

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Filière : Sciences Biologique
Spécialité : Science Alimentaire
Option : Bioprocédé Technologie Alimentaire



Réf :.....

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

MASTER

Thème

**Evaluation des activités biologiques de
quelques huiles végétales**

Présenté par :

Bouamara Kenza & Haddad Souhila

Soutenu le : **13 Juin 2016**

Devant le jury composé de :

Mme Tamendjari S.	MAA	President
Melle Brahmi F.	MAA	Encadreur
Mme Ouchemoukh N.	MCB	Examinatrice

Année universitaire : 2015 / 2016



Remerciement

Nous remerciant dieu le tout puissant de nous avoir donné la force nécessaire et la patience qui nous a permis de mener à bien ce travail ;

Nous tenons à remercier :

- ❖ Melle BRAHMI F. d'avoir accepté de nous encadrer, pour son aide, sa patience, ses conseils précieux qu'elle nous a prodigués tout le long de notre travail et pour le temps qu'elle nous a consacré ;*
- ❖ Mme YALAOUI .notre Co-promotrice pour son aide sa patience, ses conseils et pour sa disponibilité.*
- ❖ Mme TAMENDJARI S. de nous avoir fait l'honneur de présider le jury ;*
- ❖ Mme OUCHMOUKH N. d'avoir accepté d'examiner notre mémoire ;*
- ❖ L'ensemble du personnel du LABORATOIRE d'analyses instrumentales (LAI)*
- ❖ Tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à l'achèvement de ce travail*
- ❖ Sans oublier l'ensemble des enseignants ayant contribué à notre formation durant notre cycle d'étude.*

SOUHILA et KENZA





Dédicaces *Dédicaces*



chers

Kenza





Dédicaces *Dédicaces*



Сonuuu



- Liste des figures
- Liste des tableaux
- Liste des abréviations
- Introduction

I. Synthèse bibliographique

I. Etude botanique de <i>Pistacia lentiscus</i> L.	1
I.1. Description de la plante.....	1
I.2. Répartition géographique de la plante	2
I.3. Aspects pharmacologiques et effets thérapeutiques	2
I.4. Composition chimique d'huile végétale de <i>Pistacia lentiscus</i> L.....	3
I.5. Travaux antérieurs sur l'huile végétale du <i>Pistacia lentiscus</i> L	3
II. Etude botanique d' <i>Opuntia ficus indica</i> L. L.....	6
II.1. Description de la plante	6
II.2. Répartition géographique de la plante	7
II.3. Aspects pharmacologiques et effets thérapeutiques	7
II.4. Composition chimique d'huile d' <i>Opuntia ficus indica</i> L.	8
II.5. Travaux antérieurs sur l'huile de cactus	8
III. Etude botanique d' <i>Argania spinosa</i> L. Skeels	10
III.1. Description de la plante	10
III.2. Répartition géographique de la plante	10
III.3. Aspects pharmacologiques et effets thérapeutiques.....	11
III.4. Composition chimique de l'huile d'argan.....	11
III.5. Travaux antérieurs sur l'huile d'argan.....	12

Partie expérimentale

II. Matériel et méthode

II.1. Matériel analytique et réactifs.....	15
II.2. Matériel végétal et préparation des huiles végétales	15
II.3. Détermination des indices de qualité des huiles.....	15

II.3.1. Acidité.....	15
II.3.2. Indice de peroxyde	16
II. 3.3. Indice de réfraction.....	16
II.3.4. Absorbance spécifique dans l’ultraviolet	17
II.4. Détermination de la densité.....	17
II.5. Dosage des pigments des huiles	17
II.5.1. Chlorophylles	17
II.5.2. Caroténoïdes.....	18
II.6. Extraction et dosage des composés phénoliques.....	18
II.6.1. Extraction.....	18
II.6.2. Dosage des polyphénols totaux	18
II.6.3. Dosage des flavonoïdes	18
II.7. Etude de l’activité antioxydante	19
II.7.1. Méthode au phosphomolybdate.....	19
II.7.2. Activité anti-radicalaire au DPPH*	19
II.8. Etude de l’activité antimicrobienne	20
II.8.1. Evaluation de l’activité antibactérienne	20
II.8.1.1. Méthode des puits.....	20
II.8.2. Evaluation de l’activité antifongique	21
II.9. Analyse statistique.....	22

III. Résultats et discussion

III.1. Les paramètres physico-chimiques des trois huiles.....	23
▪ L'acidité.....	23
▪ Indice de peroxyde.....	24
▪ Densité.....	25
▪ Indice de réfraction.....	26
▪ Extinction spécifique en UV.....	26
III.2. La teneur des pigments et des composés phénoliques des trois huiles étudiées.....	27
III.2.1. Teneur en pigments.....	27
III.2.2. Teneur en composés phénoliques.....	28
III. 2.2.1. Teneur en polyphénols totaux.....	28
III.2.2.2. Teneur en flavonoïdes.....	29
III.3. Etude de l'activité antioxydante.....	30
III.4. Etude de l'activité antimicrobienne.....	33
Conclusion	34
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

- ✓ **Abs_e** : Absorbance de l'extrait
- ✓ **Abs_{cont}** : Absorbance du control
- ✓ **ADN** : Acide Désoxyribo Nucléique
- ✓ **AGL** : Acide Gras Libre
- ✓ **AGMI** : Acide Gras MonoInsaturé
- ✓ **AGS** : Acide Gras Saturé
- ✓ **ATCC** : American Type Collection Culture
- ✓ **CEE** : Communauté Economique Européenne
- ✓ **DPPH** : 2,2-Diphényl-1-Picrylhydrazyl
- ✓ **HV** : Huile Végétale
- ✓ **IP** : Indice de peroxyde
- ✓ **LDL** : Low Density Lipoprotien
- ✓ **Meq** : Milliequivalent
- ✓ **MH** : Mueller Hinton
- ✓ ***P. lentiscus*** : *Pistacia lentiscus L.*
- ✓ **SPE C₁₈** : Solide Phase Extraction
- ✓ **U.A** : Unité Arbitraire
- ✓ **UFC** : Unité Formant Colonie
- ✓ **UV-VIS** : Ultra Violet Visible

Liste des figures

Figure 1 : feuilles et fruits de *Pistacia lentiscus* L.1

Figure 2 : fruit d'*Opuntia ficus indica* L6

Figure 3 : fruit d'*Argania spinosa* L 10

Figure 4 : Schéma illustrant la méthode des puits 21

Figure 5 : la teneur des trois huiles étudiées en polyphénols totaux 28

Figure 6 : la teneur des trois huiles étudiées en flavonoïdes 29

Figure 7 : la capacité antioxydante totale des trois huiles en fonction des concentrations 30

Figure 8: Pourcentage d'inhibition de DPPH*en fonction des concentrations 31

Liste des tableaux

Tableau I: Les paramètres physico-chimiques des trois huiles étudiées..... 23

Tableau II : Teneur des pigments des trois huiles étudiées 27

Introduction

Introduction

Le monde prend de plus en plus conscience du potentiel médical et économique des ressources naturelles, qui fournissent les matières premières nécessaires pour le progrès de la pharmacologie, l'industrie cosmétique et agro-alimentaire (**Cheriti et al., 2011**). Les plantes sont depuis toujours une source habituelle de remèdes sous forme de préparations traditionnelles (**Djerrou, 2011**). Les médicaments à base de plantes sont utilisés par environ 75-80% de la population, pour le traitement d'un grand nombre de maladies. Ces médicaments ont une meilleure compatibilité avec le corps humain et produisant de moindres effets indésirables (**Nahida et al., 2015**).

La flore algérienne est caractérisée par sa diversité florale: Méditerranéenne, Saharienne et une flore paléo-tropicale, estimée à plus de 3000 espèces appartenant à plusieurs familles botaniques. Ces espèces sont pour la plupart spontanées avec un nombre nom négligeable (15%) d'espèces endémiques. Ce qui a donné à la pharmacopée traditionnelle une richesse inestimable (**Arab et al., 2014**).

La valorisation des ressources naturelles végétales passe essentiellement par l'extraction de leurs huiles. Ces dernières sont des produits à forte valeur ajoutée, utilisées dans divers domaines pour la fabrication d'une large variété de produits. L'utilisation d'huile dans l'industrie est déterminée par sa composition en acides gras, cette dernière varie selon l'origine végétale, les facteurs génétiques et les conditions climatiques (**Trabelsi et al., 2012**).

Parmi les plantes les plus populaires, ayant des propriétés cosmético-médicinales due à leurs huiles végétales, nous pouvons citer l'huile d'olive (*Olea europea* L.) et l'huile d'argan (*Argania spinosa* L.) qui sont très utilisées et connues pour leurs activités démontrées scientifiquement. D'autres espèces renfermant aussi des huiles intéressantes, mais en quantité plus faible, comme la figue de barbarie et le pistachier. Vu l'importance de ces huiles végétales dans l'utilisation traditionnelle et afin de valoriser la biodiversité en termes de cette substance extraite des graines, et d'évaluer leurs activités antioxydante et antimicrobienne, nous nous sommes intéressés à trois espèces différentes dont le potentiel de production des huiles est intéressant. Il s'agit de *Pistacia lentiscus* L. d'*Opuntia ficus indica* L. et d'*Argania spinosa* L. Skeels.

L'huile d'argan avait fait l'objet de beaucoup d'études antérieures (**Charouf, 1999 ; Hachimi et al., 2011 ; Zaanoun et al., 2014 ; Demnati et al., 2014 ; Gharby et al., 2014**).

Cette filière a connu un essor important grâce à la découverte des vertus alimentaires, cosmétiques et thérapeutiques de cette huile. Ainsi nous cherchons par ce présent travail à démontrer est-ce que les deux autres huiles (huile de pistachier et huiles des graines du cactus) vont avoir des activités biologiques comparables à l'huile d'argan. D'autre part, les propriétés physico-chimiques et les activités biologiques des huiles végétales dépendent de plusieurs facteurs notamment de la région de récolte des fruits. Beaucoup de travaux ont été réalisés à l'échelle internationale sur les trois huiles à étudier. Dans ce contexte, nous souhaitons savoir est-ce que les paramètres de qualité et les activités recherchées de nos échantillons seront comparables à ceux des autres travaux qui ont été réalisés ?

Ce mémoire est constitué de deux parties :

- Une première partie, consacrée à une revue bibliographique, est constituée notamment d'une description botanique et de la répartition géographique de *Pistacia lentiscus* L. d'*Opuntia ficus indica* L. et d'*Argania spinosa* L. Skeels. La composition chimique et des propriétés thérapeutiques des huiles végétales de ces trois espèces relatées dans la littérature sont également abordées.
- La deuxième partie, c'est la partie pratique qui décrit :
 - le matériel et méthodes consacré à la détermination des caractéristiques physico-chimiques et biologiques des huiles.
 - les principaux résultats et leur discussion.
- Ce travail se terminera par les conclusions tirées et les futurs perspectives.

*Synthèse
bibliographique*

I. Etude botanique de *Pistacia lentiscus* L.

I.1. Description de la plante

Le pistachier lentisque « *Pistacia lentiscus* » appelé communément lentisque est un petit arbuste, qui peut atteindre 2 à 3 mètres de hauteur, fortement ramifié à partir de la base. C'est une espèce de la famille des Anacardiaceae, avec plantes mâles et femelles séparées, à feuillage persistant. Sa sève est une résine transparente utilisée pour la composition de vernis, mastics et colles des pansements (Alloune *et al.*, 2012).

Les fleurs du pistachier sont en grappes spiciformes denses, naissant 1 ou 2 à l'aisselle d'une feuille et égalant au plus la longueur d'une foliole. Elles sont unisexuées d'environ 3 mm de large et sont très aromatiques, de couleur rougeâtre (Djerrou, 2011).

Le fruit du pistachier est une baie globuleuse de 2 à 3 mm, monosperme ; d'abord rouge, puis noir à la maturité (Maamari-Habibatni, 2014). L'huile du fruit de *Pistacia lentiscus* est de couleur verte foncée. Elle n'est entièrement liquide qu'à la température de 32 et 34 °C; au-dessous elle laisse déposer une matière blanche, susceptible de cristallisation, qui bientôt envahit la totalité de l'huile et la solidifie complètement (Belfadel, 2009).

Noms vernaculaires : Arbre au mastic, Pistachier lentisque, Edharou, Amadagh le fruit Thidekt.



Figure 1 : feuilles et fruits de *Pistacia lentiscus* L. (Anonyme)

I.2. Répartition géographique de la plante

Pistacia lentiscus est un arbrisseau dioïque thermophile qui pousse, à l'état sauvage, dans tout type de sols, subhumide et semi-aride en préférant les terrains siliceux pauvres en potassium et en phosphore. Généralement, il se trouve dans les lieux arides de la région méditerranéenne (Djerrou, 2011). En Algérie, il occupe l'étage thermo-méditerranéen, sa limite méridionale se situe aux environs de Saïda (Ait said, 2011). Il est dispersé tout au long du littoral et se développe dans divers habitats le long d'un gradient climatique qui varie suivant le rayonnement solaire, la température et la précipitation (Maamari-Habibatni, 2014).

I.3. Aspects pharmacologiques et effets thérapeutiques

Pistacia lentiscus est connu pour ses propriétés médicinales depuis l'antiquité. En effet, les médecines traditionnelles pratiquées de part et d'autre des rives de la méditerranée, attribuent au lentisque des vertus dans le traitement des ulcères, de l'hypertension, de la toux, des maux de gorge, de l'eczéma, des calculs rénaux et de la jaunisse (Djerrou, 2011).

Le mastic de *Pistacia* a été utilisé par les guérisseurs traditionnels pour le soulagement des douleurs abdominales, des maux d'estomac, de la dyspepsie et de l'ulcère gastro-duodéal. Plusieurs études ont également signalé que l'huile essentielle des parties aériennes de *P. lentiscus* possède des propriétés antifongiques et antibactériennes appréciables (Bammou *et al.*, 2015).

L'huile du fruit de lentisque est souvent utilisée comme un remède d'application externe locale sous forme d'onguent pour soigner les brûlures ou les douleurs dorsales (Bammou *et al.*, 2015). En outre, cette huile peut partiellement aider dans la protection contre l'intoxication au mercure comme dans le cas de la phosphatase alcaline, de l'aminotransférase d'aspartate et de l'urée. Elle pourrait être également considérée comme une source alimentaire sûre, en maintenant le taux de LDL-cholestérol dans sa gamme normale (Trablsi *et al.*, 2012 ; Dhifi *et al.*, 2013).

En Algérie, cette huile est utilisée comme anti-diarrhéique, elle est recommandée pour les diabétiques. Elle est également préconisée dans le traitement des douleurs d'estomac et dans le cas de la circoncision. L'huile est aussi largement utilisée dans le traitement des troubles respiratoires (Maamari-Habibatni, 2014).

I.4. Composition chimique d'huile végétale de *Pistacia lentiscus* L.

Selon **Djerrou (2014)**, les trois acides gras dominants dans l'huile végétale obtenue à partir des baies de *Pistacia lentiscus* L. sont: l'acide oléique (54,4%), l'acide palmitique (22,5%) et l'acide linoléique (19,8%). D'autres acides sont présents sous forme de trace tels que les acides palmitoléique, stéarique, linoléique, arachidique et gadoléique (**Trabelsi et al., 2012**).

De même, une étude a été réalisée sur trois populations du fruit de *P. lentiscus*. Elle a montré la présence de quatre classes de glycérophospholipides (PL) dans les huiles de lentisque: l'acide phosphatidique (PA), la phosphatidyléthanolamine (PE), le phosphatidylglycérol (PG) et le phosphatidylinositol (PI). Les acides gras prédominants de ces glycérophospholipides (PL) sont les acides palmitique, oléique et linoléique. Alors que, les acides stéarique et linoléique sont trouvés en moindres concentrations (**Maameri-Habibatni, 2014**).

