

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ –BOUIRA FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET
DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE-DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2022

MÉMOIRE DE FIN D'ETUDE

ENVUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie Appliquée

Présenté par :

LARBI Abdessalam et MIDOUN Ahmed

Thème

Etude de quelques propriétés fonctionnelles des extraits complexes protéines polysaccharides des écorces du genre *pinus* (*Pinus halepensis* MILL et *Pinus pinea* L.)

Soutenu le : 07/07/2022

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>Mr. MAHDJOUB Mohamed Malik</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. De Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>Mr. KADRI Nabil</i>	<i>MCA</i>	<i>Promoteur</i>	<i>Univ. Bouira</i>
<i>Mme. TEBBI Sara Oumenoune</i>	<i>Doctorante</i>	<i>Univ. De Bejaia</i>	<i>Co-Promotrice</i>
<i>Mr. REMINI Hocine</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ.de Bouira</i>	<i>Examineur</i>

Année Universitaire : 2021/2022

Remerciements

Arrivées à la fin de la finalisation de notre mémoire, nous tenons tout d'abord, à remercier **ALLAH** le tout puissant et miséricordieux qui nous a donné la force et la patience pour accomplir ce modeste travail.

Nous exprimons aussi nos plus profondes reconnaissances à notre encadreur **Dr. Kadri Nabil** et co-promotrice **TEBBI Sara Oumenoune** qui ont été disponible durant toute la période de la réalisation de notre mémoire. Nous les remercions pour leurs intégrités et leurs dévouements et leurs capacités intellectuelles à diriger des équipes de recherche. Grace à leurs critiques pertinentes et leurs ardeurs au travail, ils nous ont initié aux travaux de manipulation et de laboratoire en général.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury **Dr. MAHDJOUR** et **Dr. REMINI**, qui ont accepté d'évaluer, d'examiner et d'assister à notre soutenance.

Nous souhaitons adresser nos sincères remerciements à **M. DAHMOUCHE**, le directeur général des forêts qui nous a accueilli et orienté au sein de son établissement.

Nous tenons aussi à remercier **Dr BEN SMAIL Souhila**, **Dr MAHDJOUR**, **Professeur MADI Djamel** ET **Chef de Département Chimie** aimables enseignants au sein de la présente université, pour leurs collaborations et leurs soutiens lors de notre passage dans les différentes structures.

Nos vives reconnaissances s'adressent aussi à **M^{lle}. MIDOUN Silya**, qui nous a orienté et donné tout son temps, son soutien moral et savoir-faire pendant la construction de ce modeste travail.

Nos remerciements vont également aux ingénieurs des laboratoires et personnels de l'université pour leur chaleureux accueil et leurs aides qu'ils nous ont fourni ; notamment tous ceux qui ont mis à notre disposition leur s'avoir faire.

Nous tenons à exprimer toute notre gratitude à nos parents, nos sœurs et frères ; qui nous ont encouragé, soutenu tout le long de notre cursus universitaire.

Nous tenons aussi à adresser toute notre gratitude à **Mr. MOUSSA Hamza**, **M^{lle}. BEN ZITOUNE Nour El Imane** et **Mr. MAIZ Mohamed Yacine** pour leurs aides et leurs soutient.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à nos proches amis qui nous ont encouragé et soutenu tout au long de l'accomplissement de ce mémoire

" Qui mieux que vous sait vos besoins ?

Apprendre à se connaître est le premier des soins"

Jean de la fontaine (1621-1695)

Dédicaces

J'ai le grand honneur de dédier le fruit de mes années d'études avec une grande reconnaissance à toutes les personnes qui me sont chères.

A la mémoire de mon chère Père, AKLI que j'aurais aimé avoir à mes côtés tous les jours et pour ce spécial jour, mon exemple dans cette vie, la personne qui a fait de moi un homme, j'espère que, il apprécie cet humble geste comme prévu de reconnaissance de la part de son fils qui a toujours prié pour le salut de son âme, que Dieu vous accueille dans son vaste paradis.

A Ma chère Mère, celle qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, celle qui n'a jamais cessé, de formuler des prières à mon égard. Qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance. Que Dieu vous garde très longtemps pour nous et en meilleure santé.

A mes chères frères et sœurs, Abdelmoumen, mouhyedine, houcine, Sabrina, hasiba.

Toute ma famille, mes oncles, mes tantes, mes cousins, cousines, mes neveux et mes beaux-frères. En particulier 'mon oncle Houssame et sa femme'.

A mon camarade de combat, Midoun Ahmed.

A mes chers amis, Yacine, Syfaxe, Anis, Tarik, Ali, Younes, Billal.

Abdessalam

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

*Mes très chers parents, qui peuvent être fiers et trouver ici le résultat de
longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la
vie.*

Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit.

Mes chères sœurs

Mes chers frères

Toute ma famille

Tous mes amis sans exception ;

Mon binôme Abdessalam et sa famille

Mon promoteur qui doit voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit
possible, je vous dis MERCI.*

Ahmed

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Synthèse bibliographique

I. Généralités sur les espèces *Pinus pinea* L et *Pinus halepensis*

MILL 3

I.1. Présentation de l'espèce *Pinus pinea* L. 3

I.1.1. Critères botaniques de l'espèces *Pinus pinea* L.3

I.1.2. Taxonomie et systématique de l'espèces *Pinus pinea* L.....4

I.1.3. Aires de répartitions de l'espèces *Pinus pinea* L.....5

I.2. Présentation de l'espèce *Pinus halepensis* MILL. 6

I.2.1. Critères botaniques de l'espèces *Pinus halepensis* MILL.....6

I.2.2. Taxonomie et systématique de l'espèces *Pinus halepensis* MILL.7

I.2.3. Aires de répartitions de l'espèces *Pinus halepensis* MILL.8

I.3. Composition chimique des écorces des espèces *Pinus pinea* L et *Pinus halepensis* MILL. 9

II. Les métabolites des plants 11

II.1. Les métabolites primaires 11

III.1.1. Les lipides.....12

III.1.2. Les glucides12

III.1.2.1. Définition12

III.1.2.2. Classification12

III.1.2.3. Propriétés fonctionnelles13

III.1.3. Les protéines15

III.1.3.1. Définition15

III.1.3.2. Structure15

II.1.3.3. Classification	15
II.1.3.4. Propriétés fonctionnelles	16
II.2. Les Domaines d'application des métabolites primaires	18
II.2.1. Protéines	18
II.2.1.1. Domaine médicale	18
II.2.1.2. Domaine agroalimentaire	18
II.2.1.3. Domaine pharmaceutique.....	19
II.2.2. Les glucides.....	19
II.2.2.1. Domaine médicale	19
II.2.2.2. Domaine agroalimentaire	19
II.2.2.3. Domaine pharmaceutique.....	20
II.2. Les métabolites secondaires	20

Matériel et méthodes

III. Matériel et méthodes	21
III.1. Matériel	21
III.1.1. Matériel végétale.....	21
III.1.2. Appareillage	21
III.1.3. Réactifs et solutions du travail	21
III.2. Méthodes	22
III.2.1. Préparation de la matrice végétale.....	22
III.2.2. Caractérisation de la composition chimique des poudres des écorces des deux espèces (<i>Pinus halepensis</i> MILL et <i>pinus pinea</i> L.)	22
III.2.2.1. Teneur en cendre.....	22
III.2.2.2. Niveau d'humidité.....	23
III.2.2.3. Matières grasses	23
III.2.2.4. Taux de protéine.....	24
III.2.2.5. Teneurs en carbohydrates.....	24
III.2.3. Préparation des extraits éthanoliques	25
III.2.4. Evaluation des taux des composés phénoliques	25
III.2.4.1 Dosage des polyphénols totaux	25
III.2.4.2. Dosage des flavonoïdes	26

III.2.5. Préparation des extraits complexe (polysaccharide-protéine) des écorces des deux espèces (<i>Pinus halepensis</i> MILL et <i>Pinus pinea</i> L.)	27
III.2.6. Détermination de la teneur en sucre et protéines des extrait complexe (polysaccharide-protéine) des écorces des deux espèces (<i>Pinus halepensis</i> MILL et <i>Pinus pinea</i> L.).....	27
III.2.6.1. Dosage des sucres réducteurs.....	27
III.2.6.2. Dosage des sucres totaux.....	28
III.2.6.3. Dosage des protéines	28
III.2.7. Evaluation des propriétés fonctionnelles des extrait complexe (polysaccharide-protéine) des écorces des deux espèces (<i>Pinus halepensis</i> MILL et <i>Pinus pinea</i> L.).....	28
III.2.7.1. Solubilité	29
III.2.7.2. Capacité de rétention de l'eau	29
III.2.7.3. Capacité de rétention d'huile	30
III.2.7.4. Capacité moussante et stabilité de la mousse	30
III.2.7.5. Capacité émulsifiante et stabilité de l'émulsion.....	31
III.2.8. Analyses statistiques	31
IV. Résultats et discussions	32
IV.1. Caractérisation chimique des poudres des écorces des deux espèces (<i>Pinus pinea</i> L et <i>Pinus Halepensis</i> MILL)	32
IV.2. Rendements des extractions.....	36
IV.3. Dosages des sucres et prottiens d'extrait complexe (polysaccharide -prottiens) des écorces des deux espèces (<i>Pinus pinea</i> L et <i>Pinus Halepensis</i> MILL.).....	37
IV.3.1. Dosage des sucres réducteurs et totaux.....	37
IV.3.2. Dosage des protéines	38
IV.4. Evaluation des propriétés fonctionnelles des extrait complexe (polysaccharide-protéine) des écorces des deux espèces (<i>Pinus halepensis</i> MILL et <i>Pinus pinea</i> L.).....	40
IV.4.1. Solubilité.....	40
IV.4.2. Capacité de rétention de l'eau et d'huile.....	41
IV.4.3. Capacité moussante et stabilité de la mousse	44

IV.4.4. Capacité émulsifiante et stabilité de l'émulsion	45
Conclusion	47
Références bibliographiques	
Annexes	

Liste des abréviations

AOAC	Association of Analytical Communities.
BBC	bleu brillant de Coomassie
BSA	Albumine de sérum bovin
CAE	Equivalents d'Acide Gallique.
CE	Capacité émulsifiante.
CM	Capacité moussante.
CP	Concentration en protéines
CRE	Capacité de rétention de l'eau.
CRH	Capacité de rétention d'huile.
DNS	Acide 3,5-dinitrosalicylique.
DP	Degré polymérisation.
EAG	Equivalent acide gallique
EPPE	Extraits complexe polysaccharides protéines d'écorce.
EQ	Equivalent quercétine.
GLU	Glucose.
MG	Matière grasse.
PH	Potentiel hydrogène.
RE	Rendement d'extraction.
SE	Stabilité de l'émulsion.
SM	Stabilité de la mousse.
SR	Sucre réducteur.
ST	Sucre totaux
TF	Teneur en flavonoïdes.
TSR	Teneur en sucres réducteurs.
TCH	Teneur en carbohydrate.
TPT	Teneur en polyphénols totaux.
TST	Teneur en sucres totaux.

