caractérisation phytochimique	27
II.6.2. Analyses HPLC des extraits	28
II.6.3. Analyse par spectroscopie Infrarouge	28
II.7. Analyse quantitative.....	29
II.7.1. Dosage des polyphénols.....	29
II.7.2. Dosage des tanins	29
II.7.3. Dosage des flavonoïdes	30
II.7.4. Détermination de la teneur en pigments liposolubles.....	30
II.8. Evaluation de l'activité anti-oxydante	31
II.8.1. La Réduction du radical DPPH	31
II.8.2. Le pouvoir réducteur de l'ion ferrique (FRAP)	32
II.9. Activité antibactérienne	32
II.9.1. Les souches testées	32
II.9.2. Mode opératoire	33

CHAPITRE III

RESULTAT ET DISCUSSIONS

III.1. Rendement des extractions.....	35
III.2. Cinétique du séchage du <i>basilic</i>	36
III.3. Analyse qualitative	36
III.3.1. Caractérisation phytochimique	36
III.3.2. Analyses HPLC des extraits	37
III.3.3. Analyse par spectrophotométrie d'absorption IR	39
III.4. Analyse quantitative	41
III.4.1. Teneur en polyphénols	41
III.4.2. Teneur en flavonoïdes	42
III.4.3. Teneur en tanins	43
III.4.4. Teneur en pigments liposolubles.....	44
III.5. Etude de l'activité antioxydante	45
III.5.1. Piégeage du radical DPPH.....	45
III.5.2. Réduction de fer (FRAP) (Ferric reducing antioxidant power)	46

Table de matière

III.6. Activité antibactérienne	48
CONCLUSION GENERALE.....	50
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	52
ANNEXES.....	63

Liste d'abréviation

ADN : Acide désoxyribonucléique

BHA: Hydroxyanisole butylé

BHT : Hydroxytoluène buthylé

DPPH : 1,1-diphényle-2-picrylhydrazyl

ERO : Espèces Réactive à l'oxygène

GPX : Glutathion peroxydase

GSH : Glutathion

GSSG : Disulfure de glutathion

H₂O₂ : Le peroxyde d'hydrogène

HClO: Acide hypochloreux

HO₂• : Forme protonnée de radical superoxyde

HPLC : Chromatographie en phase liquide haute performance

NADPH : Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate

NO* : Le monoxyde d'azote

O₂•: Radical superoxyde

OH• : Radical hydroxyl

ONOOH : Nitroperoxyde

RO* : Le radical alkoxyde

ROO* : Le radical peroxyde

ROS: Reactive oxygen species

SOD : Superoxyde dismutases

TBHQ : Tert-butylhydroquinone

VNR : Valeurs nutritionnelles de référence

Liste des tableaux

Tableau 1: Nomenclature du basilic	5
Tableau 2: Classification botanique d’ <i>Ocimum basilicum</i>	6
Tableau 3: Les valeurs nutritives du basilic	10
Tableau 4: Tests phytochimiques d'extraits aqueux de basilic sec et basilic frais.	36
Tableau 5: Les composés phénoliques identifiés par HPLC dans le basilic frais et le basilic séché.....	38

Liste des figures

Figure 1: Morphogénèse des différents organes d' <i>Ocimum basilicum</i> .	6
Figure 2 : Basilic citron.....	7
Figure 3 : Basilic grand vert.....	7
Figure 4 : Basilic nain compacte.....	8
Figure 5 : Basilic cannelle.....	8
Figure 6 : Basilic pourpre.....	8
Figure 7: Répartition géographique du basilic.....	9
Figure 8 : Structure du noyau phénol.....	11
Figure 9 : Structure de base des flavonoïdes.....	12
Figure 10 : Structure de la vitamine E.....	17
Figure 11 : Séchage au soleil.....	20
Figure 12 : Séchage a l'ombre.....	21
Figure 13 : Micro-onde.....	22
Figure 14 : Four industriel de séchage.....	22
Figure 15 : Etuve de séchage.....	23
Figure 16 : Le basilic.....	25
Figure 17 : Les différentes étapes de préparation des extraits.....	25
Figure 18 : Les différentes étapes de préparation des extraits.....	26
Figure 19: Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH.....	32
Figure 20 : Rendement des extractions du basilic frais et du basilic séché.....	36
Figure 21 : Cinétique de séchage de Basilic à l'étuve à 45°C.....	36
Figure 22: Profil du chromatogramme du basilic séché.....	37
Figure 23: Profil du chromatogramme du basilic frais.....	38
Figure 24 : Spectre infrarouge du basilic frais.....	39
Figure 25: Spectre infrarouge du basilic sec.....	40
Figure 26 : Teneur en polyphénols du basilic et séché.....	41
Figure 27: Teneur en flavonoides du basilic frais et séché.....	40
Figure 28: Teneur en tanins du basilic frais et séché.....	40
Figure 29: Teneur en pigments liposolubles.....	40
Figure 30: Piégeage du radical DPPH.....	40
Figure 31: Réduction de Fer (FRAP).....	40
Figure 32: Diamètre des zones d'inhibitions.....	40

Liste des figures

Introducción General

Introduction Générale

Pendant des siècles, les humains ont pu compter sur la nature pour répondre à leurs besoins de base : nourriture, abris, vêtements et ses besoins médicaux. Les plantes médicinales sont utilisées comme source de remède pour se soigner ou prévenir des maladies et cela est grâce aux principes actifs qu'elles contiennent; alcaloïdes, flavonoïdes; vitamines; saponosides ...etc, leurs utilisations est originaires des millénaires jusqu'à la récente civilisation chinoise, Indienne et du Proche-Orient. Elle est devenue certainement un art [1].

Aujourd'hui, le but de nourriture n'est pas seulement de satisfaire la faim et de fournir certains nutriments, mais aussi de prévenir les maladies liées à la nutrition et améliorer la santé. Les aliments fonctionnels sont des aliments conventionnels qui peuvent prévenir et réduire les facteurs de risque de certaines maladies ou améliorer l'état général du corps. Les ingrédients qui rendent les aliments fonctionnels sont les antioxydants, les fibres alimentaires, les vitamines ,les minéraux, etc., et beaucoup d'entre eux sont présents dans les plantes médicinales Les composés phénoliques ont un fort potentiel antioxydant et peuvent soulager des conséquences du stress oxydatif. [2]

Le genre *Ocimum* appartient à la famille des Lamiacées, un groupe de plantes aromatiques culinaires et médicinales très concentrées en composés phénoliques [1]. *Ocimum* est particulièrement remarquable pour sa diversité, et on estime jusqu'à 160 espèces de basilic. [3]

Le basilic (*Ocimum basilicum L.*, *O. basilicum L*) est l'un des plantes largement cultivées et utilisées pour ses saveurs, parfums, et dans les produits pharmaceutiques et cosmétiques. Par conséquent, il est connu comme le « roi des herbes ». Ses feuilles et fleurs ont été utilisés dans la médecine traditionnelle pour traiter les dysfonctionnements des reins, des diarrhée, maux de tête, toux et bien d'autres symptômes. [4]

Il a été prouvé que le basilic pourra être utilisé afin d'améliorer la qualité organoleptique des aliments mais aussi utiliser comme conservateur surtout après avoir découvert que les molécules synthétiques ont plusieurs inconvénients sur la santé de l'être humain. En effet, le butylhydroxyanisole (BHA) et le butylhydroxytoluène (BHT) sont suspectés d'avoir des effets carcinogènes [5].

Introduction Générale

Le recours aux plantes s'avère être un choix pertinent face aux risques de contaminations ou à la nécessité de réduire ou remplacer les agents de conservation chimiques ou synthétiques [6].

Ce travail vise à étudier l'effet du séchage sur les propriétés antioxydantes et antibactériennes de l'*Ocimum basilicum* L et pour cela nous avons effectués :

- Une partie relative à l'étude bibliographique de la plante l'*Ocimum basilicum* L., les composants secondaires.

- Une autre partie réservée à l'étude expérimentale, qui comprend une étude phytochimique pour rechercher les différents principes actifs contenus dans la plante ; Flavonoïdes, Polyphénols totaux, ainsi l'étude des activités biologiques (activité antioxydante et activité antimicrobienne) de cette plante et pour finir nous terminons par les résultats obtenus et leurs discussion en comparant avec les différents travaux précédents.

Chapitre I
Synthèse bibliographique

I.1. Présentation du basilic

Les plantes et les herbes aromatiques ont une grande importance dans plusieurs domaines de vie et cela depuis très longtemps. Parmi ces plantes on a le basilic qui est une plante bien connue et largement utilisée dans le monde et dans plusieurs domaines.

I.1.1. Historique

L'Ocimum basilicum a pour nom commun « le basilic », le mot basilic à l'origine vient de grec *basilikom* qui signifie plante royale [7], et c'est l'épice traditionnelle par excellence et c'est d'Asie et plus particulièrement d'Inde que nous vient cette fameuse plante qui est de nos jours la plante la plus appréciée dans le monde, elle est référée comme sacré en Inde car elle est utilisée pour désinfecter la maison contaminée par le paludisme (malaria), et cela en tuant les moustiques qui transmettent le parasite à l'être humain [8].

On appelle également *le basilic* l'herbe royale, car à une époque il n'était cueilli que par le souverain ou certains dignitaires religieux et il était associé à la vie et surtout à la mort dans les anciennes civilisations grecque et égyptienne. Cette plante, probablement originaire d'Inde, est arrivée en Europe via le Moyen-Orient : en Italie et dans le sud de la France au 15^{ème} siècle, en Angleterre au 17^{ème} siècle, puis en Amérique avec les premiers émigrants; et le basilic a été cultivé et vendu dans l'Etat de New York depuis la fin du 17^{ème} siècle [9].

I.1.2. Basilic (*Ocimum basilicum*)

Le basilic est une espèce aromatique employée comme condiment, elle appartient à la famille des Lamiaceae, c'est une plante typique de la cuisine italienne et méridionale elle est très appréciée pour son parfum fort et sa saveur. *Le basilic* est communément utilisé pour rehausser le goût des pizzas, des pâtes, des viandes et des salades [10]. *Le basilic* peut être cultivé comme une plante annuelle ou vivace selon la région où elle est cultivée [11].

Le basilic se développe dans un climat chaud et ensoleillé, méditerranéen ou tropical, on peut le planter dans des pots ou en pleine terre. *Le basilic* a besoin de 5 heures de soleil par jour pour pousser ou bien 12 heures de lumière artificielle. La période adéquate pour la récolte des feuilles de basilic est de juillet à septembre [12].

I.1.3. Nomenclature

O. basilicum sont des plantes à croissance rapide (*Ocimum* est dérivé du grec Okimon, okus signifiant rapide) [13].

Le nom *basilic* vient du grec *Basilikon* qui signifie « plante royale »; lui-même dérivé de bas-latin *Basilicum* Royal en référence à la grande estime portée à cette herbe [14].

Tableau 1: Nomenclature du *basilic* [7].

Nom scientifique	<i>Ocimum basilicum</i> L.
Synonymes	- <i>Ocimum basilicum</i> var. - <i>Glabratum</i> benth. - <i>Ocimum basilicum</i> var. - <i>Majus</i> benth.
Nom commun (français)	<i>Basilic</i>
Nom commun (Arabe)	ريحان
Appellation locale:	حبق
Matière végétale	<i>Ocimum basilicum</i>
Autres noms	<i>Basilic</i> , <i>basilic</i> commun, <i>basilic</i> officinal, <i>basilic</i> de jardin, herbe aux sauces, pisto ou pesto (en Italie), reyhan (en Turquie).

I.1.4. Description botanique

Les feuilles : Les feuilles du *basilic* qui sont illustrées dans la figure 1 (photo D) sont opposées, denticulées dans la partie supérieure, ovales, cuvées à la base, acuminées au sommet, elles peuvent être petites ou large et d'un vert pale à vert foncé et toujours très brillantes [15].

Les fleurs : Les fleurs du *basilic* sont est illustrées dans la figure 1 (photo E); elles sont petites et ont la lèvre supérieure découpée en quatre lobes elles sont regroupées en épis à l'extrémité des rameaux et à l'aisselle des feuilles. Elles sont de couleur crème, blanche, rose ou violacée; cela dépend de la variété la variété [16].

Les graines : sont petites (fines), oblongues et marron foncé presque noir [15], et la période de germinative de cette graine est de huit ans [16].

Le système racinaire : La racine du *basilic* qui est illustrée dans la figure 1 (photo B et C), est pivotante, fibreuse et à port buissonnant comme l'annonce [17].

La tige : la tige du *basilic* est illustrée dans la figure 1 (photo A) est quadrangulaire, pouvant atteindre une hauteur de 50 à 60 cm [15]. .

Le Fruit :Le fruit du *basilic* qui est illustré dans la figure 1 (photo F) est un tétrakène formé de quatre parties correspondant au développement de fausses cloisons. A maturité, chaque akène devient indépendant et renferme une seule graine de couleur noire [18].

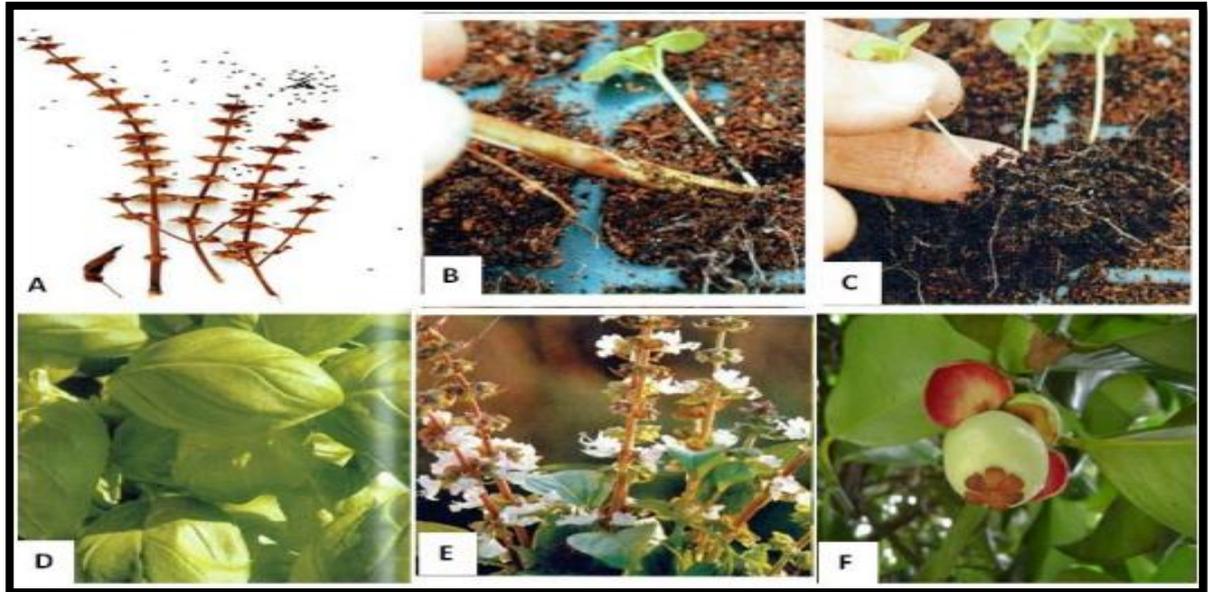


Figure 1: Morphogenèse des différents organes d'*Ocimum basilicum*[19].

I.1.5. Classification botanique

Tableau 2: Classification botanique d'*Ocimum basilicum* [7].

Règne	Plante
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsita
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Genre	<i>Ocimum</i>
Espèce	<i>Ocimum basilicum L</i>

I.1.6. Les variétés d'*Ocimum basilicum*

Il existe diverses variétés d'*O. basilicum*, qui diffèrent suivant la couleur la taille et le parfum sacré :

I.1.6.1. Basilic citron « *Ocimum basilicum cinnamon* »

C'est une variété a un doux parfum citronné, ses feuilles sont vertes claires presque jaunes, fragiles sensible au soleil et au vent mais permettent de repousser les moustiques [20].



Figure 2 : Basilic citron [21].

I.1.6.2. Grand vert « *Ocimum basilicum L. gratissium* »

Cette variété peut atteindre une hauteur de 60 à 90 cm et a un port dressé et branchu, ses feuilles ovales sont lisses et d'un vert clair, ses fleurs sont petites et blanches. Le *basilic* grand vert est largement utilisé comme plante condimentaire dans la cuisine méridionale [20].



Figure 3 : *Basilic* grand vert [21].

I.1.6.3. *Basilic* fin vert ou nain compact

Cette variété a des feuilles minces, lisses, compactes et d'un vert clair ses fleurs sont blanches, elle peut atteindre une hauteur de plus de 60 cm. C'est une plante à allure

ornementale qui se porte bien à la culture en pot et qui protégerait les plants de tomates de certains insectes [20].



Figure 4 : *Basilic nain compacte* [21].

I.1.6.4. Le basilic cannelle

Originnaire du Mexique, il s'agit d'une variété petite de taille; entre 30 et 40 cm, elle a des petites feuilles violacées et des tiges violettes, des épis floraux roses et une odeur rappelant l'anis et la cannelle et elle accompagne parfaitement les desserts [20].



Figure 5 : *Basilic cannelle*[21].

I.1.6.5. Basilic pourpre « *Ocimum basilicum* L. *purperescens* »

Cette variété de *basilic* est caractérisée par ses feuilles pourpres souples et décoratives et ses fleurs rose pâles, cette plante a un parfum doux et un peu poivré [20].



Figure 6 : *Basilic pourpre* [21].

I.1.7. Origine et répartition géographique du *basilic* dans le monde

Le *basilic* est une plante herbacée annuelle originaire d'Inde et d'Asie tropicale qui s'est acclimatée en Europe tout au début des temps historiques [22]. Il fut importé il y a au moins 4000 ans en Égypte, puis fut importé à Rome, et plus généralement dans le sud de l'Europe au IIe siècle, mais il n'aurait pas atteint l'Angleterre avant le XIV siècle. Il arriva en Amérique avec les premiers émigrants [23].

En Algérie, la Famille de lamiacée est très importante et comprend 29 genres et 140 espèces se développant aussi bien dans les zones méditerranéennes que sahariennes [24]. Actuellement, le *basilic* est donc très répandu à travers le monde. Il reste toutefois profondément ancré dans la culture asiatique et dans la gastronomie méditerranéenne. Cette espèce cultivée depuis plusieurs décennies pour son utilisation médicinale et aromatique, est commercialisée dans de nombreux pays à travers le monde, dont la France, la Hongrie, la Grèce et d'autres pays du Sud de l'Europe, l'Égypte, le Maroc et l'Indonésie. Elle pousse également dans plusieurs États américains, dont l'Arizona, le Nouveau-Mexique et en Caroline du Nord, ainsi qu'en Californie, où une qualité supérieure de feuille est cultivée [25].