Il est important de signaler que l'huile de lentisque contient le sitostérol comme phytostérol principal (55,55%), suivi du cholestérol (44,45%). Cependant, le stigmastérol et d'autres stérols n'ont pas été détectés (**Dhifi et al., 2013**). En outre, l'huile végétale de lentisque est riche en tocophérol, dont sa teneur atteint 8111,137 mg/Kg. Cet antioxydant qui se trouve sous quatre formes isomériques est responsable de la stabilité de l'huile de lentisque à l'oxydation (**Dhifi et al., 2013**).

L'huile de fruit de *P. lentiscus* renferme les mono et sesquiterpènes mais en faible quantité. Les composés majoritaires sont : mycène, pinène et limonène (**Aouinti et al., 2013**).

I.5. Travaux antérieurs sur l'huile végétale du *Pistacia lentiscus* L.

La plupart des travaux ont été consacrés à l'étude de l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* L. Les recherches qui ont été réalisées sur les huiles végétales ont abordées plusieurs aspects.

En **1999**, **Lanfranchi** et ses collaborateurs ont réalisé une étude sur la production d'huile de lentisque en Sardaigne. Ils ont noté que 16 Kg des baies mûres de *P. lentiscus* produisent environ 3 litres d'huile soit un rendement proche de 18 à 19%.

Un autre travail qui vise à déterminer la composition chimique et les propriétés phytochimiques et nutritionnelles des huiles extraites des fruits de *Pistacia lentiscus* L. noir et rouge a été réalisé par **Charef (2011)**. Ils ont trouvé que l'acide palmitique est le composé

majoritaire des acides gras saturés, son pourcentage varie de 16,30% à 19,50%, l'acide stéarique est aussi détecté mais avec des proportions plus faibles qui ne dépassent pas 1,70%. Les acides gras insaturés représentent un pourcentage total de 78,80% dans l'huile du fruit noir de lentisque, et plus de 83% dans l'huile du fruit rouge. Ils sont représentés essentiellement par l'acide oléique (53,50 à 65,00%) et l'acide linoléique (17,60 à 28,50%). Ils ont aussi noté que ces huiles sont riches en tocophérols avec une teneur de 135 mg/kg, ce qui leur confère un pouvoir de longue conservation et une aptitude vitaminique assurée.

Dans le but d'étudier les effets pharmaco-toxicologiques d'huile végétale de *P. lentiscus* une étude a été réalisée par **Djerrou (2011)**. Ils ont montré que cette huile est efficace pour la cicatrisation des brûlures, mais peut entraîner une sensibilisation de la peau suite à un usage prolongé.

En **2012**, **Mezni** et ses collaborateurs ont évalué l'influence du mode d'extraction sur les activités antioxydante et antibactérienne d'huile du fruit de *Pistacia lentiscus* L. Ils ont noté que les meilleures activités ont été attribuées aux huiles extraites par pression par rapport à celles extraites traditionnellement. Ils ont trouvé que le pourcentage d'inhibition du radical DPPH^{*} a été augmenté de 21 à 43% pour les huiles des échantillons récoltés dans la région de Nefza et de 19 à 29% pour celles des échantillons de Bizerte. Pour les résultats de l'effet bactéricide, ils ont noté une augmentation du diamètre des zones d'inhibition de 8 millimètres à 13 millimètres.

Dans la même année, **Trabelsi et al. (2012)** ont déterminé les teneurs en acides gras et en stérol dans l'huile de *P. lentiscus* au cours de la maturation du fruit. Ils ont noté l'augmentation de la teneur en acide oléique (de 19,49% à 50,72%) pendant la maturation. Par contre, une diminution de la teneur en acide linoléique (de 42,5% à 21,75%) est trouvée. Pour les stérols, pendant la première phase de maturation, ils ont trouvé que la quantité totale était d'environ 5,19/100g d'huile. Elle a diminué à 0,43/100g d'huile à la dernière étape.

En outre, **Alloune et al. (2012)** ont s'intéressé à l'huile de pistachier lentisque comme matière première pour la production du biodiesel. Ils ont trouvé que l'indice d'acide de cette huile est très élevé, ce qui la rend moins compétitive pour la production du biodiesel comparativement à l'huile de ricin.

Un autre travail qui vise à évaluer l'activité anti-hypercholestérolémique d'huile végétale de *P. lentiscus* a été élaboré par **Djerrou (2014)**. Il a montré que cette huile possède

des propriétés anti-hyperlipidimique en réduisant les taux de LDL-cholestérol et des triglycérides totaux.

Maameri-Habibatni (2014) a élaboré un travail dans l'objectif de donner une base scientifique à l'utilisation de l'huile végétale de *P. lentiscus* dans la médecine traditionnelle. Il a noté que cette huile peut être recommandée dans le traitement des maladies du foie à la dose de 2mL /Kg. En outre, il a constaté que le mélange d'huile de lentisque avec le miel a révélé des propriétés cicatrisantes.

En **2015**, **Haouli** et ses collaborateurs ont réalisé une étude sur l'analyse d'huile extraite des fruits de *P. lentiscius*. Ils ont trouvé que la composition physico-chimique et biochimique d'huile de lentisque ressemble étroitement à celle d'huile d'olive. Une différence est seulement trouvée dans la teneur en C_{18: 2} qui était plus importante dans l'huile de lentisque.

II. Etude botanique d'*Opuntia ficus indica* L.

II.1. Description de la plante

Opuntia ficus indica L. fait partie de l'ordre des Opuntiales, l'un des plus jeunes du monde végétal. En effet, le cactus à l'état fossile n'est pas connu à ce jour. Cette espèce appartient à la famille des Cactacées, elle se caractérise par une remarquable adaptation à la sécheresse obtenue au fil du temps par la fantastique évolution de la structure de son organisme (Schweizer, 1999).

C'est une plante robuste qui peut mesurer jusqu'à 5 mètres de hauteur, ce sont des arbustes et des arbres vivaces, à tiges charnues, caliciflores, apparemment aphylls, avec un tronc épais ligneux. Ses articles aplatis en forme de raquette (cladodes) de couleur vert mat, ayant une longueur de 30 à 50 cm et une largeur de 15 à 30 cm, sont couverts de petites aréoles, d'épines et de glochides blancs. Ses fleurs, marginales sur le sommet des cladodes, sont hermaphrodites, de couleur jaune et deviennent rougeâtres à l'approche de la sénescence de la plante. Ses fruits sont des baies charnues ovoïdes ou piriformes pourvues d'épines. Ils sont généralement verdâtres ou jaunes à maturité, la pulpe est toujours juteuse, de couleur jaune-orangé, rouge ou pourpre, parsemée de petites nombreuses graines (Habib, 2004).

Noms vernaculaires : figuier de Barbarie, figuier d'Inde, nopal, Akarmous.



Figure 2 : fruit d'*Opuntia ficus indica* L. (Anonyme)

II.2. Répartition géographique de la plante

Le genre *Opuntia* est originaire du Mexique et figure d'ailleurs sur l'emblème du drapeau mexicain. Sa distribution géographique est très large : Mexique, Sicile, Chili, Brésil, Turquie, Corée, Israël, Argentine et Afrique du Nord. Il a été introduit d'abord en Espagne et plus tard au 16^{ème} siècle au Nord et au Sud de l'Afrique. Il s'est diffusé rapidement dans le bassin méditerranéen et s'y est naturalisé au point de devenir un élément caractéristique du paysage. Il est par essence développé sur la partie Ouest de la Méditerranée : Sud de l'Espagne, du Portugal, et de l'Afrique du Nord (Tunisie, Algérie et Maroc).

Dans certains pays tels que l'Italie, l'Espagne, le Mexique et Israël, la culture du cactus est pratiquée de façon intensive et moderne avec des programmes de recherche-développement pour la production du fruit ou de fourrage et même pour des usages industriels. En revanche, en Australie et en Afrique du Sud, ce végétal, en particulier la variété asperme est considérée comme une mauvaise herbe à cause de la facilité avec laquelle elle se propage (Neffar, 2012).

II.3. Aspects pharmacologiques et effets thérapeutiques

La composition de l'huile du figuier de barbarie ressemble aux autres huiles comme l'huile d'onagre et de tournesol où l'acide gras majoritaire est l'acide linoléique. Cette huile est très utilisée en cosmétologie comme antiride naturel et dans des préparations homéopathiques pour la peau sèche enflammée. **Holman** a découvert les bienfaits de l'acide linoléique. Il a démontré que cet acide a un effet contre la chute de poils, le dessèchement de la peau et la desquamation (EL Hachmi *et al.*, 2015).

Vu la richesse d'huile de la figue de barbarie en composés chimiques bénéfiques pour la santé tels que :

- La vitamine E qui améliore la capacité antioxydante plasmatique et diminue LDL-cholestérol.
- Les composés phénoliques qui ont une efficacité antioxydante élevée et ils sont efficaces dans la prévention des maladies dégénératives.
- Les acides gras insaturés qui empêchent l'incidence du diabète.

Cette huile est considérée comme un régime sain, riche en source d'antioxydants et en acides gras essentiels (Ali *et al.*, 2015).

II.4. Composition chimique d'huile d'*Opuntia ficus indica* L.

L'huile de figuier de barbarie est une huile fluide à température ambiante (15 -30 °C), relativement inodore et avec une couleur qui varie d'une variété à l'autre, allant du jaune clair à verdâtre. L'huile du figuier de barbarie est fortement insaturée (83,48%). Sa teneur en AGPI est de 62,78%, avec la dominance de l'acide linoléique 62,55% (**El hachmi et al., 2015**).

La teneur en AGMI de l'huile du figuier de barbarie est en général de 20,70%, et elle est dominée par l'acide oléique. Cependant, la teneur moyenne en AGS dans l'huile du figuier de barbarie est de 16,64%. Les dominants des AGS sont : l'acide palmitique (11,42 -13,98%), l'acide stéarique (3,17-4,16%) et l'acide arachidique (0,29-0,47%) (**El hachmie et al., 2015**).

Quant à la composition en stérols, le Beta sitostérol est le composant majeur de cette huile dont la teneur est de 67.14%, suivi du campestérol puis le stigmastérol. L'huile des pépins est aussi riche en vitamines (tocophérols) dont le γ -tocophérol est le plus important atteignant les 57.98 mg/100g d'huile. (**Hamdeni et al., 2012**).

II.5. Travaux antérieurs sur l'huile de cactus

En 2003, **Ramdan et Mörsel** ont comparé la teneur en acides gras et en vitamines liposolubles de deux huiles : celle des graines de la figue de barbarie et celle de sa pulpe. Ils ont trouvé une quantité élevée de lipides neutres dans l'huile des graines par rapport à celle de la pulpe. Cependant, les teneurs en stérol et en vitamines liposolubles ont été plus importantes dans l'huile de la pulpe par rapport à celle des graines.

Une autre étude a été réalisée par **Annouri et al. (2006)** dans le but de déterminer les teneurs en acide gras et d'évaluer l'effet de l'huile de la figue de barbarie sur l'alimentation des rats. Ils ont trouvé que l'huile de la figue de barbarie est très riche en acides gras insaturés (884,8 g/kg) dont l'acide linoléique est le composé majoritaire (700g/kg) et qu'elle a un effet bénéfique sur la santé animale.

Mattäus et Özcan (2011), ont déterminé les rendements en huile, la composition en acides gras et la teneur en tocophérols des graines de la figue de barbarie. Ils ont constaté que le rendement en l'huile varie entre 5 et 15,4% dont l'acide gras majoritaire a été l'acide linoléique avec un pourcentage qui varie entre 49,30 et 62,1% entre autres le pourcentage de tocophérol était de 3,9 à 50%.

Dans la même année, **Chougui** et ses collaborateurs ont déterminé la composition de l'huile et ont caractérisé les composés phénoliques des graines de quatre variétés de figes de

barbarie d'origine algérienne. Ils ont noté que les huiles de ces quatre variétés sont très riches en acide linoléique avec un pourcentage qui varie de 28% à 63%. D'autre part, le profil phénolique des variétés est très complexe dont plus de 20 composés ont été détectés.

Dans le but de déterminer l'effet de deux méthodes d'extraction: l'extraction par solvant et la pression mécanique à froid des graines de la figue de barbarie à différents stades de maturité, une étude a été réalisée par **Moudre et al. (2012)**. Ils ont noté qu'à différentes périodes de maturation les graines de figue de barbarie donnent un meilleur rendement en huile en utilisant l'extraction par solvant avec un pourcentage qui varie de 7,89 à 11,86%. Alors que l'extraction mécanique à froid donne un pourcentage qui oscille entre 3,47 et 8,08%.

En **2015**, **El hachimi** et ses collaborateurs ont comparé le rendement en huile et la teneur en acides gras de différentes populations marocaines de jujubier, de grenadier et de la figue de barbarie. Ils ont trouvé que le rendement en huile extraite des graines du jujubier (29,25%) et du grenadier (23,38%) est plus élevé que celui donné par graines de la figue de barbarie (8,74%). En outre, ils ont remarqué que les trois huiles sont riches en acide gras insaturés avec un profil oléique-linoléique (62,76-16,00%) pour l'huile de jujubier, punique-linoléique (75,36-6,31%) pour celle de grenadier et linoléique-oléique (62,55%-19,48%) pour celle de la figue de barbarie.

III. Etude botanique d'*Argania spinosa* L. Skeels

III.1. Description de la plante

L'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels), également appelé argan est une plante arbustive appartenant à la famille des Sapotacées. C'est un arbuste très résistant qui peut vivre de 150 à 200 ans (**Rammal et al., 2009**).

L'arganier, est un arbre épineux, pouvant atteindre 8 à 10 mètres de hauteur. Sa cime est large, étalée, dense et ronde. Son tronc est court, noueux, tourmenté, même souvent multiple et formé de plusieurs tiges entrelacées (**Mohammed, 2012**). Il peut en effet supporter des températures allant de 3 à 50 °C et se contenter d'une pluviométrie très faible. L'écorce des arbres adultes est rugueuse et ses jeunes feuilles vert-brillant deviennent vert-sombre (**Charrouf et al., 2007**).

Le fruit de l'arganier contient un noyau qui renferme un, deux voire trois amandes par noyau. Ces amandes ont des tailles variables et leur poids est de l'ordre de 250 à 360 mg (**Farrouf, 1998**).

Noms vernaculaires : arganier, argane, argan, bois de fer.



Figure 3 : fruit d'*Argania spinosa* L. (**Anonyme**)

III.2. Répartition géographique de la plante

L'Arganier, *Argania spinosa* (L.) Skeels est une angiosperme sapotacée endémique d'Afrique du Nord. Il se trouve surtout dans le Sud-Ouest Algérien dans la région de Tindouf et dans le sud atlantique Marocain (région d'Agadir) où il couvre environ 800.000 ha. Au Maroc, la plus grande masse des peuplements à arganier des différentes densités s'étend sur un secteur littoral et para littoral entre l'Oued Tensift au sud de Safi et la plaine du Souss (Kouidri, 2009).

En Algérie, son aire de répartition géographique couvre un territoire relativement important dans le Nord-Ouest de la wilaya de Tindouf. L'*Argania spinosa* est localisée essentiellement sur les lits de certains Oueds, notamment : Oued El-ma, Oued Elghahouane, Oued Bouyadhine, Oued El-khebi, Oued Merkala et Oued Targant. Ainsi, elle est pourvue d'un entrelace épars de ruisseaux, coulant vers les petites dépressions entre les gorges Hamadienne du Drâa et les falaises de K'reb El-hamada, et la dépression du Nord de Tindouf (Lotfi et al., 2015).