Liste des figures

Figure 01 : Les différentes fractions de l'espèce de <i>P.pinea L</i> . Photo prise à grossissement (6000×8000)	4
Figure 02 : Les différentes fractions de l'espèce de <i>P.halepensis MILL</i> . Photo prise à grossissement (6000×8000).....	7
Figure 03 : Aire de répartition géographique de <i>P.pinea L</i> dans le monde	5
Figure 04 : Répartition géographique des plantations de <i>P.pinea L</i> en Algérie pour l'année 2008.....	6
Figure 05 : Répartition de <i>P.halepensis MILL</i> sur le pourtour méditerranéen	8
Figure 06 : Aire de répartition de <i>P.halepensis MILL</i> en Algérie	9
Figure 07 : Variations des teneurs en sucre réducteurs au niveau des EPPEP. <i>halepensis MILL</i> et EPPEP. <i>Pinea L</i>	37
Figure 08 : Variations des concentrations en sucre totaux au niveau des EPPEP. <i>halepensis MILL</i> et EPPEP. <i>pineae L</i>	38
Figure 09 : Variations de la teneur en protéine des EPPEP. <i>halepensis MILL</i> et EPPEP. <i>Pinea L</i>	39
Figure 10 : Pourcentage de solubilité des EPPEP. <i>halepensis MILL</i> et EPPEP. <i>Pinea L</i>	40
Figure 11 : Le pouvoir des molécules des EPPEP. <i>halepensis MILL</i> et EPPEP. <i>Pinea L</i> écloser l'eau.....	42
Figure 12 : Capacité d'absorption d'huile des EPPEP. <i>halepensis MILL</i> et EPPEP. <i>Pinea L</i> écloser l'eau.....	43

Liste des tableaux

Tableau I : Composition chimique générale des écorces des deux essence <i>P.pinea</i> L et <i>P.halepensis</i> MILL.	10
Tableau II: Classifications et dénominations des glucides En fonction du degré de polymérisation	13
Tableau III : Quelques propriétés fonctionnelles des polysaccharides.	14
Tableau IV : Classification des protéines selon les structure et composition.	16
Tableau V : Quelques propriétés fonctionnelles des protéines.	17
Tableau VI : Les réactifs de travail utilisés selon les protocoles sectionnés pour l'étude. 21	
Tableau VII : Résultat d'une composition chimique globale pour les poudres des écorces des espèces <i>P.halepensis</i> MILL et <i>P.pinea</i> L.....	32
Tableau VIII : Rendement d'extractions des complexe (polysaccharides-Protéines) des écorces <i>P. halepensis</i> MILL et <i>P. Pinea</i> L.....	36
Tableau IX : Capacité et stabilité moussante des EPPEP. <i>halepensis</i> MILL et EPPEP. <i>Pinea</i> L.....	44
Tableau X : Capacité et stabilité de l'émulsion des EPPEP. <i>halepensis</i> MILL et EPPEP. <i>Pinea</i> L.....	45

Introduction

Introduction

Durant ces dernières années, la valorisation des sous-produits de l'agroforesterie ont attiré une attention croissante vue leur importance comme matières premières, économique et potentiellement abondantes des produits chimiques à valeurs intéressantes. Ceci s'applique dans le cas des écorces issues des opérations forestières et les transformations industrielles en particulier l'industrie du bois. Ces résidus d'écorces sont simplement brûlés pour produire de l'énergie ou utilisés comme substrat organique pour les pépinières après compostage (Miranda et al., 2017).

Pinus pinea L et *Pinus halepensis* MILL. sont des arbres très abondant, appartenant au genre *Pinus*, famille des Pinacées, retrouvés autour des côtes méditerranéennes notamment en Algérie. *P. halepensis* MILL. est une espèce originaire et largement distribuer en Algérie avec une superficie d'environ 900 000 ha, caractérisé par un tronc tortueux irrégulier et branchu, des aiguilles groupée en deux de couleurs vert claire de 5-10cm, Les grains sont de 5 à 6 mm logé dans des cônes ligneux à écailles dures et un écorce plus ou moins fissuré en écailles minces larges et aplaties de couleur gris cendré et un écorce interne brun rougeâtre ou orange (Nahal et al., 1962). Pour *P. pinea* L. c'est une essence artificiel planté au début du 20^{ème} siècle, dont elle occupe une surface de 3506 ha, constitué d'un houppier large en forme de parasol déployé grâce à des longues branches étalées horizontalement sur le tronc, les feuilles ont une forme d'aiguilles de couleur vert assemblé en faisceaux de deux de 10 à 18 cm, des cônes ovoïde de 8-14cm de couleur brun, écailles lisses où se réside de grosses graines groupé en deux et un écorce profondément craquelée, épaisse, plaquée de couleurs variable brun rougeâtre à orange avec des bords noirâtres sur les plaques (Isajev et al., 2004; Lim., 2012).

En raison de la disponibilité en grande quantité des écorces de *P. halepensis* MILL. et *P. pinea* L. comme biomasse forestière résiduelle, celle-ci peuvent être exploitée tant que une source prometteuse de dévers composés chimique et bioactifs telle que les protéines, polysaccharides, lipides, minéraux et composé phénoliques. En contribuant à leurs appréciation, ces résidus pourraient être une alternatif pour différent usages à savoir médicale, pharmaceutique et alimentaire. Selon la littérature très limité, les travaux réalisés sur les écorces de *P. pinea* L et *P. halepensis* MILL. s'arrête seulement sur leurs caractérisations chimique, avec aucune étude menée sur leurs propriétés fonctionnelles, en particulier celle des complexes (polysaccharides-protéines) (Miranda et al., 2017; Pereira et al., 2022).

Le complexe (protéines-polysaccharides) est défini par l'adsorption des polysaccharides à la surface des protéines individuelles ou agrégé et il est affecté par divers facteurs : la charge et la nature des biopolymères, le pH, les forces ioniques et la température du milieu. Les interactions entre les protéines et polysaccharides végétales jouent un rôle important dans le développements des complexes a fonctionnalité unique principalement dans la solubilité, capacité de rétention d'eau, capacité de rétention d'huile, émulsion et la mousse, dont ces propriétés fonctionnelles sont impliquées dans différents domaines (Warnakulasuriya et Nickerson., 2018).

Compte tenu de notre intérêt pour l'exploitation des substituts agroforestiers. Le présent travail vise à réaliser une étude comparative pour approfondir les connaissances sur la composition chimique générale des écorces de *P. pinea* L et *P. halepensis* MILL. , ainsi qu'une quantification des teneurs en protéines et sucres (réducteurs et totaux) et évaluation des différents propriétés fonctionnelles des extraits (protéines-polysaccharides) de ces écorces qui peuvent être exploité comme source d'ingrédients naturelles, pour l'améliorations de la stabilité et la texture des aliments dans le domaine alimentaire, conception de systèmes d'administration contrôlée pour transporter des composés bioactifs ou pharmaceutiques.

*Synthèse
bibliographique*

I. Généralités sur les espèces *Pinus pinea* L et *Pinus halepensis* MILL.

L'ensemble des plantes terrestre est estimé de près 350 000 espèces végétales identifiées dans le monde, dont 10 000 espèces de fougères, 300 000 espèces angiospermes, 1000 espèces gymnospermes. Sont d'une valeur majeure, en raison de leurs applications dans différents domaines : médical il est utilisé comme remèdes traditionnels à des fins thérapeutiques. Dans le domaine pharmaceutique ils sont exploités pour la fabrication ou élaboration des médicaments. Dans le domaine de cosmétique, ce genre est utilisé afin d'élaborer des crème, parfum..., mais aussi comme additif alimentaire, conservateurs et arôme pour réduire l'utilisation des produit chimiques (Adjanooun et al., 1999).

I.1.Présentation de l'espèce *Pinus pinea* L.

I.1.1. Critères botaniques de l'espèces *Pinus pinea* L.

Pin parasol est arbre énorme retrouvé dans les grands espace (forêt, côte méditerranéenne...) érigé et élancé de 20–25 m de hauteurs, reconnaissable à maturité par son houppier large en forme de parasol déployé grâce à des longues branches étalées horizontalement ou ascendantes (Lim et al., 2012). En effet, *P. pinea* L. lors de sa phase jeune, son tronc est court et ramifier dès la base, dont les ramifications basses disparaissent avec l'âge et le tronc devient plus long et il peut attient 1 m de diamètre. L'écorce est profondément craquelée, épaisse, plaquée de couleurs variable brun rougeâtre à orange avec des bords noirâtres sur les plaques. En outre les feuilles ont une forme d'aiguilles de couleur vert assemblé en faisceaux de deux tenues par une gaine basale, rigides et droites de 10 à 18 cm de longueurs et de 1,5 mm d'épaisseurs. Comme tous les pins le pin parasol c'est un arbre monoïque, ou les fleurs mâles sont jaunâtres et situées sur la partie basale de la croissance de l'année en cours. Cependant, les fleurs femelles sont vertes et localisées sur des courtes tiges robustes, individuellement, ou groupée en deux ou trois, dans la partie terminale du jeunes pousses. Les fleurs femelles fécondé par le Polin transporté par le vent, se développent en cône qui attient leurs maturités au bout de 3 ans, dont il peu attient (8-14cm de logeurs), une forme ovoïde, couleur brun, écailles lisses et arrondi au sommet où se loge de grosses graines. Ces graines comestibles sont les fameux pignons (figure 01) (Fady et al., 2004; Lim., 2012).



Figure 01 : Les différentes fractions de l'espèce de *P. pinea* L. (a) arbre de *P. pinea* L. (b) tronc, écorce. (c) Les aiguïse (d) cônes et grenais. Photo prise à grossissement (6000×8000).

I.1.2. Taxonomie et systématique de l'espèces *Pinus pinea* L.

C'était en 1827 que Rober Brown a démontré la gymnospermie des conifères, dont existe sept familles notamment les pinaceae, cupressaceae, taxodiaceae, araucariaceae, podocarpaceae, cephalotaxaceae et taxaceae et d'environ 50 genres et 550 espèces environ. Le nom scientifique de l'espèce est *P. pinea* L. appelé aussi *Pinus sativa*, *Pinus domestica*, aussi elle est connue par des noms commun ; pin pignon pin parasol, pin franc, pin bon, pin d'Italie, pin de pierre (Lim., 2012). Celle-ci, fait partie de l'embranchement des coniférophyte, famille des pinaceae, genre pinus, sous-genre *Pinus* dont la section *Pinea* comprennent uniquement l'espèce *P. pinea* L. La classification officielle de *P. pinea* L. est comme suit :

Règne : Végétal

Super embranchement : Spermaphyte

Embranchement : Gymnosperme

Sous/Embranchement : coniférophyte

Classe : pinopsidae

Ordre : Pinale

Famille : Pinacées

Genre : *Pinus*

Sous/Genre : *Pinus*

Espèce : *pinea*. (Spichiger et al., 2002).

I.1.3. Aires de répartition de l'espèces *Pinus pinea* L.

L'espèce pin parasol *P. pinea* L. fait partie des essences forestières les plus importantes dans le point de vue écologique, économique et social. Elle est originaire du pourtour du bassin méditerranéen, répartie de manière inégale dans le nord et le sud et de la méditerranée mais n'est pas définissable avec certitude. Il existe plus de 700 000 ha de forêts en Europe 490 000 ha, en Espagne 175 000 au Portugal, 46 000, en Italie 43 000, en Turquie, Grèce (1 500 ha) 13 000, en France. En Tunisie y'a environ 21 000 ha, et 12 000 au Liban, et de plus petites surfaces au Maroc 3 000 ha. De plus, elle est aussi retrouvée dans d'autres pays de l'hémisphère sud y compris la Nouvelle-Zélande, l'Australie et le Chili dans de petites plantations (Figure 03) (Loewe et al., 2017).

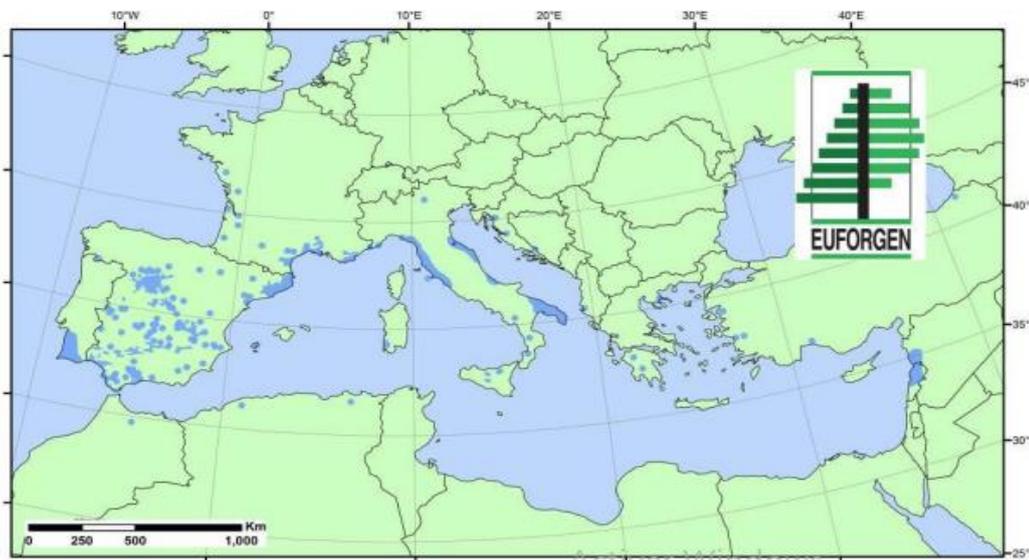


Figure 03 : Aire de répartition géographique de *P. pinea* L. dans le bassin méditerranéen (Fady et al., 2004).