Figure 7: Répartition géographique du basilic [25].

I.1.8. Composition biochimique de *Basilic*

I.1.8.1. Composition en métabolites primaires

Tableau 3: Les valeurs nutritives du *basilic* [26].

Constituant (g)	Teneur moyenne pour 100 g	%VNR *
Eau	91,70	-
Fibres	3,47	-
Glucides	2,55	0,05
dont Sucres	0,37	0,02
Lipides	0,47	-
dont Acides Gras Saturés	0,13	-
Protéines	3,35	0,34

A. Composition en métabolite secondaire

Les plantes produisent un assortiment vaste et diversifié de composés organiques, dont la grande majorité ne semble pas participer directement à la croissance et le développement.

Par ailleurs, ces métabolites ne sont pas produits directement lors de la photosynthèse mais sont synthétisés à partir des métabolites primaires, ils sont importants pour la survie et l'adaptation de la plante à son environnement, ainsi ils assurent des fonctions clés dans la résistance aux contraintes biotiques (phytopathogènes, herbivores... etc.) et abiotique (UV, température...etc) [27].

Les métabolites secondaires sont classés en trois catégories principales selon leur structure [27] :

- a. Les polyphénols ou composés phénoliques
- b. Les alcaloïdes
- c. Les terpénoïdes

B. Les composés phénoliques

Les composés phénoliques ou polyphénols sont des métabolites secondaires produites par les plantes [28]. Ils sont naturellement présents dans l'alimentation sous formes

de vitamines A, C ou E, les carotènes et certains minéraux comme le sélénium et le zinc. On les retrouve en plus grandes quantités dans les fruits, les légumes et les céréales, ainsi que dans des boissons telles que le thé, le café [29].

➤ **Structure chimique**

Les polyphénols ont un noyau benzénique (figure 08) portant des groupements hydroxyl (OH) libre ou engagé dans une autre fonction : éther, ester ou hétéroside [30].

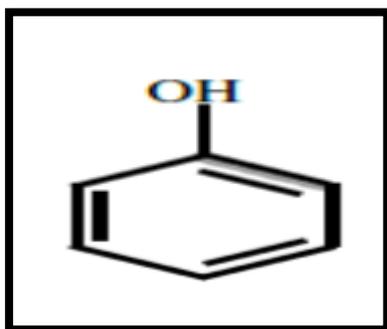


Figure 8 : Structure du noyau phénol [30].

➤ **Propriétés des polyphénols**

Les polyphénols ont beaucoup de rôles essentiels dans la physiologie végétale et ont des propriétés sur l'organisme humain, principalement comme antioxydants, antiallergiques, anti-inflammatoires, agents anticancéreux, et antimicrobiens [28]. La consommation des polyphénols favorise la protection contre les altérations cardiaques et vasculaires. Elles inhibent la synthèse d'acide nucléique dans les bactéries et provoquent l'endommagement des membranes cellulaires des bactéries [31].

➤ **Les flavonoïdes**

Les flavonoïdes sont un groupe de composés phénoliques qui sont largement distribués dans le règne végétal. Ces pigments sont responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles, ces métabolites secondaires sont couramment consommés quotidiennement sous forme de fruits, et légumes [32].

➤ **Structure chimique**

Les flavonoïdes (figure 09) constituent d'un squelette de base à quinze atomes de carbone, ayant deux noyaux aromatiques A et B lié entre eux par un hétérocycle C [32].

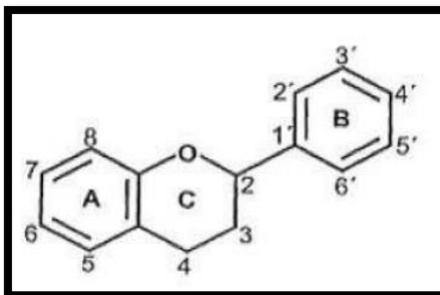


Figure 9 : Structure de base des flavonoïdes [32].

➤ Propriétés des flavonoïdes

Les flavonoïdes sont généralement de puissants antioxydants. Ils ont ainsi la capacité de protéger les végétaux contre les effets néfastes des radicaux libres générés en réponse aux agressions de notre environnement (polluants, infections, rayonnement UV...etc). D'autres sont également de bons inhibiteurs d'enzymes et sont reconnus pour leurs propriétés antiseptiques ou anti-inflammatoires [33].

➤ Les alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des produits azotés basiques, d'origine naturelle dont l'atome d'azote est inclus dans un système hétérocyclique. Ils sont le plus souvent localisés dans les tissus périphériques; dans les écorces externes de tiges et de racines, des graines [34].

➤ Propriétés des alcaloïdes

Les alcaloïdes ont été utilisés depuis longtemps dans la médecine. Ils ont de nombreuses activités pharmacologiques; ils affectent chez l'être humain le système nerveux, particulièrement les transmetteurs chimiques tels l'acétylcholine, dopamine et la sérotonine. Ils possèdent des activités antipaludiques (quinine), et des actions anticancéreuses (vincristine, vinblastine), des propriétés anti-inflammatoires, antioxydantes et antibactériennes. Et des rôles de protection contre les prédateurs [35].

➤ Les terpénoïdes

Les terpénoïdes sont des produits naturels se produisant largement dans la nature par une grande variété des plantes et par certains animaux. Ils sont également abondamment trouvés dans les fruits, légumes et fleurs [36].

➤ Propriétés des terpènes

De nombreux terpénoïdes servent de composés de défense contre les microbes et les herbivores et sont des molécules naturelles pour attirer les insectes pollinisateurs. Ils possèdent aussi des activités biologiques : anti-inflammatoires, anticancéreux, et antivirales[37].

I.1.9. Utilisation d'*Ocimum basilicum* L

I.1.9.1. Pour l'alimentation

Le basilic peut être utilisé frais ou séché ou en extraire des huiles essentielles et il peut aussi être travaillé en infusion et par exemple remplacer la vanille dans une crème anglaise [21].

I.1.9.2. En parfumerie

Les plantes fraîches sont utilisées pour en extraire des huiles essentielles pour la préparation des parfums et liqueurs, elle nous donne une essence contenant de l'eucalyptol et de l'eugénol [38].

I.1.9.3. En médecine

La feuille de *basilic* est une grande source de polyphénols comme la rutine, l'isoquercétine, la quercétinine, l'acide ρ -coumarique [39]. Les composés phénoliques comme l'acide rosmarinique lui donne des propriétés antioxydante et sa teneur est 1,64 fois plus élevée dans les feuilles de basilic vertes comparées aux violettes. Les acides phénoliques ont également des propriétés anti-mutagéniques, antibactériennes, anti virales et anti-inflammatoires et antiallergiques.

Le basilic à des effets très bénéfiques sur la santé, tel que l'effet antihypertenseurs, antiâge, anticancéreux, antiviraux, antifongiques et antimicrobiens et ceci grâce à sa composition [40].

L'éthanol présent dans le basilic auraient des propriétés anticancéreuses, sur les cellules cancéreuses et cela en inhibant leur croissance [41].

Les utilisations traditionnelles de basilic :

- Les feuilles fraîches ou séchées sont utilisées dans des infusions pour des problèmes cutanés, elles servent de base à des cataplasmes externes [42].

- Les graines sont broyées puis transformées en poudre à priser, elles sont longuement trempées dans de l'eau jusqu'à ce qu'elles deviennent couvertes d'une substance gélatineuse qui est utilisée pour la préparation de crèmes ou de cataplasmes [42].
- Le basilic contient des enzymes du foie qui décomposent les graisses qui est un bienfait pour les diabétiques qui ont souvent un important taux de cholestérol dans le sang[42].
- Le basilic contient également des tanins qui tuent les germes et favorisent la guérison des muqueuses de la bouche, du nez, de l'estomac et des intestins, ils ont de plus un effet positif sur le système immunitaire [42].
- La présence de flavonoïdes en abondance est favorable à la lutte contre les problèmes vasculaires, les problèmes d'irrigation sanguine et les maladies du foie [42].
- En cas de bronchite les saponines présentes dans le basilic favorisent la décongestion des muqueuses, elles peuvent aussi être utilisées dans le traitement de certaines pathologies de la peau ainsi que comme fongicide et comme anti-carcinogène [42].
- En usage traditionnel il est employé pour favoriser la lutte contre les problèmes hépatiques, contre le rhume, les rhumatismes, certains parasites de la peau et le paludisme[42].
- Les feuilles de basilic sont aussi utilisées pour les infections oculaires, la toux et le rhume [43].

I.2. Le stress oxydatif

I.2.1. Définition du stress oxydant

Le stress oxydatif est une condition anormale qui affecte nos cellules ou un de nos tissus lorsqu'ils sont exposés à une production, endogène ou exogène, de radicaux libres oxygénés qui dépasse leurs capacités antioxydantes. L'excès de radicaux libres non neutralisés par les défenses est très nocif pour les macromolécules essentielles de nos cellules, entraînant des anomalies d'expression des gènes et des récepteurs membranaires, des proliférations ou mort cellulaire, troubles immunitaires, mutagenèse, dépôts de protéines ou de lipofuschine dans les tissus [44].

I.2.2. Radicaux libers

Un radical libre est une espèce chimique, atome ou molécule, contenant un électron non apparié. Extrêmement instable, ce composé peut réagir avec les molécules les plus stables pour appairer son électron. Il peut soit arracher un électron donc se comportant

comme un oxydant, ou en céder un donc agissant comme un réducteur. Cette première réaction conduit à la formation en chaîne de nouveaux radicaux; ceci explique que la production d'un premier radical libre peut causer d'importantes lésions dans une cellule. D'autres éléments physiques ou chimiques peuvent aussi déstabiliser les électrons des molécules biologiques. Ainsi, la lumière (surtout certains rayonnements ultraviolets), les radiations ionisantes (rayons X), la fumée de tabac et de nombreux composés chimiques peuvent générer des radicaux libres [45].

I.2.3. Différents types de radicaux libres

Parmi toutes les espèces réactives oxygénées (ERO), on distingue un ensemble restreint de ces composés qui jouent un rôle particulier en physiologie et que nous appelons les radicaux primaires à savoir : l'anion superoxyde ($O_2^{\bullet-}$), le radical hydroxyle ($\bullet OH$), le monoxyde d'azote (NO^{\bullet}), le radical peroxy (ROO^{\bullet}) et le radical alkoxy (RO^{\bullet}). Les autres radicaux libres, dits radicaux secondaires telles que l'oxygène singulet 1O_2 , le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) et le nitroperoxyde ($ONOOH$), se forment par réaction de ces radicaux primaires sur les composés biochimiques de la cellule [46].

I.2.4. Dommages biologiques causés par le stress oxydatif

Le stress oxydatif a été décrit réellement comme un facteur étiologique crucial impliqué dans diverses maladies chroniques humaines telles que le cancer, les maladies cardiovasculaires, les maladies neurodégénératives, l'inflammation, le diabète et le vieillissement [47]. Dans des conditions physiopathologiques, la production des (ERO) dépasse la défense antioxydante naturelle des cellules, en provoquant des altérations cellulaires et tissulaires plus ou moins graves [48]. Ces dommages oxydatifs touchent diverses biomolécules, en particulier les protéines, les lipides et l'ADN, et conduisent à la dégradation et à la mort des cellules [47].

A. Peroxydation lipidique

L'attaque des doubles liaisons lipidiques membranaires par les radicaux libres induit a des processus d'oxydations en cascade puis une désorganisation complète de la membrane, c'est la peroxydation lipidique [49]. Dans un premier temps, un radical libre ajoute un oxygène pour former un radical peroxy (ROO^{\bullet}) qui devient suffisamment réactif pour arracher un proton d'un acide gras voisin, en propageant ainsi la réaction en chaîne [50].

B. Oxydation des protéines

Toute attaque radicalaire d'un acide aminé provoque l'oxydation de certains résidus et des groupements carbonylés, des clivages des chaînes peptidiques, des ponts intra- et interchaînes peptidiques et, par conséquent, une agrégation et une inactivation de plusieurs molécules protéiques [50].

C. Dégradation d'ADN

Les radicaux $O_2^{\bullet-}$ et OH^{\bullet} peuvent interagir avec les désoxyriboses et les bases puriques et pyrimidiques de l'ADN. Non réparés, les lésions induites entraînent des modifications géniques et des mutations tout en conduisant à l'altération du message génétique et par conséquent au déclenchement du cancer et du vieillissement [49].

I.3. Les antioxydants**I.3.1. Définition**

Un antioxydant est toute substance, présente à une concentration relativement faible, d'entrer en compétition avec d'autres substrats oxydables, qui est capable de retarder ou empêcher l'oxydation de ce substrat. Les antioxydants peuvent être des enzymes ou de simples molécules. Certains sont produits par l'organisme, ce sont les antioxydants endogènes, ou proviennent de l'alimentation ou la médication, et sont donc exogènes [51].

I.3.2. Différents types d'antioxydants**A. Les antioxydants naturels****➤ Les antioxydants enzymatiques**

Les antioxydants enzymatiques sont principalement trois enzymes: la superoxyde dismutase, la catalase et les glutathion peroxydases.

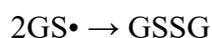
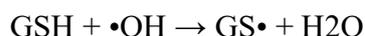
- Le rôle majeur du superoxyde dismutase ou SOD est de catalyser la dismutation des ions superoxydes en peroxyde d'hydrogène et en oxygène moléculaire.
- Les catalases sont localisées dans les peroxysomes et dans les érythrocytes, est capable de transformer le peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène moléculaire.
- L'activité du glutathion peroxydase, ou GPx, est de détoxifier le peroxyde d'hydrogène et d'autres hydroperoxydes d'origine lipidique en couplant la réduction de l'hydroperoxyde avec l'oxydation d'un substrat réducteur [52].

➤ Les antioxydants non enzymatiques

Les principaux antioxydants non-enzymatiques sont le glutathion, la vitamine E, la vitamine C, les caroténoïdes et l'acide urique. Ces molécules vont interrompre la chaîne de réaction radicalaire [53].

a) Glutathion

C'est un antioxydant avec sa nature nucléaire et radicale, et est considéré l'espèce thiol la plus abondante dans les organismes vivants [54].



b) La vitamine E

La vitamine E est un ensemble de composés phénoliques appelés tocophérols (α , β , γ , δ) ou tocotriénols, dont la forme alpha est la plus active. Elle pénètre directement au niveau des membranes biologiques où elle piège les radicaux libres avant qu'ils n'atteignent leurs cibles [55].

La vitamine E a une structure chimique comporte une extrémité hydrophile et une extrémité hydrophobe elle se fixe aux membranes et peut ainsi isoler les radicaux libres empêchant la propagation des réactions de peroxydation lipidique [53].

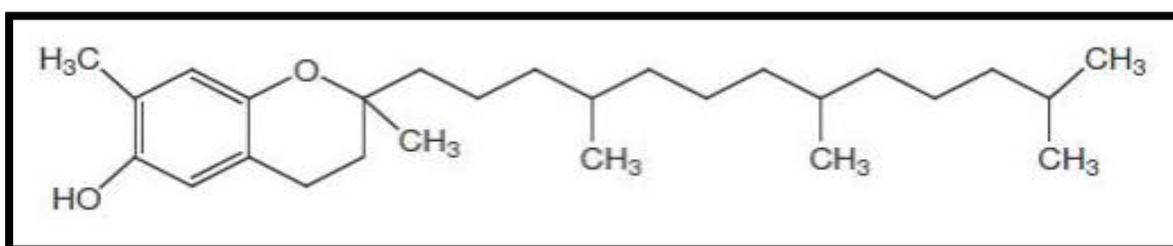


Figure 10 : Structure de la vitamine E [53].

c) Les caroténoïdes

Ils sont également des molécules liposolubles produites par les organismes photoautotrophes et qui doivent être acquis par l'alimentation chez les animaux et ils sont capables de capter les peroxydes et les radicaux hydroxyles. Ils sont donc capables d'inhiber

les chaînes de peroxydation lipidique. Les caroténoïdes ont aussi un rôle spécifique de protection contre les dommages causés par les rayons ultraviolets de la lumière solaire [56].

d) La vitamine C (acide ascorbique)

L'acide L-ascorbique ou vitamine C est considéré comme le plus important antioxydant dans les fluides extracellulaires. C'est un piègeur très efficace des ions super oxydes O_2^- , du peroxyde d'hydrogène OH , des radicaux hydroxyles HO et de l'oxygène singlet O_2 . Le rôle antioxydant de la vitamine C est basé sur sa réaction avec les radicaux peroxydes aqueux, le produit formé étant le radical ascorbyle [57].

e) L'acide urique. Est un piègeur de O_2^- , des radicaux peroxydes et hydroxyles (RO_2 et HO), de l'ozone et de $HClO$. La réaction de l'acide urique avec ces ROS génère des radicaux moins réactifs que HO [51].

B. Les antioxydants synthétiques

Les antioxydants synthétiques sont des produits qui empêchent l'oxydation des lipides et utilisés dans l'industrie alimentaire pour une meilleure conservation durant le stockage et le transport prolongé.

Les antioxydants synthétiques les plus utilisés sont le butylhydroxytoluène (BHT), le propylgallate (PG), le butylhydroxyanisole (BHA), et le gallate d'octyle (OG) et le tert-butylhydroquinone (TBHQ). Ces antioxydants synthétiques sont connus par des effets contre la santé surtout le BHT et le BHA qui sont soupçonnés d'être carcinogènes et aussi responsables de lésions du foie. TBHQ est interdit dans certains pays Européens et au Japon [58].

I.4. Le séchage

I.4.1. Historique

Le séchage est une ancienne technique de conservation que nos ancêtres utilisaient, ils séchaient les herbes, les racines, les fruits ainsi que les viandes en les exposants au soleil et les chinois faisaient de même pour sécher les feuilles de thé et beaucoup d'autres autres cultures consommaient différents aliments déshydratés [59].

Les archéologues ont découvert des aliments déshydratés comme des grains de blé dans d'anciens tombeaux Egyptiens. D'après leurs croyances ces aliments étaient censés aider l'esprit du défunt dans son voyage vers l'au-delà. Des scientifiques, ont pris des graines

âgées de plusieurs siècles et ils les ont réhydratés et ces dernières ont germé, prouvant par la suite que la déshydratation est bel est bien un moyen viable pour préserver la nourriture [59].