III.3. Aspects pharmacologiques et effets thérapeutiques

L'huile d'argan a des propriétés protectrices, adoucissantes, cicatrisantes et nettoyantes pour la peau, les cheveux et les ongles. Elle a aussi des propriétés d'anti-vieillesse prématuré des cellules. De même, elle est utilisée en médecine traditionnelle en tant qu'anti-inflammatoire et analgésique. L'acide linoléique qu'elle contient est déterminant dans la prévention de l'infarctus du myocarde et dans la réduction du taux de cholestérol. Aussi, sa teneur en polyphénols contribuerait à la prévention du cancer de la prostate (Hachmi et al., 2011). Elle est aussi conseillée pour stimuler et développer les capacités cérébrales. Elle prévient les risques de fausse-couche et stimule la production de sperme (Charrouf, 2002).

III.4. Composition chimique de l'huile d'argan

La composition lipidique des huiles contient une fraction principale dite saponifiable (glycérides) et une fraction mineure dite insaponifiable (stérols, vitamines liposolubles, phospholipides et caroténoïdes). Dans le cas de l'huile d'argan, les glycérides représentent entre 98% à 99% de la masse totale, cette fraction est constituée essentiellement de triglycérides (Gharby et al., 2011).

Les acides gras constitutifs des triglycérides rencontrés dans l'huile d'argan sont à 80% des acides gras insaturés. L'acide oléique représente près de 48% de ces acides gras, sa teneur élevée est très importante. Il joue un rôle de régulateur des taux plasmatiques du cholestérol. L'acide linoléique est présent à 32%. Les acides gras saturés sont l'acide palmitique (environ 13%) et l'acide stéarique (environ 5%) (**Charrouf, 2007**).

L'huile d'argan est pauvre en acide linoléique (moins de 0,4 %). Cette faible teneur pourrait servir à détecter si cette l'huile est mélangée par d'autres huiles riches en acide linoléique comme l'huile de soja ou de colza (**Gharby et al., 2011**).

La fraction stérolique d'huile d'argan est composée exclusivement de quatre dérivés du stigmastane, où le Schotténol et le spinastérol sont les stérols majoritaires avec 48 et 44% respectivement. (**Charrouf, 1999 ; Charrouf et Guillaume, 1999**)

L'huile d'argan est relativement riche en tocophérols: 700 mg/kg. Les principaux représentants de cette classe de composés dans l'huile d'argan sont l' α - tocophérol ou vitamine E (5%), le γ -tocophérol (83 %) et le Δ -tocophérol (12%). Les polyphénols identifiés sont l'acide caféique et l'oleuropéine (**Charrouf, 2002**).

III.5. Travaux antérieurs sur l'huile d'argan

L'huile d'argan avait fait l'objet de beaucoup d'études antérieures, mais ce n'est que durant les années 90 que cette filière a connu un essor important grâce à la découverte des vertus alimentaires, cosmétiques et thérapeutiques de cette huile.

Afin d'améliorer la technologie traditionnelle d'extraction de l'huile d'argan, sa conservation et de mettre au point des méthodes de conditionnement améliorées, une étude a été réalisée portant sur la valorisation de l'arganier (**Charrouf, 2002**).

Matthaus et al. (2010), en étudiant les effets de process sur la qualité sensorielle et la stabilité de stockage d'huile comestible d'argan. Ils ont constaté que l'huile d'argan préparée à partir des graines légèrement grillées, mécaniquement pressées n'a pas produit des attributs sensoriels négatifs, et elle fournis une stabilité de stockage maximale par rapport aux graines non grillées, mécaniquement pressées, et aux graines grillées pressées à la main.

En **2011**, **Maata** et ses collaborateurs ont s'intéressé à identifier les différents critères de pureté dans la détection de l'adultération de l'huile d'argan par les huiles végétales vierges et raffinées. Il s'agit de déterminer les pourcentages en acide linoléique, en campesterol et la teneur en stigmastadiènes.

Dans la même année, **Gharby et al. (2011)** ont évalué l'influence du mode d'extraction et de l'origine géographique sur la qualité, la quantité et la stabilité de l'huile d'argan. Ils ont noté que l'origine géographique n'a pas d'influence notable sur la qualité et la stabilité d'huile contrairement à la méthode d'extraction. En effet l'oxydation la plus rapide est observée pour les huiles obtenues par presse mécanique à partir des amandes d'argan non torréfiés, suivie par celles produites par des méthodes traditionnelles. Cependant, les huiles obtenues par presse mécanique à partir des amandons torréfiés sont les moins sujettes à l'oxydation.

En outre, **Hachmi et al. (2011)** ont réalisé une étude sur l'analyse de la filière « huile d'argan » au niveau de la zone forestière d'Amsitten dans la région d'Essaouira. L'objectif est de montrer la différence du rendement au niveau des trois communes. Le maximum de rendement est atteint au niveau de la commune Imin Tlit avec 1,9 tonne/ha/an. Le minimum (0,4 tonnes/ha/an) a été enregistré pour la commune Ida Ou Azza, alors que le rendement dans la commune de smimou atteint 1 tonne/ha/an.

En 2012, **Mohammed** a montré que la torréfaction des amandes du fruit de l'arganier apparaît comme paramètre influençant la valeur d'acidité et l'indice de peroxyde d'huile d'argan.

Un autre travail qui s'inscrit dans le cadre de la continuité des séries de recherches effectuées pour la valorisation et la sauvegarde de l'arganier et de ses produits a été élaboré par **El Monfalouti (2013)**. Il a contribué à la détermination des propriétés photoprotectrices et anti-oxydantes des dérivés de l'arganier. Ils ont trouvé que la consommation d'huile d'argan augmente la teneur sérique en vitamine E. D'ailleurs, l'huile d'argan de qualité cosmétique, possède un potentiel chimio-préventif de molécules d'ADN contre les dommages UV même à une dilution de 10/90 (v/v).

Zaanoum et ses collaborateurs (2014), ont déterminé les paramètres cinétiques de l'oxydation de l'huile d'argan en utilisant le test au Rancimat. Ils ont trouvé une acidité de 0,3% comparé à un maximum de 0,8%. La valeur la plus élevée d'indice de peroxyde est de 0,9 meq d'O₂/Kg comparé à un maximum de 15 meq d'O₂/Kg. Et les coefficients d'absorption spécifique K₂₇₀ étaient moins de 0,2 comparés à un maximum de 0,35.

En 2015, **Lotfi** et ses collaborateurs, ont déterminé l'effet antibactérien de l'huile d'argan de la région de Bechar sur certaines souches résistantes d'origine hospitalier. Ils ont

montré la présence d'une activité antibactérienne seulement contre *Staphylococcus aureus* et *Staphylococcus blanche* uniquement.

Partie pratique

Matériel
et
méthodes

II.1. Matériel analytique et réactifs (Annexe N° 1)

II.2. Matériel végétal et préparation des huiles végétales

L'huile du cactus et de lentisque étudiées ont été achetées chez un artisan au niveau de la région d'amizour (Bejaia). Concernant l'huile d'argan, elle a été achetée chez un artisan marocain. Les trois huiles étudiées ont été obtenues par pression à froid. La première étape de l'extraction proprement dite consiste à nettoyer et à décortiquer les graines. Ensuite ces graines vont subir un broyage qui transforme la substance en pâte qui subira alors une extraction mécanique par pressage à froid. Le pressage à froid s'effectue à l'aide de presses hydrauliques à une température maximale de 60 °C. L'extraction à froid doit se faire avec des graines ou fruits contenant au moins 30% de matières grasses pour être rentable. L'huile de première pression obtenue est ensuite filtrée ou clarifiée pour éliminer les particules résiduelles plus fines. Ce type de pressage permet de conserver tous les éléments nutritifs qui se retrouvent dans l'huile, soit les vitamines, les acides gras essentiels, les pigments ainsi que les arômes (Devillers *et al.*, 2010).

II. 3. Détermination des indices de qualité des huiles

II. 3.1. Acidité

L'acidité d'une matière grasse est le nombre de mg d'hydroxyde de sodium (NaOH) nécessaire pour neutraliser les acides gras libres (AGL) contenus dans 1g de matière grasse. Elle mesure la quantité d'AGL présents dans un corps gras (Kandji, 2001).

Le principe de la méthode consiste en un titrage des acides gras libres présents par une solution éthanolique d'hydroxyde de sodium.

Un échantillon d'huile de 1g a été solubilisé dans l'éthanol neutralisé, le mélange est légèrement chauffé jusqu'à homogénéisation. Ensuite un titrage est effectué, en agitant, avec une solution d'hydroxyde de sodium à 0,25 N jusqu'au virage de l'indicateur coloré (la phénolphthaléine) vers le rose persistant pendant au moins 10 secondes. **Journal Officiel (2011)**. L'acidité est exprimée selon l'expression suivante :

$$\text{Acidité} = V * N * M / m * 10$$

Où :

V : volume en mL de NaOH nécessaire pour neutraliser l'échantillon ;

N : normalité de l'hydroxyde de sodium (0,25 N) ;

M : masse molaire de l'acide oleique qui égale à 282 g/mol ;

m : masse en g de la prise d'essai (1g).

II. 3.2. Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde représente la quantité de substances de l'échantillon exprimée en meq d'O₂ actif /kg, qui oxydent l'iodure de potassium. Cet indice permet de suivre l'état de conservation d'une huile ou l'état d'avancement de l'oxydation. Le principe repose sur l'oxydation de l'iodure par l'oxygène actif des peroxydes contenus dans les huiles, en milieu acide. L'iodure libéré est ensuite dosé en retour par le thiosulfate de sodium.

Pour déterminer l'indice de peroxyde nous avons modifié la méthode du règlement **CEE/2568/91**. Un échantillon de 0,5 g d'huile est introduit dans un bécher, 2,5 mL de chloroforme sont ajoutés, tout en agitant, afin de dissoudre l'huile ; puis 3,75 mL d'acide acétique glacial et 0,25 mL d'iodure de potassium (KI) saturé sont ajoutés, le mélange est agité vigoureusement pendant 1 minute et laissé à l'obscurité pendant 5 minutes à la température ambiante. Ensuite, 18,75 mL d'eau distillée sont ajoutées ainsi que quelques gouttes d'empois d'amidon, le tout est titré avec le thiosulfate de sodium (Na₂S₂O₃) à 0,01 N en agitant vigoureusement. L'indice de peroxyde est donné par l'expression ci-après :

$$\text{IP (meq d'O}_2 \text{ /kg)} = N (V - V_0) * 1000 / m$$

Où :

N : normalité de Na₂S₂O₃ (0,01 N) ;

V et **V₀** : volume en mL de Na₂S₂O₃ nécessaire pour le titrage de l'échantillon et de l'essai à blanc, respectivement ;

m : masse en gramme de la prise d'essai (0,5 g).

II. 3.3. Indice de réfraction

Pour mesurer l'indice de réfraction des huiles, nous avons utilisé un réfractomètre. Sur la section plane d'un prisme en verre, nous avons placé une goutte d'huile dont nous voulons mesurer l'indice de réfraction. L'appareil est éclairé avec une source étendue donnant des rayons lumineux de direction variée, focalisées au centre. Nous observons ainsi deux plages l'un est claire l'autre est sombre. La limite de séparation de ces deux plages permet de déterminer l'indice de réfraction de notre huile.

II. 3.4. Absorbance spécifique dans l'ultraviolet

La détermination des coefficients d'absorption spécifique (extinction spécifique) dans le domaine de l'ultraviolet est nécessaire pour l'estimation de la phase d'oxydation de l'huile. Cette méthode consiste à déterminer les absorbances à 232 nm et 270 nm qui correspondent au maximum d'absorbance des hydroperoxydes et des produits secondaires (Alais *et al.*, 2003). Pour réaliser ce test, nous avons mélangé 0,2 g d'huile dans 2 mL d'hexane, l'absorbance est mesurée à deux longueurs d'onde : 232 et 270 nm (UV-Vis Spectrophotomètre, spectro scan 50). Les coefficients d'extinction K_{232} et K_{270} sont exprimés par l'équation suivante :

$$K_{\lambda} = A_{\lambda} / C * L$$

Où :

K_{λ} : extinction spécifique à la longueur d'onde ;

A_{λ} : absorbance à λ nm ;

C : concentration de la solution en g /100 mL ;

L : épaisseur de la cuve en centimètre (1 cm).

II. 4. Détermination de la densité

La densité des huiles est le rapport entre la masse d'un volume d'huile sur le même volume d'eau.

II. 5. Dosage des pigments des huiles

II. 5.1. Chlorophylles

Le protocole décrit par Pokorny *et al.* (1995), est adopté pour estimer la teneur en chlorophylles. La mesure d'absorbance des échantillons d'huiles a été effectuée aux longueurs d'ondes de 630, 670, et 710 nm. Le tétrachlorure de carbone a été utilisé comme blanc. Les teneurs en chlorophylles sont déterminées par la formule suivante :

$$Ch \text{ (mg/Kg)} = [(Abs_{670} - (Abs_{630} + Abs_{710}) / 2) * 345,3] / L$$

Où :

Ch : teneur en chlorophylle exprimée en mg de chlorophylle /Kg d'huile ;

Abs : absorbance à la longueur d'onde indiquée (nm) ;

345,3 : coefficient qui varie selon le spectrophotomètre utilisé ;

L : l'épaisseur de la cuve (10 mm).

II. 5.2. Caroténoïdes

Pour déterminer la teneur en caroténoïdes nous avons modifié le protocole décrit par **Salvador *et al.* (2001)**. Dans un bécher, nous avons introduit 0,6 g d'huile et 2 mL d'hexane sont ajoutés. L'absorbance est mesurée à 470 nm. Les teneurs en caroténoïdes sont exprimées en μg équivalent de β -carotène, en se référant à une courbe d'étalonnage (Annexe N° 2).

II. 6. Extraction et dosage des composés phénoliques

II. 6.1. Extraction

Dans le but de réduire le temps habituellement exigé pour déterminer la teneur des phénols dans une huile, nous avons utilisé une méthode rapide d'extraction rapportée par **Favati *et al.* (1994)** en utilisant des colonnes de SPE C₁₈ (1 g de matériel de sorbant). La première étape consiste à activer la colonne en utilisant 5 mL du méthanol et 5 mL d'hexane, puis chargement d'échantillon (1g d'huile en 10 ml d'hexane), après cette étape on lave la colonne en utilisant de l'hexane, et la dernière étape consiste à éluer l'analyte avec 5mL du méthanol.

II. 6.2. Dosage des polyphénols totaux

La détermination des polyphénols totaux est réalisée selon le protocole décrit par **Dorman *et al.* (2015)**. Dans des tubes à essai nous avons mis 6 mL d'eau distillée, 100 μL d'extrait méthanolique, 500 μL du réactif de Folin-Ciocalteu, 1500 μL de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à 20% et le volume est ajusté à 10 mL avec l'eau distillée. Après 2 h d'incubation à l'obscurité, l'absorbance est mesurée à 760 nm contre un témoin où l'extrait méthanolique est remplacé par le même volume du méthanol (50%). Les concentrations sont exprimées en μg équivalent d'acide gallique par 1g d'huile, en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide gallique dans les mêmes conditions (Annexe N° 2).

