



République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi - B.B.A.
كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers
قسم العلوم البيولوجية
Département des Sciences biologiques



Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biologie

Spécialité : Biochimie

Intitulé

LES PROPRIÉTÉS DE *PINUS*

HALEPENSIS MILL.

Présenté par : ABLOUL Dalal.

LADJAL Ismahane.

Devant le jury :

Président : M^r ZIAD Abdelaaziz. MAA

Encadrant : M^{me} MEZITI Asma. MCA

Examineur : M^{me} NASRI Meriem. MCB

Année universitaire : 2019/2020.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قَالُوا سُبْحَانَكَ لَا عِلْمَ لَنَا إِلَّا مَا عَلَّمْتَنَا إِنَّكَ أَنْتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ

سورة البقرة الآية 32

Dédicace



Je dédie ce modeste travail :

A mon père ABLOUL AISSA que dieu ait miséricorde sur lui, pour les encouragements, tendresse, l'affection et le soutien durant mes études.

A ma mère SAKHRAWI Zouina, pour son soutien et ses sacrifices. Aucune dédicace ne saurait exprimer la reconnaissance, le respect et l'amour que je vous porte.

A mes frères : Layachi et Mouhamed.

A ma sœur : Warda.

A mon fiancé : Rachid et sa famille.

À tout le membre de ma famille grande et petite.

A mon très cher binôme : Ismahane.

À mes amies : Amira, Dounia, Samahe, hadjer, Ferial et Khalisa.

A mes camarades de promotion du Master 2 « Biochimie ».



Dalal

Dédicace



Je dédie ce travail :

*À ma mère **Noura** ; Qui m'a entouré d'amour, d'affection et qui fait tout pour ma réussite, que dieu la garde.*

*A mon beau père **Aissa**, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, qui a veillé à me donner l'aide, l'encouragement et me protéger, que dieu le garde et le protège.*

*A mon cher mari : **Nassim**, qui a été une source de force et d'encouragement pour moi.*

*A mes très chers frères : **Hamza et Acheraf**.*

*A mes sœurs : **Amel et fahima**.*

*A mes très chères amies : **Aicha, Aziza, Hanane, Ferial, Hadjer, Souad, Amira, Sabrina et Lila**.*

*A mon binôme : **Dalal**, avec qui j'ai partagé ce modeste travail et qui n'a pas toujours été facile ; on a partagé tellement de choses.*

*A mes camarades de promotion de 2^{eme} année Master **Biochimie** (2019 -2020).*

A tout qui m'aime.

A tous ceux qui j'aime.



Ismahane

Remerciement

Avant toute chose, on tient à remercier DIEU le tout puissant, de nous avoir donnée la force, la patience et le courage pour réaliser ce travail.

*On exprime d'abord nos profonds remerciements à notre encadreur Mme **Meziti Asma**, pour l'honneur qu'il nous a fait de nous encadrer, pour son soutien, son attention, ses bons conseils et pour ses qualités humaines. Pour tout cela on tient à lui exprimer toute notre gratitude.*

*Nous tenons également à remercier tous les enseignants de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'Université **Mohamed El Bachir El Ibrahimi - B.B.A.**, spécialement les enseignants qui ont contribué à notre formation en **BIOCHIMIE**.*

*Très grande merci aux étudiants de notre section du **Master 2 en BIOCHIMIE (2019-2020)**.*

Enfin nos remerciements s'adressent plus particulièrement à nos familles, amies et toutes personnes qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Merci 

Dalal Et Ismahane

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure n° 01 :	Répartition de pin d'Alep dans la région méditerranéenne.....	3
Figure n° 02 :	Répartition du pin d'Alep en Algérie.....	4
Figure n° 03 :	Arbre de pin d'Alep.....	6
Figure n° 04 :	l'écorce de pin d'Alep	6
Figure n° 05 :	Les feuilles du pin d'Alep.....	7
Figure n° 06 :	les chatons males de pin d'Alep	7
Figure n° 07 :	les cônes femelles, et les graines de pin d'Alep.....	8
Figure n° 08 :	Structure de quelques vitamines.....	11
Figure n° 09 :	structure des principaux flavonoïdes des aiguilles de <i>P. halepensis</i>	13
Figure n° 10 :	structure des trois Acides phénoliques majoritaires des aiguilles de <i>P. halepensis</i>	14
Figure n° 11 :	structure des pro anthocyanidines et de gallo tanins des extraits aqueux de <i>Pinus halepensis</i>	14
Figure n° 12 :	structure de quelques composés des huiles essentielles des aiguilles de <i>P. halepensis</i>	15

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau n° I :	la classification du pin d'Alep solen la morphologie et la phylogénie.....	5

Liste des abréviations

AAPH : 2,2-azobis (2-amidinopropane) dihydrochloride)

ABTS : Acide 2,2- azino-bis-3-éthyl-Benzo thiazoline Sulfonique.

ALAT : Alanine aminotransférase.

ASAT : Aspartate aminotransférase.

ATP : Adénosine triphosphate.

CPG/MS : chromatographie en phase gazeuse / spectro de masse.

DPPH : 2, 2'-diphényl-1-picryl hydrazyl.

FRAP: Ferric reducing/antioxydant power.

HE : huile essentielle.

HCL : Acide Chlorhydrique.

H₂O₂ : Peroxyde d'hydrogène.

LDH : lipoprotéines de haute densité (high Density lipoproteins).

MPO : myéloperoxydase.

OH• : Radical hydroxyle.

UV : ultraviolet.

SOMMAIRE

Dédicace	
Remerciement	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	1
1-Généralité.....	2
2-Répértition géographique de pin d'Alep.....	3
2-1- Dans le monde.....	3
2-2-Dans l'Algérie.....	4
3-Taxonomie.....	5
4-Description botanique de la plante.....	6
4-1-l'écorce.....	6
4-2-les bourgeons.....	7
4-3-les aiguilles.....	7
4-4-les cônes males.....	7
4-5-les cônes femelle.....	8
5- L'intérêt économique de <i>Pinus halepensis</i>	9
6-Propertés thérapeutique et usage traditionnel.....	10
7-Phytochimie de <i>Pinus halepensis</i>	11
7-1-les vitamines.....	11

7-2-les éléments minéraux.....	11
7-3-les lipides.....	12
7-4-les acides aminés.....	12
7-5-les composés phénolique et les flavonoïdes.....	13
7-6-l'huile essentielle.....	15
8-Les propriétés pharmacologiques de <i>Pinus halepensis</i>	16
8-1-Activité anti-cancéreuse.....	16
8-2-Activité antibactérienne.....	16
8-3-Activité antifongique.....	17
8-4-Activité hépato et néphroprotectrice.....	18
8-5- Activité neuroprotectrice	18
8-6-Activité antioxydante.....	19
8-7-Activité anti-inflammatoire.....	20
8-8-Activité insecticide.....	20
8-9- Activité herbicide (phytotoxique)	20
Conclusion et perspectives.....	22
Références bibliographiques.....	23
Résumé	
Abstract	
ملخص	

INTRODUCTION

Introduction :

Les plantes médicinales sont devenues importantes pour la recherche pharmacologique et l'élaboration des médicaments, non seulement lorsque les constituants des plantes sont utilisés directement comme agents thérapeutiques, mais aussi comme matières premières pour la synthèse de médicaments ou comme modèles pour les composés pharmacologiquement actifs (OMS, 2003). Ainsi, malgré le développement du médicament de synthèse, le médicament végétal sous ses différentes formes continue à occuper une place de choix. Entre 20.000 et 25.000 plantes sont utilisées dans la pharmacopée humaine. 75% des médicaments ont une origine végétale et 25% d'entre eux contiennent au moins une molécule active d'origine végétale (Adossides, 2003), soit un total de 120 composés provenant de 90 plantes différentes (Kar, 2007).

Les plantes synthétisent de nombreux composés qui sont classés en fonction de leurs importances dans la viabilité de la plante dont les métabolites primaires qui sont indispensables à leurs existences, une gamme extraordinaire d'autres composés appelés métabolites secondaires. Ces derniers jouent un rôle primordial dans la lutte contre diverses maladies. De plus, les effets secondaires induits par les médicaments inquiètent les utilisateurs qui se tournent vers des soins moins agressifs pour l'organisme tout en se basant sur les plantes médicinales (Hammoudi, 2015).

Les pinacées sont considérées comme une source importante de composés bioactifs structurellement divers et ont contribué à la découverte d'agents pharmaceutiques et d'autres applications biomédicales. Ils représentent les espèces d'arbres les plus communément plantées à cause de leur croissance rapide, de leur résistance aux conditions les plus xériques, de leur aptitude à reconstituer les zones dégradées et à occuper les terrains nus (Zavala and Zea, 2004).

Pinus halepensis a fait l'objectif de notre étude du fait de sa large répartition surtout dans le bassin méditerranéen, la diversité de sa composition chimique et ses propriétés thérapeutiques.

1-Généralité :

Le pin est la désignation générique des arbres appartenant au genre *Pinus*. L'origine de nom *Pinus* provient de mot « pit », c'est un mot Indo –Européen désignant une résine. Le pin est une gymnosperme de la famille des pinacées. Il est le plus important de tous les Conifères tant par le nombre de ses espèces (plus de 90) toutes caractérisées par une phyllotaxie unique et prétendue des forêts qu'il constitue, que par utilisation intensive dans le reboisement et l'importance économique de ses produits (**Judd et al, 2002, Jacues Brosse, 2003**).