L'arrivée de *P. pinea* L. revient au 20^{ème} siècle, notamment pour restaurer les zones forestières perturbées et stabilisation des dunes de sable côtières. Cela fait de l'Algérie l'un des Pays qui ont assuré la diffusion de cette espèce mais pas un pays originaire. Cette

plantation couvre une superficie totale de 3506 ha est-elle est retrouvé dans les wilayas : Constantine, Bouira, Mostaganem, Médéa et Annaba, Blida (Figure 04) (Touaba et Alatu., 2018).

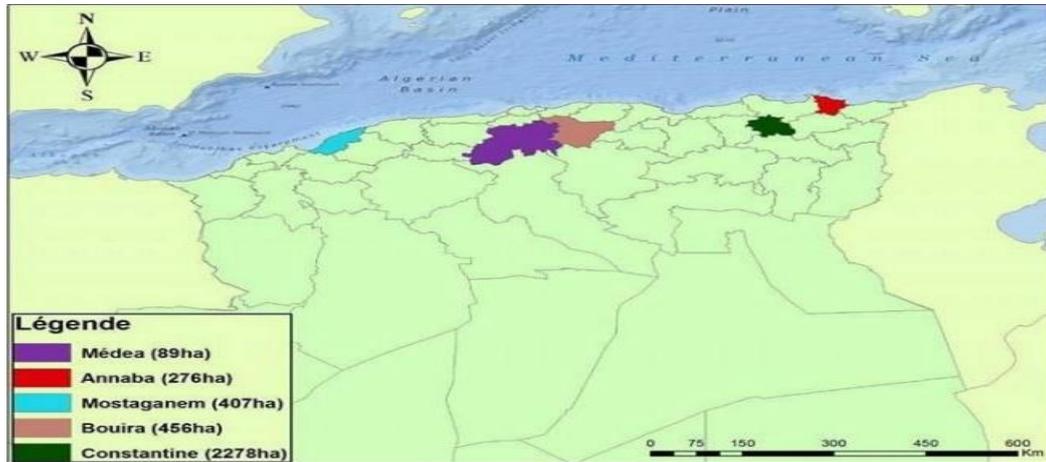


Figure 04 : Répartition géographique des plantations de *P.pinea* L. en Algérie pour l'année 2008 (Touaba et Alatu., 2018).

I.2.Présentation de l'espèce *Pinus halepensis* MILL.

I.2.1. Critères botaniques de l'espèces *Pinus halepensis* MILL.

Les caractères anatomiques et morphologiques de *P. halepensis* MILL. ont montré une variabilité en fonction de l'âge de la plante et du milieu (Calamassi., 1986). Le Pin d'alep, Pin blanc de provence, Pin de Jérusalem, connaît une longévité moins longue que d'autres espèces de ce genre de 120 à 130 ans, il ne dépasse généralement pas les 150 ans. Il est de taille moyenne d'environ 25 à 27 mètre, dont cette dernière est lié à deux facteurs ; génotypique, écologique (Nahal., 1962). En effet le tronc est souvent tortueux, irrégulier et branchu d'un diamètre qui varie de 80 à 100 cm, avec un écorce lisse gris-argenté pendant les premières années de vie. Cependant chez les adultes forme un rhytidome plus ou moins fissuré en écailles minces, larges et aplaties de couleur gris cendré et un écorce interne brun rougeâtre ou orange (Nahal., 1962). Les aiguilles sont groupée en deux, de couleurs vert claire, de 5-10 cm de longueur (Daskalakou and Thanos., 1996; Fady et al., 2003). Pour les cônes sont ligneux, pédonculés, à écailles dures, isolés ou par paires, Ils murissent au cours de la deuxième année et laissent le plus souvent échapper leurs graines au cours de la troisième année durant les mois de juillet et août, le pourcentage de récolte annuelle 40 jusqu'au 80%. Les grains sont de 5 à 6 mm avec une aile de 20 mm de plus, elles sont les plus légères des pins méditerranéens : environ 45000 et 65000 graines/kg, contre 20000 graines/kg au pin Brutia, ainsi que elles sont considéré comme extrêmement productif ce

que lui confère une distribution rapide (Calamassi., 1986; Fady et al., 2004). Concernant la reproduction cette espèce caractérise par l'allogamie où elle subisse une pollinisation par le vent, aussi le pin d'Alep est monoïque c'est-à-dire les organes mâle et femelle se localise dans les différentes parties de l'arbre.



Figure 02 : Les différentes fractions de l'espèce de *P. halepensis* MILL. (a) arbre de (*P. halepensis* MILL), (b) tronc (écorce), (c) Les aiguise, (d) cônes et grenais. Photo prise à grossissement (6000×8000).

I.2.2. Taxonomie et systématique de l'espèces *Pinus halepensis* MILL.

L'extension des angiospermes et le déclin simultané des gymnospermes ont été le processus phytogéographiques majeur de l'histoire de la terre (Price et al., 1998). *Pinus* est le plus grand genre des Pinaceae avec environ 110 espèces existantes présentes dans tout l'hémisphère nord, quoi qu'il soit considéré un outil pour l'étude de la divergence des espèces et de l'évolution des conifères ce qui est engendré une large attention sur l'écologie, la systématique et l'évolution de ce genre. (Xing et al., 2010; Zeb et al., 2021). Dont la classification est comme suit :

Règne : Végétal

Super Embranchement : Spermaphytes

Embranchement : Gymnosperme,

Sous/Embranchement : coniférophyte

Classe : pinopsidae

Ordre : Pinale

Famille : Pinaceae

Genre : Pinus

Sous/Genre : *Pinus*

Espèce : *Halepensis* (Spichiger et al., 2002).

I.2.3. Aires de répartition de l'espèce *Pinus halepensis* MILL.

Les côtes et l'intérieur du bassin méditerranéen, ce sont des zones caractérisées par une biodiversité végétale importante dont *P. halepensis* MILL. communément appelée pin d'alpe fait partie. Ces espèces sont naturellement distribués dans le circumméditerranéen (d'Europe à l'Asie, en passant par l'Afrique) à l'exception de l'Égypte. Cette essence occupe une superficie de 3,5 millions ha, dont en Espagne, elle est bien développée dans les régions Catalogne, Valence, Murcie. En France, *P. halepensis* MILL. est plus fréquente en Provence, mais assez peu répandue à l'ouest du Rhône. D'autre part, pour l'Italie l'abondance du pin d'Alep est faible notamment en Sicile et Sardaigne. En Turquie elle est localisée à Adana. En Syrie par contre, elle est présente dans les forêts occidentales de la chaîne des Alaouites, aussi elle se retrouve dans le littoral libanais (Figure 05) (Barbero., 1992). Ces au pays du Maghreb que le pin d'Alep constitue le centre de gravité puisqu'on le rencontre à peu près partout sur les massifs montagneux, en particulier l'Algérie et la Tunisie dans les monts dorsaux du pays (Barbero., 1992).

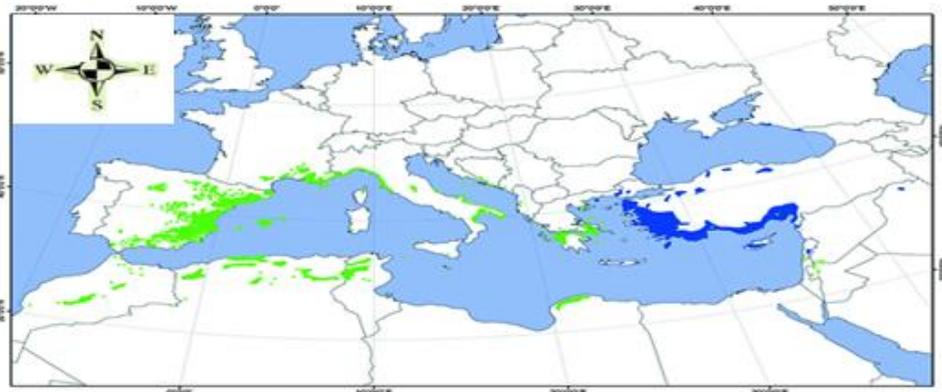


Figure 05 : Répartition de *P. halepensis* MILL. sur le pourtour méditerranéen (Chambel et al., 2013).

Les Régions à climat semi-arides et sèches en Algérie sont dominées par l'espèce Snouber *P. halepensis* MILL. avec une superficie d'environ 900 000 ha. Bien que cette espèce est très résistante à ce genre de climat, on la retrouve sur toutes les chaînes montagneuses jusqu'à une altitude de 2000 m de la côte (Kadri et al., 2015), du Tell littoral à l'Atlas Saharien (réalisation du projet de restauration des zone perturbé, le barrage vert algérien dans la région de Djelfa en 1975). Aussi elle est abondante dans les wilayas de Bel Abbes, Saida, Ouarsenis, Médéa Boghar, Monts de Bibans, Monts des Ouled Nail, Aurès, région de Tebessa surtout (Figure 06) (Barbero., 1992).

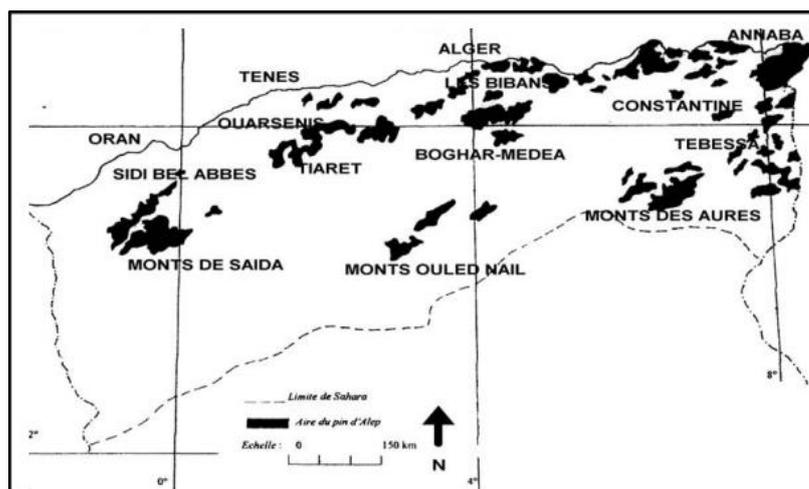


Figure 06 : Aire de répartition de *P. halepensis* MILL. en Algérie (Bentouati., 2006).

I.3. Composition chimique des écorces des espèces *Pinus pinea* L et *Pinus halepensis* MILL.

Les écorces des espèces *P. pinea* L et *P. halepensis* MILL. constitue une matière première intéressante en raison de leurs propriétés fonctionnelles. Ces deux espèces sont montré une diversité de composé chimique qui peuvent être exploité donne différentes industries, pharmaceutique et alimentaire aussi qu'agronomique. Des études phytochimiques sur l'écorce de *P. pinea* L. montre une richesse en plusieurs composés comme les minéraux, les polysaccharides, les polyphénols (tanins), les flavonoïdes ce qui fait d'eux une source des composés fonctionnelles tableau I). Aussi que L'analyse des extraits des écorces de l'essence *P. halepensis* MILL. a montré une diversité de composés chimiques appartenant à différentes classes comme les lipides, polysaccharides et protéines (tableau I) (El Omari et al., 2021).

Tableau I : Composition chimique générale des écorces des deux essence *P. pinea* L et *P. halepensis* MILL.