II. 6.3. Dosage des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes des trois huiles a été déterminée spectrophotométriquement en utilisant la méthode au chlorure d'aluminium. Elle est basée sur la formation d'un complexe flavonoïde-aluminium, ayant le maximum d'absorbance à 430 nm. Le protocole utilisé est celui décrit par **Brahmi *et al.* (2015)**. L'extrait méthanolique (0,5 mL) a été mélangé avec le même volume de la solution de chlorure d'aluminium (AlCl_3) à 2%. Après incubation à la température ambiante pendant 15 minutes, l'absorbance du mélange a été

mesurée à 430 nm. Un témoin a été préparé en remplaçant l'extrait méthanolique par le même volume du méthanol. La teneur en flavonoïdes a été exprimée en μg d'équivalent de quercétine par 1g d'huile, en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée à l'aide de la quercétine comme standard (Annexe N° 2).

II. 7. Etude de l'activité antioxydante

II. 7.1. Méthode au phosphomolybdate

Cette méthode a été employée d'habitude pour évaluer toute la capacité antioxydante. En présence des extraits, le Mo (VI) est réduit au Mo (V) et forme un complexe coloré vert de phosphomolybdenum V qui montre l'absorbance maximum à 695 nm. (**Umamaheswari et Chatterjee, 2008**)

Pour réaliser ce test, nous avons utilisé le protocole d'**Umamaheswari et Chatterjee (2008)**. Dans des tubes à essai, 100 μL d'extrait méthanolique ont été mélangé avec 1 mL de réactif au phosphomolybdate [acide sulfurique (600 mM), phosphate de sodium (28 mM) et molybdate d'ammonium (4 mM)]. Les tubes ont été incubés à 90°C pendant 90 minutes. Après refroidissement des tubes à la température ambiante, l'absorbance a été mesurée à 695 nm contre un blanc. Les résultats sont exprimés en absorbances (U.A)

II. 7.2. Activité anti-radicalaire au DPPH^{*}

De nombreuses méthodes sont développées permettant d'évaluer les capacités scavenger de composés naturels ou bien issus de la synthèse chimique. L'une d'entre elles, couramment utilisée, fait appel à l'utilisation de (2,2-Diphényl-1-Picrylhydrazyl) DPPH^{*} (**Charef, 2011**). Ce dernier présente une absorption spécifique à 517 nm qui lui confère une couleur violette. Lorsque le DPPH^{*} est réduit sa couleur disparaît et devient jaune (**Gordon, 2001**). La technique au DPPH^{*} s'effectue à température ambiante ce qui permet de préserver les molécules testées de l'éventuelle dégradation thermique.

L'activité antiradicalaire au DPPH^{*} de nos échantillons a été mesurée par la méthode spectrophotométrique rapporté par **Blois (1958)**. Une solution de DPPH^{*} (0,1 mM) a été préparée fraîchement. Un volume de 0,5 mL de cette solution a été mélangé avec 2 mL d'extrait méthanolique. Les solutions ont été bien agitées et incubées dans l'obscurité pendant 1 heure à température ambiante.

L'absorbance a été mesurée à 517 nm. Un témoin est préparé en remplaçant l'extrait méthanolique par le même volume de méthanol. Le pourcentage d'inhibition des radicaux dus à la propriété antioxydante des extraits a été calculé en utilisant la formule suivante :

$$\% \text{ d'inhibition} = [(Abs_{cont} - Abs_e) / Abs_{cont}] * 100$$

Où :

Abs_{cont} et **Abs_e** sont les absorbances respectives du control et de l'extrait après 1 heure d'incubation.

II. 8. Etude de l'activité antimicrobienne

II. 8.1. Evaluation de l'activité antibactérienne

L'activité antibactérienne des huiles de *Pistacia lentiscus*, *Opuntia ficus indica* et *Argania spinosa* est recherchée vis-à-vis de quatre bactéries-tests. Deux Gram positif : *Staphylococcus aureus* ATCC 43 300 et *Staphylococcus aureus* résistante à la méthicilline (SARM) ATCC 29213 et deux Gram négatif : *Escherichia coli* ATCC 25922 et *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853.

Un inoculum de chaque souche-test a été préparé à partir d'une culture pure et jeune (âgée de 18 heures) avec de l'eau physiologique stérile (9% de NaCl). Après homogénéisation, la densité cellulaire de chaque suspension a été ajustée par dilution dans l'eau physiologique stérile et en comparaison avec la solution à 0,5 McFarland à une longueur d'onde correspondante à chaque bactérie-test.

Cet inoculum ajusté devra contenir 10⁸ UFC/mL (unité formant colonie/mL) et ne doit pas être utilisé au de la de 15 minutes. Il sert àensemencer par écouvillonnage des géloses de Mueller Hinton (MH) coulées dans des boîtes de Pétri sur une épaisseur d'environ de 4 mm.

II.8.1.1. Méthode des puits

La technique qui a été utilisée consiste à réaliser des puits à l'aide des embouts stériles. Ensuite, dans chaque puits 100 µL de chaque huile végétale (HV) sont introduit, sur un tapis bactérien au tout début de sa croissance. La zone où les bactéries n'ont pas pu se développer a été mesurée.

L'ensemencement a été effectué par écouvillonnage. A la surface de gélose MH de chaque boîte. Dix boîtes ont été réalisées, chaque boîte contient quatre puits remplis avec

100µL de chaque HV. Les boîtes ont été incubées à 4°C pendant 2 heures, puis à 37°C pendant 24 à 48 heures. Après incubation le diamètre d'inhibition a été mesuré en millimètres.

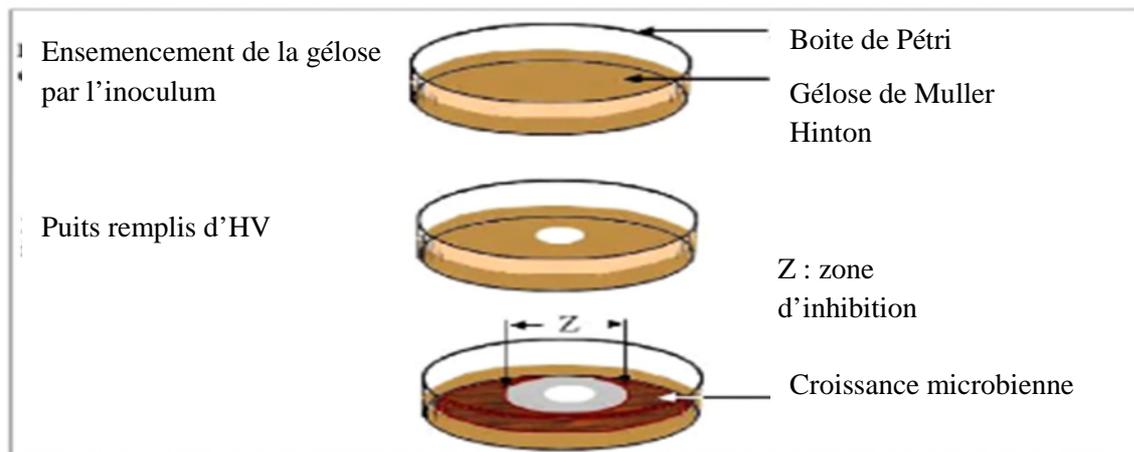


Figure 4 : Schéma illustrant la méthode des puits

II. 8.2. Evaluation de l'activité antifongique

L'activité antifongique des HV de *Pistacia lentiscus*, d'*Opuntia ficus indica* et d'*Argania spinosa* est recherchée vis-à-vis de six champignons qui sont : *Aspergillus niger* 939N, *Aspergillus flavus* NRRL 3251, *Mucor rammaniarrus* NRRL 1829, *Aspergillus ochraceus* NRRL 3174, *Aspergillus parasitus* CB 5 et *Candida albicans*.

Un inoculum de chaque souche-test a été préparé à partir d'une culture pure et jeune (âgée de 18 heures) avec de l'eau physiologique stérile (9% de NaCl). Après homogénéisation, la densité cellulaire de chaque suspension a été ajustée par dilution dans l'eau physiologique stérile et en comparaison avec la solution à 0,5 McFarland à une longueur d'onde correspondante à chaque champignon.

Cet inoculum ajusté devra contenir 10^7 UFC/mL (unité formant colonie/mL) et ne doit pas être utilisé au delà de 15 minutes. Il sert à ensemercer par écouvillonnage des géloses de Mueller Hinton (MH) coulées dans des boîtes de Pétri sur une épaisseur d'environ de 4 mm. L'activité a été testée sur milieu MH selon la technique des puits citée ci-dessus.

II.9. Analyse statistique

Une analyse descriptive des résultats est réalisée à l'aide du logiciel Microsoft Office Excel 2007, afin de déterminer les moyennes et les écarts types. Et une analyse statistique est appliquée à l'aide du logiciel STATISTICA 5.5 en utilisant ANOVA/ MANOVA suivi du test LSD dans le but de mettre en évidence les différences significatives et les coefficients de corrélation.

Résultats
et
discussion

III.1. Les paramètres physico-chimiques des trois huiles

Les résultats de la détermination des différents paramètres physico-chimiques sont récapitulés au tableau I.

Tableau I: Les paramètres physico-chimiques des trois huiles étudiées.

<i>Huile</i> <i>Paramètre</i>	<i>Huile de lentisque</i>	<i>Huile du cactus</i>	<i>Huile d'argan</i>
<i>Acidité (mg/g d'huile)</i>	3,525	21,15	0,7
<i>Indice de peroxyde (meq O₂/Kg)</i>	2	12	2
<i>Densité</i>	1,02	0,92	0,7
<i>Indice de réfraction</i>	1,468	1,470	1,340
<i>K₂₃₂</i>	0,093	0,078	0,186
<i>K₂₇₀</i>	0,133	0,128	0,136

▪ L'acidité

L'acidité est la quantité d'acides gras libres résultant des réactions hydrolytiques des triglycérides. C'est un critère de qualité permettant de rendre compte de l'état de conservation d'une huile (**Kandji, 2001**).

Les valeurs d'acidité obtenues au tableau I sont de 0,7% pour l'huile d'argan, de 3,52 % pour l'huile de lentisque et de 21,15% pour l'huile de cactus. Cela signifie que le résultat obtenu pour l'huile de lentisque (3,52%) reste conforme aux normes du codex (6% pour une huile pressée à froid). Cette valeur d'acidité semble inférieure à celles trouvées par **Maameri-Habibatni (2014)** et **Djerrou (2014)** qui sont respectivement de 8,5% et 7% pour les huiles des graines de lentisques des régions d'El Milia (Nord d'Algérie) et de Skikda (Est de l'Algérie) respectivement. Cependant, elle est légèrement supérieure à celle trouvée par **Boukeloua et al. (2014)** qui est de 2,27 % pour l'huile de lentisque originaire de Skikda.

De même, pour l'huile d'argan le résultat obtenu est conforme aux normes du règlement marocain qui a fixé une valeur $\leq 0,8\%$. L'acidité trouvée est supérieure à celle donnée par **Zaanoun et al. (2014)** qui est de 0,3%, mais elle est inférieure à celle trouvée par **Charrouf (2002)** qui est de 0,86%. L'acidité des huiles des fruits d'arganier collectés dans trois régions différentes : Ait Baha (Agadir), Tidzi (Essaouira) et Tiout (Taroudant) a été aussi déterminée par **Gharby et al. (2011)**. Les résultats trouvés par ces auteurs révèlent que les valeurs d'acidité varient entre $0,21 \pm 0,01$ et $1,14 \pm 0,04\%$.

Par contre, l'huile du cactus présente un indice d'acide très élevé (21,15%) par rapport aux normes du codex. Or selon le codex alimentarius, une huile de bonne qualité doit présenter une acidité faible ou nulle. D'ailleurs, l'acidité trouvée est largement supérieure à celle déterminée par **Boukeloua et al. (2014)** qui est de 1,82%. La valeur d'acidité élevée de notre échantillon est probablement une indication d'une hydrolyse enzymatique forte des graines pendant la moisson, la manipulation ou le traitement d'huile (**El Harfi et al., 2015**). Cette forte acidité pourrait s'expliquer également par une mauvaise conservation de celle-ci. Selon **Kandji (2001)** lorsqu'une huile n'est pas soumise à de bonnes conditions de conservation, sa qualité peut se détériorer de diverses manières, mais le plus souvent par hydrolyse ou par oxydation. Dans ce cas, elle devient impropre à la consommation.

Il faut rappeler aussi que toutes les huiles analysées ont été extraites de façon artisanale. Donc cette acidité élevée peut être produite par l'action combinée de la température et de l'eau supplémentaires pendant le processus (**Demnati et al., 2011**). Ces méthodes d'extraction utilisent beaucoup d'eau (un contact prolongé de l'huile avec l'eau). Ceci pourrait être expliqué par le fait que l'eau catalyse l'hydrolyse des triglycérides et donc entraîne une augmentation de l'acidité (**Hilali et al., 2005**). En outre, ces huiles n'ont pas subi aucun traitement de raffinage au cours duquel les huiles subissent une neutralisation par la soude. Cette étape a pour effet d'éliminer une bonne partie des acides gras libres contenus dans ces huiles (**Kandji, 2001**).

▪ Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde mesure le degré de rancidité des matières grasses après une exposition à l'air. Cette dernière va entraîner la formation de peroxydes à partir des acides gras non saturés (**Kandji, 2001**). L'oxydation d'une huile commence après que les fruits soient cueillis de l'arbre, et continue pendant leur stockage et traitement. Les corps gras peuvent s'oxyder en présence d'oxygène et de certains facteurs (température élevée, eau,

enzyme, trace de métaux : Cu, Fe...). En effet, les bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication auront un impact positif sur la teneur des peroxydes justes après l'extraction (**Chekroun, 2013**).

Les valeurs des indices de peroxydes sont de 2 pour les huiles d'argan et de lentisque, cette valeur est conforme aux normes du codex alimentarius qui a fixé une valeur inférieure à 10 mEq de peroxydes/kg d'huile pour une huile pressée à froid. La valeur de l'indice de peroxyde déterminée dans notre étude pour l'huile de lentisque est légèrement supérieure à celle trouvée par **Boukeloua et al. (2014)** qui est de 1,12. Pour l'huile d'argan la valeur de l'indice de peroxyde trouvée est supérieure à celle donnée par **Zaanoun et al. (2014)** qui est de 0,9. Cependant, elle est inférieure à celle évaluée par **Hilali et al. (2005)** qui est de 5,72 meq O₂/Kg.

Néanmoins, l'huile du cactus a montré une valeur d'indice de peroxyde qui n'est pas conforme aux normes du Codex (12). **Boukeloua et al. (2014)** ont rapporté une valeur de l'indice de peroxyde seulement de 2,04 qui est relativement inférieure à celle de notre échantillon. Cela est probablement dû à l'oxydation de l'huile étudiée suite aux conditions d'extraction et de conservation. Ces dernières peuvent provoquer une oxydation des acides gras insaturés entraînant ainsi leur diminution. Elle pourrait être due également à la présence de certaines substances telles que les caroténoïdes, les vitamines A et E, le squalène, qui peuvent subir des réactions d'oxydation analogues avec formation de peroxyde ce qui induit un indice de peroxydes élevé (**Kandji, 2001**).

▪ Densité

Les résultats révèlent que les valeurs de densité trouvées dans notre étude sont de 1,02 pour l'huile de lentisque, 0,92 pour l'huile des graines de la figue de barbarie et 0,7 pour l'huile d'argan. Ce qui signifie que l'huile de lentisque est la plus lourde par rapport aux deux autres huiles. La valeur de la densité trouvée pour l'huile de lentisque semble supérieure à celles trouvées par **Maameri-Habibatni (2014)** et **Boukeloua et al. (2014)** qui sont respectivement de 0,91 et 0,92. Pour l'huile du cactus, elle est en accord avec celle déterminée par **Boukeloua et al. (2014)** qui est de $0,91 \pm 0,01$. Concernant, l'huile d'argan la densité de notre échantillon est inférieure à celles rapportées par **Kouidri (2008)**. Ce dernier auteur a réalisé une étude sur l'huile d'argan provenant de deux origines qui sont Tindouf et Mostaganem, il a trouvé des valeurs de densité respectivement de 0,912 et 0,918.