I.4.2. Définition

Le Séchage ou la déshydratation est un procédé très important dans l'industrie chimique et alimentaire, c'est une ancienne méthode de conservation des aliments dans lequel l'humidité d'un solide sera retirée en utilisant comme énergie la chaleur. L'objectif du séchage est l'augmentation de la durée de vie d'un aliment tout en préservant toutes ses valeurs nutritionnelles [60].

I.4.3. Principe du séchage

Le séchage implique deux types de transfert :

- Le transfert de l'énergie thermique de l'environnement vers le liquide à évaporer qui est à l'intérieur du produit.
- Le transfert de masse ou bien le transfert du liquide qui est a l'intérieur du produit vers sa surface puis son passage vers la phase gazeuse. La vitesse du séchage est liée directement à ces deux transferts [61].

I.4.4. Objectif du séchage

Le séchage est une méthode très ancienne de conservation des produits agricoles et des aliments, et son objectif principal est de stabiliser les aliments périssables en réduisant l'activité de l'eau à moins de 0,5 pendant le processus de séchage. L'élimination de l'eau présente dans l'aliment sous forme de vapeur permet d'éliminer ou de minimiser l'activité de dégradation microbienne, biochimique et chimique [61].

L'utilisation du séchage dans l'industrie agro-alimentaire a pour intérêt de :

- Prolonger la durée de conservation des aliments.
- Réduire la masse et le volume des aliments pour faciliter leur transport et leur entreposage ainsi que leur stockage.
- Donner aux produits une structure, une présentation ou une fonctionnalité particulière.
- Stabilité et standardisation du produit final (teneur en eau constante, produit fini homogène). [62].

I.4.5. Méthode et modes de séchage des plantes

I.4.5.1. Méthode de séchage

Sachant que l'eau n'est pas répartie de la même façon ni dans les mêmes proportions dans les parties de la plante :

- On lave les racines et les rhizomes, après avoir retiré toutes les parties endommagées, puis on les coupe en tranches, et on les met au soleil ou au four afin de les sécher.
- Les tiges et les écorces et le bois sécheront soit au soleil ou à l'air libre et sec, ou encore au four doux.
- Les fleurs et les sommités fleuries sont délicates ce qui les rend difficiles à traiter (il en est de même de certaines feuilles). Il est préférable de les déposer à l'ombre sur des claies à 20-25°C et les recouvrir de papier gris, afin de bien préserver leur couleur.
- Les fruits charnus (airelle, baies de genévrier) seront sécher à l'air libre tout en les remuant souvent [59].

I.4.5.2. Mode de séchage

On dispose de plusieurs méthodes de séchage ou de conservation des plantes, et cela dépend des moyens et des variétés de plantes disponibles :

A. Séchage à l'air libre

Le séchage à l'air libre est la méthode la plus courante et la plus simple :

➤ Séchage au soleil

C'est un moyen économique et pratiqué dans les pays à climat chaud le seul inconvénient qu'il présente c'est que les UV peuvent exercer un effet photochimique et détruire certains principes actifs. Par ailleurs, cette méthode n'est pas adaptée aux plantes à principes actifs volatils.



Figure 11 : Séchage au soleil. [63].

➤ **Séchage à l'ombre et sous abri**

C'est une méthode artisanale assez longue où l'on étale les plantes sur des claies ou on les suspend en bouquet dans des hangars ou des séchoirs bien ventilés.



Figure 12 : Séchage à l'ombre [64].

➤ **Séchage par air chaud**

C'est une méthode répandue, pour sa rapidité. Parmi les autres procédés utilisés on peut citer le séchage sous vide :

- A chaud, il est peu pratiqué.
- A froid, c'est la cryodessiccation ou lyophilisation : c'est une dessiccation par sublimation directe de l'eau du végétal préalablement congelé. Intéressante pour les souches d'antibiotiques, elle est coûteuse et donne des résultats irréguliers pour les plantes médicinales [59].

B. Séchage au micro-onde

Les végétaux sèchent plus rapidement au micro-onde. Néanmoins, Il est judicieux d'effectuer des tests préliminaires pour déterminer le temps de séchage exact.

- Placez la plante sur quatre serviettes en papier aux micro-ondes et couvrir avec deux autres serviettes.
- Mettre les végétaux une minute au micro-onde.
- Vérifier le séchage.
- Compter 2 à 5 minutes pour les feuilles et 2 à 3 minutes pour les pétales. Après la mise au point du procédé, on note le temps de séchage à titre de référence [59].



Figure 13 : Micro-onde.

a) Séchage au four

Le séchage des végétaux à four chaud est très similaire à la technique adoptée par le séchage aux micro-ondes.

- Etaler les végétaux sur une plaque allant au four.
- Enfourner la plaque et laisser la porte du four entrouverte après avoir réglé le four sur feu doux.
- Surveiller les végétaux régulièrement, le séchage prendra quelques minutes à plusieurs heures, selon les végétaux sélectionnés [59].



Figure 14 : Four industriel de séchage [65].

b) Séchage à l'étuve

Dans ce type de séchage, l'air chauffé entre en contact avec le matériau humide pour faciliter le transfert de chaleur et le transfert de masse. La convection est principalement impliquée et il est nécessaire de spécifier le réglage de la température de l'étuve ainsi que le

temps de séjour et la taille de l'échantillon test. Le choix de ces deux critères (taille et temps de séjour) doit être modulé en fonction de la relation : **Aire/volume** [66].



Figure 15 : Etuve de séchage.

I.4.6. Séchage et conservation du basilic

On sèche les feuilles de *basilic* dans un endroit sombre ou à l'étuve à une température comprise entre 30 et 35°C et il se conserve frais en pot ou séché à l'ombre, à l'abri de la lumière, de l'humidité et de la poussière [16].

I.4.7. Les avantages et inconvénients du séchage

I.4.7.1. Les avantages du séchage

Les principaux avantages du procédé de séchage sont [67]:

- C'est une méthode simple avec généralement un bon rendement.
- C'est un procédé universel et accessible à tous, y compris pour les particuliers.
- Une longue durée de conservation des aliments déshydratés qui peut être de plusieurs mois.
- L'inhibition des enzymes responsables de la dégradation des aliments
- La croissance des micro-organismes sera stoppée grâce à la réduction de l'activité de l'eau.
- La réduction massique diminuera les coûts financiers et environnementaux liés au transport des marchandises [68].

I.4.7.2. Les inconvénients du séchage

Comme tous traitements thermiques, le séchage peut entraîner, des pertes d'arômes, de vitamines et de pigments [69]., des réactions de brunissement, des durcissements superficiels, des modifications irréversibles de texture et ce qui pourrait provoquer une réhydratation et aussi des pertes de constituants volatils et la modification de la répartition de l'humidité dans le produit.

Chapitre II
Matériels et méthodes

II.1. Matière végétale

La matière végétale utilisée au cours de cette étude est le basilic, récolté en avril 2022, d'un jardin familial située à Bejaïa en Algérie, présenté dans la figure 16.



Figure 16 : Le basilic.

II.2. Le séchage

La partie aérienne d'*Ocimum basilicum* L est lavée puis séchée à l'étuve ventilée a une température égale a 40°C .

II.3. Préparation des échantillons

A. Extrait de basilic frais

Dans un bécher en verre, on mélange 10g de basilic frais écrasé avec 100ml de solution (30ml d'eau distillée et 70ml d'acétone) et on agite le mélange pendant 60 minutes a 40°C. Puis une fois le temps écoulé on filtre notre mélange et dans un autre bécher on mélange le résidu de la filtration avec 50 ml de solution (15 ml d'eau distillée et 35ml d'acétone) et on agite le mélange pendant 60 minutes à 40°C. Une fois que les 60 minutes écoulées on filtre le mélange puis on mélange le filtra obtenu avec le filtra de la première filtration.



Figure 17 : Les différentes étapes de préparation des extraits.

B. Extrait de basilic séché

Dans un bécher en verre, on mélange 10g de basilic séché broyé avec 100ml de solvant Eau/acétone (30/70V/V). Ce mélange est agité pendant 60 minutes à 40°C puis filtré.

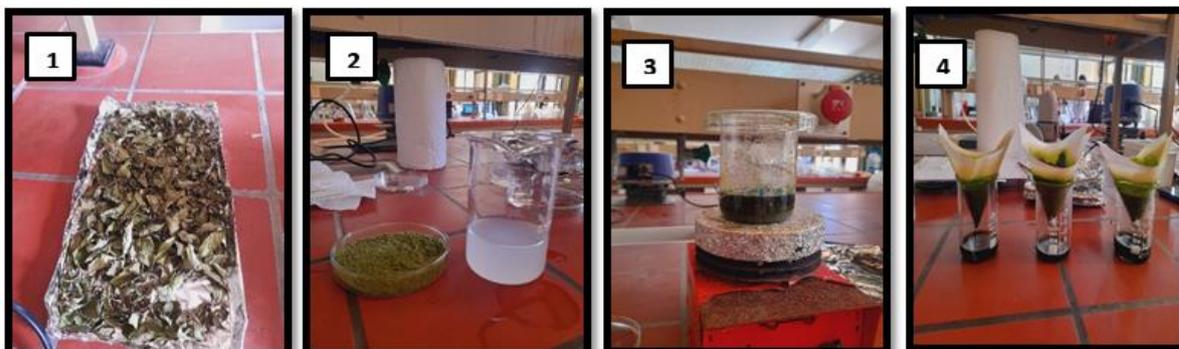


Figure 18 : Les différentes étapes de préparation des extraits.

II.4. Rendement des extractions

Les extraits sont placés dans l'étuve ventilée réglée à 45°C jusqu'à l'obtention d'une matière sèche. Pour connaître la masse de d'extrait sec, nous avons pesé les contenants (bécher) de ces derniers avant et après l'opération de séchage.

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

$$ES \% = \frac{(M_1 - M_2) V_0}{10}$$

ES : L'extrait sec des échantillons en %.

V₀ : Volume en (ml) de l'extrait avant séchage.

M₁ : Masse en (mg) du bécher et de l'extrait sec après séchage.

M₂ : Masse en (mg) du bécher vide.

II.5. Cinétique de séchage du basilic

Afin de déterminer la teneur en eau de notre échantillon, 5 g sont pesé et ont subi une dessiccation dans une étuve porté à 103°C ±2 c°. On répète l'opération jusqu'à stabilisation du poids.

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

$$\% \text{ d'humidité} = [(m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)] \times 100$$

M0 : creuset vide.

M1 : creuset plein.

M2 : creuset plein après déshydratation.

II.6. Analyse qualitative

II.6.1. Caractérisation phytochimique

L'étude phytochimique qualitative permet de détecter les différentes familles chimiques présentes dans les feuilles *de basilic* séché et frais par des réactions de coloration et de précipitation.

A. Flavonoïdes : Réaction à la cyanidine

1 ml de chaque extrait est ajouté à 100 µl de HCl concentré et quelques copeaux de magnésium. La présence des flavonoïdes est confirmée par l'apparition de la couleur rouge ou orange [70].

B. Tanins

À 1 ml de l'extrait est ajouté 200 µl de FeCl₃ 1 %. La présence des tanins est indiquée par une coloration verdâtre ou bleu- noir [70].

C. Quinones libres

Sur un volume de chacun de nos extraits, on ajoute quelques gouttes de NaOH 1%.

L'apparition d'une couleur qui vire au jaune, rouge ou violet indique la présence des quinones libres [70].

D. Saponosides

10 ml de l'extrait est agité pendant 15 secondes puis laissé au repos pendant 15 min. Une hauteur de mousse persistante, supérieur à 1 cm indique la présence de saponosides[70].

E. Terpénoïdes : Test de Slakowski

5 ml de l'extrait est ajouté à 2 ml de chloroforme et 3 ml d'acide sulfurique concentré. La formation d'un anneau marron - rouge à l'interphase indique la présence des terpénoïdes [70].

F. Identification des glucosides

A 2g de poudre de feuilles, on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique, la formation d'une coloration rouge brique ensuite violette traduit la présence des glucosides [70].

G. Mucilages

Introduire 1ml d'extrait dans un bécher puis ajouter 5 ml d'alcool absolu et laisser agir pd 10 min. La réaction positive se traduit par l'apparition d'un précipité floconneux[70].

H. Irridoïdes

A 2 ml D'extrait on ajoute quelques gouttes d'acide chlorhydrique, et on chauffe le mélange une coloration bleu est obtenu [70].

I. Composés réducteurs

Introduire 1 ml d'extrait dans un tube à essai, ajouter 2 ml de liqueur de Fehling, incubé pendant 8 min dans un bain Marie à 100°C. L'apparition d'une coloration rouge brique indique la présence des composés réducteurs [70].

II.6.2. Analyses HPLC des extraits

L'analyse des composé phénolique a été réalisé avec une HPLC de type Dionix UltiMate3000. Les échantillons ont été filtrés à travers un filtre à membrane de 0,45µm et 20 µL de chaque échantillon ont été injectés pour l'analyse HPLC. La phase mobile était composée de 3 % acide formique (solvant A) et méthanol de qualité HPLC (solvant B) à un débit de 1 ml/min. L'élution a été réalisée avec un gradient commençant à 20% B pour atteindre 60% B à 30 min, 100% B à 37 min et 20% B à 40 min. Les Chromatogrammes ont été enregistrées à 280 nm. Des composés phénoliques ont été identifiés en comparant les temps de rétention et les données spectrales avec celles des normes authentiques [72].

II.6.3. Analyse par spectroscopie Infrarouge

La spectroscopie IRTF est une technique d'analyse qualitative et quantitative utilisée pour l'identification des groupements fonctionnels qui apparaissent sous forme de bande d'absorption. Elle consiste à soumettre la molécule au rayonnement IR. Les spectres IR du PLA, et de la poudre de basilic ont été enregistrée à l'aide d'un spectrophotomètre infrarouge

à transformée de Fourier de modèle SHIMAZU FTIR-8400S, piloté par un ordinateur muni d'un logiciel de traitement avec une résolution de 4 cm^{-1} , dans la région 4000 cm^{-1} à 400 cm^{-1}

II.7. Analyse quantitative

II.7.1. Dosage des polyphénols

A. Principe

Le dosage des polyphénols dans les extraits étudiés (*basilic frais* et *basilic séché*), est effectué selon la méthode de Follin Ciocalteu [73]. Le réactif utilisé est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$) de couleur verte. Le principe de la méthode est basé sur l'oxydation des composés phénoliques par ce réactif, qui entraîne la formation d'un nouveau complexe d'oxydes métalliques de tungstène et de molybdène de couleur bleu. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits.

B. Méthode

Dans des tubes à essais et à l'aide d'une micropipette, $200\mu\text{l}$ de chaque extrait (dilué 1/100) est ajouté à 1ml du réactif Follin-Ciocalteu (dilué 1/10), puis agité pendant 1min. Après 8 min d'incubation à température ambiante, 1ml de carbonate de sodium 7.5% (Na_2CO_3) sont additionnés au mélange. Puis les tubes sont maintenus à une température ambiante et à l'obscurité pendant 1heure. L'absorbance est ensuite lue à $\lambda=765\text{nm}$ par un spectrophotomètre UV-Visible. La concentration en polyphénols est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant l'acide gallique comme standard. Les concentrations sont exprimées en mg Equivalent acide gallique/1g de la matière sèche.

Une courbe d'étalonnage a été réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide gallique (annexe II).

II.7.2. Dosage des tanins

A. Principe

Cette méthode a été décrite par Swain et Hillis (1959), elle implique la réaction de la vanilline préparée dans une solution d'acide sulfurique à 70% avec le noyau A de flavan-3-ols ou des flavan-3,4-diols pour former un produit de condensation rouge qui peut être mesuré par la spectrophotométrie à 500 nm [74].

La méthode de la vanilline a été utilisée pendant de nombreuses années comme méthode colorimétrique pour le dosage des tanins condensés en raison de sa sensibilité et de sa simplicité.

B. Méthode

1ml de chaque extrait (dilué a 1/1000), est ajouté à 2ml de la vanilline (1g/100ml d'acide sulfurique 70%). L'ensemble est mélangé, les tubes sont incubés pendant 20 min dans le bain marie à une température de 50 C°. La lecture est faite à l'aide d'un spectrophotomètre (Thermo) avec une longueur d'onde égale à 500 nm.

Les concentrations des tanins de différents extraits sont déduites à partir de la courbe d'étalonnage établie avec l'acide tannique (annexe II).

II.7.3. Dosage des flavonoïdes**A. Principe**

La méthode du trichlorure d'Aluminium [75] est utilisée pour quantifier les flavonoïdes dans les différents extraits. La méthode de dosage des flavonoïdes repose sur la capacité de ces composés à former des complexes chromogènes avec le chlorure d'aluminium (AlCl₃).

B. Méthode

1ml de chaque échantillon (extrait frais dilué a 1/10 et extrait sec dilué 1/100) ou de standard quercétine (dilué dans l'éthanol), est ajouté à 1ml de la solution d'AlCl₃ (2%). Après 10min d'incubation, l'absorbance est lue à 430nm par un spectrophotomètre UV-Visible. Les concentrations des flavonoïdes des différents extraits sont déduites à partir de la courbe d'étalonnage, établie avec la quercétine, et sont exprimées en milligrammes équivalents quercétine par gramme de la matière sèche.

Une courbe d'étalonnage à été réalisé en parallèles dans les mêmes conditions opératoires en remplaçant l'extrait par la quercétine (Annexe II).

II.7.4. Détermination de la teneur en pigments liposolubles**A. Principe**

Les colorants ou « pigments » dont la plupart sont d'origine végétale. forment une gamme très étendue (du jaune au bleu, en passant par le vert et meme le noir) La chlorophille,

le lycopène et le β -carotène sont parmi les colorants les plus rencontrés et les plus utilisés dans les industries agroalimentaires. A des doses réglementées, ils sont bénéfiques pour la santé. Certains d'entre eux sont connus pour leurs activités antioxydantes, antimutagènes, voire anticarcinogènes [76].