L'espèce <i>Pinus pinea</i> L.				L'espèce <i>Pinus halepensis</i> MILL.			
Composant		Teneurs	Référence	Composant		Teneurs / Exemple	Référence
Les glucide	Glucose	44,5 (%)	(Nunes et al., 1999).	Les glucide	D-glucose,	8,69 (temps de rétention min)	(Mohareb et al., 2017).
	Xylose	20,7 (%)			4,6-o-éthylidène	8,69 (temps de rétention min)	
	Mannose	18,2 (%)		Les lipides	Les acides gras	Acide linoléique	(El Omari et al., 2021). (Mohareb et al., 2017).
Composé phénoliques	Polyphénols totaux	7,5 (%)	(Nunes et al., 1999).	Stéroïdes	α -sitostérol et β -sitostérol		
	Les tannins	7,2 (%)		Stérols.	β -sitostérol		
	Flavanonols Totaux	7,83 \pm 0,58 (mg/g d'extrait)		(Ramos et al., 2022).	Huiles essentielles	Terpénoïdes	Acétate d'isopulégyle, caryophyllène, α -caryophyllène,
Acide Protocatechuique	2,13 \pm 0,29 (mg/g d'extrait).	Caroténoïdes	Lycophylle				
Les minéraux	Cendre	2,3 (%)	(Nunes et al., 1999).	Les protéines	Les acides aminés.	L-3,4-dihydroxyphénylalanine	(Mohareb et al., 2017).

II. Les métabolites des plants

Le règne végétal, est la source la plus utilisée par l'homme depuis le début de la vie pour différentes fins. L'homme ancien cherche de nourriture, ce qui l'a amené à distinguer les plantes qui servent de nourriture de celles qui ont une valeur médicinale (thérapeutique). En effet, le développement de la science a permis à l'homme de trouver des explications aux valeurs médicinales et nutritifs des essences, en ce basons sur la composition chimique et moléculaire de ces derniers. La production de métabolites représente l'une des outillés adopté, dont ils sont déclarés que le règne végétal contenir entre 200 000 et 1 million de métabolites, avec structure, fonction et utilité n'ont été que partiellement explorée (Wang et al., 2019; Adetunji et al., 2021).

Par définition, les métabolites sont considérés (classé) comme ; des intermédiaires et des produits finaux qui sont conçu pendant ou à la fin du métabolisme cellulaire, et qui sont catalysés par divers enzymes présents naturellement dans les cellules. Ceux-ci sont généralement de petites molécules avec de nombreuses fonctions, notamment la signalisation, les effets inhibiteurs sur les enzymes, le cofacteur de l'enzyme et la protection de la plante contre plusieurs agents pathogènes et maladies. Les métabolites sont de deux types ; primaires et secondaires, distingué en fonction de leur rôle dans les activités cellulaires (Wang et al., 2019; Adetunji et al., 2021).

II.1. Les métabolites primaires

Les métabolites primaires ou appelé aussi les métabolites centraux sont l'une des deux classes des métabolites qui existe ; Ce sont des composés organiques sécrétés par les plantes et qui sont également impliqués dans les divers processus métaboliques d'un organisme essentielle à sa croissance et développements à savoir ; la photosynthèse, la respiration, la synthèse d'hormones et de protéines. La production de métabolites primaires ce fait généralement à un rythme élevé, à cause de leurs rôle important dans plusieurs processus métaboliques, aussi sont présents dans presque toutes les parties au sein des espèces végétales. Parmi les métabolites centraux (Primaires) qui existe, (i) les lipides ce forme d'acides gras monoinsaturés et poly-insaturés. (ii) les glucide comme le glucose, le fructose, le saccharose...etc. (iii) les acides aminés l'arginine, l'histidine, l'isoleucine, ainsi que vitamine (Adetunji et al., 2021).

III.1.1. Les lipides

Les lipides sont des molécules hydrophobes ou amphiphiles soluble dans les solvants organiques et inorganiques. les lipides végétaux comprennent des dérivés d'acides gras, tels que les triacylglycérides et les glycérophospholipides, une variété de composés aromatiques et de type hydrocarbure, tels que les stérols , les caroténoïdes et les terpènes et les cires, Bien qu'ils existe de nombreux différent classes des lipides, les triacylglycérides et les glycérophospholipides sont les principaux composés utiles sur le plan industriel que l'on trouve dans la plupart des semences de plantes cultivées domestiques, telles que le soja, le maïs et les plantes supérieures (Tao., 2007; Li-Beisson et al., 2016).

III.1.2. Les glucides

III.1.2.1. Définition

Les glucides sont une grande classe de molécules essentielles communes à tous les organismes, sont présents chez les procaryotes et eucaryotes et sont synthétisés par gluconéogenèse, ou photosynthèse. La plupart des glucides ont une formule chimique brute de type $(\text{CH}_2\text{O})_n$ avec $n \geq 3$. On les trouve le plus abondamment sous forme de polymères, soit sous forme d'oligosaccharides ou de polysaccharides, généralement liés à des protéines ou des lipides. Les glucides possèdent une multiplicité de centres chiraux et un grand nombre de modifications spécifiques, y compris l'acétylation, la méthylation, l'oxydation et la sulfonation, créant une grande diversité chimique à partir de blocs de construction glucidiques simples. Les polysaccharides sont des polymères formés d'unités répétitives glucidiques reliées par des liaisons O-glycosidiques. Ce sont principalement des polymères linéaires, mais ils peuvent contenir divers degrés de ramification (Garron et Cygler., 2010; Champ., 2018).

III.1.2.2. Classification

Les glucides constituent une classe de composés très hétérogène en termes de masses moléculaires, de devenir métabolique et le type de liaison α ou β . Les principales classifications prennent en compte le degré de polymérisation des molécules (DP 1-2 = sucres ; DP 3-9 =Oligosides ; DP ≥ 10 = polyosides) (tableau II) (Cummings et Stephen., 2007; Champ., 2018).

Tableau II: Classifications et dénominations des glucides En fonction du degré de polymérisation (Champ., 2018).

Classes	Nomination	Exemple de glucides	
DP \leq 2	Oses	Glucose, fructose	Glucides Simples
	Diosides	Saccharose, lactose, maltose	
	Polyols	Sorbitol, xylitol, maltitol	
3 \leq DP \leq 9	Oligosides	Maltodextrines (de DP \leq 9) Glucides complexes Inuline (fraction dont DP \leq 9), fructooligosides galactooligosides (dont les α -galactosides), xylooligosides, polydextrose	Glucides complexes
DP \geq 10	Polyosides	Amidon, glycogène (α -glucanes) Cellulose, pectines, hémicelluloses (dont les arabinoxylanes, les xyloglucanes), β -glucanes, gommages végétales et mucilages, hydrocolloïdes	

III.1.2.3. Propriétés fonctionnelles

Ces dernières années, les polysaccharides dérivés des plantes naturelle ont attiré l'attention en raison de leurs multiples rôles tant que macromolécules biologiquement actives (Wang et al., 2018).

En effet les polysaccharides ont fait l'objet d'une attention particulière dans les industries alimentaires en raison de leurs propriétés fonctionnelles idéales, telles que la bonne capacité de rétention d'eau et d'huile, des propriétés moussantes, une capacité émulsifiante, des propriétés épaississantes et gélifiantes (tableau III). L'intérêt des polysaccharides ne se limite pas seulement à ces propriétés mais aussi ils confèrent activités antioxydantes, immunomodulatrices, hypoglycémiques, prébiotiques et antitumorales (Wang et al., 2018).

Tableau III : Quelques propriétés fonctionnelles des polysaccharides.

Propriétés fonctionnelles	Polysaccharides impliqués	Origine de la fonction	Références
La capacité de rétention d'eau	Pectines, mucilages.	Cette capacité à retenir l'eau due la forte concentration de groupes hydroxyle libres dans leurs structures, force ionique et à la forme des ions présents dans la solution, au pH, à la température, à la taille des particules et à la porosité des échantillons.	(Bayar et al., 2016).
La capacité de Rétention d'huile	Pectines, mucilages Et hydrocolloïdes.	L'absorption d'huile est principalement liée aux propriétés de surface des particules comme le caractère hydrophile et à la densité de charge globale des constituants.	(Bayar et al., 2016; Wang et al., 2018).
Solubilité	Pectines, gommes, mucilage et certaines hémicelluloses	La présence d'un groupe tel que COOH ou SO_4^{2-} augmente la solubilité.	(Elleuch et al., 2011).
Capacité et la stabilité de la mousse	Pectines, Mucilage, Hydrocolloïdes et β -glucanes	L'amélioration de la stabilité et la viscosité de la mousse est à l'origine des polysaccharides dont ils forment un réseau qui stabilise le film interfacial. En revanche les polysaccharides présents en tunc faible capacité moussante.	(Bayar et al., 2016; Wang et al., 2018).
Capacité et la stabilité d'émulsion	Pectines	L'émulsification est initiée par la liaison de la protéine comme ancre sur les gouttelettes d'huile en raison de son hydrophobicité par rapport aux chaîne glucidiques. En outre la stabilisation dû à des effets stériques élargis du fait de l'association moléculaire entre les chaînes latérales par les protéines.	(Funami, Nakauma et al., 2011).

III.1.3. Les protéines

III.1.3.1. Définition

Les Protéines, c'est un terme inventé en 1838 par un chimiste suédois, signifiant « tenir la première place ». Ce sont des substances les plus complexes parmi toutes les molécules biologiques en termes de structure et de fonction et dans tous les organismes vivants. Les protéines ont une grande valeur nutritionnelle et sont directement impliquées dans les processus chimiques essentiels à la vie . Il n'y a pas de place pour une cellule qui fonctionne sans protéines (Blanco et Blanco., 2017).

III.1.3.2. Structure

La propriété commune de toutes les protéines est qu'elles sont constituées de longues chaînes d'Acides aminés. Selon le nombre d'acides aminés liées, leurs nature chimique (chaîne R) et les degrés de repliement de la chaîne d'acide aminé on distingue différents niveaux d'organisation : Structure primaire ; la forme la plus simple, fait référence à la séquence linéaire et le nombre d'acides aminés dans les chaînes polypeptidiques. La structure secondaire : c'est le pliage et la torsion du polypeptide, généralement maintenue par des liaisons hydrogène. Il existe divers types des structures secondaires en hélice (α), feuillé (β). La structure Tertiaire : décrit l'architecture tridimensionnelle complète de la protéine. La structure quaternaire : spécifique pour les protéines qui ont plus d'un polypeptide et fait référence à l'arrangement spatial des chaînes et aux liens établis entre elles (Blanco et Blanco., 2017).

II.1.3.3. Classification

Les protéines ont été classées principalement en fonction de leurs structures et Composition. La classification est résumée dans le tableau IV :

Tableau IV : Classification des protéines selon les structure et composition (Blanco et Blanco., 2017).

Critères de classifications	Classes	Description	Exemple
Selon la structure	Protéines fibreuses	Ont des Chaînes polypeptidiques longues et parallèles formant des fibres et des feuilles. Ont des rôles structurelle, Insoluble dans l'eau.	-Collagène, élastine, kératine, etc.
	Protéines globulaires	Leurs Chaînes polypeptidiques étroitement repliées formant une structure sphérique. Ont des rôles fonctionnelles, soluble dans l'eau.	-Sérum globulines, insuline, glutélines (blé, riz), etc.
	Protéines intermédiaires	Ont des Chaînes polypeptidiques courts en forme de fibres. Soluble dans l'eau.	-Fibrinogène.
Selon la composition	Protéines simple	Sont composées uniquement d'acides aminés et aucun autre groupe chimique ne leur est attaché	-Albumines : (albumine d'œuf). - Globulines : (les globulines sériques).- Histoires ; (la chromatine. -Scléroprotéines (kératine, collagène)
	Protéines conjugué	Renferme des groupes prothétiques non aminés qui lier sont aux protéines.	-Phosphoprotéines Caséine de lait. -Glycoprotéines (mucine de salive). -Nucléoprotéines -Chromoprotéines. -Hémoglobine. -Lipoprotéine.