▪ Indice de réfraction

L'indice de réfraction croît avec l'insaturation et la présence sur les chaînes grasses de fonctions secondaires (**Boukeloua et al., 2014**), donc un indice de réfraction élevé permet de conclure à la présence de doubles liaisons.

L'indice de réfraction mesuré pour nos échantillons est de 1,468 pour l'huile de lentisque, 1,470 pour l'huile du cactus et 1,340 pour l'huile d'argan. Ces valeurs sont en accord avec celles rapportées par **Boukeloua et al. (2014)** concernant l'huile de lentisque et du cactus qui sont respectivement de 1,468 et 1,476. Quant à l'huile d'argan, notre valeur semble inférieure à celles rapportées par **Charrouf (1999)** et **Hilali et al. (2005)** qui sont respectivement de 1,463 et 1,4644.

▪ Extinction spécifique en UV

Tous les corps gras naturels contiennent de l'acide linoléique en quantité plus ou moins importante. L'oxydation d'un corps gras conduit à la formation d'hydroperoxyde linoléique qui absorbe la lumière au voisinage de 232 nm. Si l'oxydation se poursuit, il se forme des produits secondaires d'oxydation, en particulier des dicétones et des cétones insaturées qui absorbent la lumière vers 270 nm. L'extinction spécifique à 232 nm et à 270 nm d'un corps gras peut donc être considérée comme une image de son état d'oxydation. Plus son extinction à 232 nm est forte, plus il est peroxydé ; plus celle à 270 nm est forte, plus il est riche en produits secondaires d'oxydation. Ce qui traduit une faible aptitude à la conservation. (**Mohamed, 2012**).

Suite aux analyses des extinctions spécifiques à E232 et à E270 de nos échantillons, l'huile d'argan présente les extinctions les plus élevées à 232 et 270 nm qui sont respectivement de 0,186 et 0,136 suivies d'huile de lentisque qui a une extinction de 0,093 à 232 nm et de 0,133 à 270 nm. Pour l'huile du cactus l'extinction à 232 nm est de 0,078 et 0,128 à 270 nm.

Nous constatons que l'huile d'argan étudiée respecte la limite permise par la norme marocaine (inférieure à 0,35 pour E270). Cependant, nos résultats sont inférieurs à ceux rapportés par **Gharby et al. (2011)** qui sont de 1,02 -1,49 à 230 nm et de 0,18-0,25 à 270 nm.

III.2. Teneurs des pigments et des composés phénoliques des trois huiles étudiées

III.2.1. Teneurs en pigments

Les teneurs en pigments, des trois huiles étudiées, sont représentées dans le tableau II.

Tableau II : Teneur des pigments des trois huiles étudiées

<i>Huile</i>	<i>Huile de lentisque</i>	<i>Huile du cactus</i>	<i>Huile d'argan</i>
<i>paramètre</i>			
<i>Chlorophylles (mg/Kg)</i>	16,66	5,66	Nd
<i>Caroténoïdes (µg/1g)</i>	1480	65,5	124,66

nd : non déterminé

La chlorophylle et les caroténoïdes sont des paramètres de qualité importants parce qu'ils se corrént avec la couleur, qui est un attribut de base pour la qualité d'une huile. Leur grandeur dépend de différents facteurs, tels que la maturité du fruit, les conditions climatiques, le type de sol et les procédures d'extraction (**El Harfi et al., 2015**).

D'après les résultats obtenus, l'huile de lentisque a donné une teneur plus importante en chlorophylle (16,66 mg/Kg) suivie par l'huile du cactus (5,66 mg/Kg). Alors que la teneur en chlorophylle d'huile d'argan n'a pas été déterminée. La chlorophylle est liée aux phénomènes oxydatifs par leurs actions catalytiques, pro-oxydantes en présence de la lumière et antioxydantes à l'obscurité (**Grati Kammoun, 1999**).

Les caroténoïdes sont également impliqués dans les mécanismes d'auto-oxydation et de photo-oxydation. En effet, les caroténoïdes sont des inhibiteurs très efficaces de la photoxydation induite par les pigments chlorophylliens (**Grati Kammoun, 1999**).

Nos résultats montrent que l'huile de lentisque a donné toujours la teneur la plus importante (1480 µg/1g) suivie par l'huile d'argan (124,66 µg/1g), tandis que l'huile du cactus est pauvre en ce pigment (65,5 µg/1g). La teneur en caroténoïdes trouvée pour l'huile du cactus semble inférieure à celles rapportées par **Ramdan et Mörsel (2003)**. Ils ont montré que l'huile de la pâte du cactus renferme une concentration de 0,42 g/kg en caroténoïdes. Cependant, la teneur en ces derniers métabolites d'huile des graines du cactus est inférieure à cette valeur. Pour l'huile d'argan la valeur trouvée dans cette présente étude (74,84 ppm)

semble supérieure à celles rapportées par **Zaanoun et al. (2014)**. Ils ont trouvé une valeur de $19,96 \pm 0,13$ ppm pour une huile d'argan extraite des graines torréfiées et de $8,62 \pm 0,14$ ppm pour une huile d'argan des graines non torréfiées. La teneur en ce pigment dépend du stade de maturité du fruit, du processus d'extraction et des conditions du stockage (**Ramdan et Mörsel, 2003**).

III.2.2. Teneurs en composés phénoliques

III.2.2.1. Teneurs en polyphénols totaux

Les teneurs en composés phénoliques, des trois huiles étudiées, sont représentées dans les graphes suivants :

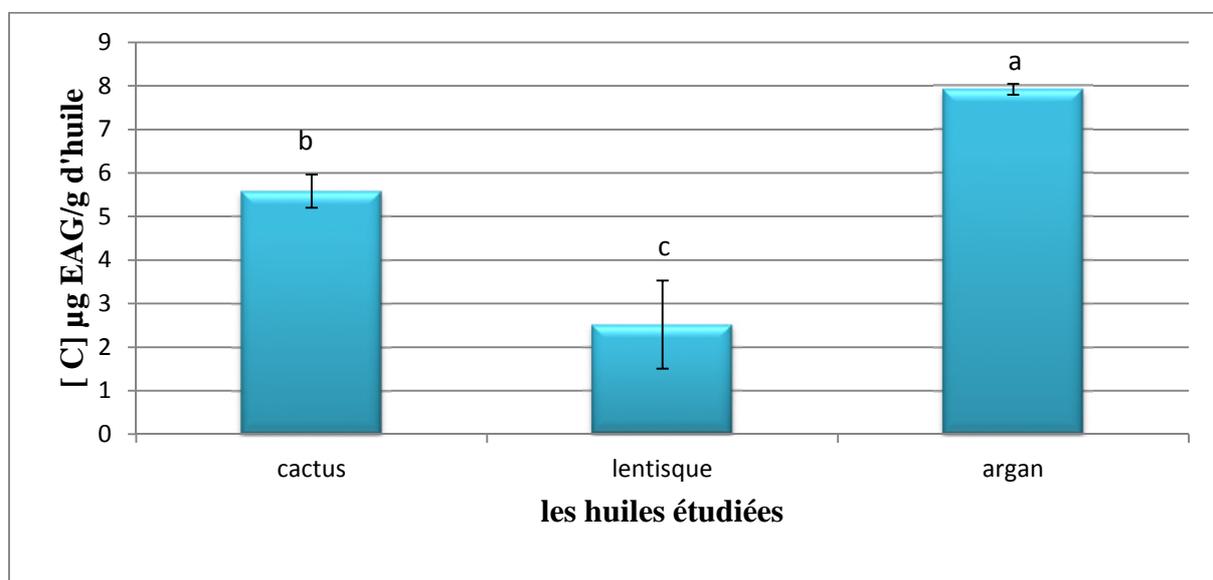


Figure 5 : la teneur des trois huiles étudiées en polyphénols totaux

D'après les résultats obtenus, l'huile d'argan a donnée la teneur la plus importante en polyphénols totaux ($7,92 \pm 0,13$ µg EAG/ g d'huile) avec une différence significative à $P \leq 0,05$ suivie de celle d'huile Des graines du cactus ($5,58 \pm 0,38$ µg EAG/ g d'huile). Tandis que, l'huile de lentisque est la plus pauvre en ces métabolites ($2,515 \pm 1,01$ µg EAG/ g d'huile).

Les teneurs en phénols totaux trouvées dans l'huile de lentisque par **Charef (2011)** sont nettement supérieures à nos résultats (huile de *P. lentiscus* noir : 3000 mg/kg ; huile de *P. lentiscus* rouge : 7400 mg/kg). Concernant l'huile d'argan, les teneurs en phénols totaux déterminées par **Demnati et al. (2011)** (87 mg/kg) dépassent également nos résultats. Cette différence résulte vraisemblablement du fait que le dosage par le réactif Folin-Ciocalteu n'est

pas spécifique aux polyphénols, mais beaucoup de composés peuvent réagir avec ce réactif, donnant un taux phénolique apparent élevé (Athamena *et al.*, 2010 ; Halmi, 2015). En outre, la variabilité des teneurs en polyphénols totaux dans ces huiles végétales est probablement due à la composition phénolique des huiles, aux facteurs génotypiques, aux conditions biotiques (espèce, organe et l'étape physiologique) et abiotiques (facteurs édaphiques), à la nature du sol et aussi à des étages bioclimatiques où poussent les plantes dont ses huiles sont extraites (Belyagoubi-Benhammou, 2012).

la teneur faible en phénols totaux de nos échantillons peut être attribué à la teneur en eau du fruit où sont extraites les huiles (Papoti *et al.*, 2015) et à l'ajout d'eau pendant l'extraction (Demnati *et al.*, 2011). D'autre part, selon Grati Kammou *et al.* (1999) l'évolution de la teneur en polyphénols totaux de l'huile au cours de la maturation du fruit passe par un maximum qui se situe au début de la véraison. Cette teneur tend à diminuer par la suite jusqu'à la récolte, époque au cours de laquelle elle devient très faible. Ce qui est peut être la cause de la faible teneur de nos échantillons en polyphénols totaux.

III.2.2.2. Teneurs en flavonoïdes

Les concentrations en flavonoïdes des trois huiles étudiées sont données en figure suivante :

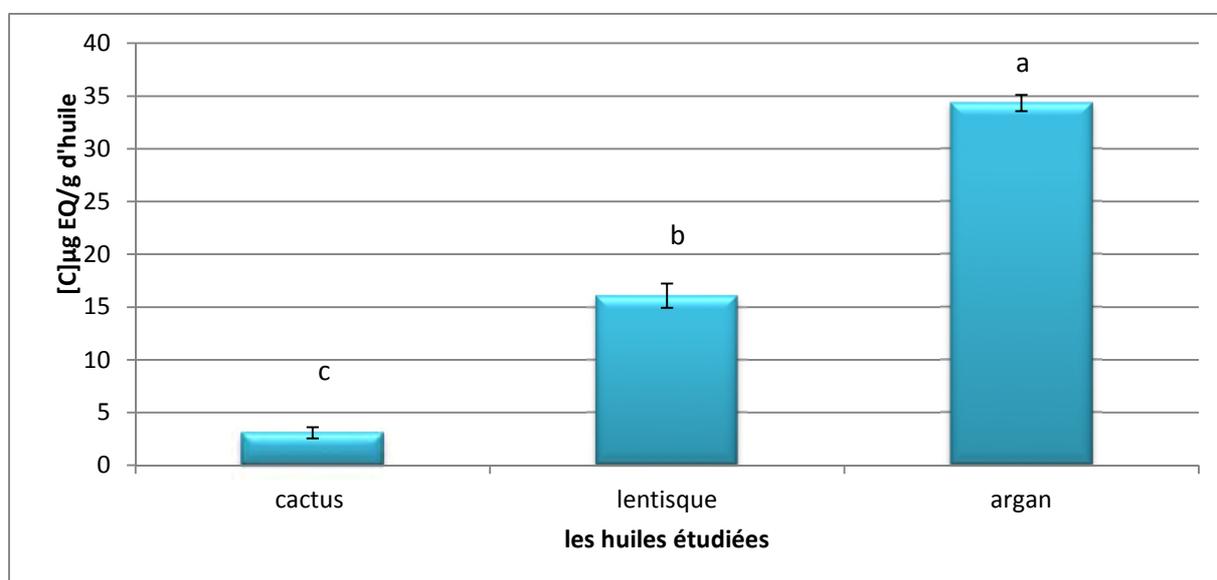


Figure 6 : la teneur des trois huiles étudiées en flavonoïdes

D'après nos résultats, l'huile d'argan renferme la teneur la plus élevée en flavonoïdes ($34,35 \pm 0,77$ µg EQ/g d'huile) avec une différence significative à $P \leq 0,05$, suivie de celle

d'huile de lentisque ($16,08 \pm 1,15 \mu\text{g EQ/g}$ d'huile). Tandis que, l'huile du cactus est la plus pauvre en ce métabolite ($3,08 \pm 0,51 \mu\text{g EQ/g}$ d'huile).

Les concentrations en flavonoïdes révélées dans les huiles des fruits noir et rouge de lentisque (2800 mg/kg pour l'huile du fruit noir et 3000 mg/kg pour l'huile du fruit rouge) (**Charef, 2011**), sont nettement supérieures à nos résultats. Concernant l'huile d'argan, les teneurs en flavonoïdes déterminées par **Demnati et al. (2011)** (81,92%) dépassent également nos résultats.

L'huile de lentisque montre l'absence de corrélation entre la teneur des polyphénols totaux et celle des flavonoïdes. Cette absence de corrélation trouve probablement son explication dans la différence du standard utilisé et par le fait que les composés phénoliques trouvés dans les huiles étudiées appartiennent à d'autres classes. D'ailleurs, les travaux de **Charef, (2011)** montrent que l'huile de lentisque renferme d'autres composés phénoliques autres que les flavonoïdes qui sont les acides phénoliques (hydroxybénzoiques et hydroxycinnamiques).

III.3. Etude de l'activité antioxydante

Les résultats de la capacité antioxydante totale des trois huiles exprimés en absorbance et de pouvoir antiradicalaire exprimé en pourcentage d'inhibition du radical DPPH[•], sont présentés dans les figures 3 et 4 respectivement.