Pinus halepensis Mill, communément appelé Pin d'Alep (**figure 3**) est le plus largement répandu et le plus abondant parmi les pins méditerranéens. IL couvre près de 6,8 millions d'hectares de cette région. Le nom de *P. halepensis* est dérivé de la ville d'Alep (Halebe) située sur la côte syrienne (**Mauri et al, 2016**).

Les pins du groupe « *halepensis* » représentent une essence forestière de première importance dans le bassin méditerranéen par la superficie qu'elle occupe et le rôle qu'elle joue dans l'économie des pays de cette région. Elle touche des disciplines variées (taxonomie, phytogéographie, écologie et sylviculture) (**Nahal,1962**).

2-Répartition géographique de pin d'Alep :

2-1-Dans le monde :

L'aire géographique de pin d'Alep est trouvée à l'état spontané autour du bassin méditerranéen, sauf en Egypte. Son centre de gravité est nettement le bassin méditerranéen occidental, surtout l'Afrique du Nord, ou plus exactement l'Algérie et la Tunisie (Nahal, 1962).

Le pin d'Alep s'étend de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie et Libye) et du Moyen-Orient (Syrie, Liban, Jordanie, Palestine et Turquie), jusqu'à l'Europe méridionale méditerranée (Grèce orientale, Croatie, Italie du Nord, Est de la France et Espagne orientale) (Djerrad et al., 2015).

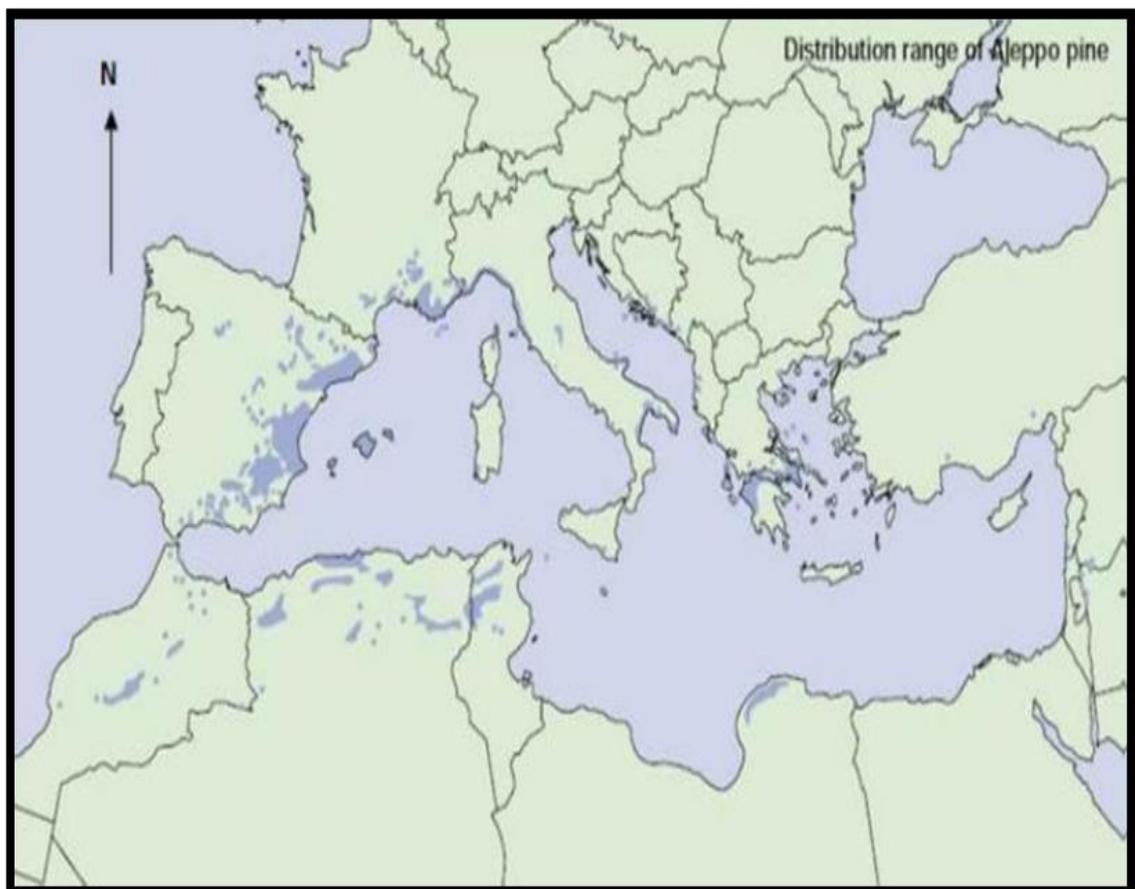


Figure 01 : Répartition de pin d'Alep dans la région méditerranéenne (Fady et al., 2003).

2-2-Dans l'Algérie :

Le pin d'Alep est fréquent dans la surface forestière de l'Algérie, avec 35% de couverture (Letreuch,1991).

Il existe dans toutes les variantes bioclimatiques avec une prédominance dans l'étage semi-aride (Guit, 2015), Où il localisés principalement dans les régions suivantes :

- La région de Tbessa, les plateaux constantinois et les Aurès.
- La région d'Algérie (les forêts de Médéa, Monts des Bibans).
- Les forêts de monts de Saida, de mascara, de sidi bel Abbés et De Telagh.
- L'atlas saharien ; la région de Djelfa (mont d'Oulad Nail).

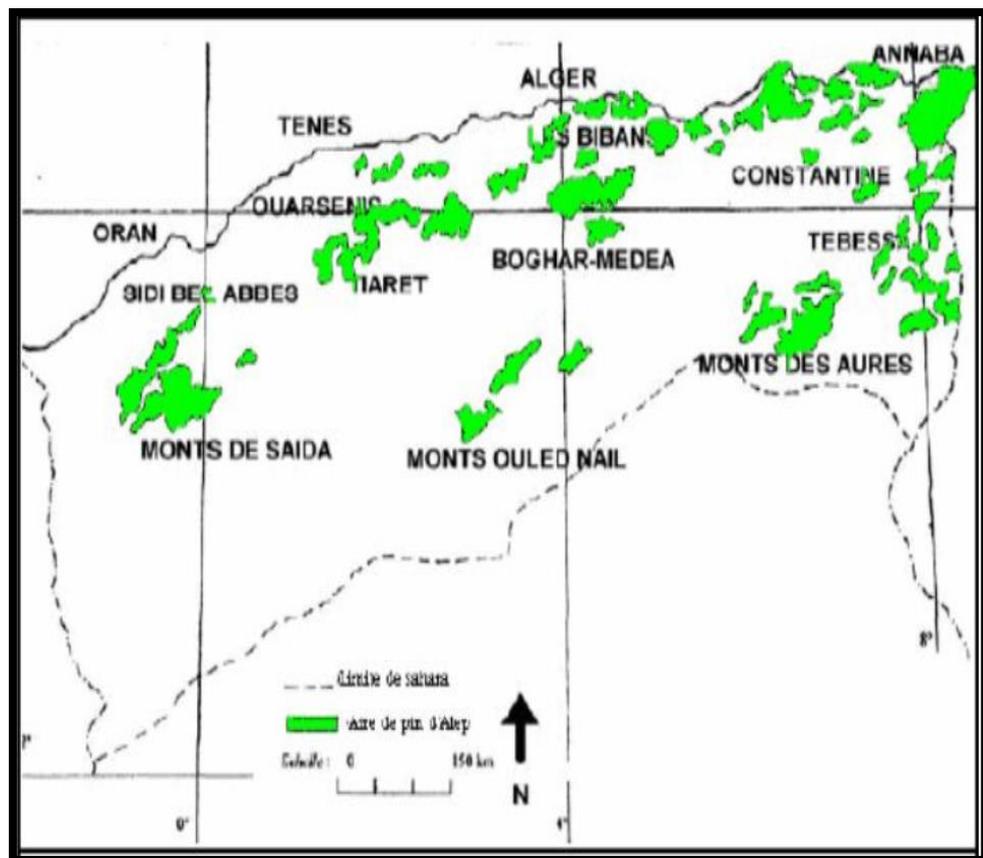


Figure 02 : Répartition du pin d'Alep en Algérie (Bentouati, 2006).

3 -Taxonomie :

Le *Pinus halepensis* fut décrit pour la première fois par Duiamel en 1755 sous le nom de *Pinos hiero, soliviitana*, puis Philip Miller l'a redécrit plus tard en 1768 sous le nom de *Pinus halepensis* (Nahal,1962).

La position systématique du taxon selon différentes approches morphologiques (Maire, 1952) et phylogéniques APGII (Dobignard et Chatelain ,2012) est décrite dans le tableau 1.

Tableau I : la classification du pin d'Alep solen la morphologie et la phylogénie.

	Morphologique (Maire, 1952)	APGII (Dobignard et Chatelain, 2012)
Règne	Plantae	Plantae
Embranchement	Spermatophytes	Spermatophyte
Sous embranchement	Gymnospermes	Gymnosperme
Classe	Pinopsida	Gymnosperme
Ordre	Pinales	Pinales
Famille	Pinacées	Pinaceae
Genre	Pinus	Pinaceae
Espèce	Halepensis Mill	Halepensis Mill.

4 - Description botanique de la plante :

Le Pin d'Alep est un arbre toujours vert, de hauteur totale allant de 25 à 27m, sa longévité ne dépasse pas 150 ans. Au tronc tortueux, irrégulier et branchu. (Seigue, 1985).