B. Méthode

Dans le but de quantifier leur teneur dans notre plante, nous avons opté pour la méthode décrite par Barros et ses collaborateurs (2011). 150 mg de poudre végétale sont agités vigoureusement après avoir ajouté 10 ml du mélange acétone-hexane (4/6. v/v) pendant 1 min puis filtrer. L'absorbance du filtrat est mesurée par la suite à différentes longueurs d'ondes ($\lambda=453, 505, 645$ et 663 nm). La teneur en pigments est calculée suivant les équations indiquées ci-dessous et exprimée en $\mu\text{g/g}$ de matière végétale sèche.

$$\text{B-carotène (mg /100 ml)} = 0.216 * A_{663} - 1.220 * A_{645} - 0.304 * A_{505} + 0.452 * A_{453}$$

$$\text{Lycopène (mg /100ml)} = -0.458 * A_{663} + 0.204 * A_{645} - 0.304 * A_{505} + 0.452 * A_{453}$$

$$\text{Chlorophylle a (mg/100ml)} = 0.999 * A_{663} - 0.0989 * A_{645}$$

$$\text{Chlorophylle b (mg/100ml)} = 0.328 * A_{663} + 1.77 * A_{645}$$

II.8. Evaluation de l'activité anti-oxydante

II.8.1. La Réduction du radical DPPH

A. Principe

L'évaluation du pouvoir antioxydant des différents extraits issue du *basilic* est réalisée par le test DPPH qui est considéré comme un radical libre relativement stable. Le principe de cette méthode est basé sur la mesure du piégeage des radicaux libres de DPPH (1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl) de couleur violette.

B. Méthode

Le protocole est le suivant : 1ml de chaque extraits (extrait frais dilué à 1/800, extrait sec dilué à 1/2500) est ajouté à 2ml de DPPH. Le mélange est laissé à l'obscurité pendant 30min et la lecture de l'absorbance est faite contre un blanc (Ethanol + Eau distillée) à 517nm et le contrôle (DPPH + Eau distillée) dont l'absorbance est mesuré dans les mêmes conditions que les extraits.

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

$$I\% = \left[\frac{(\text{Abs Contrôle} - \text{Abs Extrait})}{\text{Abs Contrôle}} \right] \times 100$$

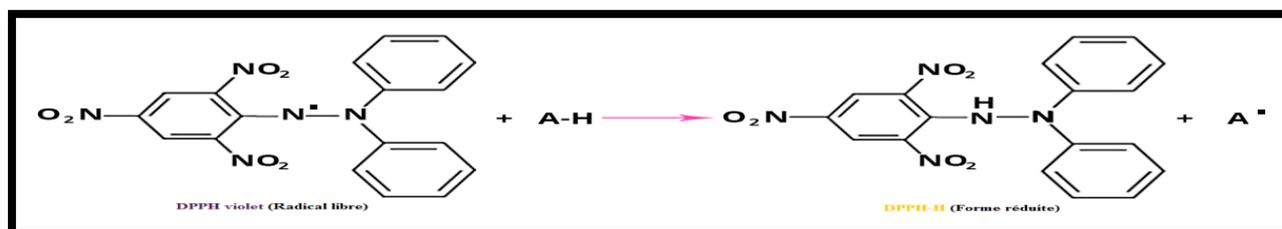


Figure 19: Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH.

II.8.2. Le pouvoir réducteur de l'ion ferrique (FRAP)

A. Principe

Cette méthode est basée sur l'aptitude des extraits à réduire le fer ferrique (Fe³⁺) en fer ferreux (Fe²⁺). Le mécanisme est connu comme étant un indicateur de l'activité donatrice d'électrons. Caractéristique de l'action antioxydant des polyphénols [77].

B. Méthode

Elle consiste à mélanger 1ml de l'extrait à différentes concentration avec 2.5 ml de tampon phosphate (0.2M. Ph 6.6) et 2.5 ml d'une solution de ferricyanure de potassium (K₃Fe(CN)₆ à 1%(m/v). Le mélange obtenu est incubé à 50°C pendant 20 min, puis 2.5 ml d'acide trichloracétique (CCL₃COOH) à 10% sont ajoutés pour stopper la réaction. Le mélange est additionnés 2.5 ml d'eau distillée et 0.5 ml de chlorure de fer (FeCl₃) à 0.1%. L'absorbance du milieu réactionnel est déterminée à 700 nm à l'UV [78].

L'augmentation de l'absorbance dans le milieu réactionnel indique une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testé. La concentration CE₅₀, qui est définie comme étant la concentration effective à laquelle l'absorbance est égale à 0.5, est un indice utilisé pour comparer et exprimer la puissance des capacités réductrices des substances bioactives.

II.9. Activité antibactérienne

II.9.1. Les souches testées

Pour évaluer l'activité antibactérienne des extraits nous avons testé 4 souches bactériennes pathogènes pour l'homme. La plupart d'entre elles sont impliquées dans des

intoxications alimentaires et d'autres sont d'intérêt clinique. Le choix s'est porté sur ces dernières souches car c'est des bactéries ayant une grande capacité à développer de nouvelles résistances contre des antibiotiques couramment utilisés.

Bactéries à Gram négatif (-) : *Escherichia coli*, *Salmonella Sp*, *Pseudomonas aeruginosa*.

Bactéries à Gram positif (+) : *Staphylococcus aureus*.

A. Principe

L'activité antimicrobienne est une méthode qui vise à déterminer l'effet antagoniste et inhibiteur des biomolécules (ou autres composés) dites antagonistes sur la croissance des microorganismes dits cibles. Cette méthode inspirée de l'antibiogramme consiste à imprégner des disques de papier déposés sur la surface d'une gélose appropriée (déjà ensemencée par l'agent microbien) par une solution de l'antagoniste à tester, (dans notre cas se sont des extraits de *basilic*), la méthode est appelée « méthode de diffusion par disques ». L'activité antimicrobienne est ensuite évaluée par la mesure du diamètre des zones d'inhibition autour des disques [79].

II.9.2. Mode opératoire

A. L'ensemencement

Avant de commencer le test on fait fondre la gélose dans un bain-marie puis on coule le milieu dans des boîtes de Pétri et on attend la solidification, par la suite on prend un écouvillon stérile immergé dans la suspension bactérienne essuyé sur les parois de tube est utilisé pour ensemencer (par des stries très serrés) la totalité de la surface de la gélose séchée, l'opération se fait 3 fois en tournant la boîte de Pétri d'un angle de 90° à chaque fois[80].

B. Dépôt des disques

En attendant quelques minutes pour permettre aux suspensions de se diffuser et à la gélose d'être sèche et à l'aide d'une pince flambée on dépose les disques sur la surface de la gélose à des points équidistants. Chaque boîte contient 3 disques imprégnés par l'extrait de *basilic* séché. On laisse les boîtes pendant 20 minutes à température ambiante pour une bonne diffusion des extraits puis on les ferme en utilisant le para film et incubées à 37° C /24h.

C. Lecture et expression des résultats

Après l'incubation des boîtes à 37°C pendant 24 heures, la lecture se fait par mesure de diamètre de la zone d'inhibition.

Chapitre III

Résultat et discussions

III.1. Rendement des extractions

Les résultats du rendement des extractions du basilic frais et du basilic sec sont représentés dans la figure suivante :

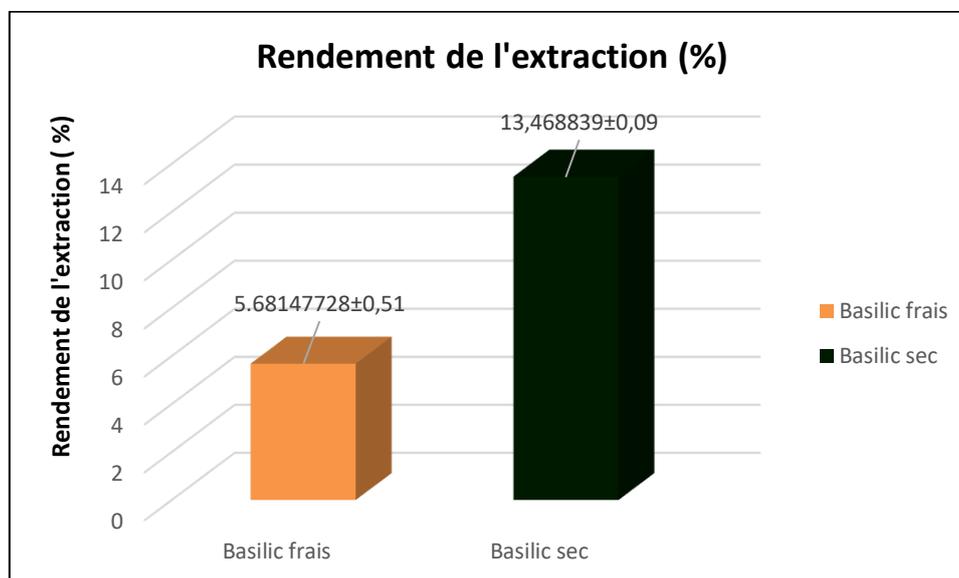


Figure 20 : Rendement des extractions du basilic frais et du basilic sec.

D'après les résultats l'histogramme ci-dessus le basilic séché un rendement d'extraction de 13.468% et quant au basilic frais il a enregistré rendement d'extraction égale a (5.684%).

On remarque à partir des résultats de l'analyse statistique mentionnés dans notre histogramme que le rendement d'extraction du basilic séché est plus élevé que le rendement d'extraction du basilic frais et il est aussi supérieur au résultat obtenu par Khoualdi qui ont eu un rendement de 6.89 % pour le basilic sec. [81]

Effectivement, le rendement d'extraction dépend de plusieurs facteur qu'on site; le solvant et le soluté le temps, la température la nature chimique de l'échantillon [82], la variété de plante, la saison de récolte, la localisation géographiques, les différentes maladies que peuvent affecter la plante, la maturité de la plante la manière et la durée de la conservation [83].

On a observés que le rendement de notre échantillon est sévèrement inférieur à celui trouvé dans l'études de Warsi et Sholichah chez la même espèce et ils ont eu une valeur de 62.54%, cette variation du à la différence intra-espèce, les facteurs environnementales, et la période d'échantillonnage. Selon Tonzibo, la diminution du rendement peut être aussi due à

des pertes par évaporation et/ou une activité de biosynthèse qui se poursuit long temps après la récolte de la matière végétale. Ces variations peuvent être expliquées par la maturité des fleurs, l'interaction avec l'environnement (type de sol et température), le moment de la récolte et la méthode d'extraction [84].

III.2. Cinétique du séchage du *basilic*

La courbe de perte de la teneur en eau et l'influence de la température et du temps est représentée dans la figure suivante :

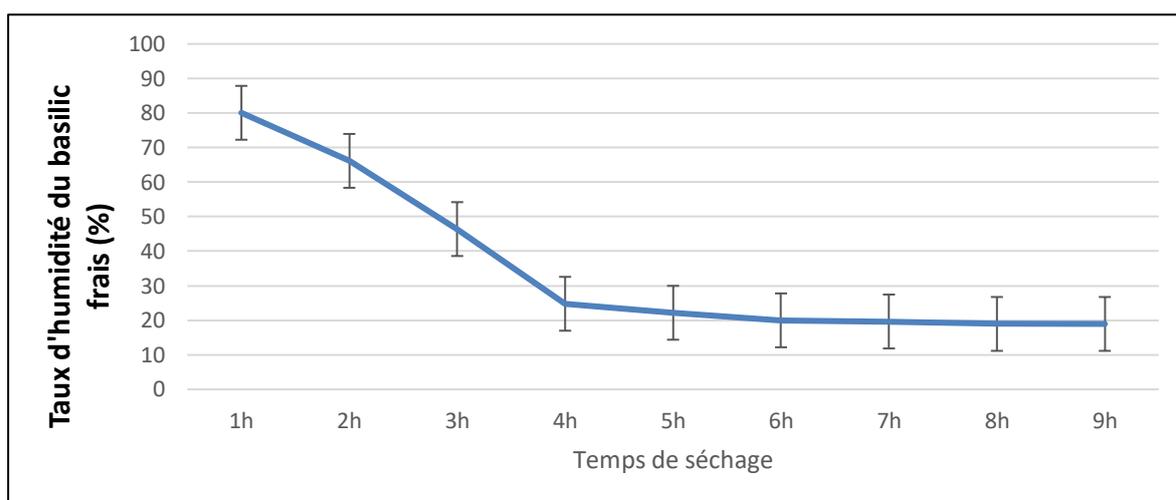


Figure 20 : Cinétique de séchage de basilic à l'étuve à 45°C.

A partir du schéma nous remarquons qu'à partir de la première heure de séchage jusqu'à la 6ème heure de séchage la masse du *basilic* diminue progressivement et à partir de la 6ème heure on remarque que la masse du basilic se stabilise jusqu'à ce qu'elle demeure constante.

III.3. Analyse qualitative

III.3.1. Caractérisation phytochimique

Les tests phytochimiques nous ont permis de détecter la présence ou l'absence de certains composés par des réactions de coloration et de précipitation :

Tableau 4: Tests phytochimiques d'extraits aqueux de basilic sec et basilic frais.

Composés	Extrait de basilic frais	Extrait de basilic sec
Flavonoïdes	+	+
Tanins	+	+
Quinones libres	-	+

Saponosides	+	+
Terpénoïdes	-	-
Identification des Glucosides	+	+
Mucilages	+	+
Irridoïdes	-	+
Composés réducteurs	+	+

(+) : la présence, (-) : l'absence

L'étude qu'on a réalisé sur l'extrait de *basilic* sec et l'extrait de *basilic* frais ainsi que sur la poudre de basilic sèche a révélé l'existence de divers métabolites secondaires (flavonoïdes, tanins, les saponosides, les mucilages, les glucoses les quinones libres, les irridoides) .A partir de notre test nous avons remarqué l'apparition des quinones libres et cela est sûrement dû à l'effet de la température .Nos résultats sont en parfait accord avec les résultats de plusieurs travaux précédents qui ont montré que le basilic est une espèce riche en métabolites secondaires. [85].

III.3.2. Analyses HPLC des extraits

Les profils chromatographiques de différents extraits de la plante *O. basilicum* :

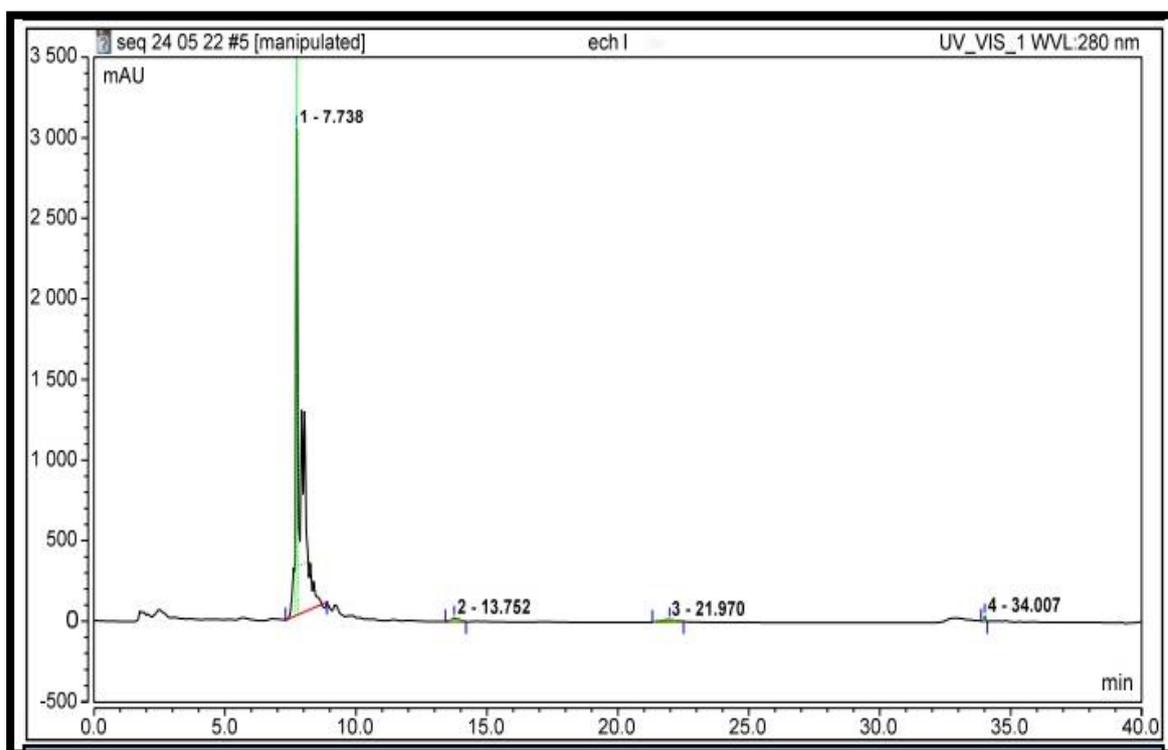


Figure 22: Profil du chromatogramme du basilic séché.

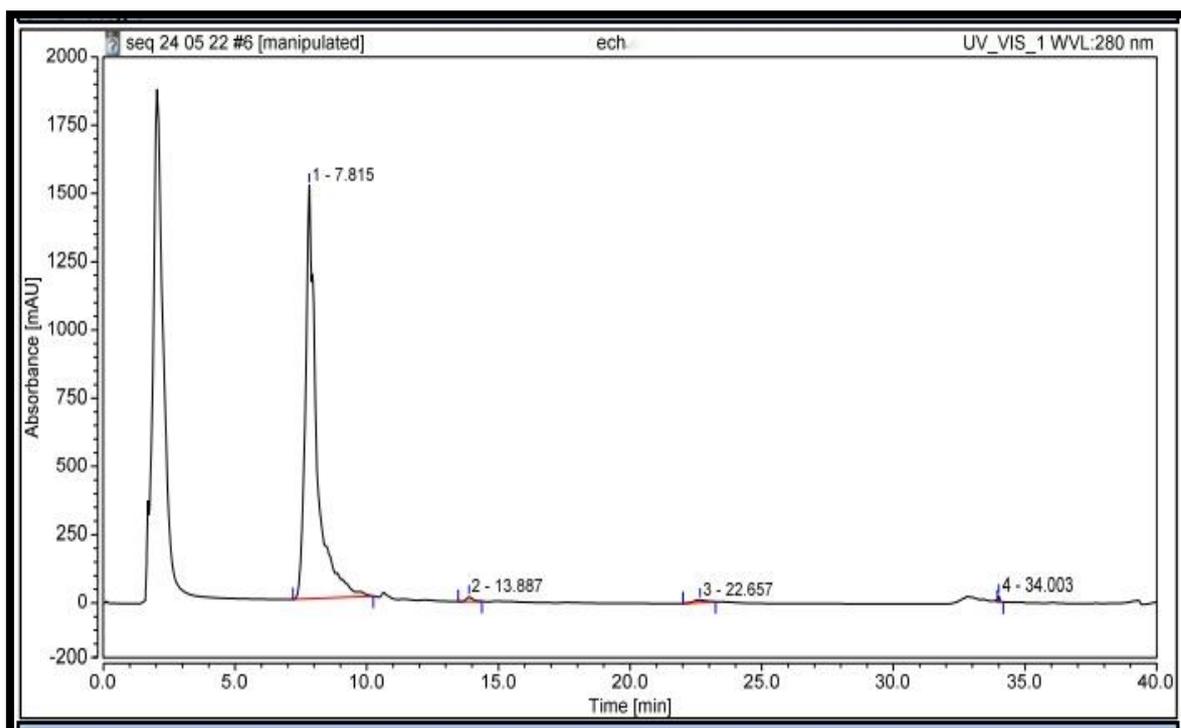


Figure 23: Profil du chromatogramme du basilic frais.