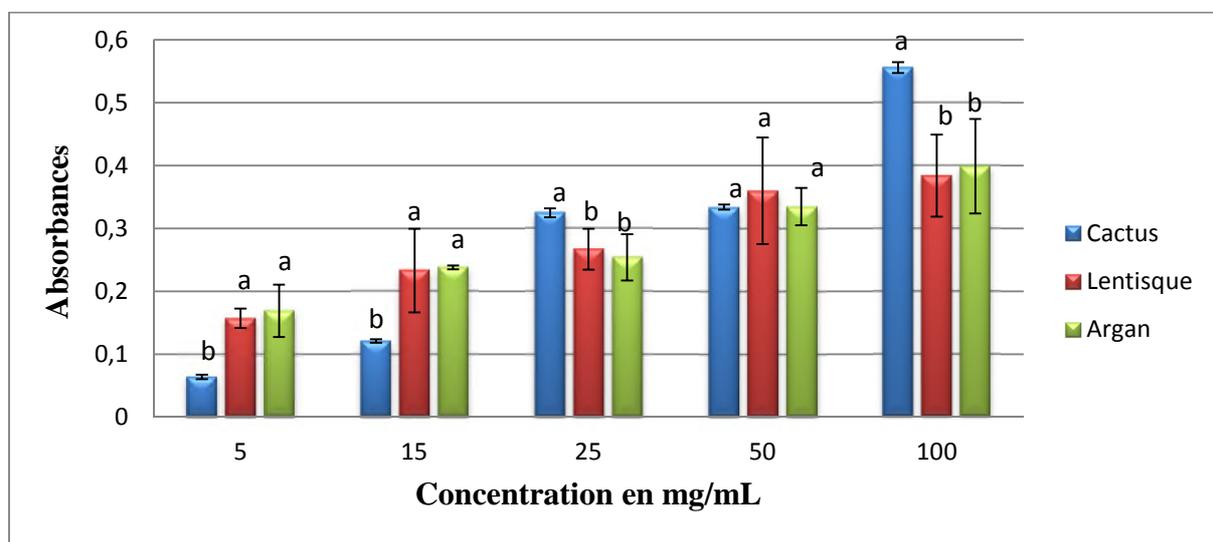


Figure 7 : la capacité antioxydante totale des trois huiles en fonction des concentrations

Le test du pouvoir réducteur au phosphomolybdate est un essai direct qui est employé principalement pour mesurer la puissance des antioxydants non enzymatiques. Il repose sur la

réduction des molybdates en molybdène en présence des extraits en donnant une coloration verte détectable par l'UV à une longueur d'onde de 695 nm (Halmi, 2015).

Dans ce test, nous observons une augmentation proportionnelle des absorbances en fonction des concentrations (Figure 3). A 100 mg/mL, l'huile des graines du cactus présente l'activité antioxydante totale la plus importante ($0,56 \pm 0,01$ U.A) avec une différence significative à $P \leq 0,05$, suivie par l'huile d'argan ($0,40 \pm 0,07$ U.A) et de lentisque ($0,38 \pm 0,06$) sans différence significative à $P \leq 0,05$.

D'après les résultats statistiques, nous constatons qu'à toutes les concentrations l'huile d'argan et celle de lentisque ne présentent pas de différence significative à $P \leq 0,05$. Par contre pour l'huile du cactus, mis à part la concentration de 50 mg/mL, une différence significative est observée entre les mêmes concentrations des deux autres huiles à $P \leq 0,05$.

En outre, nous constatons qu'il existe une différence significative à $P \leq 0,05$ entre les différentes concentrations de l'huile des graines du cactus. Pour l'huile de lentisque il existe une différence significative à $P \leq 0,05$ entre les concentrations de 5 et 15 mg/mL, alors qu'aucune différence significative entre 15 et 25 mg/mL et entre 50 et 100 mg/mL n'est observée. A propos de l'huile d'argan, aucune différence significative n'est notée entre les concentrations de 15 et 25 mg/mL mais il existe une différence significative entre les trois autres concentrations.

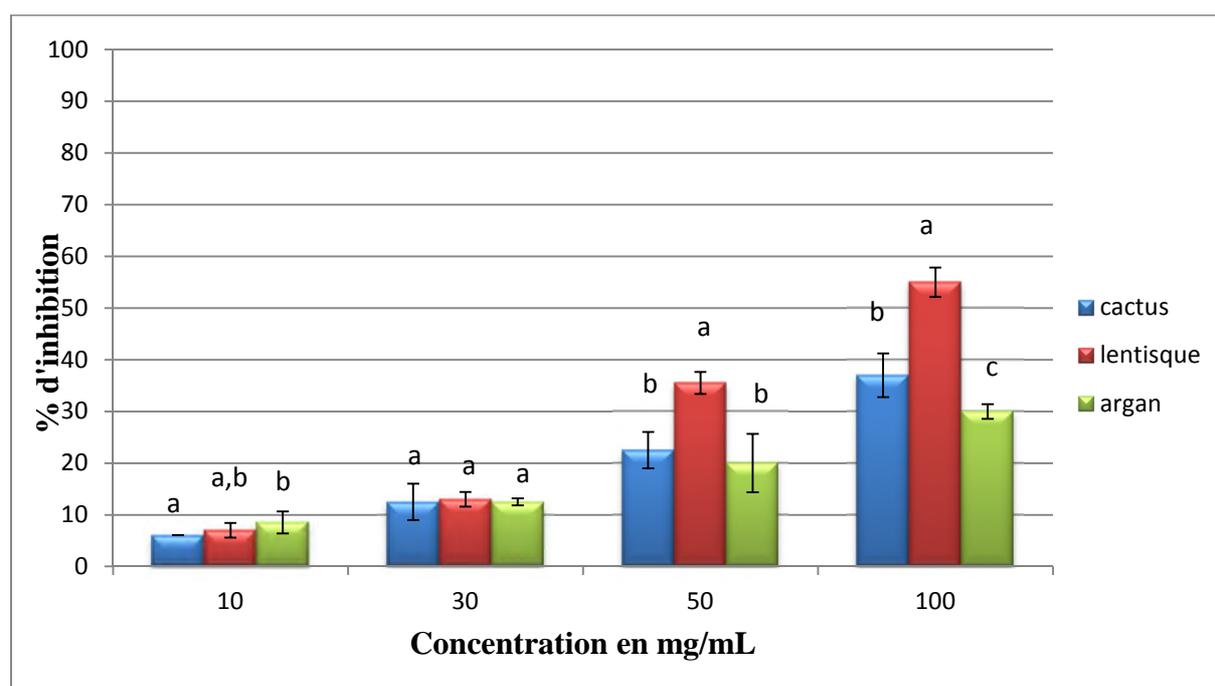


Figure 8: Pourcentage d'inhibition de DPPH en fonction des concentrations

La capacité à neutraliser le radical DPPH• des trois huiles étudiées augmente en fonction des concentrations avec une différence significative à $P \leq 0,05$, à l'exception des concentrations de 10 et 30 mg/mL d'huile des graines du cactus (Figure 4). Quant à la variabilité entre les trois huiles, une différence significative à $P \leq 0,05$ est notée à la concentration de 100 mg/mL. A cette dernière concentration, l'huile de lentisque a révélée l'activité anti-radicalaire la plus importante ($55,0 \pm 2,8\%$), suivie par l'huile des graines du cactus ($37,0 \pm 4,2\%$). En dernier vient l'huile d'argan avec un pourcentage d'inhibition qui est de $30,0 \pm 1,4\%$.

Ces résultats sont différents de ceux obtenus par le test au phosphomolybdate. Cette différence est probablement due aux types des tests utilisés et au mécanisme des réactions mises en jeu (**Halmi, 2015**). Cependant, les huiles de lentisque et d'argan montrent une corrélation positive ($r = 1$) entre la capacité à neutraliser le radical DPPH• et l'activité antioxydante totale.

Les résultats obtenus par **Charef (2011)** montrent que l'huile du fruit rouge de *P. lentiscus* ainsi que celle du fruit noir présentent un effet scavenger très important par rapport à notre échantillon vis-à-vis du radical DPPH•. En effet, les IC_{50} rapportées par cet auteur sont de 11,68 et 1,077 mg/mL pour les huiles des fruits noir et rouge respectivement. Concernant l'huile des graines du cactus, nos résultats semblent nettement inférieurs à ceux rapportés par **Ali et al. (2015)** qui ont trouvé une valeur d' IC_{50} égale à 0,96 mg/mL. Pour l'huile d'argan, la valeur d' IC_{50} (5×10^{-3} mg/mL) déterminée par **Hamia (2007)** est inférieure également à nos résultats.

L'activité antioxydante est généralement liée à la quantité et à la nature des composés phénoliques présents dans les extraits. Dans cette étude, une très bonne corrélation positive ($r = 1$) est révélée entre la teneur en polyphénols totaux et l'activité antioxydante (capacité à neutraliser le radical DPPH• et à réduire le phosphomolybdate) pour l'huile d'argan. De plus, une corrélation identique est enregistrée entre la teneur en flavonoïdes et les deux tests antioxydants.

D'après **Belyagoubi-Benhammou (2012)**, il est très accepté que ce n'est pas nécessaire que la forte teneur en polyphénols exhibe une activité antioxydante puissante.

La seule explication de l'absence de corrélation entre la teneur en polyphénols et l'activité antioxydante est que l'activité antioxydante dépend non seulement de la

concentration mais aussi de la structure de ces molécules (Belyagoubi-Benhammou, 2012) des stades de maturité du fruit, où même des conditions du stockage post-récolte (Chougui *et al.*, 2013).

III.4. Etude de l'activité antimicrobienne

Il apparait que les huiles végétales (HVs) étudiées n'ont aucun effet inhibiteur sur l'ensemble des souches testées sauf l'huile de lentisque qui laisse voir une petite zone d'inhibition (diamètre: 1 mm) vis-à-vis *Staphylococcus aureus*. Selon Mezni *et al.* (2012) l'huile végétale de *Pistacia lentiscus* a montré également une légère inhibition de la croissance d'*Escherichia coli*. De même, une absence d'activité de l'HV d'argan vis-à-vis d'*Escherichia coli* et de *Pseudomonas aeruginosa* est révélée (Lotfi *et al.*, 2015).

Les résultats de l'activité antifongique ont révélé aussi l'inefficacité de toutes les huiles contre l'ensemble des souches testées. Nos résultats sont en accord avec ceux rapportés par Charrouf et Guillaum, (1999) qui ont révélé l'absence d'activité anti-fongique d'huile d'argan contre *Candida albicans*.

La faible teneur en composés phénoliques trouvée dans les HVs étudiées est probablement responsable de leur inefficacité, beaucoup de chercheurs ont trouvé qu'il existe une corrélation positive entre le contenu en composés phénoliques et l'activité antimicrobienne (Mezni *et al.*, 2012). Selon Athamena *et al.* (2010) les polyphénols, tels que les tannins et les flavonoïdes sont des substances antibactériennes importantes. Les flavonoïdes à caractère lipophile peuvent détruire les membranes microbiennes en augmentant la fluidité des lipides membranaires. La nature des composés phénoliques est également impliquée dans l'activité antimicrobienne. Le nombre et la position des groupements hydroxyyles présents sur le noyau aromatique de ces composés peuvent entraîner la toxicité des microorganismes (Halmi, 2015).

L'activité antimicrobienne ne dépend seulement de la présence des composés phénoliques, mais également de la présence de divers métabolites secondaires (Halmi, 2015).

Conclusion

Conclusion

Suivant les conditions de fabrication et de conservation, divers éléments constitutifs d'une huile peuvent subir des modifications plus ou moins importantes pouvant porter préjudice à la qualité de cette huile.

Le présent travail portant sur trois axes dont le premier concerne les analyses physico-chimiques d'huile de *Pistacia lentiscus*, d'*Opuntia ficus indica* et d'*Argania spinosa*. Le deuxième axe porte sur le dosage des polyphénols totaux, des flavonoïdes et l'évaluation de l'activité antioxydante de ces huiles. L'évaluation de l'activité antimicrobienne est représentée dans le troisième axe.

Les résultats de la première partie qui vise à mesurer certains paramètres physico-chimiques des trois huiles analysées montrent que:

- l'acidité est très élevée pour l'huile du cactus (21,15 %), suivis par l'huile de lentisque (3,525 %). Cependant, l'huile d'argan a la plus faible acidité qui est de 0,7 %.
- l'indice de peroxyde n'est pas conforme aux normes du Codex alimentarius concernant l'huile du cactus (12 meq O₂/Kg). Pour l'huile d'argan et de lentisque, la valeur trouvée (2 meq O₂/Kg) est acceptable comparativement à la littérature.
- la densité et l'indice de réfraction sont très proches aux résultats donnés par d'autres auteurs concernant les trois huiles.
- l'extinction spécifique à E232 et à E270 de nos échantillons a révélé que l'huile d'argan présente les extinctions les plus élevées à 232 et 270 nm qui sont de 0,186 et 0,136 respectivement, mais elle respecte la limite permise par la norme marocaine, suivis par l'huile de lentisque et celle du cactus.

La deuxième partie, nous a permis de démontrer que l'huile d'argan représente la teneur la plus importante en polyphénols totaux (7,92 µg EAG/g d'huile) et en flavonoïdes (34,355 µg EQ/g d'huile) avec une différence significative à $P \leq 0,05$ par rapport à celles trouvées dans les deux autres huiles.

Par contre, l'activité antioxydante en utilisant la méthode du piégeage du radical libre DPPH[•] d'huile de lentisque est meilleure avec une différence significative à $P \leq 0,05$ à la concentration de 100 mg/mL dont le pourcentage d'inhibition est égal à 55%, suivis par l'huile du cactus avec un pourcentage de 37%. Cependant, l'huile d'argan présente le

pourcentage le plus faible qui est de 30%. Par ailleurs, l'huile du cactus a montré une meilleure capacité antioxydante totale avec une différence significative à $P \leq 0,05$ (absorbance de 0,556 U.A) à une concentration de 100 mg/mL par rapport aux deux autres huiles.

Quant à l'effet antimicrobien, les huiles étudiées n'ont aucun effet inhibiteur sur l'ensemble des souches testées.

Cette étude contribue à la connaissance des potentiels antioxydants et antimicrobiens d'huile de *Pistacia lentiscus*, d'*Opuntia ficus indica* et d'*Argania spinosa*, il serait également intéressant de mener une étude plus approfondie afin de déterminer la composition chimique exacte de ces trois huiles en utilisant l'HPLC.

*Références
bibliographiques*

Ait Said S. (2011). Stratégies adaptatives des deux espèces du genre *Pistacia* (*P-lentiscus* et *P- atlantica* Desf). Aux conditions d'altitude, de salinité et d'aridité : Approches morpho-anatomique, phytochimiques et écophysiological. Thèse de Doctorat en biologie végétale. Université de Mouloud Mammeri, Faculté de sciences biologique et des sciences agronomiques, Tizi Ouzou, 180 p.

Alais C., Linden G. et Miclo L. 2003. Lipides. In : « Biochimie Alimentaire ». (Ed.). Dunod. Pp : 51-71.

Ali. B., Ziyat. A., Mekhfi. H., Legsser. A., Aziz.M. et Bnouham.M.2015.Evaluaton of portective effect of cactus pear oil (*Opuntia ficus-indica*.L.MILL).against alloxan-induced diabetes in mice.Asian pacific journal of Tropical Medicine, 8(7) : 532-537.

Alloune R., Liazid A. et Tazerout M. 2012. Etudes comparatives de deux plantes oléagineuses locales pour la production du biodiesel en Algérie. Revue des Energies Renouvelables SIENR' 12 Ghardaïa, 19 – 22.

Anonyme :https://www.google.dz/search?q=lentisque&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjx9eb2jzbzNAhVB7xQKHUYICIUQ_AUICCGB#imgcr=X1ptVy4iKHE1XM%3A. Consulté le 30/05/2016.

Anonyme :https://www.google.dz/search?q=cactus&biw=1366&bih=623&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiO_OWSj7zNAhWIVhQKHQK3AzsQ_AUIBigB#tbm=isch&q=figue+de+barbarie&imgcr=uOFseziyf4eSrM%3A. Consulté le 30/05/2016.

Anonyme :https://www.google.dz/search?q=cactus&biw=1366&bih=623&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiO_OWSj7zNAhWIVhQKHQK3AzsQ_AUIBigB#tbm=isch&q=argan. Consulté le 30/05/2016.

Aouinti F., Zidane H., Tahri M., Wathelet J. P., El Bachiri A. 2013. Chemical composition, mineral contents and antioxidant activity of fruits of *Pistacia lentiscus* L. from Eastern Morocco. Journal of Materials and Environmental Science, 5 (1) : 199-206.