Figure 03 : Arbre de pin d'Alep.

L'écorce des arbres jeunes est lisse et d'un gris argenté ; chez les adultes, elle forme un rhytidome plus ou moins gerçuré en écailles minces, larges et aplaties de couleur rougeâtre. (Nahal, 1962).



Figure 04 : l'écorce de pin .

Bourgeons cylindro-coniques ,7-8 mm, non résineux (Maire, 1952).

Aiguilles très fines (< 1 mm) ; mesurent 5 à 10 cm de long ; réunies par deux, rarement par trois dans une gaine ; groupées en pinces à l'extrémité des rameaux ; de couleur verte jaunâtre. (Nahal, 1962), Ces pseudophylles sont persistantes (Maire ,1952).



Figure 05 : Les feuilles du pin d'Alep.

Les cônes mâles de 6 à 7 cm rassemblant à des chatons dressés, produisent une grande quantité de pollen jaune orangé dispersé par le vent (Nahal ,1986).



Figure 06 : les chatons males de pin.

Les cônes femelles ligneux ovoïdes coniques à écailles dures, pédonculés, isolés ou par paires, Ils mûrissent au cours de la deuxième année et laissent le plus souvent échapper leurs graines au cours de la troisième année. Le cône doit avoir subi de forte chaleur qui détruit les joints de résine entre les écailles pour pouvoir s'ouvrir.

Ce dernier renferme **des graines** mates de 7 mm de taille (Bellahouel, 2012), brun gris sur une face et gris moucheté de noir sur l'autre (Kadik, 1987). Munie d'une aile allongée 4 fois plus longue qu'elle, qui facilite leur dissémination rapide (Nahal, 1962).



Figure 07 : les cônes femelles et les graines de pin.

5 - Intérêt économique de *Pinus halepensis* :

Ecologiquement, *P. halepensis* est l'espèce forestière la plus importante dans de nombreux pays méditerranéens. Il est utilisé généralement dans des programmes de reboisement des sols dégradés, cas de la « ceinture verte » dans le sud de l'Algérie, Où 1 million de hectares ont été plantés de pins d'Alep il y a plus de 20 ans (**Lahouati, 2000 ; Maestre et Cortina, 2004**).

Le bois du pin est utilisé en construction, industrie, menuiserie, bois et pâte à papier, pour l'étayage des mains, la construction navale et la charpenterie (**Maestre et Cortina, 2004**).

Le pin est utilisé aussi dans le domaine cosmétique grâce à sa richesse en acide gras, vitamine E, polyphénols et antioxydants naturelles. Les grains de pin sont utilisés dans le domaine agroalimentaire (la pâtisserie) (**Cheikh – Rouhou et al, 2006**).

Le pin d'Alep donne environ 3 kg de résine (la gemme) par arbre et par an ; la gemme pure contient 20 à 24 % d'essence de térébenthine et 75 à 80% de cellophane, elle a aussi des usages médicaux (**Kadik, 1987**).

6 – Les propriétés thérapeutiques et usage traditionnel :

Les rameaux feuillés de *Pinus halepensis* renferment une huile essentielle riche en pinène, puissant antiseptique apprécié en cas d'affections respiratoires, dépuratifs en décoction, balsamique et amère (appréciés alors en cas d'inflammation intestinale) **(Boullard, 2001)**.

L'huile de pin est utilisée en aromathérapie dans les massages de la peau ; dans le soulagement de problèmes gastro-intestinaux comme les ulcères de l'estomac.

Cette huile se comporte également comme un inhibiteur de l'appétit, un stimulant de l'absorption des protéines, ainsi comme un produit naturel dans le traitement des maladies cardio-vasculaires parce qu'elle contient l'acide pinolénique ; qui régule le taux des lipides totaux du sang, en réduisant la consolidation des plaquettes, ce qui aboutit à une diminution de la pression sanguine. Aussi elle contient des antioxydants qui sont bénéfiques à l'organisme tout en entier **(Kadri, 2013)**.

L'huile essentielle est utilisée dans le traitement de la leishmaniose qui est une maladie infectieuse causée par différent espèces de parasite protozoaire du genre leishmania **(Dahham et al, 2015)**.

La décoction des bourgeons, de l'écorce et des cônes matures ou jeunes ainsi que la poudre des résines et des cônes verts sont utilisées pour le soulagement de l'asthme, la bronchite et la toux **(Kızılarıslan et Sevgi, 2013)**.

Selon la tradition kabyle trois cuillérées à soupe de résine pilée et tamisée, incorporées à un pot de miel pur de 500g, constituent le traitement complet de la bronchite **(Hammiche, 2015)**.

7- Phytochimie de *Pinus halepensis* :

Les espèces du genre *Pinus* sont largement connues pour leurs propriétés médicinales associées à leur composition chimique. En effet, plusieurs études ont révélé la présence des vitamines, oligoéléments, métabolites primaires et secondaires douées d'activités biologiques intéressantes dans les différentes parties de *Pinus halepensis*.

7-1- les vitamines :

L'huile de pin est riche en vitamines essentielles ; Comme les vitamines : E ; F, connues pour leur haut niveau physiologique et propriétés antiacides, B1 ; B2 ; B3 ; vitamine pro A (bêta-carotène) et d'autre caroténoïdes (Wang et al, 2006).

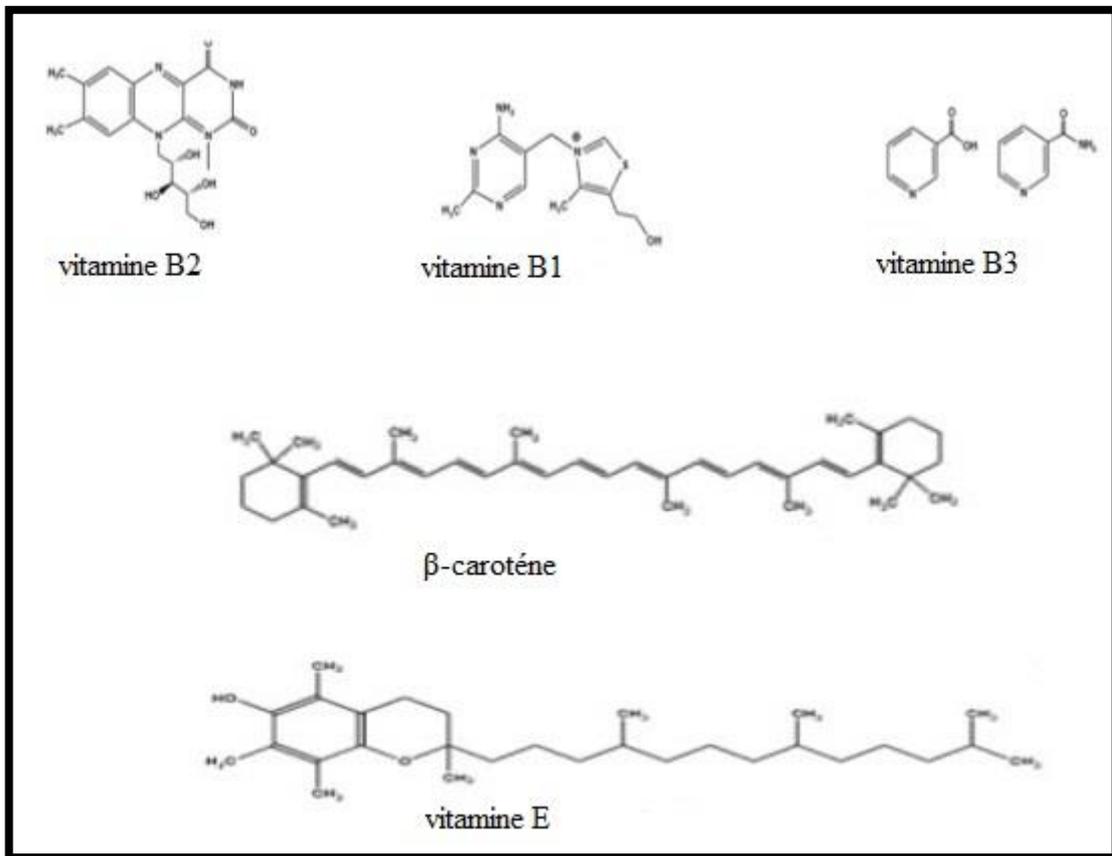


Figure 08 : Structure de quelques vitamines.

7-2-Les éléments minéraux :

L'huile de pin d'Alep contient le magnésium ; zinc ; fer ; cuivre ; iode ; calcium ; phosphore ; manganèse ; cobalt. Ces éléments, qui ont un effet bénéfique pour la santé, sont fortement présents dans les graines du *Pinus halepensis* (Wang et al, 2006).

7-3- les Lipides :

Cheikh et ses collaborateurs (2006), ont étudié la composition de la fraction lipidique des graines de *Pinus halepensis* Mill, les résultats obtenus montrent la richesse en acides insaturés (acide oléique : 27% et acide linoléique : 48,8%) et d'autres acides saturés comme l'acide palmitique (8,75 %), myristique, myristoléique, palmitoléique, margarique, margaroléique, stéarique, linoléique, arachidique, eicosénoïque, ont été également détectés mais à de faibles teneurs.

Une autre étude menée par **Kadri et ses collègues (2015)**, sur l'HE des graines révèle la présence :

- Des glycolipides (GL) : ester glucoside stérile, monogalactosyl diacyl glycérols, cérébrosides, et digalactosyl diacyl glycérols.