Dans le but de déterminer les composés phénoliques du *basilic* frais ainsi que le *basilic* séché nous avons réalisé une analyse par HPLC. Les résultats sont indiqués dans le tableau 6.

Tableau 5: Les composés phénoliques identifiés par HPLC dans le *basilic* frais et le basilic séché.

Basilic séché		Basilic frais	
Nom de l'étalon	Temps de rétention	Nom de l'étalon	Temps de rétention
Acide caféique	7.38 min	Acide coumarique	7.815 min

L'identification a été basée sur la comparaison du temps de rétention des molécules de nos mélanges avec le temps de rétention des molécules d'étalons connues et déjà analysées.

Les résultats obtenus montrent que le *basilic* est riche en polyphénols; l'acide coumarique et l'acide caféique (CA) qui sont présents dans les feuilles de *O. Basilicum*, ces

composés ont des activités antioxydantes, anti-inflammatoires, et de chimioprévention du cancer [86].

III.3.3. Analyse par spectrophotométrie d'absorption IR

Les photons d'un rayonnement infrarouge sont porteurs d'une énergie correspondante aux vibrations des liaisons. Lorsque la molécule est soumise au rayonnement, certaines fréquences infrarouges sont absorbées et la liaison entre en résonance. L'absorbance infrarouge fournit une information sur les liaisons qui constituent la molécule. Un spectre IR représente la transmittance en fonction du nombre d'onde. Les bandes d'absorption IR sont caractéristiques des fonctions chimiques présentes sur la molécule. Pour chaque bande, on précise : son nombre d'ondes, son intensité (F : forte, m : moyenne, f : faible) et sa largeur (fine ou large). Par exemple, la bande vibration d'élongation de la liaison C=O est caractérisée par : 1720 cm^{-1} , F, fine.

De manière pratique, on ne cherchera pas à interpréter tous les signaux observés, mais seulement ceux caractérisant les vibrations d'élongation des fonctions chimiques présentes sur la molécule étudiée [87].

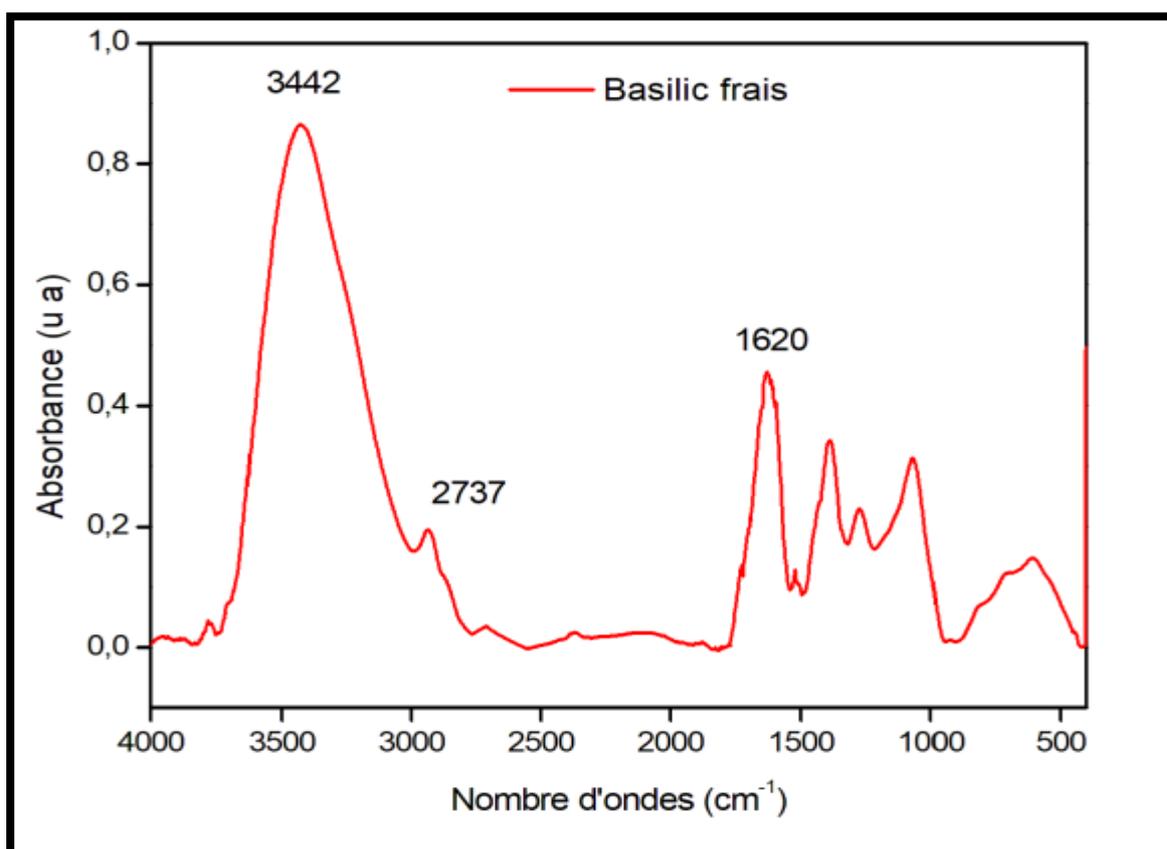


Figure 21 : Spectre infrarouge du basilic frais.

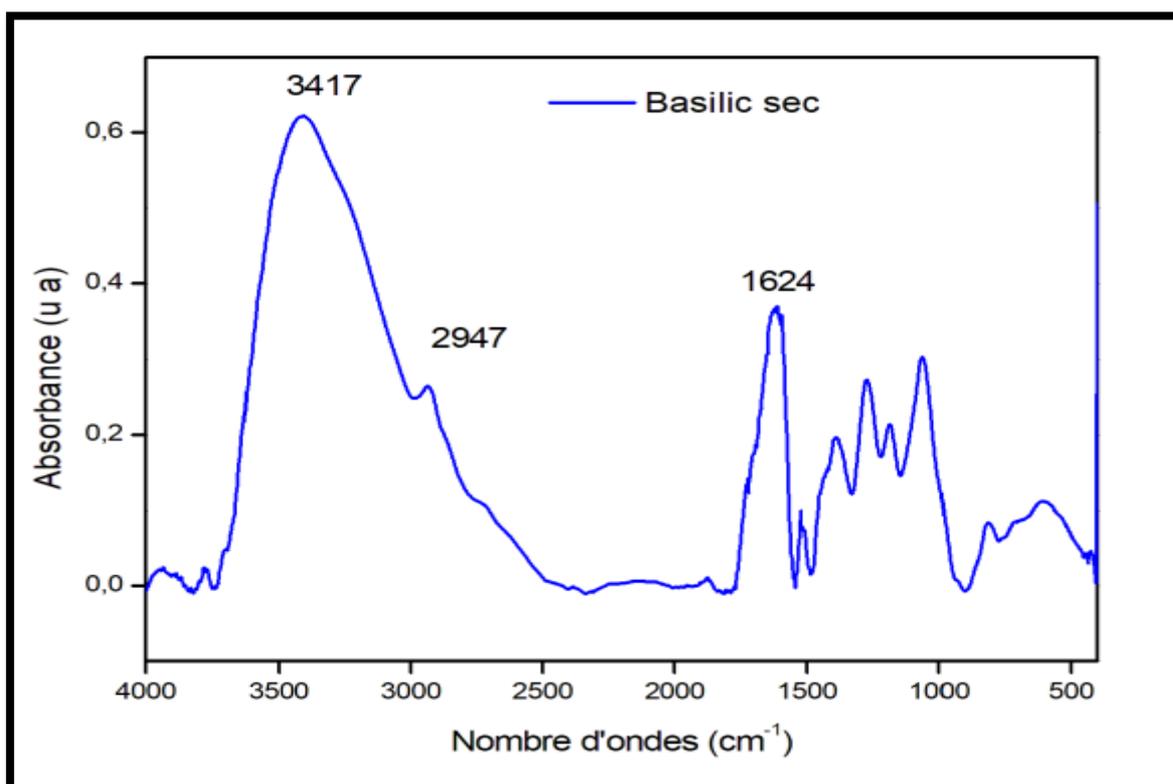


Figure 22: Spectre infrarouge du basilic sec.

Les données de la spectroscopie infrarouge sont illustrées dans les deux figures ci-dessus : ces deux figures montrent que la poudre de *basilic* frais et le *basilic* séché présentent une large zone d'absorption entre 3500 et 500 cm^{-1} qui correspondent aux vibrations suivantes :

A. Basilic frais

Une bande d'absorption vers 3442 cm^{-1} qui détermine la présence des amines (N-H) dans la zone (3100-3500). Une bande vers 2737 cm^{-1} montrant la présence des acides carboxyliques dans la zone (2500-3200). Egalement, le spectre indique la présence d'une bande de composés insaturés de l'azote (O-NO) vers 1620 cm^{-1} dans la zone (1610-1625)[88].

B. Basilic sec

Une bande d'absorption vers 3417 cm^{-1} qui détermine la présence des amines (N-H) dans la zone (3100-3500). Une bande vers 2947 cm^{-1} montrant la présence des acides carboxyliques dans la zone (2500-3200). Egalement, le spectre indique la présence d'une bande de composés insaturés de l'azote (O-NO) vers 1624 cm^{-1} dans la zone (1610-1625 [88].

III.4. Analyse quantitative

III.4.1. Teneur en polyphénols

Les composés phénoliques ou polyphénols sont des métabolites secondaires largement répandues dans le règne végétal. Ils sont présents dans tous les fruits et légumes [89]. Ces molécules constituent la base des principes actifs trouvés au niveau des plantes médicinales, elles possèdent un effet antioxydant, antibactérien et antifongique et ils sont des protecteurs contre l'apparition de certains cancers [90].

La teneur en polyphénols est estimée par la méthode de Folin-Ciocalteu pour chaque extrait a été déterminées à partir de l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage, tracée en utilisant l'acide gallique comme standard : $y=7,9478X$ et $R^2=0,9902$. Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent acide gallique par 100 ml d'extraits (mgEAG/100ml) dans la figure suivante :

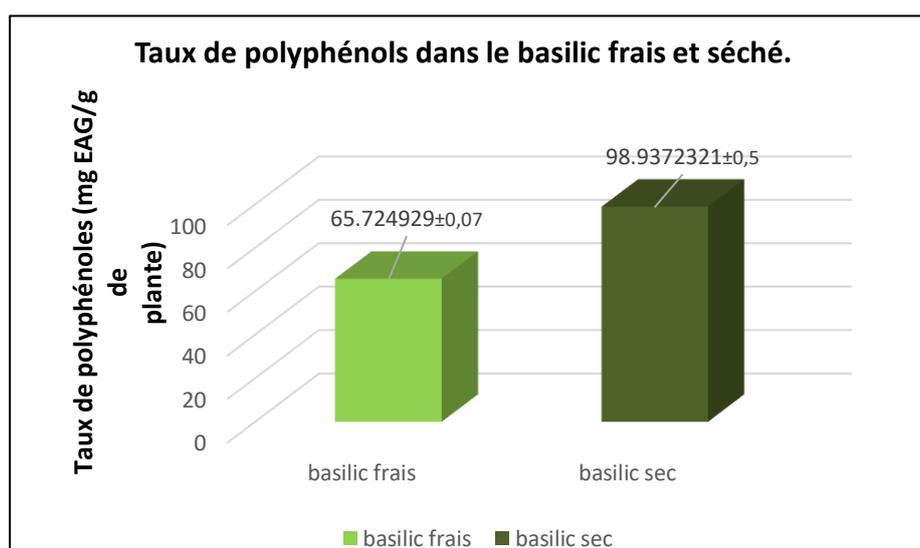


Figure 26: Teneur en polyphénols du basilic frais et séché.

D'après les résultats de l'histogramme ci-dessus le basilic séché a enregistré une teneur en polyphénols de (98,937±0,5 mgEAG/100ml) et quant au basilic frais il a enregistré une teneur égale a (65,725±0,07 mgEAG/100ml).

Les résultats représentés dans la figure ci-dessus montrent que les deux échantillons étudiés contiennent une teneur importante en composés phénoliques et il existe une différence significative entre les deux extraits; le basilic séché est plus riche en polyphenols que le basilic frais.

Nos résultats montrent que *Ocimum basilicum* séché étudiée est moins riche en composés phénoliques comparativement aux teneurs obtenues dans les travaux précédents, où Al-Ghamdi a trouvé une valeur plus élevée de 166,03 mgEAG/100ml chez la même espèce prélevée de Saudi Arabia, et d'autre prélevée d'El-Tarf (Algérie) avec une valeur de 110 mgEAG/100ml [91].

D'après nos résultats, on déduit que les teneurs phénoliques totales dans les extraits de plantes dépendent de la technique d'extraction ainsi que de la haute solubilité des phénols dans les solvants polaires ce qui fournit une concentration élevée de ces composés dans les extraits obtenus en utilisant ces solvants [92].

III.4.2. Teneur en flavonoïdes

En utilisant la méthode colorimétrique au trichlorure d'aluminium $AlCl_3$ nous avons pu déterminer la teneur en flavonoïdes des différents extraits. Les résultats obtenus sont présentés dans la figure suivante :

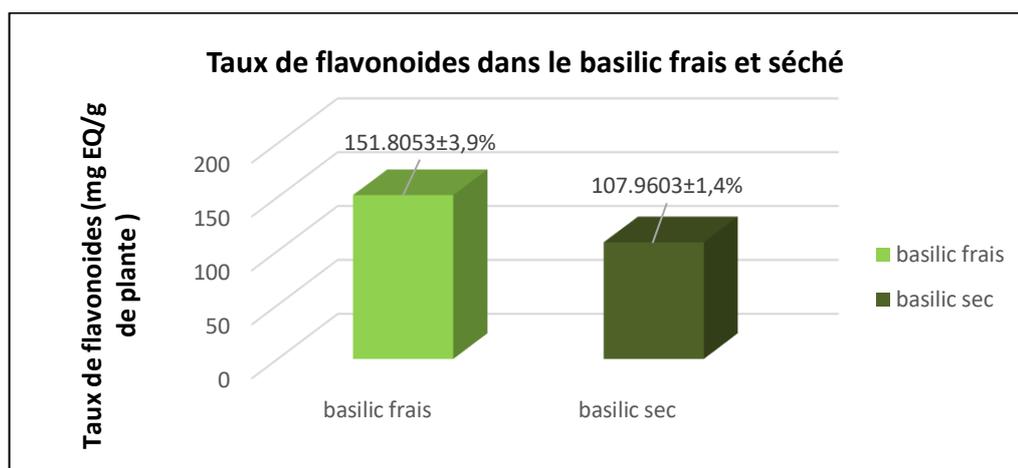


Figure 27: Teneur en flavonoïdes du basilic frais et séché.

D'après les résultats de l'histogramme ci-dessus le basilic séché a enregistré une teneur en flavonoïdes de (14. 41 ± 0. 19 mg/100mL) et quant au basilic frais il a enregistré une teneur égale a (9. 86 ± 0. 25 mg/100mL).

On remarque à partir de notre test qu'il y a une différence significative entre la teneur en flavonoïdes des deux extraits; le basilic frais est moins riche en flavonoïdes que le basilic sec.

Les valeurs obtenues dans notre travail sont supérieures à celles trouvées par le travail fait sur une autre espèce qui fait partie de la même famille (Lamiacée), où Belloul enregistre une valeur de 0. 1572mg/100ml. Dans une autre étude sur d'*Ocimum basilicum* L., Prasath a trouvé une teneur de flavonoïde de 0. 4365 mg/100ml équivalent.

Cette différence pourrait être attribuée à la méthode d'extraction utilisée, la partie de la plante ayant subi l'extraction, les effets des facteurs climatiques et/ou pédologiques. Les facteurs climatiques et environnementaux : la situation géographique, la sécheresse, le sol, l'agressions et les maladies, et le patrimoine génétique et le stade de développement de la plante[93].

Les feuilles de *O. basilicum* sont riches en flavonoïdes dont il a été démontré qu'elles possèdent diverses propriétés biologiques liées aux mécanismes antioxydants, ils influencent les cellules pancréatiques et stimulent la sécrétion de l'insuline [94].

III.4.3. Teneur en tanins

Les tanins sont des substances constituées par un mélange de glucosides et d'acide gallique, on les trouve, dans de très nombreuses plantes. La présence de flavonoïdes en abondance est favorable à la lutte contre les problèmes vasculaires et ils tuent les germes et favorisent la guérison des muqueuses de la bouche, du nez, de l'estomac et des intestins [95].

Les concentrations des tanins condensés sont déduites à partir d'une courbe d'étalonnage établie avec l'acide tannique. Les résultats obtenus sont exprimés en milligramme d'équivalent acide tannique par 100 ml d'extrait de basilic (mg EAT/100ml) et ils sont représentés dans la figure suivante :

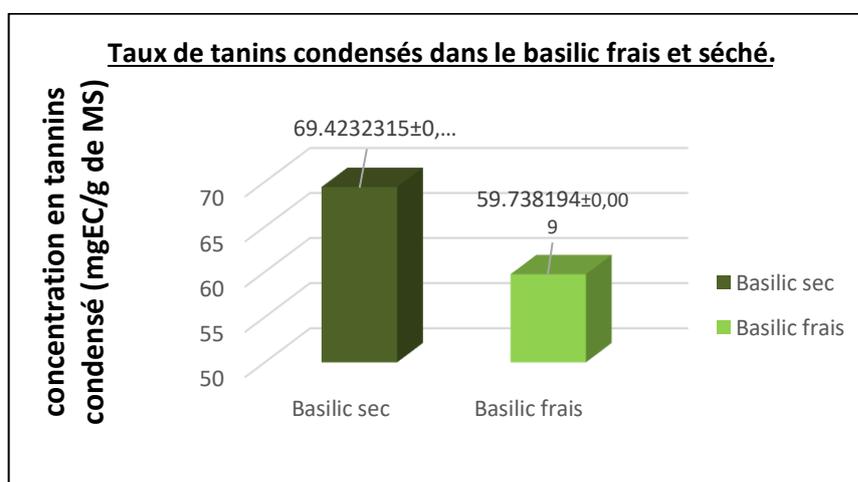


Figure 28 : Teneur en tanins du basilic frais et séché.