Arab K., Bouchenak O. et Yahiaoui K. 2014. Phytochemical study and evaluation of the antimicrobial and antioxidant activity of essential oils and phenolic compounds of *Pistacia lentiscus* L. Journal of Fondamental and Applied Sciences, 6(1) : 77-91.

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

Bammou M., Daoudi A., Slimani I., Najem M., Bouiamrine E. H., Ibijbijen J. et Nassiri L.2015. Valorisation du lentisque «*Pistacia lentiscus* L.»: Étude ethnobotanique, Screening phytochimique et pouvoir antibactérien. Journal of Applied Biosciences, 86:7966– 7975.

Belfadel F. Z. (2009). Huile de fruits de *Pistacia lentiscus* Caractéristiques physico-chimiques et effets biologiques (Effet cicatrisant chez le rat). Thèse de magister en chimie organique. Université Mentouri, Faculté des sciences exactes, Constantine, 117 p.

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

Doctorat en Biologie. Université Aboubakr Belkaïd, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, des Sciences de la Terre et de l'Univers, Tlemcen, 109 p.

Blois M. S. 1958. Antioxydante determination by the use of stable free radicals. *Nature* 26, 1199-1200.

Boukelouaa A., Belkhirib A., Djerroua Z., Bahric L., Boulebdad N. et Hamdi Pachaa Y. 2012. Acute toxicity of *Opuntia ficus indica* and *Pistacia lentiscus* seed oils mice. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative medicines*, 9(4) : 607-611.

Brahmi F., Hauchard D., Guendouze N., Madani K., Kiendrebeogo M., Kamagaju L., Stévigny C. et Chibane M. 2015. Phenolic composition, in vitro antioxidant effects and tyrosinase inhibitory activity of three Algerian *Mentha* species : *M. spicata* (L.), *M. pulegium* (L.), and *M. rotundifolia* (L.), Huds (Lamiaceae). *Industrial Corps and Products*, 74 : 722-730.

Charef M. (2011). Contribution à l'étude de la composition chimique et étude des propriétés phytochimiques et nutritionnelles des lipides des fruits de *Pistacia lentiscus* et du *Quercus*. Thèse de Doctorat en sciences chimiques. Université Kasdi Merbah, Faculté des Sciences et de l'Ingénieur, Ouargla, 87 p.

Charrouf Z. 1999. Valorisation des produits de l'arganier pour une gestion durable des zones arides du sud-ouest marocain. Actes du 4^{ème} Colloque Produits naturels d'origine végétale, 24: 195-209.

Charrouf Z. 2002. Valorisation de l'arganier : Résultats et perspectives. *Espérance Médicale*, 8: 261-270.

Charrouf Z. et Guillaume D. 1999. Ethnoeconomical, ethnomedical, and phytochemical study of *Argania spinosa* (L.) Skeels. *Journal of Ethnopharmacology*, 67 : 7-14.

Charrouf Z. et Guillaume D. 2007. Phenols and Polyphenols from *Argania spinosa*. *Journal of Food Technology*, 2: 679-683.

Chiriti A., Belboukhri N., Boulenouari N., Marouf A. et Hocini S. 2011. Potentiel ethnopharmacologique et phytochimique de quelques asteraceae du sahara algérien ,6 : 114-122.

Chougui. N., Tamendjari. A., Hamidj. W., Hallal.S., Barras. A., Richard.T. et Larbat.R. 2013. oil composition and caractérisation of phenolic componnd of *Opuntia ficus-indica* seed. *Food Chemistry*, 139 :0796-803.

CEE 2568/91. 1991. Caractéristiques des huiles d'olive et des huiles de grignons d'olive ainsi qu'aux méthodes d'analyse y afférentes. Communauté Economique Européene. Pp. 27-30.

Demnati D., Sánchez S., Pacheco R., Zahar M. et Martínez L. 2011. Comparative study of argan and olive fruits and oils. Actes du Premier Congrès International de l'Arganier ,7: 435-441.

- Devillers P. H., Thébault J., Mathellier B., Jadeau L., Labau M.P., Joly X., Bosque F., Badey L. et Joliber F.** 2010. Huiles végétales Guide d'aide à l'application des meilleures technologies disponibles (MTD). f. bosque @ iterg. Com. Pp. 16.
- Dhifi W., Jelali N., Chaabani E., Beji M., Fatnassi S., Omri S. et Mnif W.** 2013. Chemical composition of Lentisk (*Pistacia lentiscus* L.) seed oil. African Journal of Agricultural Research, 8(16) : 1395-1400.
- Djerrou Z.** (2011). Etude des effets pharmaco-toxicologique de plante médicinales d'Algérie : l'activité cicatrisante et innocuité de l'huile végétale de *Pistacia lentiscus* L. Thèse de Doctorat en sciences. Université Mentouri, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Constantine, 156 p.
- Djerrou Z.** 2014. Anti-hypercholesterolemic effect of *Pistacia lentiscus* fatty oil in egg yolk-fed rabbits: a comparative study with simvastatin. Chinese Journal of Natural Medicines, 12 (8): 0561-0566.
- Dorman H. J. D., Kosar M., Kahlos K., Holman Y., Hiltunen R.** 2015. Antioxidant properties and composition of aqueous extracts from Mentha species, hybrids, varieties, and cultivars. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51, 4563-4569.
- El Hachimi.F., El Antari. A., Boujnah. M., Bendrisse. A. et Alfaiz.C.**2015. Comparaison des huiles des graines et de la teneur en acides gras de différentes populations marocaines de jujubier, de grenadier et de figuier de barbarie. Journal of Materials and Environmental Science ,6(5) : 1488-1502.
- El Harfi M., Nabloussi A., Rizki H., Latrache H., Ennahli S. et Hanine H.** 2015. Biochemical assessment of the genetic diversity among thirteen moroccan genotypes of sesame (*Sesamum indicum*). International Journal of Development Research, 5 : 4010-4020.
- El Manfalouti H.** (2013). Contribution à la détermination des propriétés photoprotectrices et anti-oxydantes des dérivés de l'arganier : étude chimique et physiologique. Thèse de doctorat en phytochimie et chimie thérapeutique. Université Mohammed V Agdal, Faculté des sciences, Rabat- Maroc, 191 p.
- Ennouri.M., Fetoui. H., Bourret. E., Zeghal.N. et Attia. H.** 2006. evaluation of some biological parametrs of *Opuntia ficus- indica* : 1.influence of a seed oil sappelmented diet on rats. Bioresource Technology, 97 : 1382-1386.
- Favati F., Caporale G. et Bertuccioli M.** 1994. Rapid determination of phenol content in extra virgin olive oil. Grasas y Aceites, 45 : 1-2.
- Gharby S., Harhar H., Kartah B., El Monfaloutti H., Maata N., Guillaume D., Ben hadda T. et Charrouf Z.** 2011. Influence de l'origine du fruit (terroir, caprin) et de la méthode d'extraction sur la composition chimique, les caractéristiques organoleptiques et la stabilité de l'huile d'argane. Actes du Premier Congrès International de l'Arganier, Agadir, 8: 203-211.
- Grati Kammoun N., Khlif M., Ayadi M., Rekik H., Rekik B. et Hamdi M. T.** 1999. Evolution des caractéristiques chimiques de l'huile au cours de la maturation des olives. Revue Ezzaitouna, 5 : 30-46.

- Habib Y.** (2004). contribution à l'étude morphologique, ultra structurale et chimique de la figue de barbarie les polysaccharides pariétaux: caractérisation et modification chimique. Thèse de doctorat en chimie organique. Université Joseph Fourier-Grenoble I science & géographie, faculté des sciences, Semlalia-Marrakech, 231p.
- Hachmi M., Qarro M., Sesbou A., Sabir M. et Charif S.** 2011. Analyse de la filière ‘huile d’argan’ au niveau de la zone forestière d’Amsitten dans la région d’Essaouira. Actes du Premier Congrès International de l’Arganier, 12: 475-486.
- Halmi S.** (2015). Etude botanique et phytochimique : Approche biologique et pharmacologique d’*Opuntia ficus-indica*. Thèse de Doctorat en sciences. Université des frères Mentouri, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Constantine, 183 p.
- Haouli A., Seridi R., Djemli S. et Bourdjiba O.** 2015. Contribution to the Analysis of Pistacia lentiscus Extracted Oil. Journal of Agricultural & Environmental Sciences., 15 (6): 1075-1081.
- Hilali M., Charrouf Z., Soulhi A., Hachimi L. et Guillaume D.** 2005. Influence of origin and extraction method on argan oil physico-chemical characteristics and composition. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53 (6) :2081–2087.
- Journal Officiel** de la république algérienne démocratique et populaire (J.O.A.D et P).2011.
- Kandji N. A.** (2001). Etude de la composition chimique et de la qualité d’huiles végétales artisanales consommées au Sénégal. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université Cheikh Anta Diop, Faculté de médecine, de pharmacie et d’onto-stomatologie, Dakar, 66 p.
- Kouidri M.** (2009). Extraction et caractérisation physico-chimique de l’huile d’argan provenant d’arbres cultivés des deux régions de l’Algérie (Tindouf et Moustaganem). Thèse de magister en sciences alimentaires. Université Hassiba Ben Bouali, Faculté des sciences agronomiques et sciences biologiques, Chlef, 77 p.
- Lanfranchi F., Mai B., Girard M.** 1999. La fabrication d’huile de lentisque (*Linsticu* ou *chessa*) en Sardaigne. Journal d’agriculture traditionnelle et de botanique appliquée. 41 : 81-100.
- Lotfi N., Chahboun N., El Hartiti H., Kabouche Z., El M’Rabet M., Berrabeh M., Touzani R., Ouhssine M. et Oudda H.** 2015. Study of the antibacterial effect of Argan oil from Bechar region of Algeria on hospital resistant strains. Journal of Materials and Environmental Science., 6 (9) : 2476-2482.
- Maamei–Habibatni Z.** (2014). *Pistacia lentiscus* L.: Evaluation pharmaco-toxicologique. Thèse de Doctorat en sciences. Université de Constantine I, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Constantine, 138 p.
- Maata N., Kartah B., Harhar H., Gharby S., Benazzouz E., Guillaume D. et Charrouf Z.** 2011. Détection de l’adulteration de l’huile d’argane par des huiles végétales vierges et raffinées. Actes du Premier Congrès International de l’Arganier, 5: 179-184.
- Matthaus B., Guillaume D., Gharby S., Haddad A., Harhar H. et Charrouf Z.** 2010. Effect of processing on the quality of edible argan oil. Food Chemistry, 120 : 426-432.

Matthäus. M et Özcan. M.M .2011. Habitat effects on yield, fatty acid composition and tocopherol contents of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* L.) seed oils. *Science Horticulturae*, 131 : 95-98.

Mezni F., Maaroufi A., Msallem M., Boussaid M., Larbi Khouja M. et Khaldi A. 2012. Fatty acid composition, antioxidant and antibacterial activities of *Pistacia lentiscus* L. fruit oils. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(39) : 5266-5271.

Mouden M., Boujnah M., Mbarki M., Rakib E., Badoc A. et Douira A. 2012. effet de deux méthodes d'extraction et de la période de récolte sur le rendement en l'huile des graines de figue de barbarie. *Bulletin De La Société De Pharmacie. Bordeaux*, 151 : 7-14.

Mouhamed F. A. E. (2012). Modélisation de la répartition du transfert des métaux lourds et des oligoéléments dans les sols forestiers, l'huile d'argan et dans les différentes parties d'arganier. Thèse de Doctorat en Chimie Physique. Université Mohammed V- Agdal, Faculté des sciences, Rabat, 122 p.

Nahida., Ansari S. H. et Siddiki A. *Pistacia lentiscus* : a review on phytochemistry and pharmacological properties. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 4 : 16-20.

Neffar S. (2012). Etude de l'effet de l'âge des plantations de figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) sur la variation des ressources naturelles (sol et végétation) des steppes algériennes de l'Est. Cas de Souk- ahras et Tébess. Thèse de doctorat en biologie végétale. Université Badji mokhtar, faculté des sciences, Annaba, 154p.

Papoti V., Monopati E., Efthimiadis F., Zinoviadou K. G. et Adamidis T. 2015. Olive Oil Stability in the Presence of lemon balm and rosemary. *International Journal of Innovative Research and Practice*, 2 : 1-9.

Pokorny J., Kalinova L., et Dysseler P. 1995. Determination of chlorophyll pigments in crude vegetable oils. *Pure and Applied Chemistry*, 67 (10) : 1781-1787

Ramdan M.F. et Mörsel J.T. 2003. oil cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L.). *Food Chemistry*, 82 : 339-345.

Rammal H., Bouayed J., Younos C. et Soulimani R. 2009. Notes ethnobotanique et phytopharmacologique d'*Argania spinosa* L. *Phytothérapie*, 7: 157–160.

Salvador M.D., Aranda F. et Fregapane G. 2001. Influence of fruit ripening on Cornicaba virgin olive oil quality : A study of four successive crop seasons. *Food Chemistry*, 73 : 45-53.

Schweizer M.1997.docteur nopal le médecin du bon dieu. Aloe plates et beauté. Paris, France.pp 5-6.

Trabelsi H., Cherif O. A., Sakouhi F., Villeneuve P., Renaud J., Barouh N., Boukhchina S. et Mayer P. 2012. Total lipid content, fatty acids and 4-desmethylsterols accumulation in developing fruit of *Pistacia lentiscus* L. growing wild in Tunisia. *Journal of Food Chemistry*, 131 : 434-440.

Umamaheswari M. et **Chatterjee T.K.** 2008. *In vitro* antioxidant activities of the fractions of *Coccinia grandis* L. leaf extract. African Journal of Traditional, Complimentary and Alternative Médecine. 5(1) : 61-73.

Zaanouna, Gharby S., Bakassa., Ait addia E. et **Ait ichoud.** 2014. Kinetic parameter determination of roasted and unroasted argan oil oxidation under Rancimat test conditions. Grasas y Aceites, 65 (3).

Annexes

Annexe 1 : Matériel, solvants et réactifs utilisés.

Annexe 1.1 : Solvant et réactifs utilisés.