- Des phospholipides (PL) : acide phosphatidique, phosphatidyléthanolamine, phosphatidylinositol, phosphatidylsérine, phosphatidyl glycérol et phosphatidyl glycérol.

7-4-Les acides aminés :

L'huile de pin contient également jusqu'à 5% de substances azotées, dont 90% sont les acides aminés, parmi lesquels 70% sont des amino-acides essentiels (Wang et al, 2006).

Les principaux acides aminés sont : l'acide glutamique (5,5% de poids sec) et l'arginine (4,0%) comprenant environ un tiers (environ 33%) des protéines de graines (Tukan et al, 2013).

7-5-Les composés phénoliques et les Flavonoïdes :

Les travaux de **Kaundun et ses collaborateurs (1998)**, ont indiqué la présence de plusieurs flavonoïdes dans les aiguilles de *Pinus halepensis* ; proanthocyanidines (delphinidine et cyanidine), et six flavonols (myricétine, quercétine, larycitrine, kaempférol, isorhamnétine et syringétine).

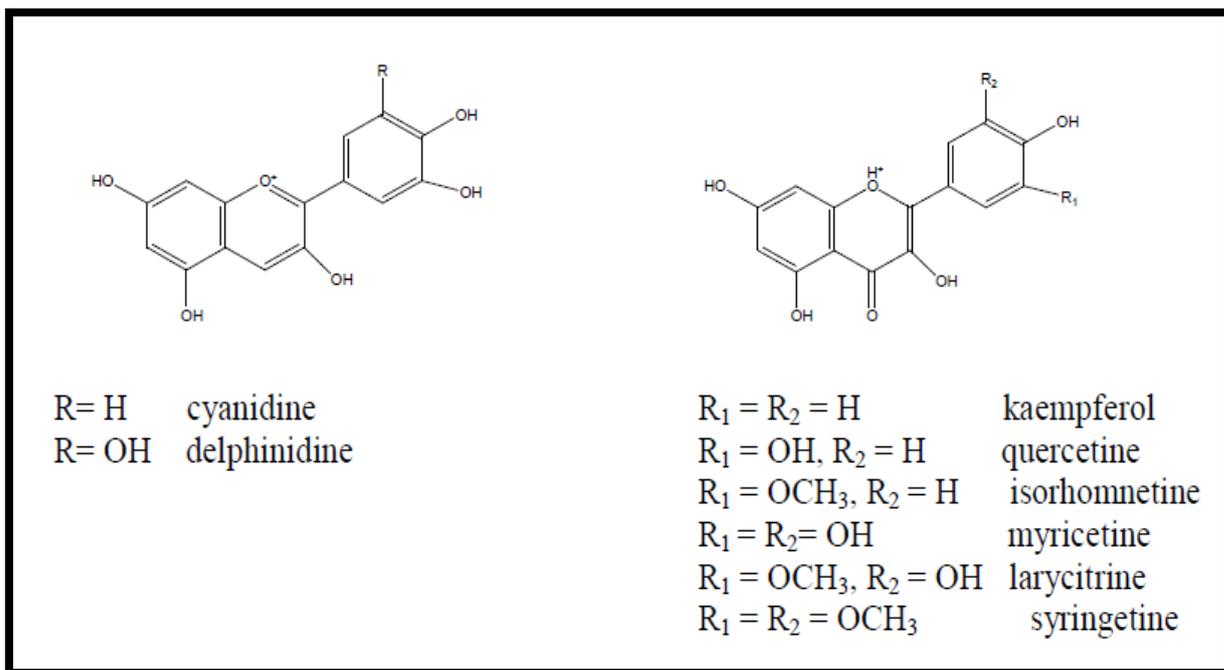


figure 09 : structure des principaux Flavonoïdes des aiguilles de *P.halepensis*.

Les études environnementales menées par **Pasqualini et son équipe (2003)**, ont permis d'établir que les composés phénoliques présents dans les aiguilles de *P. halepensis* taient sont des bio-indicateurs de la qualité de l'air (degré de pollution par dioxyde de soufre et oxyde d'azote). Les solvants d'extraction utilisés sont le méthanol aqueux à 70% acidifié par HCl pour les phénols totaux, puis l'éther diéthylique pour les phénols simples. Les trois acides phénoliques majoritaires sont : les acides protocatéchique (jusqu'à 71 µg. g⁻¹), vanilique (jusqu'à 24 µg. g⁻¹) et coumarique (jusqu'à 18 µg. g⁻¹).

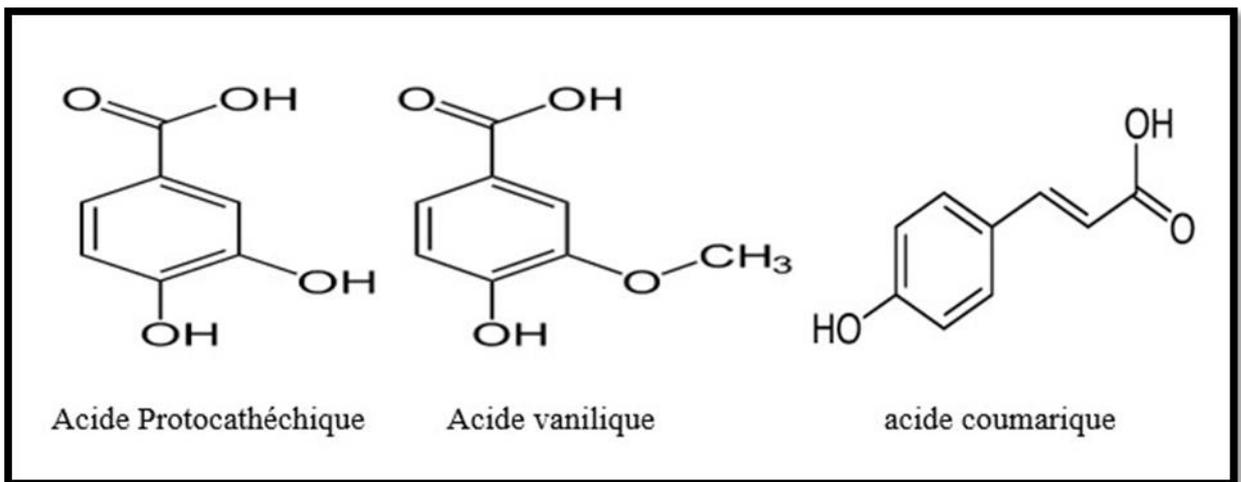


Figure 10 : structure des trois Acides phénoliques majoritaires des aiguilles de *P.halepensis*.

Abdalla et ses collaborateurs (2014) ,on également révéle la présence des quantités considérables de proanthocyanidines et de gallotanins dans l'extrait aqueux de *Pinus halepensis*.

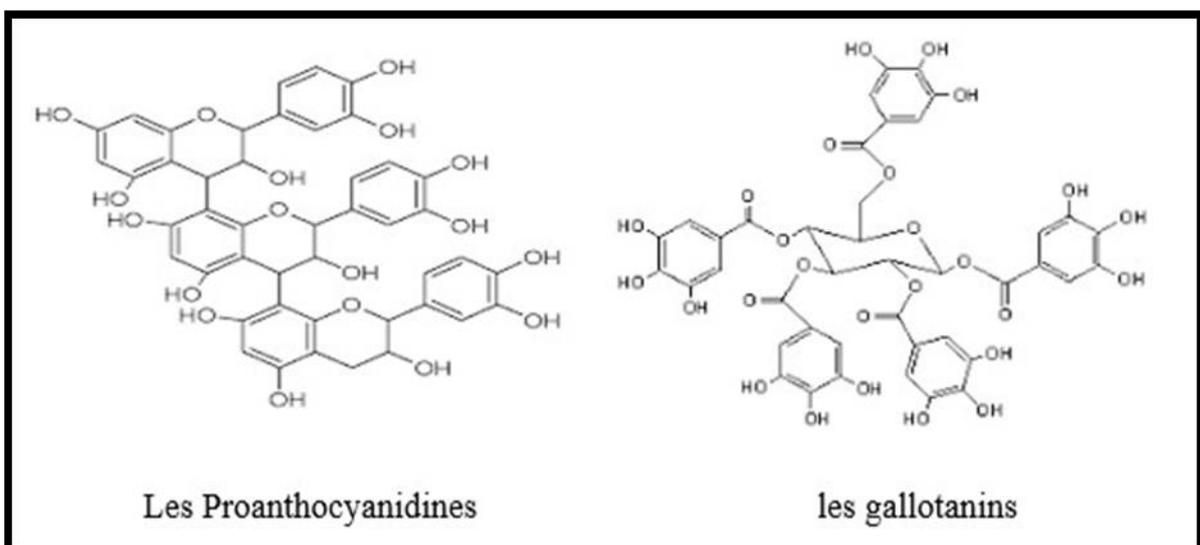


Figure 11 : structure des pro anthocyanidines et de gallo tanins des extraits aqueux de *Pinus halepensis*.

7-6-L'Huile essentielle :

L'huile essentielle de la partie aérienne du *P. halepensis* obtenue par hydrodistillation, a été analysée par CPG/MS. Quarante-neuf composés ont été identifiés dont 26 monoterpènes, 16 sesquiterpènes, 4 diterpènes et, 3 non-terpéniques (Macchioni et al 2003).