II.1.3.4. Propriétés fonctionnelles

Les protéines sont des composés organiques constitués des polymères d'acides aminés, dont ces derniers renferment principalement des atomes ; de carbone, d'azote, d'oxygène, d'hydrogène et de soufre. Le comportement des protéines et leur fonction dépend des propriétés physicochimiques de la protéine (la nature des acides aminé et leurs réarrangements). Parmi les propriétés de cette molécule il existe les propriétés fonctionnelles comme ; la rétention d'eau, solubilité, couleur, gélification, viscosité, l'émulsification et la formation de mousse (tableau V). Les propriété Cité précédemment, ont une grande

importance du point de vue de la technologie alimentaire (créent des systèmes stabilisants, former des gels et développer des films comestibles...) (Higuera-Barraza et al., 2016).

Tableau V : Quelques propriétés fonctionnelles des protéines.

Propriétés fonctionnelles	Caractères impliqués	Mécanisme d'action)	Référence
Propriété moussante	Caractère amphiphile	Système à deux phases, dont des biopolymères protéiniques amphiphiles peuvent se fixer rapidement aux interfaces air-eau. Après fixation, ils subissent des réarrangements conformationnels qui favorisent la réticulation interfaciale et favorisant ainsi la formation de films viscoélastiques cohésifs dans le quelle le gaz (généralement de l'air) est dispersé sous forme de bulles ou de cellules à gaz.	(Ye et al., 2021).
Propriété Emulsifiante	L'hydrophobicité	Les protéines ont une surface hydrophobe s'oriente plus facilement ver l'huile, ce qui réduise l'interaction interfacial et augmente l'activité de l'émulsion.	(Ye et al., 2021).
Solubilité	Caractères ; ioniques de la chaine, poids moléculaire, hydrophobicité.	C'est la portion d'azote dans un produit protéique qui est à l'état soluble dans des conditions spécifiques. La solubilité des protéines est reliée au poids moléculaire et donc au comportement d'association/dissociation, aussi au nombre de chaînes (--R) ioniques exposées et a l'hydrophobicité.	(Wilding et al., 1984).
Capacité de rétention de l'eau	Caractères hydrophiles des acides aminés.	Les molécules d'eau ce sont des molécules bipolaires, dont interagit facilement avec d'autres molécules polaires, y compris les acides aminés polaires et ioniques. Les protéines avec des fractions d'acides aminés polaires élevées ont des capacités élevées de liaison et de rétention d'eau.	(Arif and Pauls., 2018).
Capacité de rétention d'huile	L'hydrophobicité	Comme exemple les protéines de tournesol, sont caractérisé par des chaînes (--R) non polaires qui se lient aux chaînes hydrocarbonées, contribuant ainsi à l'augmentation de l'absorption d'huile.	(Zayas., 1997).

II.2. Les Domaines d'application des métabolites primaires

II.2.1. Protéines

Les protéines sont parmi les biomatériaux les plus abondants, les plus riches en nutriments, les plus complexes. Ce sont des molécules qui renferment : une stabilisation, une élasticité élevée, ainsi qu'une capacité à protéger les cellules, les tissus et les organismes, cela les qualifie comme des excellents candidats pour les utilisations technologiques différents : comme l'administration de composés bioactifs hydrophobes et hydrophiles (industriel agroalimentaire et pharmaceutique), aussi comme hypoglycémiant (domaine biologie)... (Martins et al., 2018).

II.2.1.1. Domaine médicale

D'après une étude sur le lupin (une graine de légumineuse) et le soja il a été prouvé que, ces espèces renferment des peptides bioactifs spécifiques, qui ont un potentiel hypoglycémiant d'après une expérimentation réalisée sur des rongeurs (rats) recevant différentes concentrations de γ -conglutine ainsi qu'un apport constant en surdosage de glucose. Les résultats ont montré une diminution significative de la glycémie postprandiale (Cabello-Hurtado et al., 2016).

II.2.1.2. Domaine agroalimentaire

Les acides gras ω -3 Ce sont des acides gras essentiels trouvés couramment dans les huiles marines et végétales. Cela implique que le corps a besoin de ces molécules. Mais il ne peut pas les synthétiser par lui-même. Aussi ces huiles sont des matériaux hautement hydrophobes qui doivent généralement être incorporés dans des systèmes d'administration à base d'émulsion stabilisées par des protéines (gliadine de blé) avant de pouvoir être introduits dans des produits environnement aqueux, pour les protéger contre l'oxydation des lipides. Les protéines tensioactives (gliadine de blé) s'accrochent à la surface des gouttelettes lipidiques formées lors de l'homogénéisation un revêtement protecteur qui empêche les gouttelettes de s'agréger, également inhiber l'oxydation des lipides en raison de leur capacité à former une barrière stérique entre les phases huileuse et aqueuse, chélate les métaux de transition prooxydants et piège les radicaux libres (Qiu et al., 2015).

II.2.1.3. Domaine pharmaceutique

Dans cette étude ils ont utilisé, la zéine une classe de protéines prolamine du grain de maïs utilisé comme systèmes d'administration de 5-fluorouracile pour le ciblage hépatique (anticancéreux), dont la zéine existe sous forme de petits globules d'un diamètre compris entre 150 et 550 nm est sa dans une solution aqueuse d'éthanol. La molécule de zéine a une forme de brique très spéciale qui favorise le transporter d'autres molécules à l'intérieur (5-fluorouracile). Après la formation de complexe (zéine et 5-fluorouracile), il est administré pour que sera absorbé et gagne sa cible (Lai et Guo., 2011).

II.2.2. Les glucides

Ces dernières années, les différentes industries sont dirigées vers l'exploitation des ingrédients de source naturelles, bien qu'ils ne causent pas de danger pour la santé humaine abondantes, production durable et à faible coût, la biodégradabilité, la biocompatibilité, la solubilité dans l'eau ce qui confère une meilleure amélioration de leurs produits (Nayak et al., 2021).

II.2.2.1. Domaine médicale

Les polysaccharides présentent des multiples rôles en termes d'activité biologique à savoir les Modification de la réponse biologique notamment comme adjuvant dans les traitements post-opératoires, chimiothérapie, radio chimiothérapie. Ils possèdent aussi des activités antioxydantes dont ils peuvent agir comme donneurs d'électrons et réagir avec les radicaux libres pour les convertir en produits plus stables, mettant ainsi fin aux réactions radicalaires en chaîne. En outre que ces activités les polysaccharides disposent des activités immunomodulatrices, antitumorales, anti-inflammatoires et anti-pathogènes (Leung et al., 2006; Sila et al., 2014).

II.2.2.2. Domaine agroalimentaire

Les polysaccharides sont utilisés depuis longtemps dans les industries alimentaires en raison que sont des polymères non toxiques et biocompatibles qui jouent un rôle important en tant que piègeurs de radicaux libres alimentaires pour la prévention des dommages oxydatifs et comme additifs intéressants pour plusieurs industries (Sila et al., 2014). En raison de leurs propriétés multifonctionnelles et caractéristiques physicochimiques les polysaccharides présentent une application croissante en tant que modificateurs de texture, épaississants, gélifiants et émulsifiants dans les industries alimentaires (Wang et al., 2018).

II.2.2.3. Domaine pharmaceutique

De nombreux polysaccharides de sources végétales ont déjà été explorés et exploités en tant qu'agents biopolymères dans différents domaines de la santé, y compris l'industrie pharmaceutique en tant qu'excipients de formulation de dosage et améliorateurs de performance de dosage en termes de modèle souhaité de libération, stabilité améliorée, biodisponibilité améliorée, spécificité cible souhaitée du médicament (Nayak et al., 2021). En effet les polysaccharides ont pris un large usage le domaine pharmaceutique En tant qu'agents de suspension augmentent la résistance à la traction de la couche d'hydratation produite autour des particules en suspension, liants dans de nombreux comprimés pharmaceutiques, agents de désintégration, formateurs de matrice, retardateurs de libération, enveloppes des gélules... (Nayak et al., 2021).

II.2. Les métabolites secondaires

Les métabolites secondaires des plantes supérieures comportent plusieurs produits chimiques qui appartiennent à différentes familles de métabolites, comme les alcaloïdes, les isoprénoïdes et les composés phénoliques tel que les phénylpropanoïdes et flavonoïdes qui peuvent être un origine important d'antibiotiques, d'antinéoplasiques, d'analgésiques et d'agents cardioprotecteurs (Pagare et al., 2015; Kumar et al., 2021). En effet, les métabolites secondaires (SM) sont des composés qui ne sont pas nécessaires à la vie d'une plante, cependant jouent un rôle dans les réactions des cellules avec leur environnement. Ces composés sont généralement inclus dans la protection des plantes contre les stress biotiques ou abiotiques (Pagare et al., 2015).

*Matériel et
méthodes*

III. Matériel et méthodes

III.1. Matériel

III.1.1. Matériel végétale

L'échantillonnage des écorces des deux espèces *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. ont été réalisés suite à l'obtention d'une réponse favorable de la part de la direction de conservation des forêts de la wilaya de Bouira. Des prélèvements représentatifs et aléatoires ont été faits le 23 février 2022 au niveau de la forêt de Ain Turk (36°24'24.1"N 3°49'31.0"E) pour l'essence *P. pinea* L, et dans la forêt de Saharidj (36°23'28.2"N 4°16'03.1"E) pour *P. halepensis* MILL (Annexe I).

III.1.2. Appareillage

L'ensemble des équipements adoptés pour cette étude sont : Broyeurs (FRITSCH premium line pulverisette 7), Ultrason (ULTRASON H-D JP.SELECTA,sa), Centrifugeuse (SIGMA 3-16L), Lyophilisateurs (CHRIST Alpha 1-2 LDplus), Balance analytique (OHAUS^R PIONEERTM), Spectrophotomètre UV-visible (OPTIMA_R SP-3000nano), Etuve (memmert GmbH + Co.KG), Bain marie (Ch DAIHAN Scientific MaXturdyTM 18, 18 Lit.), Agitateur numérique vertical série LBX (OS20 / OS40), Fourre à moufle (Wisd...), Vortex (Nahita 681/5), Soxhlet (behrlabor-Technik).

III.1.3. Réactifs et solutions du travail

Le tableau (VI) représente les différents réactifs utilisés pour la réalisation de travail pratique ainsi que leur provenance correspondante.

Tableau VI : Les réactifs de travail utilisés selon les protocoles sectionnés pour l'étude.

Catégorie	Produits utilisé
Solvants	Ethanol 96° (Speclilab), hexane (CH ₃ (CH ₂) ₄ CH ₃) (Emplura). Acide sulfurique (Sigma-Aldrich) acide phosphorique 85° (Biochem), Trichlorure d'aluminium (AlCl ₃) (Sigma-Aldrich), Huile de tournesole (Civitale), eau distillée (laboratoire 08 de la faculté SNV de bouira).

Produits chimiques	Acide gallique (Biochem), L'acide 3,5-dinitrosalicylique (DNS) (Sigma-Aldrich), Bicarbonate de sodium (NaCO ₃) Biochem), (Bleu Brilliant de Coomassie BBC (Biochem), Folin-Ciocalteu (Biochem), tartrate de sodium et de potassium tétrahydraté (C ₄ H ₄ KNaO ₆ ·4H ₂ O) (Sigma-Aldrich), sodium hydroxide (NaOH) (Sigma-Aldrich), Quercétine (Sigma-Aldrich), Glucose (Sigma-Aldrich), BSA (Sigma-Aldrich), Anthrone (C ₁₄ H ₁₀ O).
---------------------------	--

III.2. Méthodes

III.2.1. Préparation de la matrice végétale

La fraction d'écorce de *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. ont été bien nettoyé par l'eau distillé afin d'éliminer la poussière et tout trace d'impureté adhérent à la surface (pesticide, contaminant (champignons)...etc.). Par la suite, ont été séchées pendant une semaine à température ambiante. Après, ont été broyés séparément manuellement afin de dégradé les parois dure, puis par un micro-broyeur planétaire. Les broyats récupérés ont été tamisé par un tamiseur de 200 µm. La poudre fine a été stocker dans des récipients hermétiques à température ambiante avant de mener les expériences (Annexe I).