D'après les résultats de l'histogramme ci-dessus le *basilic* séché a enregistré une teneur en tanins de $(0.694232315 \pm 0,008 \text{ mg}/100\text{mL})$ et quant au basilic frais il a enregistré une teneur égale a $(0.59738194 \pm 0,009 \text{ mg}/100\text{mL})$.

Nous remarquons une différence significative entre la concentration des tanins dans les deux extrait; et on a déduit que le *basilic* séché est plus riche en tanins que le *basilic* frais.

L'étude effectuée par BOUTERFAS(2013) sur la plante *Marrubium vulgare* qui est de la famille des lamiacées a montré qu'elle contient $(0.065 \text{ mg}/100\text{mL})$ de tanin qui est un résultat inférieur a celui enregistré par le *basilic*.

III.4.4. Teneur en pigments liposolubles

Les résultats du dosage du taux de chlorophylle a et b, de lycopene et de B-carotène dans le *basilic* frais et sec sont représentés dans la figure suivante :

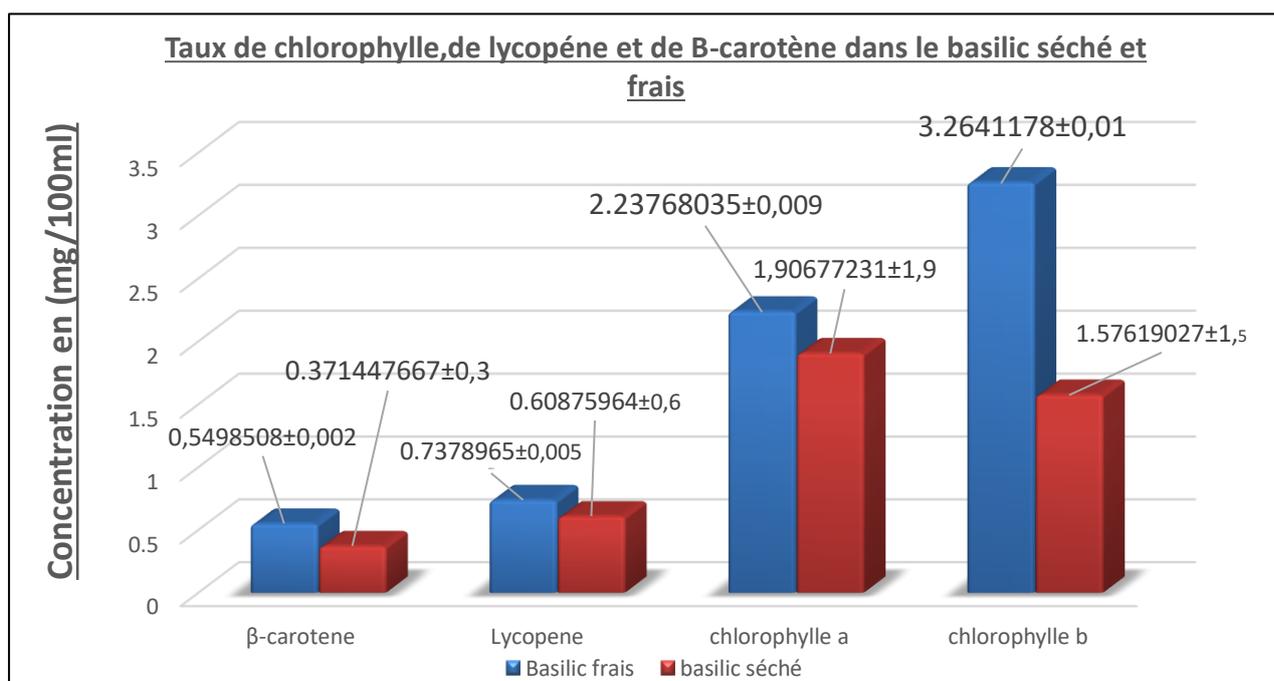


Figure 29: Teneur en pigments liposolubles.

A. Chlorophylle

La chlorophylle est le pigment vert qui colore les feuilles des végétaux. Elle leur permet d'utiliser l'énergie lumineuse pour transformer en sucres le carbone, présent dans l'air sous forme de gaz carbonique [96].

On remarque que les concentrations de chlorophylle a et b les plus grandes sont enregistrées chez le basilic frais avec des concentrations égales a : chlorophylle a ($2,23768035 \pm 0,009$ mg/100ml), chlorophylle b ($3,2641178 \pm 0,01$ mg/100ml).

B. B-carotène

C'est un colorant particulièrement sensible à la chaleur et à l'oxydation. Il est transformé en un composé incolore par hydrogénation [97].

D'après nos résultats on déduit que le *basilic* frais contient une concentration en b-carotène égale a $0,5498508 \pm 0,002$ mg/100ml, et d'une part le basilic sec contient une concentration égale a $0,371447667 \pm 0,3$ mg/100ml. La différence significative entre les concentrations est due au séchage; quand la matière végétale est exposée à de fortes températures cela peut provoquer une perte notable de caroténoïdes [98].

D'après l'Institut de Nutrition du Vietnam, Rau ngót et Tía tô qui sont deux plantes de la famille des lamiaceae contiennent une quantité importante de β -carotène (code européen E160a) : $6650 \mu\text{g}/100$ g et $5520 \mu\text{g}/100$ g de poids frais respectivement. Pourtant, les caroténoïdes sont cachés par la couleur verte des chlorophylles dans ces feuilles [99].

C. Lycopène

Le lycopène est un pigment responsable de la couleur rouge orangée de certains fruits et légumes, c'est par exemple la substance qui donne à la tomate sa couleur rouge caractéristique. Il possède une forte propriété antioxydante, anti-inflammatoire qui aide à réduire les risques de maladies chroniques et systémiques et il a des propriétés anticancéreuses. L'activité antioxydante du lycopène est due au mécanisme de l'activité de piégeage des espèces réactives de l'oxygène (ROS) [100].

A partir de notre test nous remarquons que le *basilic* frais contient $0,7378965 \pm 0,005$ mg/100ml tandis que le *basilic* séché contient $0,60875964 \pm 0,6$ mg/100ml la légère différence est due au traitement thermique subit lors du séchage.

III.5. Etude de l'activité antioxydante

III.5.1. Piégeage du radical DPPH

Le radical DPPH est généralement l'un des substrats les plus utilisés pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité en forme radicale et la simplicité de l'analyse [101].

A. Le piégeage du DPPH

L'activité antioxydante des différents extraits de la plante vis-à-vis du radical DPPH° a été évaluée par spectrophotométrie et cela 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 [9102]. Cette méthode est fréquemment utilisée pour sa simplicité, rapidité et sensibilité [103].

Les résultats du piégeage du radical libre DPPH obtenus pour les extraits de basilic frais et de basilic sec étudié sont illustrés dans la figure suivante :

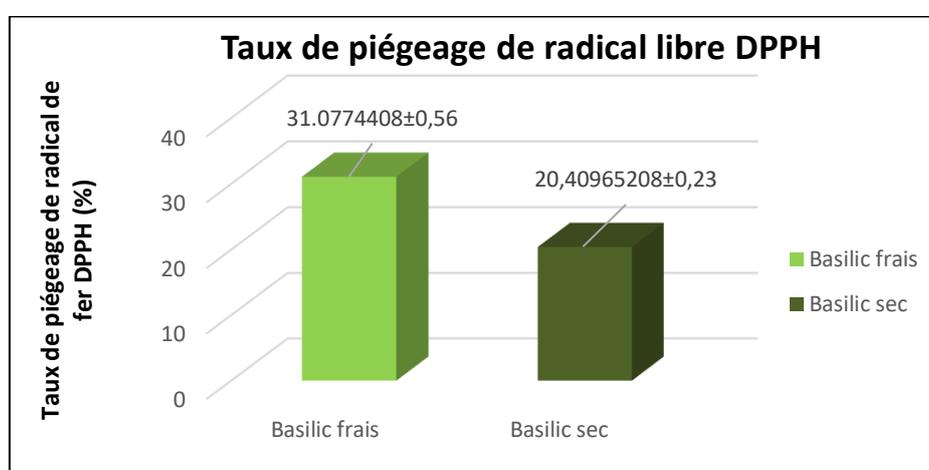


Figure 30 : Piégeage du radical DPPH.

D'après les résultats de l'histogramme ci-dessus le basilic séché a enregistré un taux de 20,40965208±0,23 et quant au basilic frais il a enregistré un taux de 31,0774408±0,56.

Nous remarquons une différence significative entre les résultats des deux extraits, le résultat enregistré par le basilic frais est supérieur aux résultats enregistrés par le basilic séché.

Les résultats obtenus par l'étude de Mojtaba sur la menthe qui est une espèce de la même famille (lamiacées) sont supérieures (83. 2%) aux résultats de notre étude. La différence entre nos résultats est sûrement due à la différence d'espèces.

III.5.2. Réduction de fer (FRAP) (Ferric reducing antioxidant power)

Cette méthode est un essai simple, rapide et reproductible [104]. Elle est universelle et peut être appliquée chez les plantes et les plasmas et dans les extraits organiques et aqueux [105].

La présence des réducteurs dans les extraits des plantes provoque la réduction de Fe^{3+} / complexe ferricyanide à la forme ferreux.

La figure ci-dessous illustre les résultats des pourcentages de l'activité antioxydante du basilic frais et du basilic séché :

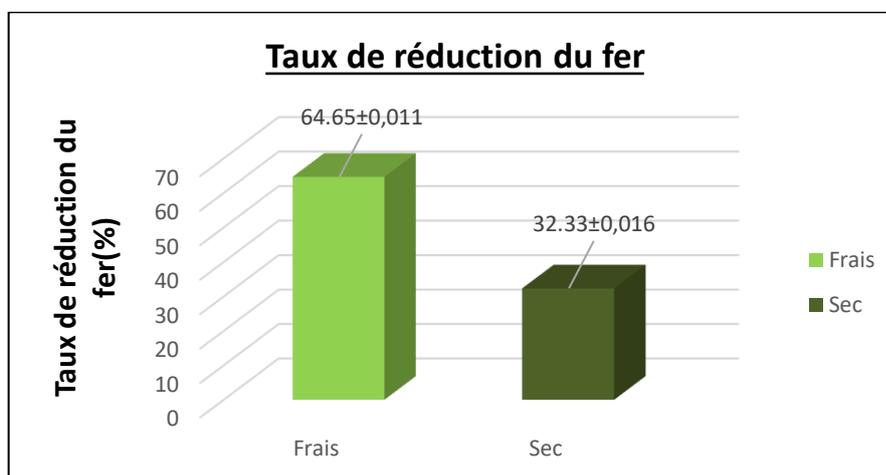


Figure 31 : Réduction de fer (FRAP) (Ferric reducing antioxidant power).

D'après les résultats de l'histogramme ci-dessus le *basilic* séché a enregistré une un taux de $32,33 \pm 1,64$ et quant au basilic frais il a enregistré taux de $64,65 \pm 1,14$.

Nous remarquons une différence significative entre le résultat enregistré par les deux extraits, le basilic frais a un taux de réduction de fer supérieur au taux enregistré par le *basilic* séché.

Le pouvoir réducteur des extraits de la plante est probablement dû à la présence de groupement hydroxyle dans les composés phénoliques qui peuvent servir comme donneur d'électron. Par conséquent, les antioxydants sont considérés comme des réducteurs et inactivateurs des oxydants [106]. Les études menées par Van Acker et al sur la chélation des ions du fer par certains flavonoïdes ont mis en évidence les sites essentiels pour la chélation des ions métalliques :

- Les groupes 3'-hydroxy et 4'-hydroxy du cycle B (les fonctions catéchol), les groupes 3-hydroxy et 4-oxo du cycle C.
- Les groupes 4-oxo et 5-hydroxy en position 3. Ainsi, la quercétine qui combine tous ces substituants est un complexant métallique particulièrement efficace [107].

Ce processus d'autoxydation dépend de multiples paramètres tels que la concentration de l'ion métallique et du polyphénol, la température, le pH, la présence d'agents complexants [107].

Quelques études antérieures ont également montré que le pouvoir réducteur d'un composé peut servir comme un indicateur significatif de son activité antioxydante potentielle [106].

D'après les précédentes études il a été prouvé que le pouvoir réducteur de ces extraits est probablement dû à la présence de groupement hydroxyle dans les composés phénoliques qui peuvent servir comme donneur d'électron. Par conséquent, les antioxydants sont considérés comme des réducteurs et inactivateurs des oxydants. [107]

III.6. Activité antibactérienne

L'effet antimicrobien des extraits aqueux de *basilic* sec est évalué dans cette étude par la technique de diffusion sur l'agar. Les résultats obtenus sont représentés dans l'annex :

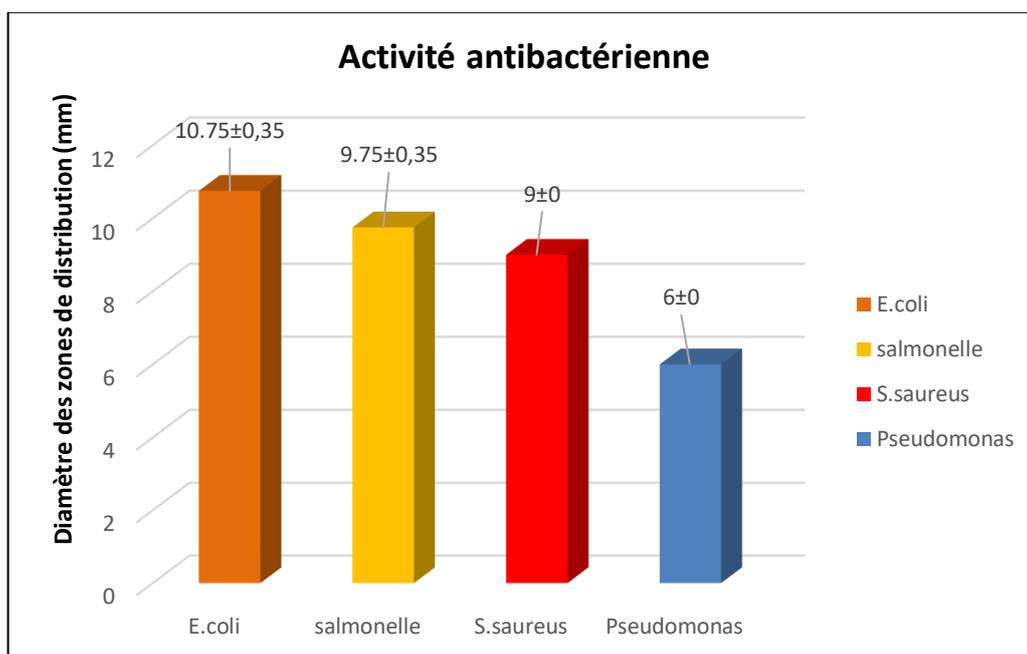


Figure 32 : Diamètre des zones d'inhibitions.

Les résultats obtenus montrent que l'extrait de basilic séché est actif et manifeste une activité antibactérienne mais la sensibilité varie selon les souches; *E. coli* avec une zone d'inhibition de 10.75 mm et 9.5 mm pour *La salmonelle* c'est souches sont les plus sensibles, ensuite vient *S. saureus* et *Pseudomonas* qui ont montré une résistance à cet extrait

avec des zones d'inhibition respectives 9 mm et 6 mm et nos résultats sont très proches de ceux indiqués par Al Ghamdi qui a eu une zone d'inhibition de 10 mm pour ces deux souches.

Mais en généralement ces résultats sont considérés faibles par rapport aux résultats d'autres travaux, Chenni a rapporté dans ses travaux sur les huiles essentielles de *O. basilicum* que l'activité observée contre *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* et *E. coli* est plus importante avec des diamètres d'inhibition de (12 mm), (20 mm) et (26 mm à 22 mm). [8]

Une autre étude de Hussain sur la composition chimique et l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle recueillie saisonnièrement au Pakistan a démontré le fort pouvoir inhibiteur contre neuf micro-organismes pathogènes. Les résultats obtenus ont indiqué que *S. aureus* est le plus sensible montrant une zone d'inhibition (plus 22. 2-24. 4 mm).

D'après Al-Ghamdi les activités antimicrobiennes des plantes ont été attribuées à des composants bioactifs dans les plantes tels que les alcaloïdes, les saponines, les tannins, les flavonoïdes, les stéroïdes et les anthraquinones.

La différence trouvée entre les extraits peut être attribuée à plusieurs facteurs tels que les facteurs inhérents; la variété, les conditions ambiantes, facteurs écologiques, variations saisonnières et méthodes d'extraction, préparation d'extrait, solvant utilisé, sensibilité des bactéries et organe de plante utilisé [109].

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Les plantes médicinales, représentent une source inépuisable de substances et composés naturels bioactifs qualifiées de métabolites secondaires, leur répartition qualitative et quantitative est inégale selon les espèces, dont l'accumulation de ces composés dans les différentes parties des plantes joue un rôle essentiel pour sa durabilité naturelle.

Le rendement d'extraction du basilic séché est plus élevé que le rendement d'extraction du basilic frais et les tests photochimiques réalisés sur l'extrait de basilic sec et l'extrait de basilic frais ont révélé l'existence de divers métabolites secondaires; flavonoïdes, tanins, les saponosides, les mucilages, les glucoses les quinones libres, les irridoides. Nous avons aussi déduit que le basilic est riche en pigments liposolubles; chlorophylle a et b et il contient aussi du lycopène et du B-carotène et leurs couleurs sont cachées par la couleur verte des chlorophylles dans les feuilles.