Fekih et ses collaborateurs (2014), ont rapporté que l'huile essentielle de *Pinus halepensis* de différentes régions de l'ouest algérien contient 65,5% de monoterpènes dont les principaux sont : myrcène (15,2% à 32,0%), α -pinène (12,2% à 24,5%), β -caryophyllène (7,0% à 17,1%), terpinolène (1,8% à 13,3%), 2-phénylène éthyle isovalérate (4,8% à 10,9%), terpinène-4-ol (1,0% à 8,2%) et le sabinène (1,5% à 3%).

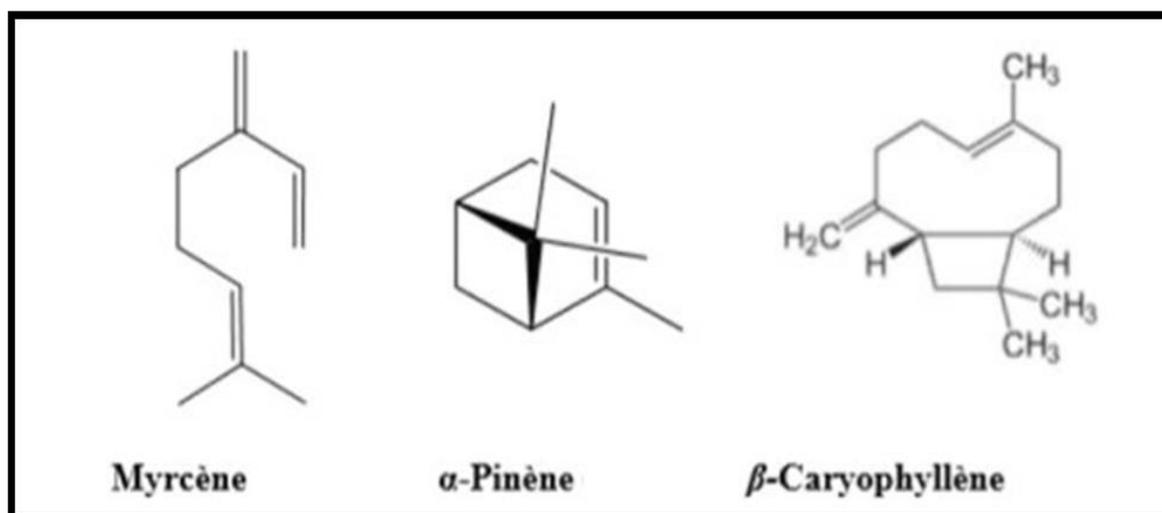


Figure 12 : structure de quelques composés des huiles essentielles des aiguilles de *P. halepensis*.

8-Les propriétés pharmacologiques de *Pinus halepensis* :

Plusieurs études pharmacologiques ont confirmé que *Pinus halepensis* présente un large éventail d'activités biologiques associées à sa composition chimique.

8-1-Activité anti-cancéreuse :

L'huile essentielle de *Pinus halepensis* se caractérise par un pourcentage élevé d'acides palmitique (5,73%). L'effet anti-métastatique de ce dernier été étudié sur des lignées cellulaires U-87 MG, le résultat obtenu montre une activité inhibitrice significative sur la prolifération cellulaire et la progression du cycle cellulaire. (Nasri et al, 2005 ; G. Rigane et al, 2016 ; Ghazghazi et al, 2020).

Kadri et ses collaborateurs (2014) ont étudié l'activité anti-angiogénique de la fraction lipidique (lipides neutres, glycolipides, phospholipides) des graines de *Pinus halepensis in vitro* sur les cellules endothéliales, et *in vivo* sur la membrane chlorioallantoïque de l'embryon de poussin.

Les résultats trouvent que la fraction lipidique (les lipides neutres, les glycolipides et les phospholipides) des graines de *Pinus halepensis*, présente des effets anti-angiogéniques. Parmi les fractions testées les phospholipides et les glycolipides ; ont montré l'activité anti-angiogénique la plus forte par rapport aux fractions lipidiques neutres.

8-2-Activité antibactérienne :

L'activité antibactérienne de *P. halepensis* a été déterminée contre six souches de référence en utilisant un test de diffusion et de micro-titration de l'agar.

Les résultats ont révélé que l'huile essentielle de *P. halepensis* possède des effets inhibiteurs remarquable sur tous les microorganismes testés mais les souches les plus sensibles sont *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Proteus mirabilis*, l'effet antibactérien est probablement attribué à la richesse de cette huile essentielle en β -caryophyllène (Dahham et al, 2015).

Le mécanisme antibactérien de l'huile essentielle de *P. halepensis* est lié à son caractère hydrophobe qui entraînant une augmentation de la perméabilité cellulaire et une fuite consécutive des constituants cellulaires.

Les cibles des huiles essentielles sont : la paroi cellulaire et la perturbation membranaire, modification de la production d'ATP et de la synthèse des protéines, la perturbation de pH, les changements intracytoplasmiques, les dommages d'ADN...etc. (Cox et al ,2000).

De plus, l'étude de **Kaplan et ses collaborateurs (2007)**, a révélé que les bactéries Gram- sont plus résistantes à l'huile essentielle de *P. halepensis* que les bactéries Gram+, la résistance des bactéries Gram- peut être attribuée à la présence d'une membrane externe entourant la paroi cellulaire.

Fekih et son équipe (2014), ont évalué l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Pinus halepensis* originaire du Nord-Ouest de l'Algérie par la méthode de diffusion contre 11 espèces de bactéries. Le résultat obtenu montre de bon effet inhibiteur de l'huile essentielle sur certains micro-organismes testés (*L. monocytogenes*, *k. pneumoniae*, *E. faecalis*, *Acinetobacter baumannii*). Par contre, l'huile était inefficace contre (*S - aureus*, *B-cereus*, *E-coli*, *Salmonella typhimurium* et *Porteurs mirabilis*). L'effet inhibiteur de l'huile de *Pinus halepensis* sur certains micro-organismes testés est lié aux composants monoterpènes oxygénés qui constituent (16 ,2 %) de l'huile.

8-3-Activité antifongique :

Les travaux d'**Abi-ayad et ses collaborateurs (2011)**, ont montré que les huiles essentielles de *Pinus halepensis* ont un effet fongicide contre l'*Aspergillus flavus*, l'*Aspergillus Niger*, le *Fusarium oxysporum*, le *Rhizopus stolonifer*.

L'étude de **Ghanmi et ses collaborateurs (2007)**, ont montré le pouvoir antifongique de l'huile essentielle de gemme des pins (essence de térébenthine) contre les micro-organismes connus pour leurs fréquences élevées à contaminer les denrées alimentaires et pour leur pathogénicité : *Penicillium parasiticus* et *Aspergillus Niger*. L'essence de térébenthine a montré son efficacité contre les champignons, ceci est attribué à sa richesse en pinènes.

Les travaux de **L. Hamrouni et ses collaborateurs (2014)** réalisés sur l'huile essentielle des aiguilles de *Pinus halepensis* montrent une activité antifongique contre 10 espèces fongiques Agricole : *Fusarium avenaceum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium. Subglutinans*, *Fusarium verticillioides*, *Fusarium nygamai*, *Rhizoctonia sp*, *Microdochium nivale var nivale*, *Alternaria sp* et *Bipolaris sorokiniana*.

8-4-Activité hépato et néphroprotectrice :

L'étude de **Bouzenna et ses collaborateurs (2016)**, a pour but de révéler l'effet protecteur de l'huile essentielle des aiguilles de *Pinus halepensis* contre les effets secondaires induits par l'aspirine sur le foie et les reins chez les rats (*Wistar Albino*) en mesurant les paramètres physiologiques et certaines modifications histopathologiques.

Dans cette étude, après traitement par l'aspirine pendant quatre jours le poids de corps et de foie ont été significativement diminué, mais le poids des reins augmente, alors que l'administration de l'huile essentielle permet de revenir ces paramètres aux valeurs normales. De même, le traitement par l'huile essentiel diminue les paramètres biochimiques hépatiques (glucose, cholestérols, ASAT, ALAT, LDH) et rénaux (créatine, protéine, urée) par rapport au groupe témoin traité seulement par l'aspirine.

L'histopathologie de foie et des reins des rats traités par l'huile essentielle de *Pinus halepensis*, révèlent que l'architecture cellulaire normale a été retenue par rapport au groupe témoin, confirmant ainsi l'effet protecteur important de cette huile essentielle contre la toxicité induite par l'aspirine.

8-5-Activité neuroprotectrice :

La maladie neurodégénérative la plus répandue est la démence d'Alzheimer, elle est caractérisée par les dépôts du peptide β -amyloïde qui conduit à une déficience de la mémoire et à la neurodégénération.

Postu et ses collaborateurs (2019) ont étudié l'effet neuroprotecteur de l'huile essentielle des aiguilles de *Pinus halepensis*, qui a été administré par inhalation dans un modèle de rat présentant une toxicité aigüe induite par le peptide β -amyloïde ($A\beta$ 1-42), ce dernier provoque

des modifications de l'action d'acétylcholinestérase (AChE) dans l'hippocampe ce qui conduit à la formation de fibrille (**Chacón et al ,2003**).

Le résultat obtenu montre que le traitement par l'huile essentielle de *Pinus halepensis* donne une diminution significative de l'action d'AChE et réduit le dépôt du peptide β -amyloïde.

8-6- Activité antioxydante :

L'huile essentielle de *Pinus halepensis* montre son efficacité à neutraliser les radicaux libres via différents mécanismes *in vitro*, en utilisant trois méthodes expérimentales : test de DPPH, ABTS et FRAP (**Bouyahya et al 2019**).