III.2.2. Caractérisation de la composition chimique des poudres des écorces des deux espèces (*Pinus halepensis* MILL et *pinus pinea* L.)

III.2.2.1. Teneur en cendre

La fraction cendre fait référence au résidu incombustible restant après qu'une masse d'échantillon est introduite dans un atmosphère oxydante de 5 à 6h à 575°C jusqu'à la combustion ou l'oxydation complète de la matière organique (échantillon) (Ismail., 2017).

Les cendres ont été déterminer conformément à la méthode décrite par Ismail (2017) avec quelques modifications ; les creusets en silice fondue ont été d'abord pesées vide, ensuite des masses de 1g de la poudre d'écorce des deux espèces *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L ont été introduites dans les creusets, après ont été incinérées dans un four à moufle pendant 5 à 6h à 575°C (Annexe I). Une fois le four à moufle est refroidi, les creusets ont été Retirez et placer dans un dessiccateur pour les refroidir, puis peser avec une balance analytique. La teneur en cendres est calculée selon la (formule 01) :

$$\text{Cendres (mg/g)} = \frac{(\text{poids des cendres})}{(\text{poids de l'échantillon d'origine})} \times 100 \dots (01)$$

III.2.2.2. Niveau d'humidité

La teneur en humidité est déterminée par la différence de poids d'un échantillon après un chauffage à température bien spécifiée. La différence de poids, reflète la teneur en eau comprise (Nielsen., 2010).

Le protocole adopté pour évaluer le niveau d'humidité a été décrit par Dos Santos viana et al., (2018). D'abord des récipients jetables en aluminium utilisés pour mettre à l'intérieur notre échantillon de poudre d'écorces des deux espèces *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. ont été pesés. Ensuite 1g de poudre de notre échantillon a été déposé dans les récipients préalablement pesés. Puis, ont été séchés dans une étuve à une température comprise entre 103 ± 2 °C jusqu'à ce qu'une masse constante soit atteinte (Annexe I). La manipulation a été menée en triple. La teneur en humidité est calculée selon la formule (02) :

$$\text{Humidité (\%)} = \frac{\text{Poids humide} - \text{Poids sec}}{\text{Poids humide}} \times 100 \dots (02)$$

III.2.2.3. Matières grasses

La composition en matières grasses a été quantifiée avec une extraction liquide-solide (Soxhlet) par un solvant organique hexane dont la matière grasse se solubilise. À une température bien déterminée, le solvant organique s'évapore et les graisses seront condensées puis quantifiées (Carpenter., 2010).

Des masses de 5g des poudres fines des écorces des deux espèces étudiées *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. ont été pesées et introduites dans des cartouches en papier épais, puis ces cartouches ont été transférées dans le réservoir à siphon surmonté d'un réfrigérant. Ensuite 150 ml de solvant organique d'extraction l'hexane ont été mis dans un ballon en verre spéciale, après ce dernier a été déposé sur une source de chaleur et laissé bouillir (l'ébullition de l'hexane est à 68°C). La matière grasse a été extraite par l'hexane bouillant, et a été arrêtée au bout de 6 heures. Le solvant gras a été récupéré dans un ballon où il est ensuite évaporé au moyen d'un évaporateur rotatif à 68°C (Annexe I). La teneur en lipide a été calculée selon la (formule 03) (Feknous et al., 2014).

$$\text{Matière grasse (mg/g)} = \frac{M_2}{M_1} \dots (03)$$

Avec :

M₁ : La masse initialement introduite de la poudre.

M₂ : La masse des lipides après extraction.

III.2.2.4. Taux de protéine

La quantification des protéines par la méthode de Bradford qui repose sur le fait que le colorant bleu brillant de Coomassie G-250 en milieu acide, engage des liaisons avec les protéines, donnant une couleur bleue proportionnelle à la concentration des protéines dans la solution. Les absorbances est lise à 595 nm (Kruger., 2009).

La procédure qui a été suivie pour la mesure des taux de protéine dans les poudres des écores des deux espèces *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. a été décrite par Mæhre et al., (2018) dont deux solutions de (1mg/ml) de nous échantillons cité précédemment ont été préparé, puis des volumes de 100 µL des deux solution mère ont été prélevé et mélanger avec 3 ml de solution de Bradford et incubés pendant 10 min à température ambiante. Pour calculer la concentration inconnue en protéines des échantillons, une courbe standard de BSA de différentes dilutions a été faite. Les absorbances ont été lue à 595 nm. La teneur en protéine a été calculée, comme indiquée dans la formule (4).

$$CP = \frac{C_1}{C_2} \dots \dots (4)$$

C_1 : La concentration en protéine par milligrammes d'équivalents BSA (mg BSA/ml).

C_2 : La concentration initiale d'extrait (g/ml).

III.2.2.5. Teneurs en carbohydrates

L'extraction par ultrason est basée sur la propagation des ondes ultrasonores à travers les matrices cibles via la compression et la raréfaction. Celle-ci engendre la formation des cavitations apte à favorisé la pénétration de solvant et la destruction des surfaces externes des matrices ciblées (Ojha et al., 2020).

Les complexe (polysaccharides-protéine) ont été extraits de la poudre fine (200 µm) en référence au Abbou et al., (2019) avec quelques modifications. Des masses de 40g de poudre des deux espèces *P. pinea* L et *P. halepensis* MILL a été extraite avec 400 ml d'eau distillé (M/V) dans un bain à Ultrason de 50/60 Hz à une température de $60 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 30 minutes. Ensuite, une filtration avec un papier filtre whatman N°1 a été mise en place dont le filtrat récupéré a été concentré dans une étuve à 40°C pendant 24 heures. Deux volumes d'éthanol ont été ajoutés à la solution concentrée puis laissés précipiter pendant 24 heures à 4°C , suivi d'une centrifugation à 8000 G pendant 15 minutes. Puis, le surnageant a été éliminé et le culot a été récupéré puis lyophilisé pendant 11 heures et 30 minutes à -58°C

et l'extrait lyophilisé a été stocké dans des eppendorfs 4°C. La teneur en carbohydrate a été déterminée selon la formule (06) :

$$\text{TCH} = \frac{M_2}{M_1} \dots\dots (06)$$

M_1 : La masse intaille de la poudre d'échantillon utilisé dans l'extraction (g).

M_2 : La masse finale de l'extrait après extraction et purification (mg).

III.2.3. Préparation des extraits éthanoliques

La macération est une méthode qui consiste à laisser la poudre du matériel végétal en contact prolongé avec un solvant sélectif à température ambiante pour en extraire les principes actifs (Feknous et al., 2014).

La préparation de l'extrait éthanolique de la poudre d'écorce pour les deux espèces a été déterminée suivant la méthode de Peng et al., (2021). Des masses de 5 mg de poudre des deux espèces a été mise dans 50 ml d'éthanol, suivi d'une homogénéisation douce pendant 24 heures à température ambiante et à l'abri de la lumière. La solution homogène a été filtrée à travers un papier filtre whatman N°1, dont le filtrat a été soumis à une évaporation sous vide à 40°C pendant 24 heures.

III.2.4. Evaluation des taux des composés phénoliques

III.2.4.1 Dosage des polyphénols totaux

La méthode de Folin Ciocalteu est une méthode de dosage colorimétrique des polyphénols basée sur la réduction de réactif de Folin-Ciocalteu dont une couleur bleu ce produise qui possède une absorption maximum à 765 nm où elle est proportionnelle à la quantité des composés phénoliques (Waterhouse., 2002).

La teneur totale en polyphénols a été évaluée par spectrophotométrie en utilisant la méthode modifiée de Folin-Ciocalteu décrite par Jovanovic et al., (2017) .Des concentrations de 0.1 mg/ml d'extrait de poudre des deux espèces *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. a été préparée. 500 µl a été mélangé avec du réactif de Folin-Ciocalteu préalablement dilué avec de l'eau. Suivis d'une incubation pendant 2 minutes à température ambiante. Ensuite, 1,5 ml de solution de carbonate de sodium (7,5 %) ont été ajoutés. L'ensemble a été incubé dans un bain marie à 50°C pendant 15 min. L'absorbance a été mesurée à 765 nm contre un blanc (solvant d'extraction, réactif FC et solution de carbonate

de sodium dans le même rapport que dans les échantillons), en utilisant le spectrophotomètre. Des analyses en triple ont été effectuées pour chaque extrait. Le TPT est quantifié à partir de la courbe d'étalonnage basées sur un standard de polyphénols de référence acide gallique mesuré dans les mêmes conditions expérimentales et à la longueur d'onde, et le TPT a été exprimé en milligrammes d'équivalents d'acide gallique par gramme d'extrait (mg GAE/g d'extrait). La teneur en polyphénols dans l'extrait a été calculée selon la formule (07) :

$$\text{TPT} = \frac{C_1}{C_2} \dots\dots (07)$$

C_1 : La concentration en polyphénols par milligrammes d'équivalents d'acide gallique (mg CAE/ml).

C_2 : La concentration initiale d'extrait (g/ml).

III.2.4.2. Dosage des flavonoïdes

L'une des méthodes fréquemment utilisé pour la détermination des flavonoïdes totaux dans les extraits de plantes est le dosage colorimétrique du chlorure d'aluminium (AlCl_3), qui forme des complexe AlCl_3 -flavonoïdes de couleur jaune et leur absorbance est mesurée dans la gamme 410–440 nm (Shraim et al., 2021).

Le dosage des flavonoïdes a été fait en référence au Shraim et al., (2021) avec des modifications. Des solutions de 10 mg/ml d'extrait des deux espèces *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. ont été préparées .1 ml d'extrait (10 mg/ml) a été mélangé avec 1 ml d' AlCl_3 (2%) ensuite, incubé pendant 10 minutes à température ambiante. L'absorbance a été mesurée à 430 nm contre un blanc (solvant d'extraction, réactif d' AlCl_3 dans le même rapport que dans les échantillons), en utilisant le spectrophotomètre. Des analyses en triple ont été réalisées pour chaque extrait. La quercétine a été utilisée comme étalon pour la courbe d'étalonnage, et le TF a été exprimé en milligrammes d'équivalents de quercétine par gramme d'extrait (mg QEE/g d'extrait).

La teneur en flavonoïdes dans l'extrait a été calculée par la relation (08) :

$$\text{TF} = \frac{C_2}{C_1} \dots\dots (08)$$

C_1 : La concentration en flavonoïdes par milligrammes d'équivalents de quercétine (mg QEE/ml)

C_2 : La concentration initiale d'extrait (g/ml).

III.2.5. Préparation des extraits complexe (polysaccharide-protéine) des écorces des deux espèces (*Pinus halepensis* MILL et *Pinus pinea* L.)

Le modèle adopté pour extraire et isolé la fraction, EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *pinea* L. a été cité précédemment dans la partie caractérisation de la composition chimique pour nous échantillons (II.2.4.5. Teneurs en carbohydate).

III.2.6. Détermination de la teneur en sucre et protéines des extrait complexe (polysaccharide-protéine) des écorces des deux espèces (*Pinus halepensis* MILL et *Pinus pinea* L).

III.2.6.1. Dosage des sucres réducteurs

La méthode d'acide 3,5-dinitrosalicylique (DNS) est une technique colorimétrique basé sur la réaction de réduction de 3,5-dinitrosalicylique de couleur jaune en présence des sucres réducteurs en 3-amino-5- nitrosalicylique de couleur rouge foncé qui présente une absorption maximale à 540 nm. (Garriga et al., 2017).

La teneur en sucre réducteur a été déterminé suivant la méthode décrite par Garriga et al., (2017) avec quelques modifications. 1 ml des solutions de 1mg/ml préparé à partir de la poudre des écorces de *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. a été mélangé avec 1 ml de réactif de DNS. Ensuite, une incubation à 100°C pendant 5 minutes a été réalisée puis refroidir à température ambiante. 8 ml d'eau distillé ont été ajouté au mélange. L'absorbance a été mesurée à 540 nm contre un blanc (eau distiller, réactif de DNS dans le même rapport que dans les échantillons), par le spectrophotomètre. Des analyses en triple ont été effectuées pour chaque extrait. La teneur en sucres réducteurs est quantifiée à partir de la courbe d'étalonnage basées sur un standard de glucose mesuré dans les mêmes conditions expérimentales et à la longueur d'onde. Les résultats ont été exprimés en milligrammes d'équivalents de glucose par gramme d'extrait (mg GLU /g d'extrait).