D'autre part, les travaux menés par notre étude ont permis de mettre en évidence les activités antibactériennes et antioxydantes de l'extraits d'*O. basilicum* et nous avons trouvé que l'*O. basilicum* a exercé une importante activité antibactérienne à l'encontre des bactéries étudiées. Nous avons constaté que les souches les plus sensibles à l'extrait d'*O. basilicum* sont : la salmonelle et E. coli et les souches *S. aureus* et *Pseudomonas* ont manifesté une résistance à l'égard de l'extrait aqueux. Pour l'activité antioxydante, nous avons remarqué a partir du test DPPH que l'extrait de basilic frais et séché présentent une forte capacité antioxydante. Et a partir des résultats de l'analyse HPLC nous avons trouvé que le basilic contient de l'acide coumarique et l'acide caféique (CA) et ces composés ont des activités antioxydantes, anti-inflammatoires.

De nouvelles perspectives peuvent être envisagées par une étude plus poussée de l'activité antibactérienne, et antioxydante non seulement sur les extraits utilisées seules ou leurs composants majoritaire, mais également en mélange, permettant ainsi une éventuelle synergie. Il serait intéressant de continuer ces travaux notamment sur d'autres bactéries pathogènes, afin de confirmer l'efficacité des extraits d'*O. basilicum*.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

- [1] : Hamburger. H et Hostettmann. K, (1991), *Phytochemistry. the link between phytochemistry and medicine.*
- [2] : Analysis of functional ingredients and composition of *Ocimum basilicum*
Branislava Teofilovi_ca,1, Nevena Gruji_c-Leti_ca, Milica Karad_zi_cb, Strahinja Kova_cevi_cb,
- [3] : Sanja Podunavac-Kuzmanovi_cb, Emilia Gligori_ca, Slobodan Gad_zuri_cc. *South African Journal of Botany* .
- [4] : Eunice M. Bajomo, Melanie S. Aing, Lucas S. Ford, Emily D. Niemeyer 26 ,(2022), *NFS Journal* ,Chemotyping of commercially available basil (*Ocimum basilicum* L.) varieties: Cultivar and morphotype influence phenolic acid composition and antioxidant properties.
- [5] : L Engy Mahmoud a, Małgorzata Starowicz b, Ewa Ciska b, Joanna Topolska b, Amr Farouk (2022) , *Food Chemistry* 375 ,Determination of volatiles, antioxidant activity, and polyphenol content in the postharvest waste of *Ocimum basilicum*.
- [6] : BELHADJ S. K., MAHDJOUR M. A., AMMAR S., CHRAIEF I., MIGHRI Z. ET AOUNI M., (2006). Propriétés antioxydantes de l'huile essentielle de *Coridothymus capitatus* (L.). Univ. Monastir, Tunisie.
- [7] : CAILLET S. ET LACROIX M., (2007). Les huiles essentielles : leurs propriétés antimicrobiennes et leurs applications potentielles en alimentaire; Ed. Laboratoire de recherche en sciences Appliquées à l'alimentation (RESALA) de l'INRS-Institut ArmandFrappier, Univ. Laval (Quebec).
- [8] : Mohammed Chenni. (2016). Etude comparative de la composition chimique de l'activité biologique et l'huile essentielle des feuilles du basilic " *Ocimum basilicum*. L " extraite par hydro-distillation et par micro-ondes.
- [9] : Rajamanickam, Karthika. et al. (2017). Phytochemical Analysis, Antioxydant and Antibacteriel Activities of two traditionally used Indian medicinal plants. *Asian Journal of Biology*.
- [10] : Mueen, Ahmed. et al. (2015). Biological properties of the sweet basil (*Ocimum basilicum*). *British Journal of Phrmaceutical Research*.
- [11] : *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* (2004) .

Références bibliographiques

- [12] : SCIENTIFIC WORLD JOURNAL 2014.
- [13] : R. Prior, X. Wu et K. Schaich., 2005, Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements, *J. Agric. Food Chem.*.
- [14] : HUBERT R., (2007). Les plantes aromatique et huiles essentielles à Grasse, Quatrième partie : les Lamiacée, Les basilics''Ocimum ssp'', ''Botanique- culture-chimie-production et marché''; Ed. L'Harmattan, France (paris).
- [15] : KOTHE H. W. (2007). 1000 plantes aromatiques et médicinales; Ed. Terres.
- [16] : POUSSET L. J., (2004) ,Plantes médicinales d'Afrique : comment les reconnaître et les utiliser ? .
- [17] : Métali Mouna et Kerras Kheira, (2016). Etude des activités antibactériennes et antioxydantes des extraits d'Ocimum basilicum (basilic) dans la région de Ain Defla.
- [18] : Teuscher, E. ; Anton, R. et Lobstien, A. (2005). Plantes aromatique; Epices, aromates, condiments et huiles essentielles. Ed. Paris .
- [16] : NTON R., LOBSTEIN A., TEUSCHER E. (2005). Plantes aromatiques. Tec & Doc.
- [17] : BAUWENS P. (2008). Le basilic. Edisud , Paris.
- [18] :M. Özcan et J. C. Chalchat., 2002, Essential Oil Composition of Ocimum basilicum L. and Ocimum minimum L. in Turkey, *Czech J. Food Sci.*
- [19]: KHAMOULI Okba et GRAZZA Bouziane, (2007). Détection et comparaison de composition chimique de plusieurs variétés de basilic Ocimum basilicum L. cultivées en trois régions différentes de sud de l'Algérie.
- [20]: Aït-Youcef et al. (2006). « Plantes médicinales de Kabylie », Ed. Ibis Press, Paris.
- [21] : ADJIBA Nardjess et AIN Naoual (2021). Contribution à l'étude les propriétés phytochimiques, et les activités biologiques d'une plante médicinale (Ocimum basilicum L.)
- [22] : Nouioua w. (2012). Biodiversité et ressources phytogénétiques d'un écosystème forestier « Paeonia mascula (l.) Mill. ». Memoire Magister, universite de SETIF.
- [23]: Pushpangadan, P. and George, V. (2012). « Basil », In Peter, K. V. (Ed.), Handbook of herbs and spices, Woodhead Publishing Limited, Cambridge.

Références bibliographiques

- [24]: Règlement (UE) N°1169/2011 du parlement Européen et du conseil du 25 octobre 2011.
- [25] : ADJIBA Nardjess et AIN Naoual. (2021). Contribution à l'étude les propriétés phytochimiques, et les activités biologiques d'une plante.
- [26]: Daglia, M (2012). Polyphenols as antimicrobial agents. *Current Opinion in Biotechnology*.
- [27] : Uthurry C. A., Hevia D., Gomez-Cordoves C. (2011). Role of honey polyphenols in health. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*.
- [28]: Stalikas, C. D. (2007). Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *Journal of Separation Science*.
- [29] : Wu, T., Zang, X., He, M., Pan, S., Xu, X., (2013). Structure–activity relationship of flavonoids on their anti-*Escherichia coli* activity and inhibition of DNA gyrase, *Journal of agricultural and food chemistry*.
- [30]: Ghedira K. (2005). Les flavonoïdes : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*.
- [31] : Percie du Sert P. (2009). Les pollens apicoles. *Phytothérapie* .
- [32] : Krief S, (2003). Métabolites secondaires des plantes et comportement animal : surveillance sanitaire et observations de l'alimentation des chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda. 120 pages. Thèse de doctorat, Ecologie et chimie des substances naturelles, Paris, France.
- [33] : *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. (2017). The significance of opium alkaloids in the classification of Papaveraceae in Iraq
- [34]: Dudareva N., Andersson S., Orlova I., Gatto N., Reichelt M., Rhodes D., Boland W. and Gershenzon J. (2005). The nonmevalonate pathway supports both monoterpene and sesquiterpene formation in snapdragon flowers. *Proceedings of the National Academy of sciences*.
- [35] : Ashour, M., Wink, M., Gershenzon, J. (2010). Biochemistry of terpenoids: monoterpenes, sesquiterpenes and diterpenes. *Annual plant reviews*.

Références bibliographiques

- [36] : L. Hadj Khelifa, M. Brada, F. Brahmi, D. Achour, M. L. Fauconnier et G. Lognay., (2012). Chemical composition and antioxidant activity of essential oil of *ocimum basilicum* leaves from the northern region of Algeria, *Topcls. J. Herbal Med.*
- [37] : Vlase, L., Benedec, D., Hanganu, D., Damian, G., Csillag, I., Sevastre, B., & Tilea, I. (2014). Evaluation of antioxidant and antimicrobial activities and phenolic profile for *Hyssopus officinalis*, *Ocimum basilicum* and *Teucrium chamaedrys*. *Molecules*, .
- [38] : Do Yeon Kwon, Xiaohua Li, Jae Kwang Kim, and Sang Un Park. (2019). Molecular cloning and characterization of rosmarinic acid biosynthetic genes and rosmarinic acid accumulation in *Ocimum basilicum* L.
- [39] : Kusumawadee Utispan, Nattisa Niyomtham, Boon-Ek Yingyongnarongkul, Sittichai Koontongkaew. (2020). Ethanolic Extract of *Ocimum sanctum* Leaves Reduced Invasion and Matrix Metalloproteinase Activity of Head and Neck Cancer Cell Lines.
- [40]: ATTA Lynda Lina et OURAHMOUNE Sabih (2018). Impact de différents substrats sur la morphogénèse du basilic (*Ocimum basilicum* L.) variété Basilic Grand Vert provenant d'Abizar Timizart, Nord de l'Algérie)
- [41] : Reang I, Goswami S, Pala NA, Kumar K, Bussmann RW. (2016). Ethnoveterinary applications of medicinal plants by traditional herbal healers in Reang tribe of South district Tripura, India. *Med Aromat Plants*.
- [42] : Favier A., (2006). Stress oxydant et pathologies humaines. *Ann. Pharm. France*.
- [43] : Leverve, X., (2009). Stress oxydant et antioxydants. *Cahiers de nutrition et de diététique*.
- [44] : FAVIER A., 2003. Le stress oxydant Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité Chimique*.
- [45] : Ghedadba N, Hambaba L, Ayachi A, Aberkane M. C, Bousselfela H, Oueld-Mokhtar S. M, (2015), « Polyphénols totaux, activités antioxydante et antimicrobienne des extraits des feuilles de *Marrubium deserti* de Noé ». *PHARMACOGNOSIE*
- [46] : Siti H. N, Kamisah Y, Kamsiah J, (2015), « The role of oxidative stress, antioxidant and vascular inflammation in cardiovascular disease ». *Vascular Pharmacologie*.

Références bibliographiques

- [47] : Koechlin-Ramonatxo C, (2006), « Oxygène, stress oxydant et suppléments antioxydants ou un aspect différent de la nutrition dans les maladies respiratoires ». Nutrition clinique et métabolisme.
- [48] : Haleng J, Pincemail J, Defraigne J. O, Charlier C, Chapelle J. P, 2007 : « Le stress oxydant ».
- [49] : Benaissa, B., (2010). Conception et synthèse de dérivés phénoliques hautement fonctionnalisés et études de leurs propriétés biologiques vis-à-vis des maladies cardiovasculaires (athérosclérose). Doctorat D'Etat en chimie Biologie-santé. Université de toulouse.
- [50] : Delattre, J., Beaudoux, J, L., Rousselot, D, B., (2005). Radicaux libres et stress oxydant, aspects biologiques et pathologiques. Tec & Doc Lavoisier. ISBN.
- [51] : Zidi Meryem et Houilia Samia. (2020). Contribution à l'étude de L'activité biologique de la plante Rosmarinus officinalis L.
- [52] : Baudin, B., (2006). Stress oxydant et pathologies cardiovasculaires. MT Cardio. .
- [53] : Eiselt, J., Racek, J., Trefil, L., Opatrny, K. J., (2001). Effects of a vitamin E-modified dialysis membrane and vitamin C infusion on oxidative stress in hemodialysis patients, Artif Organs.
- [54] : Sanders, T., and Emery, P., (2003). Molecular basis of human nutrition. Ed. Taylor & Francis.
- [55] : Colette, E., (2003). Etude phytochimique et pharmacologique de 5 recettes traditionnelles utilisées dans le traitement des infections urinaires et de la cystite, Thèse Doctorat Pharmacie. Université de Bamako de Batna.
- [56] : Roby, M. H. H., Sarhan, M. A., Selim, K. A., Khalel, K. I., (2013). Evaluation of antioxidant activity, total phenols and phenolic compounds in thyme (*Thymus vulgaris* L), sage (*Salvia officinalis* L.), and marjoram (*Origanum majorana* L) extracts. Industrial Crops and Products.
- [57] : Zbala Halima & Belarbi Yamina. (2018). Effet de séchage des plantes médicinales de la famille des Lamiacées (Romarin) sur l'activité antibactérienne.

Références bibliographiques

- [58] : Li, Z. ; Raghavan, G. S. V. ; Wang, N. et Vigneault, C. (2011). Drying rate control in the middle stage of microwave drying. *Journal of food Engineering*.
- [59] : Wichtl M., Anton R(2003). *Plantes thérapeutique_Tradition, pratique officinale, science et thérapeutique*. Tec et Doc et EMI] [Philippe Sionneau, 2006, *la phytothérapie chinoise moderne*].
- [60] : Miloud LAHBARI, (2015), *ETUDE ET SIMULATION DU SECHAGE DE L'ABRICOT : APPLICATION A QUELQUES VARIETES DE LA REGION DES AURES*.
- [61] : Wichtl M., Anton R(2003). *Plantes thérapeutique_Tradition, pratique officinale, science et thérapeutique*. Tec et Doc et EMI] [Philippe Sionneau, 2006, *la phytothérapie chinoise moderne*].
- [62] : La Maison de l'Artemisia. (2020) - <http://maison-artemisia.org/> -2020.
- [63] : (*Plantes à Parfum Aromatiques et Médicinales biologiques : une jeune filière dynamique et un fort besoin d'échanges* Mardi 10 novembre 2015 – La Gacilly (Yves Rocher) et Baulon (Le Champ de l'Air))
- [64] : Site internet : (<https://www.techni-contact.com/produits/187-4113296-four-industriel.html>)
- [65]: Vasseur, (2009) : "Séchage: principes et calcul d'appareils-Séchage convectif par air chaud (partie 1). "
- [66] : Fournier, V. (2003). *Conservation des aliments*. Université Laval, Canada; 16 p.
- [67] : Brennan J. G., (2006). *Food processing handbook*. Ed by: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co- KGaA, Weinheim, Germany.
- [68] : Mujumdar, A. S. (2006). *Handbook of industrial drying*. CRC Press, Florida, United States.
- [69]: Nathalie Boizot, Jean-Paul J. -P. Charpentier, (2006), *Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier*.
- [70] : Khan, RizwanaAleem Qureshi, FaizanUllah, Syed Aneel Gilani,Asia Nosheen, SumairaSahreen, Muhammad Khan Laghari, Muhammad YousifLaghari, Shafiq-

Références bibliographiques

UrRehman¹, Ishtiaq Hussain and Waheed Murad¹, (2011): Department of Plant Sciences, Kohat University of Science and Technology, Kohat, Pakistan. Department of Plant Sciences, Quaid-i-Azam University, Islamabad, Pakistan. Pakistan Museum of Natural History, Islamabad, Pakistan. Institute of Pharmacy, Sindh University, Jamshoro, Pakistan.

[71] : Oloyede O. I, 2005: « Chemical Profile of Unripe Pulp of *Carica papaya* ». Pakistan Journal of Nutrition.

[72] : Komes Drazhenka, Dunja Horzic, Ana Belščak, Karin Kovacëvic Ganic, Ivana Vuli, 2009: « Green tea preparation and its influence on the content of bioactive compounds ». *Food Research International*.

[73] : Ayoola, G. A., Ipav, S. S., Sofidiya, M. O., Adepoju-Bello, A. A., Coker, H. A., & Odugbemi, T. O, (2008), Phytochemical screening and free radical scavenging activities of the fruits and leaves of *Allanblackia floribunda* Oliv (Guttiferae). *International journal of health research*.

[74] : Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*.

[75] : Omar M., & Atrooz I., (2013) Les effets de la *Cuminum cyminum* L. et *Carum carvi* L. Semence Extraits des droits de l'hémolyse des érythrocytes. Département des sciences Biologiques. Université Mut'ah, Jordanie.

[76] : ZEGHDOUD Hanane et CHENNAI Hind Yasmine, (2018), Valorisation de deux plantes médicinales abondantes en Algérie et évaluation de leurs effets biologiques.

[77] : Oyaizu, M. (1986) Studies on Products of Browning Reactions: Antioxidative Activities of Product of Browning Reaction Prepared from Glucosamine. *Japan Journal of Nutrition*.

[78] : Ben mansour et Latrach tlemcane, (2009), les colorants naturels sont-ils de bon additifs alimentaires ?

[79] : Tyagi et Malik, (2011), Antimicrobial potential and chemical composition of *Eucalyptus globulus* oil in liquid and vapour phase against food spoilage microorganisms

Références bibliographiques

- [80] : Khoualdi et Boughrara, (2018), L'effet de l'extrait d'*Ocimum basilicum* sur quelques paramètres biochimiques et reproductifs chez les rats intoxiqués par le mercure.
- [81]: Khosro Issazadeh1, Mohammad Reza Majid Khoshkholgh Pahlaviani, Alireza Massiha, Sirius Bidarigh, Masoud Giahi, Panah Zulfagar Muradov, (2012). Analysis of the Phytochemical Contents and Anti-microbial Activity of *Ocimum basilicum* L. International Journal of Molecular and Clinical Microbiology.
- [82]: E. Abe, S. G. Delye, J. C. Alvarez, (2010), Extraction liquide-liquide : théorie, applications, difficultés, Ann Toxicol Anal.
- [83] : Park H. J., et Cha H. C. 2003. Flavonoids from leaves and exocarps of the grape Kyoho. Korean journal of biological society.
- [84] : H. Chelghoum, M. Ait Hammou, M. D. Miara & N. Fertout-Mouri, (2020), *Solanum rostratum* (Solanaceae): une nouvelle xérophyte invasive pour la flore d'Algérie
- [85]: Chi-Tai Yeh, Gow-Chin Yen, (2003), Effects of phenolic acids on human phenolsulfotransferases in relation to their antioxidant activity. Louvain-la Neuve : De Boeck, France.
- [86]: M-A. Schott et J. Valentin et G. Magadur., (2014), Chimie : option PC et PSI, MPSI, 1ère année : un accompagnement au quotidien : tout-en-un : cours, exercices corrigés, Louvain-la Neuve : De Boeck, France.
- [87]: Table des fréquences de vibration caractéristique en IR, Université Mohammed V-Agdal/Faculté des Sciences/SMC5/SPECTROSCOPIE / TABLES IR.
- [88]: WAKSMUNDZKA-HAJNOS M. and SHERMA J., 2011 - High Performance Liquid Chromatography in Phytochemical science. Chromatographic Science Series, 102 : 477-478.
- [89]: MACHEIX J. J., FLEURIET A. et JAY-ALLEMAND C., 2005 - Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Ed. Presses polytechniques et universitaires romandes, France.
- [90] : BENDAHDJANE Henna et FERDJAOUI Khaoula, (2020), Evaluation de l'activité antimicrobienne et antioxydante de l'extrait du Basilic « *Ocimum basilicum* L. ».