Meziti et ses collaborateurs (2019), ont étudié l'effet de l'extrait méthanolique de *Pinus halepensis* contre la dégradation oxydative de l'ADN plasmidique induite par la photolyse UV de l'eau oxygénée.

La photolyse de H_2O_2 conduit à la formation de radicaux hydroxyles hautement réactifs et fortement oxydants. Les OH peuvent endommager tous les composants des molécules d'ADN par conséquent la configuration super enroulée natif de l'ADN plasmidique se transforme en formes linéaires circulaires ouvertes et coupées, ce qui entraîne un changement de leurs propriétés de mobilité électrophorétique sur gel (**Yasmeen et Gupta, 2016**).

L'addition d'extrait de *Pinus halepensis* au mélange réactionnel empêche la formation d'ADN linéaire et induit une protection significative de l'ADN circulaire super enroulé natif d'une manière dose dépendante. Cette activité protectrice contre les dommages à l'ADN pourrait être attribuée à la présence de puissants antioxydants dans les extraits, les composés phénoliques semblent être le meilleur candidat pour cet effet.

L'effet antioxydant de *Pinus halepensis* est confirmé sur le globule rouge des souris qui représente un bon modèle cellulaire pour l'étude de stress oxydant. En effet, l'extrait méthanolique de *Pinus halepensis* inhibe la peroxydation lipidique, ainsi que l'hémolyse induite par l'agent oxydant AAPH, ces effets peuvent être dû à la teneur élevée de l'extrait en composés phénoliques et flavonoïdes (**Meziti et al, 2019**).

8-7-Activité anti-inflammatoire :

L'extrait aqueux de l'écorce de *Pinus halepensis* riche en agent anti-oxydants (polyphénols) y compris principalement les procyanidines et les acides phénoliques (Zoumpliou et al ,2014), diminue ou inhibe les dommages inflammatoires de la peau causés par le rayonnement UV / et les rayons X (Petri et al, 2012 ; Orazio et al, 2013 ; Dimaki et al ,2019).

Eleftheria et ses collaborateurs (2019), ont étudié l'effet locale des patches d'alginate micro/nanofibreuse chargées par l'extrait aqueux de l'écorce de *Pinus halepensis* sur la peau des souris femelle sans poils exposée aux radiations ultraviolets (3MEDs). Les résultats obtenus montrent que l'application topique de l'extrait réduit significativement l'inflammation cutanée induite par les rayons UV.

L'extrait méthanolique exercent des effets anti-œdémateux par application locale dans le model de l'œdème de l'oreille induit par l'huile de croton chez la souris. De plus, L'extrait de *Pinus halepensis* possède également un effet anti-œdémateux lorsqu'il est administré par voie orale, sur l'œdème de l'oreille induit par le xylène (Meziti et al, 2019).

L'activité anti-inflammatoire de l'extrait aqueux, a été confirmée par le test des effets sur certaines fonctions du neutrophile humain. L'extrait montre une inhibition significative et en dose dépendante de l'activité de l'élastase, de la MPO des neutrophiles et de la flambée respiratoire (Meziti et al, 2019).

8-8-Activité insecticide :

En raison du fait qu'aucun vaccin n'est disponible contre les mobovirus (virus de moustique) le moyen le plus efficace de prévenir l'infection et la protection contre les piqures des moustiques, c'est l'utilisation des substances naturelle.

Koutsaviti et son équipe (2015), ont étudié l'effet des huiles essentielles des aiguilles de *Pinus halepensis* contre l'espèce invasive des moustiques tigre asiatique *Aedes albopictus*. A cette fin, les huiles essentielles ont été testées pour leur activité insecticide et répulsive dans des conditions de laboratoire.

Les résultats trouvent que l'huile essentielle de *Pinus halepensis* a montré une activité insecticide efficace (LC50 =70,21mg/L) et parmi les huiles essentielles testés, seule l'huile essentielle de *P. halepensis* a montré une activité répulsive élevée à la dose de 0.2 µL.cm⁻².

8-9-Activité herbicide (phytotoxique) :

Hamrouni et son équipe (2014) ont montré l'effet herbicide de l'huile essentielle de *Pinus halepensis* sur la germination et la croissance des plantules : *Sinapis arvensis*, *Trifolium campestre* et *Phalaris canariensis*, qui sont des mauvaises herbes importantes dans la zone cultivée. L'huile essentielle de *P. halepensis* contenant une grande quantité d' α -pinène montre un effet inhibiteur plus puissant sur la germination et la croissance des plantules par rapport à un herbicide commerciale (2.4-D, isooctylester).

Plusieurs auteurs ont suggéré que les monoterpènes sont responsables de l'inhibition de la germination (**Singh et al, 2006**). Le mécanisme phytotoxique des monoterpènes implique des changements anatomiques et physiologiques dans les plantes conduisant à une accumulation des globules lipidiques dans le cytoplasme et une réduction de certains organites telle que les mitochondries, probablement en raison de l'inhibition de la synthèse d'ADN ou de la perturbation des membranes entourant les mitochondries et les noyaux (**Koitabashi et al. 1997 ; Vokou et al. 2003 ; Zunino & Zygadlo 2004 ; Nishida et al. 2005**).

CONCLUSION

&

PERSPECTIVES

Conclusion & perspective :

L'intérêt accordé à l'étude scientifique du pouvoir thérapeutique des plantes médicinales n'a cessé d'augmenter durant ces dernières années dans le but de rechercher des alternatives aux substances chimiques qui présentent des risques pour la santé humaine et pour l'environnement.

Dans le but de trouver de nouvelles sources naturelles à plusieurs effets biologique, dont antioxydants, anti-inflammatoire, antibactérienne et antifongique ... etc., nous sommes intéressés à une contribution à l'étude phytochimique et évaluation des activités des extraites et des huiles essentielles extraire à partir d'aiguille, de cônes et d'écorce ... etc., de *Pinus halepensis*.

Les effets assurés par les différentes parties de *Pinus halepensis*, sont dues principalement à la teneur élevée des molécules biactives (métabolites secondaires). Parmi ces métabolites, on distingue les composés phénoliques et les flavonoïdes dans ces extraits méthanoliques, et les terpénoides (monoterpènes) dont les principaux sont : myrcène, α -pinène et β -caryophyllène dans l'huile essentielle.

Enfin, L'ensemble de ces résultats laisse entrevoir des perspectives de la recherche des formulations à base des huiles essentielles de *Pinus halepensis* à la place de certains conservateurs ou antioxydants de synthèse dans le domaine de l'industrie agroalimentaire, pharmaceutique et cosmétique, aussi l'huile essentielle de *Pinus halepensis* pourrait être une nouvelle source potentielle entant qu'antimicrobien naturels appliqués dans les industries alimentaire.

RÉFÉRENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques :

A

- ✚ **Abdalla S, Pizzi A, Ayed N, Charrier-El Bouthoury F, Charrier F, Bahabri B, Ganash A (2014).** Aleppo pine bark tannins. *BioResources*. **9** (2), pp.3396-3406.
- ✚ **Abi – Ayad M, Abi – Ayad FZ, Lazzouni HA, Rebiahi S. A., Ziani – Cherif C, Bessierre JM. (2011).** Chemical composition and antifungal activity of Aleppo pine essential oil. *Journal of Medicinal Plants Research*. **5**, pp. 5433 – 5436.
- ✚ **Adossides A., (2003).**la filière plantes aromatiques & médicinales, FAO projet ; *Assistance au recensement Agricole*. 70 p.

B

- ✚ **Bellahouel S. (2012).** Etude du pouvoir antimicrobien et mycorhizien de deux espèces de Terfez : *Tirmania pinoyi* (Maire) Malençon et *Terfezia leptoderma* Tul. Thèse de doctorat en Biologie, *Université Ahmed Ben Bella*, Oran.54-57p.
- ✚ **Bentouati A., (2006).** Croissance, productivité et aménagement des forêts de Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) du massif de Ouled Yagoub (Khenchela- Aurès). Thèse de doctorat. *Université de Batna*. 9-116 p.
- ✚ **Boullard (2001).** Plantes médicinales du monde Croyances et réalités. Ed. *Stem*, 638 p.
- ✚ **Bouyahya Abdelhakim, Omar Belmehdi, Jamal Abrini, Nadia Dakka, Youssef Bakri, (2019),** Chemical composition of *Mentha suaveolens* and *Pinus halepensis* essential oils and their antibacterial and antioxidant activities, *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*; **12**(3), pp. 117-122.
- ✚ **Bouzena Hfsia, Noura Sanout, Etaya Amani, Sakhria Mbarki, Zied Tlili, Ilhem Rjeibi, Abdelfattah Elfek, Héléne Talarmin and Najla Hfaiedh, (2016),** protective effects of *Pinus halpensis* L. essential oil on aspirin- induced Acute Liver and Kidney damage in Female Wistar Albino Rats, *journal of oleo science* .**12**, pp.1171-3000.

C

- ✚ **Chacón M.A., A.E. Reyes, N.C. Inestrosa, (2003).** Acetylcholinesterase induces neuronal cell loss, astrocyte hypertrophy and behavioral deficits in mammalian hippocampus, *J. Neurochem*. **87** (1), pp. 195–204.
- ✚ **Cheikh - Rouhou S, Hentani B, Besbes S, Blecker C., Deroanne C, Attia H, (2006).** Chemical composition and lipid fraction characteristics of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill) seeds cultivated in Tunisia. *Food Sciences and Technology International*. **12**, pp. 49.