La teneur en sucres réducteurs dans l'extrait a été calculée selon la formule (09) :

$$TSR = \frac{C_1}{C_2} \dots\dots (09)$$

C₁ : La concentration en sucres réducteur équivalent glucose (mg/ml).

C₂: La concentration d'extrait (g/ml).

III.2.6.2. Dosage des sucres totaux

La méthode d'anthrone se base sur la déshydratation des sucres en dérivés furfural en présence d'un acide concentré. Ces dérivés furfural qui interagissent avec le réactif d'anthrone après chauffage pour donner un composé coloré vert qui absorbe à 620 nm (Clément., 2008).

En référence au travail de Duvhateau et Florkin., (1959) avec quelques modifications. Les teneurs en sucres totaux ont été quantifiées par la méthode d'anthrone. Les analyses ont été réalisées à partir des solutions mères d'extrait des complexes polysaccharides et protéines de 1 mg/ml pour les deux espèces *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. 100 µl d'extrait ont été additionné avec 4 ml de réactif d'anthrone puis, chauffé à 80°C pendant 10 minutes. L'absorbance a été lue à 620 nm contre un blanc de gamme. Les analyses ont été effectuées en triple pour chaque extrait. Les sucres totaux ont été quantifiés à partir de la courbe d'étalonnage basé sur un standard de glucose de référence mesuré dans les mêmes conditions expérimentales et à la longueur d'onde, et les sucres totaux ont été exprimé en milligrammes d'équivalents de glucose par gramme d'extrait (mg GLU/g d'extrait).

La teneur en sucres totaux dans l'extrait a été calculée selon la formule (10) :

$$\text{TST} = \frac{C_1}{C_2} \dots\dots (10)$$

C_1 : La concentration en sucres totaux équivalent glucose (mg/ml).

C_2 :La concentration d'extrait (g/ml).

III.2.6.3. Dosage des protéines

L'évaluation de la quantité en protéine pour notre extrait a été réalisée selon la méthode Bradford, qui a été illustrée précédemment en détail dans la partie ; caractérisation de la composition chimique de la poudre d'écorce (II.2.4.4. Taux de protéine).

III.2.7. Evaluation des propriétés fonctionnelles des extrait complexe (polysaccharide-protéine) des écorces des deux espèces (*Pinus halepensis* MILL et *Pinus pinea* L.)

Les propriétés fonctionnelles d'extrait protéine-polysaccharides d'écorce de *P. halepensis* MILL (EPPEP. *halepensis* MILL.) et l'extrait protéine-polysaccharides d'écorce

de *P. pinea* L. (EPPEP. *pinea* L.), ont été évaluées en déterminant leurs solubilités, leurs propriétés émulsifiantes et moussantes ainsi que, leurs capacités de rétention d'eau/huile.

III.2.7.1. Solubilité

Le concept de solubilité représenté par la limite supérieure du soluté (substance) qui peut être dissous dans une quantité donnée de solvant, dans des conditions spécifiques due aux forces intermoléculaires (soluté-solvant) (Gong et al., 2007).

La méthode qui a été adoptée pour l'évaluation de la solubilité des EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *pinea* L. a été décrite par Zhu et al., (2017) en y apporté quelque modification ; d'abord des tubes coniques à centrifugé ont été pesés vide, puis différentes masses des extraits des échantillons étudiés ont été placés dans des tubes coniques et pesés. Ensuite divers volumes d'eau distillée ont été ajoutés aux tubes préparés, donc des solutions à différentes concentrations ont été préparées (0,5 % 5 mg/ml), (1 % 10 mg/ml), (2 % 20 mg/ml). Les solutions préparées ont été incubées pendant 90 min à température ambiante, avec homogénéisation de 5 s toutes les 30 min à l'aide d'un vortex. Après les solutions ont été centrifugées à 7 155 g pendant 30 min et les surnageants ont été éliminés, et les tubes à centrifuges ont été séchés à 55 °C dans une étuve pendant 30 min. L'expérience a été menée en triple. La mesure de la solubilité a été effectuée suivant la (formule 11) :

$$\text{Solubilité (\%)} = \frac{(M_0 - M_1)}{M_0} \times 100 \dots\dots (11)$$

Avec :

M_0 : poids initial des extraits complexes des écorces des deux espèces *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L.

M_1 : le poids des résidus séchés.

III.2.7.2. Capacité de rétention de l'eau

La capacité de rétention d'eau (CRE) est basée sur l'interaction directe des molécules d'un échantillon donné (Protéine, polysaccharide...etc.) avec l'eau (Zayas., 1997).

La mesure de la (CRE) a été réalisée selon la méthode proposée par Wang et al., (2018) avec quelques modifications. D'abord des solutions à différentes concentrations (1 % 10 mg/ml), (2 % 20 mg/ml) placés dans des tubes coniques et pesés. Ensuite les solutions préparées ont été agitées à l'aide d'un agitateur magnétique toutes les 5 min et maintenues

pendant 30 min, puis les tubes ont été centrifugés à 3000 g pendant 25 min. Après les surnageants ont été éliminés et les excès d'eau ont été drainé à 50 °C pendant 25 minutes. L'expérience a été menée en triple. La (CRE) a été calculé selon la formule (12) :

$$\text{CRE (g/g)} = \frac{\text{poids de l'échantillon après l'absorption d'eau}}{\text{poids de l'échantillon initiale}} \dots\dots (12)$$

III.2.7.3. Capacité de rétention d'huile

La capacité de rétention d'huile (CRH) correspond à l'aptitude d'un échantillon (protéine, polysaccharide...) à retenir et absorbé par unité de masse une quantité d'huile (Wang et al., 2018).

La méthode qui a été utilisée pour la détermination de ce paramètre a été décrit par Wang et al., (2018) avec quelque modification. D'abord des différentes masses connues des EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *pineae* L. ont été transféré dans des tubes coniques et pesé, puis mélangés avec des volumes d'huile de tournesol. Donc des solutions a différente concentration ont été préparés (1 % 10mg/ml), (2 % 20 mg/ml). Les mélanges ont été agités à l'aide d'un vortex pendant 1 min, et laissés pendant 30 min. Après les solutions ont été centrifugé à 3000 g pendant 25 min. Les surnageants ont été retirés et les tubes ont été égoutté pendant 30 min sur un papier filtre avant de les repesés. L'expérience a été menée en triple. La CRH a été calculé suivant la formule (13) :

$$\text{CRH (g/g)} = \frac{\text{poids de l'échantillon après l'absorption d'huile}}{\text{poids de l'échantillon initiale}} \dots\dots\dots (13)$$

III.2.7.4. Capacité moussante et stabilité de la mousse

La capacité moussante (FC) se base sur la formation d'un film cohésif à l'interface eau-air pour assurer une bonne formation de mousse. La stabilité moussante (SM) c'est la capacité de maintenir la stabilité et empêcher la rupture et la coalescence subséquente (Cano-Medina et al., 2011).

La capacité moussante (CM) et la stabilité moussante (SM) ont été mesurées en correspondance à la méthode de Wang et al., (2018) avec quelques modifications. Deux différentes concentrations 0,5% et 1% ont été préparé à partir EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *pineae* L. Les deux solutions ont été homogénéisées à température ambiante à l'aide d'un fouet électrique pendant 5 minutes. Le volume de moussage a été mesuré à (t = 0 s) pour déterminer le CM et après 30 min pour évaluer le FS. FC a été exprimé en pourcentage

d'augmentation de volume après homogénéisation à $t = 0$ min , et FS a été exprimé en pourcentage de volume de mousse après 30 min (Annexe I).

Le CM et le SM ont été calculés en se basant sur les formules (14), (15) :

$$\text{CM (\%)} = \frac{\text{le volum initiale de la mousse}}{\text{le volum total de la suspension}} \times 100 \dots\dots\dots (14)$$

$$\text{SM (\%)} = \frac{\text{le volum finale de la mousse}}{\text{le volum total de la suspension}} \times 100 \dots\dots\dots (15)$$

III.2.7.5. Capacité émulsifiante et stabilité de l'émulsion

La capacité émulsifiante (EC) est basée sur la réduction de la tension à l'interface eau huile et aider à prévenir la coalescence. La stabilité d'une émulsion (ES) provient de la matrice membranaire qui entoure la goutte d'huile et empêche sa coalescence (Cano-Medina et al., 2011).

La capacité émulsifiante (CE) et la stabilité de l'émulsion (SE) a été déterminé comme décrit par Wang et al., (2018) avec quelques modifications. Deux solutions à concentration différentes 0,5% et 1% ont été préparés à partir EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *pinea* L. 10 ml des solutions à différentes concentration ont été mélangé avec 3 ml d'huile de tournesol à l'aide d'un agitateur numérique vertical à 10 000 tr/min pendant 1 minute à température ambiante. Les mélanges ont été centrifugés à 1000 g pendant 10 minutes. L'SE a été déterminée en chauffant l'émulsion à 80 ° C pendant 30 min, puis en la refroidissant à température ambiante et centrifugé à 1000 g pendant 10 min (Annexe I). Le CE et le SE ont été calculés suivant les formules (16), (17) :

$$\text{CE (\%)} = \frac{\text{le volum d'émulsion}}{\text{le volum total}} \times 100 \dots\dots\dots (16)$$

$$\text{SE (\%)} = \frac{\text{le volum finale d'émulsion}}{\text{le volum total}} \times 100 \dots\dots\dots (17)$$

III.2.8. Analyses statistiques

Les résultats expérimentaux ont été exprimés en moyenne \pm écartype et en pourcentage. Les différences entre les groupes ont été déterminées à l'aide du logiciel GraphPad Prism 8 en utilisant une analyse de variance (T-test). Les différences ont été considérées comme significatives à $p < 0,05$.

*Résultats et
discussion*

IV. Résultats et discussions

Dans cette présente partie, nous montrons l'ensemble des résultats obtenue des trois approches effectuer pour réaliser notre étude : une caractérisation chimique générale des poudres brutes des écorces des deux espèces *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. Une quantification des teneurs en sucres et protéines est réalisée suivie d'une évaluation des propriétés fonctionnelles des extraits complexe (polysaccharides-protéines) des écorces des espèces *P. pinea* L. et *P. halepensis* MILL (EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *pinea* L.).

IV.1. Caractérisation chimique des poudres des écorces des deux espèces (*Pinus pinea* L et *Pinus Halepensis* MILL)

La composition chimique de la poudre des écorces des espèces étudiées regroupe : les métabolites primaires (protéines, glucide, lipide, minéraux) et les métabolites secondaires (polyphénols, flavonoïde...), dont leurs déterminations sont par l'exploitation des différentes méthodes et dosage (dosage de Bradford, dosage des polyphénols, dosage des flavonoïdes, la technique de Soxhlet, méthodes AOAC). L'ensemble des résultats sont répertoriées dans le tableau VII en moyenne \pm écart type.

Tableau VII : Résultat d'une composition chimique globale pour les poudres des écorces des espèces *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L.

Composant chimique	<i>Pinus pinea</i> L.	<i>Pinus halepensis</i> MILL.
Cendre (mg/g)	19,96 \pm 0,17 ^a	33,82 \pm 0,51 ^b
Niveau d'humidité (%)	10,66 \pm 3,51 ^a	9,33 \pm 0,57 ^a
Matières grasse (mg/g)	29,58 \pm 0,1 ^a	28,36 \pm 0,03 ^b
Concentration protéine (mg/g)	180,25 \pm 6,15 ^a	87,90 \pm 3,68 ^b
Concentration en en sucre (mg/g)	2,44 \pm 0,12 ^a	5,90 \pm 0,06 ^b
Concertations des polyphénols (mg E AG /g E)	762,21 \pm 10,73 ^a	662,25 \pm 4,09 ^b
Concentration des flavonoïdes (mg E Q /g E)	11,66 \pm 0,22 ^a	7,76 \pm 0,23 ^b

Les dosages et les tests sont menés en triple (n = 3) et les données sont exprimées en moyenne \pm écart type. Les écart types suivies des mêmes lettres (a ; a) sont significativement identique et les lettres (a ; b) différentes dans la même ligne sont significativement différentes ($P < 0,05$).