Références bibliographiques

- [91]: Sepahpour S, Selamat J, Abdul Manap M. Y, Khatib A, Abdull Razis A. F, 2018: « Comparative analysis of chemical composition, antioxidant activity and quantitative characterization of some phenolic compounds in selected herbs and spices in different Solvent Extraction Systems ». *Molecules*.
- [92]: Khoualdi et Boughrara, (2018), L'effet de l'extrait d'*Ocimum basilicum* sur quelques paramètres biochimiques et reproductifs chez les rats intoxiqués par le mercure.
- [93]: Z. Boucherit-Otmani, K. Boucherit., (2014), Composition chimique et activité antioxydante d'extraits organiques des racines de *Fredolia aretioides* de la région de Béchar en Algérie.
- [94]: ATTAF et OURAHMOUNE, (2018), Impact de différents substrats sur la morphogénèse du basilic (*Ocimum basilicum* L.) variété Basilic Grand Vert provenant d'Abizar Timizart, Nord de l'Algérie.
- [95]: European Scientific Cooperative On Phytotherapy Monographs - The Scientific Foundation for Herbal Medicinal Products 2nd edition, ESCOP, UK 2003.
- [96]: L'aromathérapie exactement, P. Franchomme, R. Jallois et D. Pénoël, Ed. Roger Jollois 2001.
- [97]:. Extraction, dosage et stabilisation des caroténoïdes d'agrumes, *Fruits* .
- [98]: NGUYEN Thi Thu,2018,Éco-extraction et encapsulation de pigments caroténoïdes et anthocyanes à partir de plantes tropicales.
- [99] : Mukundh V. Chaithanya, T. N. Uma Maheswari, S. Rajeshkumar,(2021), « Anti-Inflammatory and Antioxidant Activity of Lycopene, Raspberry, Green Tea Herbal Formulation Mediated Silver Nanoparticle ». 2021 *Journal of Indian Academy of Oral Medicine & Radiology*, Published by Wolters Kluwer – Medknow.
- [101] : B. Bozin, N. Mimica-Dukic, I. Samojlik, A. Goran and R. Igetic, Phenolics as antioxydants in garlic (*Allium sativum* L., Alliaceae), *Food Chemistry*.
- [102] : Majhenič L, Škerget M, Knez Ž. 2007:Antioxidant and antimicrobial activity of guarana seed extracts. *Food chemistry* .

Références bibliographiques

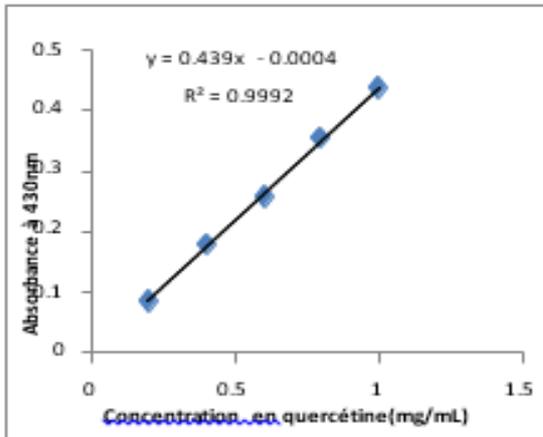
- [103] : Nor Qhairul Izzreen M, Mohd Fadzelly A, 2013:Phytochemicals and antioxidant properties of different parts of *Camellia sinensis* leaves from Sabah Tea Plantation in Sabah, Malaysia. *International Food Research Journal*.
- [104] : *Journal of Science & Technology, IJST* (2013) .
- [105] : Benzie I. F. F. et Strain J. J. (1996) The ferric reducing ability of plasma as a measure of “antioxidant power” the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*.
- [106] : Li H-B., Wong C-C., et Cheng K-W., Feng C. (2008) Antioxidant properties in vitro and total Phenolic contents in methanol extracts from medicinal plants. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technology*.
- [107] : 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* .
- [108] : Ghedadba N, Bousselfela H, Hambaba L, et al (2014) Évaluation de l’activité antioxydante et antimicrobienne des feuilles et des sommités fleuries de *Marrubium vulgare* L. *Phytothérapie* .
- [109] : Mark C. Genovese, M. D., Jean-Claude Becker, M. D., Michael Schiff, M. D. Michael Luggen, M. D., Yvonne Sherrer, M. D., Joel Kremer, M. D., Charles Birbara, M. D. Jane Box, M. D., Kannan Natarajan, Ph. D., Isaac Nuamah, Ph. D., Tracy Li, Ph. D., Richard Aranda, M. D., et al. ,(2005), *Abatacept for Rheumatoid Arthritis Refractory to Tumor Necrosis Factor α Inhibition*.

Annexes

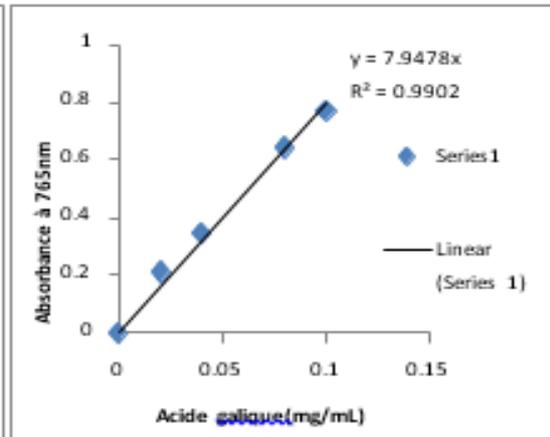
Annexe I : Matériel et Réactifs

Matériels	Réactifs
<ul style="list-style-type: none">• Balance analytique (Balance de précision PS 600/C/2).• Plaque chauffante(PHYWE).• Bain marie(memmert).• Spectrophotomètre UV Visible.• Thermomètre (Thermo Scientific Evolution 201).• Etuve (memmert).• Autoclave BIOBASE.• Bec benzène.• Verreries (Tubes à essai, éprouvette, erlenmeyer, bécher, pipette graduée, entonnoirs, boîtes de pétries).• Ecouillons, Pince, Anse de platine.• Disque en papier	<ul style="list-style-type: none">• Eau distillée• Acétone• Acide tannique• Acide sulfurique à 70%• La vanilline• Acide gallique• Le réactif de Follin• Na₂Co₃• Ethanol• DPPH• Trichlorure d'Aluminium AlCl₃• La quercétine• Le milieu de culture Muller Hinton• Les bactéries• Eau physiologique• La gélose nutritive

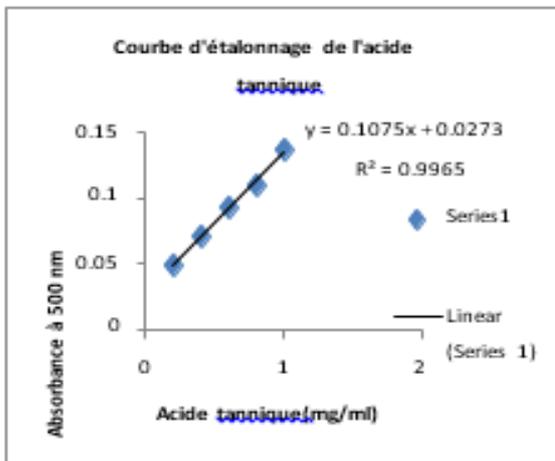
Annexe II : Courbes d'étalonnages.



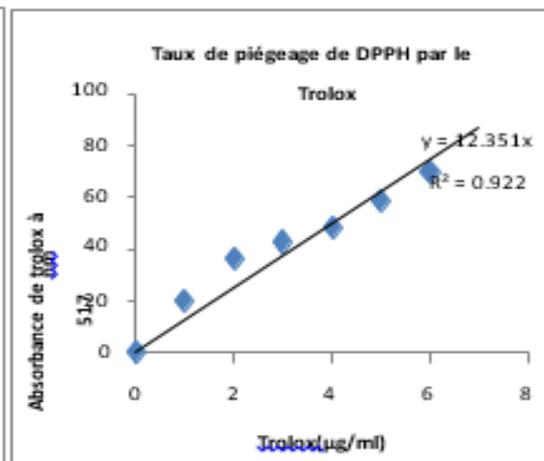
Courbe d'étalonnage de la quercétine



Courbe d'étalonnage de l'acide gallique



Courbe d'étalonnage de l'acide tannique



Courbe d'étalonnage du Trolox

Annexe III : Caractérisation phytochimique.

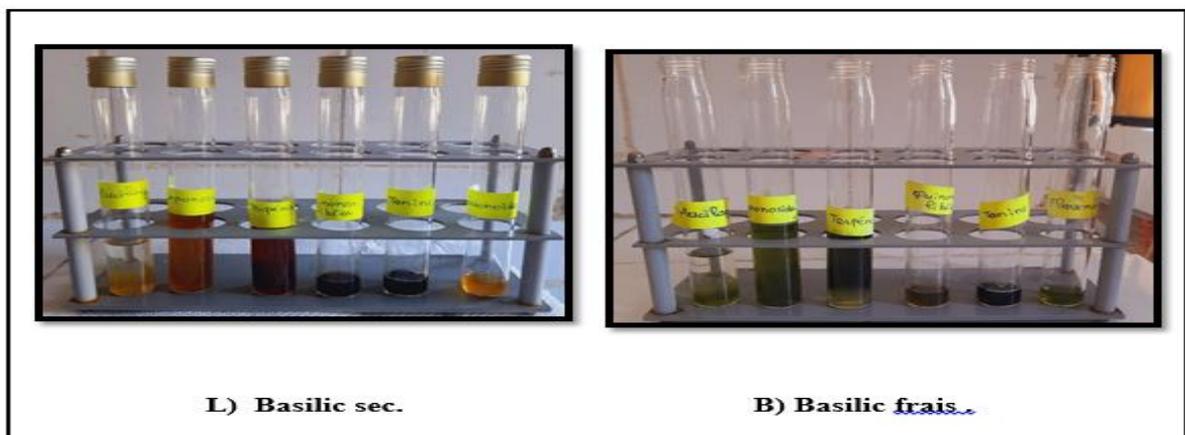


Figure 1 : Résultats des tests phytochimiques d'extrait aqueux du basilic sec et frais.

Annexe IV : Teneur en polyphénols

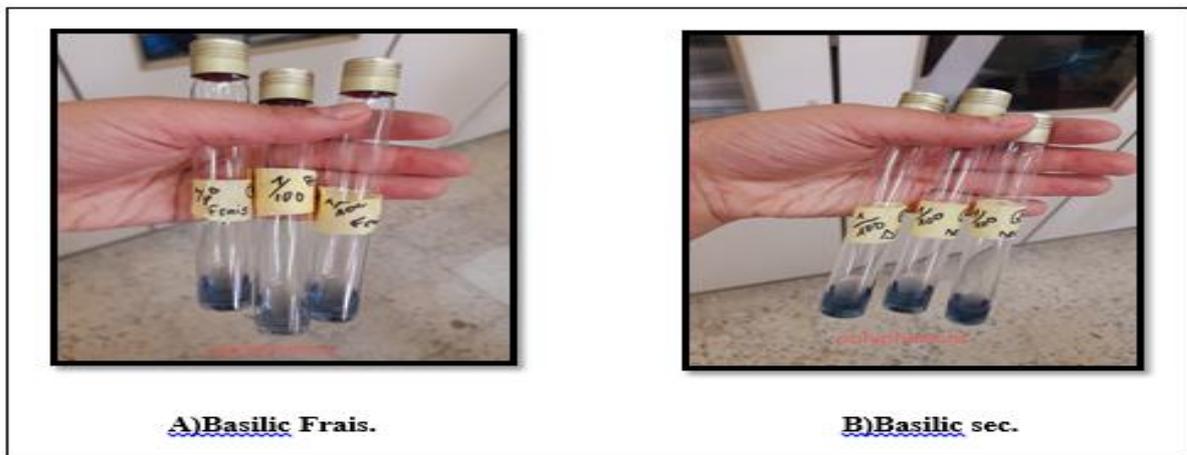


Figure 2 : Détermination du taux de polyphénols dans le basilic frais et séché.

Annexe V : Détermination de la teneur des tanins dans le basilic frais et séché.

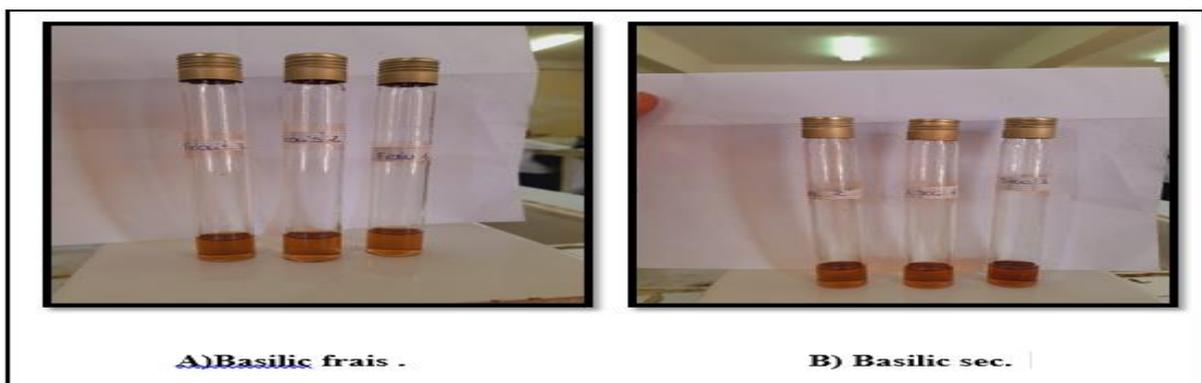


Figure 3 : Détermination de la teneur des tanins dans le basilic frais et séché.

Annexe VI : Acticité antibactérienne.

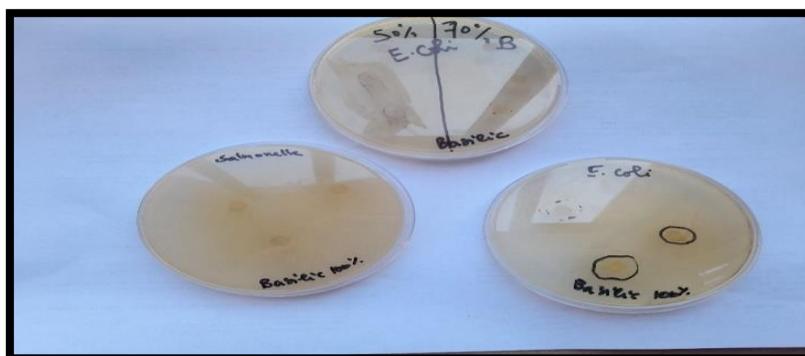


Figure 4: Résultats de l'antibiogramme.

Résumé

Nos travaux se sont focalisés sur l'espèce *Ocimum basilicum* appartenant à la famille des Lamiaceae. L'objectif de cette étude est de caractériser les métabolites secondaires et les activités antioxydantes, antibactériennes de l'extrait de *basilic* frais et séché. Les tests phytochimiques réalisés sur l'extrait de *basilic* sec et l'extrait de basilic frais ont révélé l'existence de divers métabolites secondaires; flavonoïdes, tanins, les saponosides, les mucilages, les glucoses les quinones libres et les irridoides.

Les résultats du test du DPPH et du FRAP ont confirmé que nos extraits possèdent des activités antioxydantes intéressantes. L'étude de l'activité antibactérienne de l'extrait des feuilles de *basilic* frais et séché ont un effet d'inhibition puissant sur la progression des souches bactériennes qui sont la salmonelle et *E. coli*, et d'une part les souches *S. aureus* et *Pseudomonas* ont manifesté une résistance à l'égard de l'extrait aqueux.

Mots clés : *Basilic*, séchage, extraction, Activité antioxydante, Activité antimicrobienne.

Abstract

Our work focused on the species *Ocimum basilicum* belonging to the Lamiaceae family. The objective of this study is to characterize the secondary metabolites and the antioxidant and antibacterial activities of fresh and dried basil extract. Phytochemical tests performed on dried *basilic* extract and fresh *basilic* extract revealed the existence of various secondary metabolites; flavonoids, tannins, saponosides, mucilages, glucoses, free quinones and irridoids.

The results of the DPPH and FRAP test confirmed that our extracts possess interesting antioxidant activities. The study of the antibacterial activity of the extract of fresh and dried basil leaves have a powerful inhibition effect on the progression of bacterial strains which are salmonella and *E. coli*, and on the one hand the strains *S. aureus* and *Pseudomonas* showed resistance to the aqueous extract.

Keywords: Basil, drying, extraction, antioxidant activity, antimicrobial activity.

الملخص

ركز عملنا على الأنواع الريحان التي تنتمي إلى عائلة الشفويا، والهدف من هذه الدراسة هو توصيف المستقلبات الثانوية والأنشطة المضادة للأكسدة والبكتيريا لمستخلص الريحان الطازج والمجفف. أظهرت الاختبارات الكيميائية النباتية التي أجريت على مستخلص الريحان المجفف ومستخلص الريحان الطازج وجود مستقلبات ثانوية مختلفة. مركبات الفلافونويد، العفص، السابونوزيدات، الصمغ، الجلوكوز، الكينونات الحرة والريديويد. أكدت نتائج اختبار DPPH و FRAP أن مقتطفاتنا تمتلك أنشطة مثيرة للاهتمام من مضادات الأكسدة. دراسة الفعالية المضادة للبكتيريا لمستخلص أوراق الريحان الطازجة والمجففة لها تأثير تثبيط قوي على تطور السلالات البكتيرية وهي السالمونيلا والإشريكية القولونية، ومن ناحية أظهرت سلالات بكتيريا المكورة العنقودية البرتقالية والزائفة الزنجارية مقاومة ضد مستخلص الريحان المائي.

الكلمات المفتاحية: الريحان، مستخلص مائي، التجفيف، الاستخلاص، النشاط المضاد للأكسدة، النشاط المضاد للميكروبات.