- ✚ Cox SD, Mann CM, Markham JL, Bell HC, Gustafson JE, Warmington JR, et al. (2000). The mode of antimicrobial action of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). *Journal of Applied Microbiology*. **88**, pp.170-175.

D

- ✚ Dahham SS, Tabana YM, Iqbal MA, Ahmed MB, Ezzat MO, Majid AS, et al. (2015). The anticancer, antioxidant and antimicrobial properties of the sesquiterpene β -caryophyllene from the essential oil of *Aquilaria crassna*. *Molecules* ; **20**, pp.11808-11829.
- ✚ Dimaki, A. ; Kyriazi, M. ; Leonis, G. ; Sfiniadakis, I. ; Papaioannou, G.T. ; Ioannou, E. ; Roussis, V. ; Rallis, M. (2019). Diabetic skin and UV light: Protection by antioxidants. *Eur. J. Pharm. Sci.* **127**, pp.1–8.
- ✚ Djerrad, Kadik L, Djouahri A. (2015). Chemical variability and antioxidant activities among *Pinus halepensis* Mill. essential oils provenances, depending on geographic variation and environmental conditions. *Industrial Crops and Products*. **74**, pp.440–449.
- ✚ Dobignard A, et Chaletain C. (2012). Index synonymique de la flore d'Afrique du nord. *Conservatoire et jardin botanique*. Suisse. Genève, 413p.

E

- ✚ Eleftheria Kotroni, Eleftheria Simiriotti, Stefanos Kikionis, Ioannis Sfiniadakis, Aggeliki Siamidi, Vangelis Karalis, Andreas Vitsos, Marilena Vlachou, Efstathia Ioannou, Vassilios Roussis et Michail Rallis, (2019), In Vivo Evaluation of the Anti-Inflammatory Activity of Electrospun Micro/Nanofibrous Patches Loaded with *Pinus halepensis* Bark Extract on Hairless Mice Skin, *journal of Materials*, **12**, pp. 2596.

F

- ✚ Fady B, Semerci H et Vendramin GC, (2003). EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for Aleppo pine (*Pinus halepensis*) and Brutia pine (*Pinus brutia*). *European forest genetic resources programme*, pp.1-6.
- ✚ Fekih, N., Allali, H., Merghache, S., Chaïb, F., Merghache, D., El Amine, M., & Costa, J. (2014). Chemical composition and antibacterial activity of *Pinus halepensis* Miller growing in West Northern of Algeria. *Asian pacific journal of tropical disease*, **4**(2), pp. 97-103.

G

- ✚ **Ghanmi M., A. El Abid, A. Chaouch, A. Aafi, M. Aberchane, A. El Alami & A. Farah, (2005).** Étude du rendement et la composition de l'essence de térébenthine du Maroc : cas du pin maritime (*Pinus pinaster*) et du pin d'Alep (*Pinus halepensis*). *Acta Bot. Gallica*, **152**, pp.3-10.
- ✚ **Ghazghazi Hanene, Rigane Gaith, El Aloui Meriem, Taghouti Ibtissem, (2020),** Phytochemical Characterization of the Seed Oil of *Pinus Halepensis*, *incredible/Innovation Network for Cork, Resin & Edibles*, Tunisia, Kasserine, 3p.
- ✚ **Guit B. (2015).** Croissance et état sanitaire des peuplements de Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) dans le massif forestier de senalba (région de Djelfa). Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, *Ecole nationale supérieure d'agronomie*, Alger. 156-167 p.

H

- ✚ **Hammiche V. (2015).** Traitement de la toux à travers la pharmacopée traditionnelle kabyle Phytothérapie. **13**, pp. 358 – 372.
- ✚ **Hammoudi R, (2015).** Activités biologiques de quelques métabolites secondaires extraits de quelques plantes médicinales du Sahara méridional algérien. Thèse de Doctorat en sciences Biologies. *Université Kasdi Merbah*, Ouargla. Algérie .152p.
- ✚ **Hamrouni Lamia, Mohsen Hanana, Ismail Amri, Abd Errahmane Romane, Samia Gargouri & Bassem Jamoussi (2014).** Allelopathic effects of essential oils of *Pinus halepensis* Miller: chemical composition and study of their antifungal and herbicidal activities, *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, **48**, pp 145-158.

J

- ✚ **Jacues brosse, (2003).** Larousse des arbres dictionnaire des arbres et des arbustes, *Edition Rustica/FLER*, N°de l'éditeur ; 48396N1 (F12062). Paris, 325p.
- ✚ **Judd W.S., Campbell C.S., Kellog E.A., Stevens P. (2002).** Relation phylogenetique entre les principaux groups de trachéophytes à l'exclusion des angiospermes « Spermatophytes non angyospermes ». In : « *Botanique système* ». Ed. De Boeck. ISBN, Paris. ,**152**, pp.2-7445-0123-9.

K

- ✚ **Kadik B, (1987).** Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) en Algérie. *Ecologie, dendrométrie, morphologie*. Ed. O.P.U ; 580 p.
- ✚ **Kadri N, Khettal B, Yahiaoui – ziadi R, Barragan – Montero V, Monteroa J. I. (2013).** Analysis of polar lipid fraction of *Pinus halepensis* Mill; seeds from North Algeria. *Industrial Corps and Products*. V(**51**),pp.116-122.

- ✚ **Kadri Nabil, Bachar khettal, Ahmed Adjebli, Thierry Cresteil, Rachida Yahiaoui-Zaidi, veronique Barra gan -Mentero, Jean-Louis Montero, (2014), industrial corps and products, 54, pp 6-12.**
- ✚ **Kadri N, Khettal B, Adjebli A, Cresteil T, Barragan – Montero V, Montero J.L. (2015).** Anticancer properties of polar lipid, fraction of *Pinus halepensis* Mill. Seeds, *Colloque International sur la valorisation des Plantes Aromatiques et Médicinales de la Méditerranée (CIPAMM)*, Blida. pp11-12.
- ✚ **Kaplan M, Mutlu EA, Benson M, Fields JZ, Banan A, Keshavarzian A. (2007).** Use of herbal preparations in the treatment of oxidant mediated inflammatory disorders. *Ther Med*; **15**, pp.207-216.
- ✚ **Kar A, (2007),** pharmacognosy and pharmacobiotechnology (Revised-expanded second edition). *New Age international limited Publishers*, New Delhi. pp 332-600.
- ✚ **Kaudum S, Lebreton P, Fady B. (1998).** Geographical variability of *Pinus halepensis* Mill. As revealed by foliar flavonoids. *Biochemical Systematic and Ecological*.**26**, pp. 83 – 96.
- ✚ **Kızılarıslan C, Sevgi E (2013).** Ethnobotanical uses of genus *Pinus* L. (*Pinaceae*) in Turkey. *Indian J Tradit Knowle*. **12**, pp.209-220.
- ✚ **Koıtabashi R, Suzuki T, Kawazu T, Sakai A, Kuroiwa H, Kuroiwa T. (1997).** 1,8-Cineole inhibits root growth and DNA synthesis in the root apical meristem of *Brassica campestris* L. *J Plant Res*. **110**, pp 1–6.
- ✚ **Koutsaviti Katerina, Athanassios Giatropoulos, Danae Pitarokili, Dimitrios Papachristos, Antonios Michaelakis & Olga Tzakou, (2015),** Greek *Pinus* essential oils: larvicidal activity and repellency against *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae), *Parasitol Res*.**114**, pp 583-592.

L

- ✚ **Lahouati R, (2000).** Expérience des plantations en climat Aride. Cas de la Ceinture Verte an Algérie Direction Générale des foret, *Ministère de l'Agriculture*, Alger.
- ✚ **Letreuch-Belarouci N, (1991).** Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. *OPU*, Alger, **2**, pp .641.

M

- ✚ **Macchioni F, Cioni P, L, Flamini G, Morelli, Maccioni S .and Ansaldi M. (2003).** Chemical composition of essential oils from needle, branches and cones of *Pinus pinea*, *P. halepensis*, *P. Pinaster* and *P. nigra* from oentral Italy. *Flavour and Fragrance*. **18**, pp. 139 – 143.
- ✚ **Maestre F. T ; Cortina J ; (2004).** Insights intro ecosystem composition and function in a sequence of degraded semiarid steppes. *Restoration Ecology* ,**12**, pp.494 -502 ;
- ✚ **Maire R, (1952).** Flor de l'Afrique de Nord. *Ed. Encyclopédie Biologique*. Paris. 129-150p.
- ✚ **Mauri A, Di Leo M, De Rigo D, Caudullo G, Houston Durrant T, San-Miguel-Ayanz J (2016).** *Pinus halepensis* and *Pinus brutia* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. *European atlas of forest tree species*. Publ. Off. EU, Luxembourg. pp: 22-23.

- ✚ **Meziti Hicham, Hamama Bouriche, Seoussen Kada, Ibrahim Demirtas, Murat Kizil, Abderrahmane Senator, (2019)**, Phytochemical analysis, and antioxidant, anti-hemolytic and Geno protective effects of *Quercus ilex* L. and *Pinus halepensis* Mill. methanolic extracts, *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research*, **7** (4), pp.260-272.