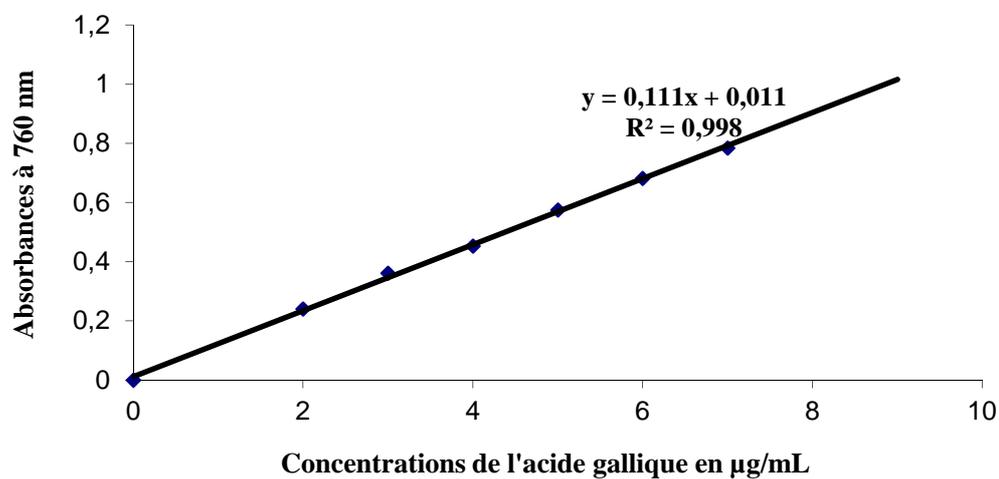
Nom du produit	Marque	Pays de fabricant
Acide acétique glaciale	BIOCHEM Chemopharma	Quebec
Acide gallique monohydrate	BIOCHEM Chemopharma	Quebec
Acide quercétine	Riedel-de Haën	Germany
Acide sulfurique à 96-98%	BIOCHEM Chemopharma	Quebec
Carbonate de sodium decahydrique à 7,7 %	SIGMA-ALDRICH	Germany
Chloroforme	BIOCHEM Chemopharma	Quebec
Chlorure d'aluminium à 2%	BIOCHEM Chemopharma	USA
DPPH (2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl)	SIGMA-ALDRICH	Germany
Empois d'amidon	SIGMA-ALDRICH	Germany
Ethanol	SIGMA-ALORICH	Germany
Folin-Ciocalteu 1/10	BIOCHEM Chemopharma	France
Hexane	BIOCHEM Chemopharma	Quebec
Hydroxyde de sodium	BIOCHEM Chemopharma	Quebec
Iodure de potassium	BIOCHEM Chemopharma	Quebec
Méthanol à 99%	GPR RECTAPUR	France
Molybdate d'ammonium tetrahydrique	BIOCHEM Chemopharma	Quebec
Tétrachlorure de carbone	BIOCHEM Chemopharma	Quebec
Thiosulfate de sodium	BIOCHEM Chemopharma	Quebec
Phénol phtaleine	MERCK	Germany
Phosphate de sodium	BIOCHEM Chemopharma	Quebec

Annexe 1.2 : Matériel utilisé.

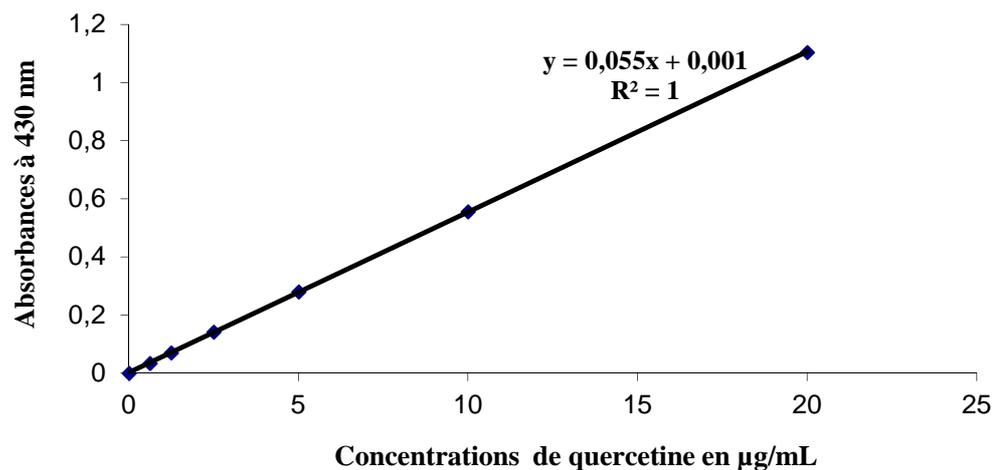
Matériel	Les appareils
<ul style="list-style-type: none">✓ Béchers✓ Burette graduée✓ Cuve en verre et en quartz✓ Eprovettes graduées✓ Pipettes graduée✓ Tubes à essais✓ boites de pétri✓ embouts✓ écouvillons✓ erlenmeyer	<ul style="list-style-type: none">✓ Bain-marie (RAYPA)✓ Balance de précision (SUMSUNG)✓ Micropipettes✓ Plaque magnétique agitatrice (VELP SCIENTIFICA)✓ Réfrigérateur (SAMSUNG)✓ Spectrophotomètre (UV-Vis Spectrophotometer, Spectro Scan 50)✓ Vortex (VELP SCIENTIFICA)✓ bec benzène✓ Autoclave (pb international)✓ hôte (FASTER TWO 30)

Annexe 2 : Les courbes d'étalonnage

Annexe 2.1 : Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux



Annexe 2.2 : Courbe d'étalonnage des flavonoïdes



Annexe 3 : Tableaux des corrélations**Annexe 3.1 : corrélation entre les analyses d'huile des graines du cactus :**

HVC	PPT	FLAV	DppH	Molyb
PPT	1	0,87	-0,87	0,87
FLAV		1	-1	1
DppH			1	-1
Molyb				-1

Annexe 3.2 : corrélation entre les analyses d'huile de lentisque :

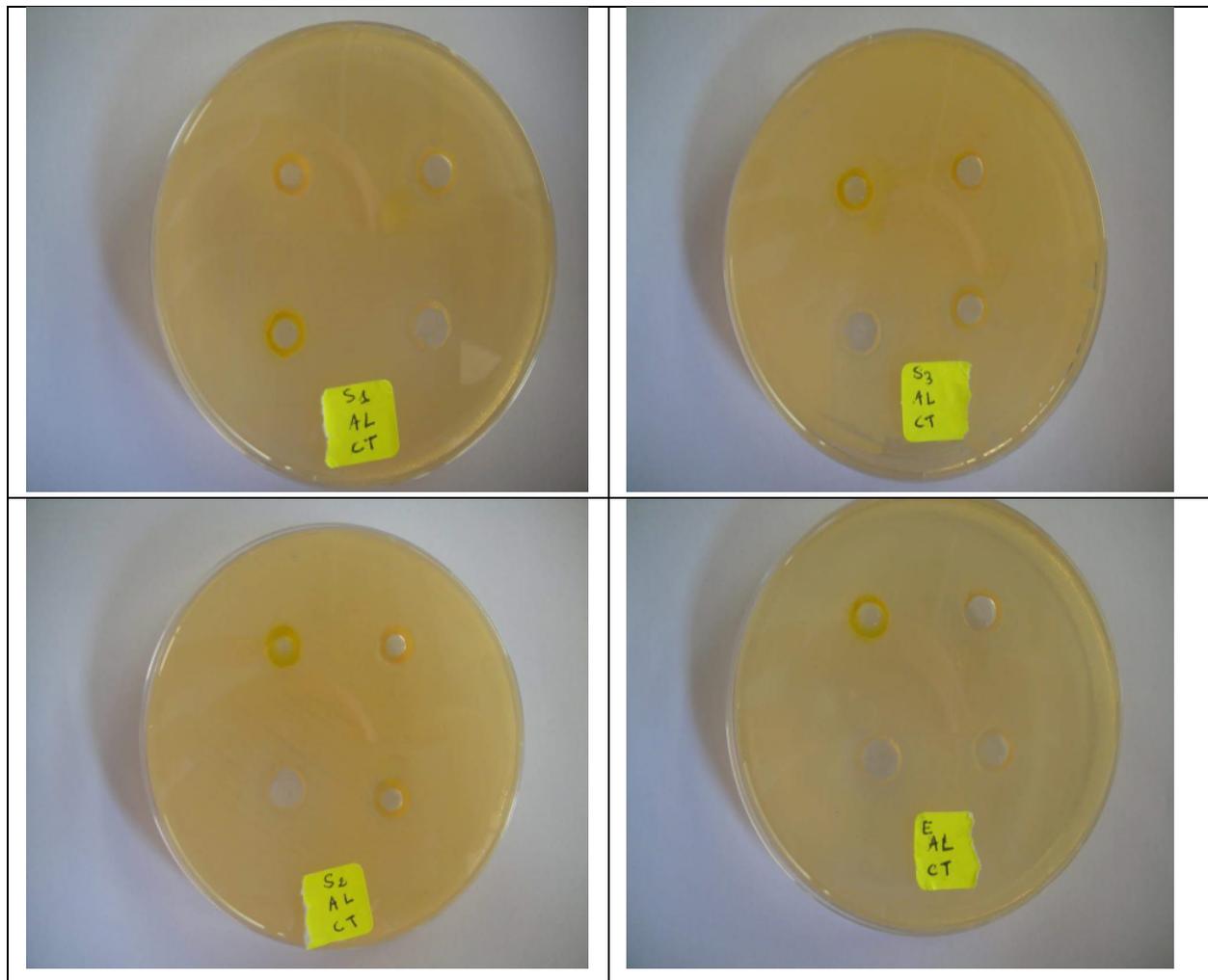
HVL	PPT	FLAV	DppH	Molyb
PPT	1	-1	-1	-1
FLAV		1	1	1
DppH			1	1
Molyb				1

Annexe 3.3 : corrélation entre les analyses d'huile d'argan :

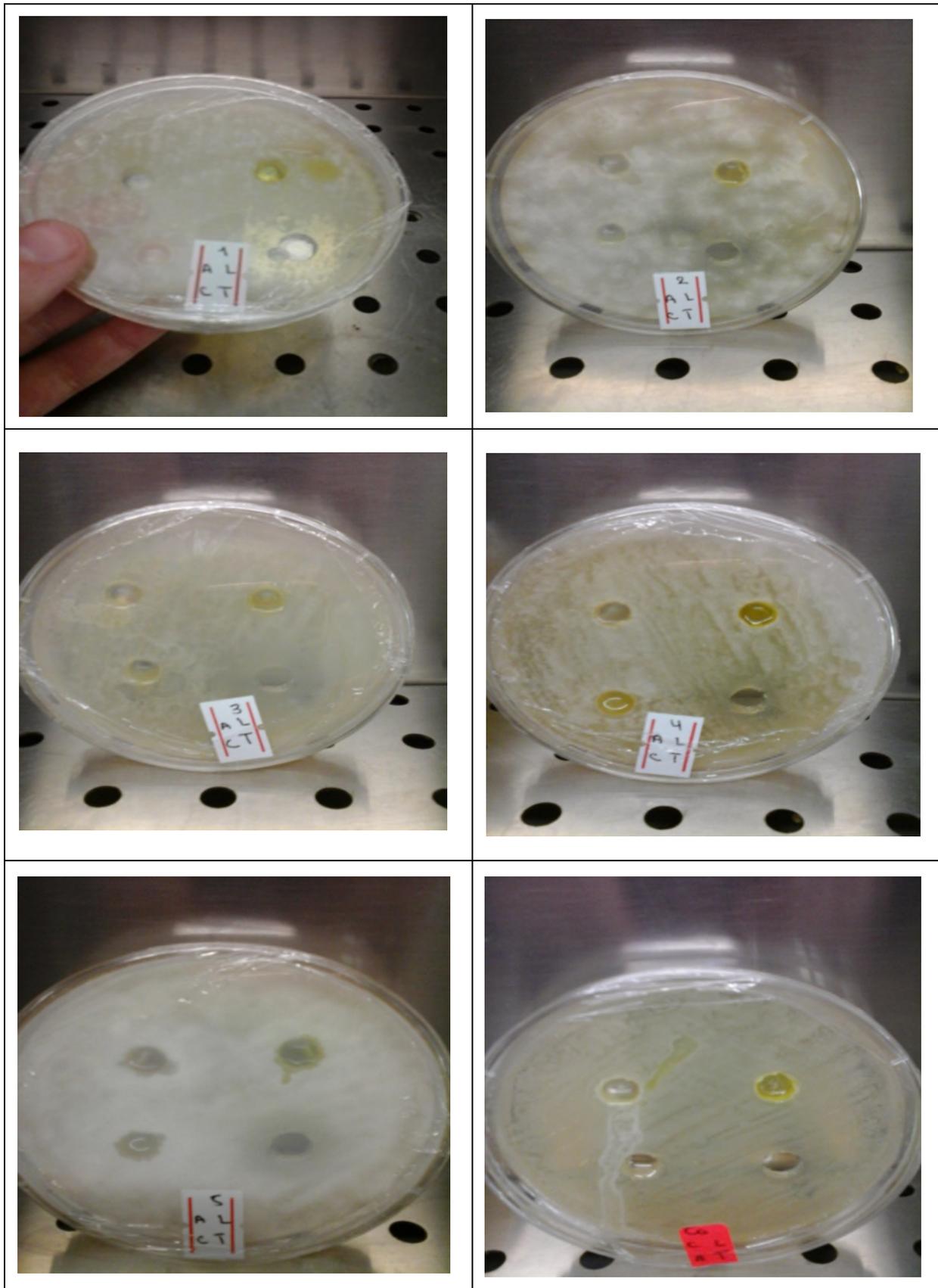
HVA	PPT	FLAV	DppH	Molyb
PPT	1	1	1	1
FLAV		1	1	1
DppH			1	1
Molyb				1

Annexe 4 : Effet antimicrobien des huiles étudiées.

Annexe 4.1 : Photos montrant l'effet des trois huiles sur les quatre souches bactériennes.



Annexe 4.2 : Photos montrant l'effet des trois huiles sur les six champignons testés.



Résumé

L'objectif de cette étude est de déterminer les propriétés physico-chimiques et de quantifier les composés phénoliques des huiles fixes de *Pistacia lentiscus* L. d'*Opuntia ficus indica* L. et d'*Argania spinosa* L. Skeels d'une part. D'autre part, les activités biologiques des trois huiles ont été évaluées. Les paramètres physico-chimiques de nos échantillons sont en accord avec ceux mentionnés par les normes. L'huile d'argan a montré une teneur importante en polyphénols totaux et en flavonoïdes avec des valeurs de 7,92 µg EAG/g d'huile et 34,355 µg EQ/g d'huile respectivement. L'activité antioxydante a été évaluée en utilisant l'activité réductrice de phosphomolybdate et l'activité scavenger du radical DPPH[•]. L'huile du cactus a montré une capacité antioxydante totale importante avec une absorbance de 0,56 à une concentration de 100 mg/mL par rapport aux deux autres huiles. Par contre, l'huile de lentisque a montré une activité anti-radicalaire importante vis-à-vis du radical DPPH[•] avec un pourcentage d'inhibition de 55% à une concentration de 100 mg/mL. Les effets antibactérien et antifongique des trois huiles étudiées ont été évalués par la méthode des puits vis-à-vis de quatre souches bactériennes et six champignons. Les résultats révèlent l'inefficacité de toutes les huiles contre l'ensemble des souches testées.

Mots clés : *Pistacia lentiscus* L. *Opuntia ficus indica* L. *Argania spinosa* L. Skeels, huile, antioxydant, antimicrobien, polyphénols.

Abstract

The objective of this study is to determine firstly the physicochemical properties and to quantify the phenolic compounds of fixed oils of *Pistacia lentiscus* L., *Opuntia ficus indica* L. and *Argania spinosa* L. Skeels. In addition, the biological activities of the three oils were evaluated. The physicochemical parameters of our samples are in agreement with those mentioned by the standards. The argan oil showed an important content of total polyphenols and flavonoids with values of 7.92 µg EAG/g of oil and 34.355 µg EQ/g of oil respectively. The antioxidant activity was evaluated by using the reducing activity of phosphomolybdate and the scavenger activity of the radical DPPH[•]. The oil of the cactus showed an important total antioxidant capacity with an absorbance of 0.56 at a concentration of 100 mg/mL compared to two other oils. On the other hand, the oil of mastic tree showed an important anti-radical activity towards the DPPH[•] radical with a percentage of inhibition of 55% at a concentration of 100 mg/mL. The antibacterial and antifungal effects of three studied oils were evaluated by the method of the wells with respect to four bacterial strains and six mushrooms. The results revealed the inefficiency of the all oils against the whole of the microorganisms tested.

Key words: *Pistacia lentiscus* L. *Opuntia ficus indica* L. *Argania spinosa* L. Skeels, oil, antioxydant, antimicrobial, polyphenols.