N

- ✚ **Nahal I, (1962)**. Le pin d'Alep. Étude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. *Annales de l'école Nationale des Eaux et Forêts* .**19** (4), pp.533-627.
- ✚ **Nahal I. (1986)**. Taxonomie et aire géographique des pins du groupe *halepensis*. In : options méditerranéennes, Série Etude CIHEAM 86/1. *Le pin d'Alep et le pin brutia dans la sylviculture méditerranéenne* ,1-9 p.
- ✚ **N. Nasri, A. Khaldi, M. Hammami and S. Triki (2005)**, *Biotechnol. Prog*, **21**, 998 p.
- ✚ **Nishida N, Tamotsu S, Nagata N, Saito C, Sakai A. (2005)**. Allelopathic effects of volatile monoterpenoids produced by *Salvia leucophylla*: inhibition of cell proliferation and DNA synthesis in the root apical meristem of *Brassica campestris* seedlings. *J Chem Ecol*. **31**, pp.1187–1203.

O

- ✚ **OMS (Organisation Mondiale de la Santé) (2003)**. Principes méthodologiques généraux pour la recherche et l'évaluation relatives à la médecine traditionnelle ,31-35 p.
- ✚ **Orazio, J.; Jarrett, S.; Amaro-Ortiz, A.; Scott, T. (2013)**. UV Radiation and the Skin. *Int. J. Mol. Sci*, **14**, pp. 12222–12248.

P

- ✚ **Pasqualini V, Robeles C, Garzino S, Greff S, Bounin G. (2003)**. Phenolic compounds content in *Pinus halepensis* Mill. needles: a bioindicator of air pollution. *Chemosphere*. **54**, pp. 239- 248.
- ✚ **Petri, A.; Alexandratou, E.; Kyriazi, M.; Rallis, M.; Roussis, V.; Yova, D. (2012)**, Combination of Fospeg-IPDT and a natural antioxidant compound prevents photosensitivity in a murine prostate cancer tumor model. *Photodiagnosis Photodyn*. **9**, pp.100–108.
- ✚ **Postua Paula Alexandra, Fatima Zahra Sadikib, Mostafa El Idrissib, Oana Cioancac, Adriana Trifanc, Monica Hancianuc, Lucian Hritcua, (2019)**, *Pinus halepensis* essential oil attenuates the toxic Alzheimer's amyloid beta (1-42)-induced memory impairment and oxidative stress in the rat hippocampus, *Biomedicine & Pharmacotherapy*,**112**, pp 8.

R

- ✚ **Rigane. G, Arfaoui M.O, Chira M, H. Ghazghazi, A. Yahyaoui, R. Ben Salem, S. M. Hamdi, Hannachi, H. Jouili and Y. Ammari, (2016).** *Rev. Roum. Chim.*, **61**, 807 p.

S

- ✚ **Seigue A., (1985).** Le foret circumméditerranéen et ses problèmes. *Ed Maisonneuve et Larose*, paris,502p.
- ✚ **Singh HP, Batish DR, Kaur S, Arora K, Kohli RK. (2006).** α -Pinene inhibits growth and induces oxidative stress in roots. *Ann Bot.* **98**, pp 1261–1269.

T

- ✚ **Tukan. S.K, K. Al-Ismail R.Y. Ajo, M.M. Al-Dabbas1, (2013),** Seeds and seed oil compositions of Aleppo Pine (*Pinus halepensis Mill*) grown in Jordan. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, **90** (2), pp.87-93.

V

- ✚ **Vokou D, Douvli P, Blionis GJ, Halley JM. (2003).** Effects of monoterpenes, acting alone or in pairs, on seed germination and subsequent seedling growth. *J Chem Ecol.* **29**, pp. 2281–2301.

W

- ✚ **Wang. L, C. L. Waller, (2006),** Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants, *Trends in Food Science & Technology*, **17**, pp. 300 – 312.

Y

- ✚ **Yasmeen S, Gupta P (2016),** In vitro demonstration of Dalbergia sissoo (Indian rosewood) methanolic extracts as potential agents for sun screening and DNA nick prevention. *Int. J. Pharm. Sci.*, **8**, pp.175-181.

Z

- ✚ **Zavala MA and Zea E (2004)**, Mechanisms maintaining biodiversity in Mediterranean pine-oak forests: insights from a spatial simulation model. *Plant Ecology* ,**171**, pp. 197-207.
- ✚ **Zoumpliou, V. ; Stamatiadi, M. ; Vassiliadis, C. ; Rallis, M. ; Papaioannou, G.T. ; Liakos, S. ; Angelou, A. ; Daskalaki, S. ; Kyriazi, M. ; Roussis, V. ; et al. (2014)**, Effect of Cigarette Smoke on Diabetic Skin and Protection with Topical Administration of *Pinus halepensis* Extract. *Am. J. Plant Sci*, **5**, pp.3964-3974.
- ✚ **Zunino MP, Zygadlo JA. (2004)**. Effect of monoterpenes on lipid oxidation in maize. *Planta*. **219**, pp. 303–309.

Résumé:

Pinus halepensis Mill., communément appelé Pin d'Alep, représente un capitale forestier majeur sur le pourtour méditerranéen surtout l'Afrique du nord, et occupe 35% de couverture en Algérie. Le Pin d'Alep est largement utilisé dans la médecine traditionnelle comme antiseptique puissant, il est recommandé pour les infections respiratoires, l'asthme, la toux, le soulagement des douleurs gastro-intestinales et les maladies cardiovasculaires.

Dans le cadre de ce travail, nous sommes intéressés à déterminer la composition chimique et les propriétés médicinales de *Pinus halepensis*. L'analyse phytochimique a permis de révéler la présence des acides phénoliques (les acides protocatéchiques, vanilique et coumarique), les flavonoïdes principalement : les pro-anthocyanidines (Delphinidine et cyanidine), six flavonols (myricétine, quercétine, larycitrine, kaempférol, isorhamnétine et syringétine) et des gallo-tanins dans l'ensemble des extraits. Par ailleurs, l'huile essentielle de différents organes de cette plante contient les monoterpènes ; les plus abondants sont : myrcène, α -pinène et β -caryophyllène.

En outre, les études pharmacologiques ont montré que le *Pinus halepensis* présente plusieurs activités biologiques en vue de sa richesse en composés possédant des potentiels : anti-cancéreuse, antibactérienne, antifongique, hépato et néphroprotectrice, neuroprotectrice, antioxydant, anti-inflammatoire, insecticide et herbicide.

Mots clés : pin d'Alep, huile essentielle, les métabolites secondaires, les activités biologiques.

Abstract:

Pinus halepensis Mill, commonly called Aleppo pine, represented a major forest capital on the Mediterranean rim, especially in North Africa, and occupies 35% of cover in Algeria. Aleppo pine is widely used in traditional medicine as a strong antiseptic, recommended for respiratory infections, asthma, coughs, relief of gastrointestinal pain and cardiovascular disease.

As part of this work, we are interested to determining the chemical composition and the medicinal properties of *Pinus halepensis*. Phytochemical analysis revealed the presence of phenolic acids (protocatechuic, vanilic and coumaric acids), flavonoids mainly: proanthocyanidins (Delphinidin and cyanidin), six flavonols (myricetin, quercetin, larycitrine, kaempférol, isorhamnetin and syringétine) and gallo-tannins in all extracts. Otherwise, the essential oil of different organs of this plant contain the monoterpenes, the most abundant are: myrcene, α - pinene and β -caryophyllene.

In addition, the pharmacological studies have shown that *Pinus halepensis* exhibits several biologicals activities in view of its richness in compounds with potential: anti-cancerous, antibacterial, antifungal, hepato and nephroprotective, neuroprotective, Antioxidants, anti-inflammatory, insecticidal, and herbicidal.

Keywords: Aleppo pine, essential oil, secondary metabolites, biologicals activities.

ملخص:

Pinus halepensis Mill, يسمى عادة الصنوبر الحلبي, اين يمثل اهم الغابات الرئيسية على حافة البحر الابيض المتوسط خاصة في شمال افريقيا , ويحتل 35% من الغطاء النباتي في الجزائر. يستخدم الصنوبر الحلبي على نطاق واسع في الطب التقليدي كمطهر قوي يوصى به في حالة التهابات الجهاز التنفسي، الربو، السعال، تخفيف الام الجهاز الهضمي، امراض القلب والاوعية الدموية.

في سياق هذا العمل، نحن مهتمون بتحديد التركيب الكيميائي والخصائص الطبية لنبات الصنوبر الحلبي ; حيث كشف التحليل الكيميائي النباتي عن وجود الاحماض الفينولية (احماض بروتوكاتيك، الفانيليك و الكوماريك), الفلافونويدات بشكل رئيسي : برو-انثوسيانيدين (دلفينيدين وسيانيدين), ستة فلافونول (مريستين، كيرسيتين، لاري سترين، كام فيرول، ايزورامونيتين وسرينجيتين) و des gallo-tanins في جميع المستخلصات، من جهة اخرى ;الزيت الاساسي لمختلف أعضاء هذا النبات تحتوي على les monoterpènes اكثرها وفرة هي: ميرسان، الفا-بينان وبيتا-كاريو فيلان.

بالإضافة الى ذلك، اظهرت الدراسات الدوائية ان الصنوبر الحلبي يتميز بالعديد من الانشطة البيولوجية لغناه بالمركبات التي تمتلك امكانات: مضادة للسرطان، مضادة للبكتيريا، مضادة للفطريات، مضادة للأكسدة، مضادة للالتهابات، حماية الكبد والكلى، حماية الاعصاب، مبيد للحشرات والاعشاب.

الكلمات المفتاحية: الصنوبر الحلبي، الزيت الاساسي، المركبات الثانوية، الانشطة البيولوجية .