L'élément cendre représente la teneur en matière inorganique et incombustible compris dans la poudre d'écorce de nos échantillons. Les résultats de tableau VII montrent que la teneur en cendre retrouvé chez *P. pinea* L. (TC=19,96±0,17 mg/g) est inférieure à celle détecté pour *P. halepensis* MILL. (TC = 33,82 ± 0,51 mg/g). Statistiquement, les résultats dévoilent une différence hautement significative entre les essences *P.halepensis* MILL et *P. pinea* L ($P < 0.0001$). La cendre est le composant qui affecte l'efficacité de la combustion et diminue ainsi la valeur calorifique, il est donc préférable que leurs teneur dans la biomasse soit aussi faible que possible (Butnaru et al., 2022). Selon Miranda et al., (2017) une valeurs de TC = 1.5 % de cendre d'écorce pour *P. pinea* L. cultivé au Portugal a été trouvé dont une légère différence a été enregistré, comparant à *P. pinea* L. par contre largement inférieur à celle révélé chez *P. halepensis* MILL. Le profil de la teneur en cendre des extraits des poudres des écorces des plantes étudiées peut varier sous l'influence de divers facteurs : notamment la fraction végétale, les conditions de croissance, la fertilisation, les techniques de récolte, degré de maturation et localisation géographique (Bakker et Elbersen., 2005).

La teneur totale en humidité a été obtenue en calculant la différence de poids dans 1 g d'écorce avant et après 2h de séchage dans l'étuve à 103 ± 2 °C. Les résultats des tests d'humidité sont représentés dans le tableau VII. Les résultats montrent une légère différence entre le niveau d'humidité des espèces *P. pinea* L et *P. halepensis* MILL. dont la valeur moyenne était respectivement TH=10,66 ± 3.51% et TH = 9,33 ± 0,57 % avec une similarité significative ($P = 0.5518$) comme montré dans le tableau VII. En effet les valeurs d'humidité retrouvé par Aspé et Fernández., (2011) chez l'écorce de *Pinus radiata* (TH = 8,3 ± 1 %) et Miranda et al., (2017) chez l'écorce de *P. pinea* L. (TH = 7,3 %) était inférieur à celle obtenue dans notre étude. La variabilité de la teneur en humidités des écorces est expliquée par divers facteurs responsables y compris la température, l'humidité relative de l'atmosphère, les conditions de la croissance de la plante et leurs capacité à retenir l'eau (Srivastava., 1964).

La fraction de matière grasse fait référence à la quantité d'huile présente dans une matière (poudres des écorces). Les écorces des deux espèces de genre *Pinus* sont pauvres en huile totale dont *P. pinea* L. (MG = 29,58 ± 0,1 mg/g) est légèrement supérieur par rapport *P. halepensis* MILL. (MG = 28,36 ± 0,03 mg/g) (tableau VII). Malgré la légère différence constatée entre les deux types d'arbre mais statistiquement il existe une différence hautement significative entre *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. avec ($P < 0.0001$). L'infime différence entre *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. est en corrélation avec les espèces (la conception...)

P. pinea L. a une teneur meilleure que *P. halepensis* MILL. En comparant les valeurs de la matière grasse qu'on a trouvé avec celle mentionnée par Salim et al., (2019) de l'espèce qui a été étudiée *P. halepensis* MILL. en Palestine (MG = 6,40 %) en constatant que elle est nettement supérieure à notre résultat. L'écart de la teneur en lipides peut être due à la variation des facteurs abiotiques : température, la sécheresse, la disponibilité de la lumière et les nutriments du sol, mais aussi à la différence du pays où ces plants sont cultivés, aussi les facteurs génétiques (Wang et al., 2007; Singer et al., 2016).

La teneur en protéines était estimée par un dosage colorimétrique par le réactif de BBC et un étalon BSA (analyses en triples). Ces teneurs ont été calculées à partir de l'équation de la courbe d'étalonnage (Annexe II) et les valeurs obtenues ont été exprimées par les moyennes en mg équivalent BSA/g de poudre d'écorce (tableau VII). Les valeurs en protéines dans les écorces *P. pinea* L et *P. halepensis* MILL. ont été respectivement TP = $180,25 \pm 6,15$ mg/g et TP = $87,90 \pm 3,68$ mg/g ce qui indique que la teneur en protéines dans l'écorce de *P. pinea* L. est supérieure à celle de *P. halepensis* MILL. Avec une différence significative ($P < 0.0001$). Nos résultats sont contradictoires avec les résultats obtenus précédemment par Mohareb et al., (2017) qui ont montré l'absence totale des protéines chez l'écorce de *P. halepensis* MILL. Cette variabilité a été expliquée par Mohareb et al., (2017) et Srivastava., (1964) par la différence dans l'altitude, la saison et à la résistance de la plante (champignon, ...) ainsi que la nature des protéines présentes.

La teneur en carbohydrate est la quantité des sucres totaux emmagasinés dans un échantillon (exemple : les écorces). La proportion en sucre totale pour les écorces des espèces *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. cultivées dans le nord de l'Algérie donnée dans le tableau VII, montre que *P. halepensis* MILL. renferme plus de carbohydrate (TCH = $5,90 \pm 0,06$ mg/g) que *P. pinea* L. (TCH = $2,44 \pm 0,1$ mg/g), aussi il y a une différence hautement significative entre eux, avec ($P < 0.0001$). Nunes et al., (1999) ont rapporté des teneurs en sucre de *P. pinea* L. du Portugal, largement supérieures (TCH = 36,8 %) à celles de notre étude pour les deux espèces *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. L'explication de cette grande différence est peut-être revenue aux facteurs abiotiques (stress hydrique et salin, carence en minéraux, CO₂, lumière, température, polluants de l'air et du sol) et biotiques (microbes mutualistes et pathogènes, virus, pucerons et plantes parasites) (Lemoine et al., 2013).

Les polyphénols totaux (TPT) font partie des constituants chimiques des végétaux qui sont déterminés par le dosage Folin Ciocalteu en utilisant l'acide gallique comme composé

phénolique standard (Annexe II). Les résultats montrés dans le tableau VII évoque que *P. pinea* L. possède une teneur plus élevée en TPT qui est de l'ordre $TPT = 762,21 \pm 10,73$ mg EAG/ g E, que *P. halepensis* MILL. $TPT = 662,25 \pm 4,09$ mg EAG/ g E, avec une différence très significative entre eux ($P < 0.0001$). Cette différence détectée entre les deux essences est induite par les variations des teneurs en composants bioactifs entre les deux espèces et les interactions de solvant avec la matrice (Contini et al., 2008). La comparaison de nos résultats avec ceux de la littérature indique que les TPT de nos extraits de poudres des écorces sont plus élevés à celle recueilli par Ramos et al., (2022) ($TPT = 568 \pm 12$ mg EAG/ g E) pour *P.pinea* L. de Portugal. *P. halepensis* MILL. expose une TPT plus élevé à celle retrouvé en Palestine ($TPT = 397.79$ mg EAG/ g E) par Salim et al., (2019) Plusieurs facteurs peuvent influencer la teneur en composés phénoliques, les facteurs extrinsèques (tels que les facteurs géographiques et climatiques), les facteurs génétiques, degré de maturation de la durée de stockage (Fiorucci., 2006).

L'évaluation des teneurs en flavonoïdes (TF) dans les écorces de *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. ont été réalisé par un dosage colorimétrique du chlorure d'aluminium et calculé à partir de la courbe d'étalonnage quercétine (Annexe II) dont les résultats ont été exprimé en mg équivalent quercétine / g de poudre d'écorce (tableau VII). Les valeurs obtenues montrent des différences significatives dont TF dans l'écorce de *P. pinea* L. ($TF = 11,66 \pm 0,22$ mg QE /g) a été supérieur à celle de *P. halepensis* MILL. ($TF = 7,76 \pm 0,23$ mg QE /g). Les résultats de notre présente étude est inférieur à ceux de Zeb et al., (2021) dont la TF est égale à $TF = 12,69$ mg E catéchine/g d'extrait sec. Cette variabilité est dû au procédé d'extraction et de dosage ainsi au fait des interaction avec l'environnement, où les TF sont généralement inclus dans la protection des plantes contre les stress biotiques ou abiotiques (Pagare et al., 2015).

D'un point de vue durable et économique, il est important de considérer la biomasse forestiers résiduelle comme une source alternative d'énergie et des composés chimiques. Les écorces des espèces *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. qu'on a étudié renferme différente classe de composé chimique (des composés phénoliques, des minéraux, des glucides, des lipides, des protéines, humidité), avec des teneurs satisfaisantes qui fait des écorces une source prometteuse pour devers applications.

IV.2. Rendements des extractions

Dans le but d'extraire et d'identifier les extraits des écorces hydrosolubles. Nous avons adapté un protocole d'extraction largement utilisé qui s'agit de la méthode ultrason avec un solvant polaire (eau distillée) à chaud, suivie d'une purification (filtration, précipitation à l'éthanol 96% et lyophilisation). Cette méthode d'extractions favorise la solubilisation des fractions hydrophiles. Le rendement a été calculé par la différence de poids entre le poids initial de la poudre d'écorce et le poids finale de l'extrait complexe (polysaccharide-protéines) après lyophilisation. Les résultats de cette manipulation sont représentés en (mg E/g de poudre) dans le tableau VIII.

Tableau VIII : Rendement d'extractions des complexe (polysaccharides-Protéines) des écorces *P. halepensis* MILL et *P. Pinea* L.

Espèce	Masses des extraits sec (mg)	Rendements (mg/g)
<i>Pinus halepensis</i> MILL.	236,02±2,431 ^a	5,90±0,06 ^a
<i>Pinus Pinea</i> L.	97,85±4,898 ^b	2,44±0,12 ^b

Les masses et les rendements sont mené en triple (n = 3) et les données sont exprimées en moyenne ± écart type. Les écart types suivies des mêmes lettres (a ; a) sont significativement identique dans la même colonne et les lettres (a ; b) différentes dans la même colonne sont significativement différentes ($P < 0,05$).

Selon les rendements des extractions mentionnés dans le tableau VIII, les écorces de *P. halepensis* MILL. ont un meilleur rendement d'extraction des composés solubles dans l'eau avec une moyenne de (RE = 5,90 ± 0,06 mg/g), Comparant à celui des écorces *P. pinea* L. (RE = 2,44 ± 0,12mg/g). Statistiquement il y a une différence hautement significative entre le rendement d'extraction des composés solubles dans l'eau des écorcées des deux plants étudié ($P < 0.0001$). Les résultats retrouvés par Weissmann., (1983) pour les rendements d'extractions des composés solubles dans l'eau des écores de *Pinus sylvestris* (RE = 4,8 % dans l'extrait sec d'écorce) et *Pinus nigra* (RE = 3,9 % dans l'extrait sec d'écorce), ont été supérieur par rapport à nos résultats obtenues dans les écorces de *P. pinea* L et *P. halepensis* MILL.

IV.3. Dosages des sucres et protiens d'extrait complexe (polysaccharide -protiens) des écorces des deux espèces (*Pinus pinea* L et *Pinus Halepensis* MILL.)

IV.3.1. Dosage des sucres réducteurs et totaux

En vue de la détermination et quantification de la composition en sucre EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *pinea* L. deux méthodes colorimétriques ont été réalisés à savoir la méthode d'anthrone (détermination des sucres totaux) et la méthode de DNS (détermination des sucres réducteur). L'estimation des teneurs en sucres réducteurs et totaux ont été faites à partir des équations des courbes d'étalonnages de glucose (Annexe II). Les résultats sont représentés par les moyennes plus ou moins les écartypes et exprimés en milligramme équivalent de glucose par gramme d'extraits (figure 14 et 15).

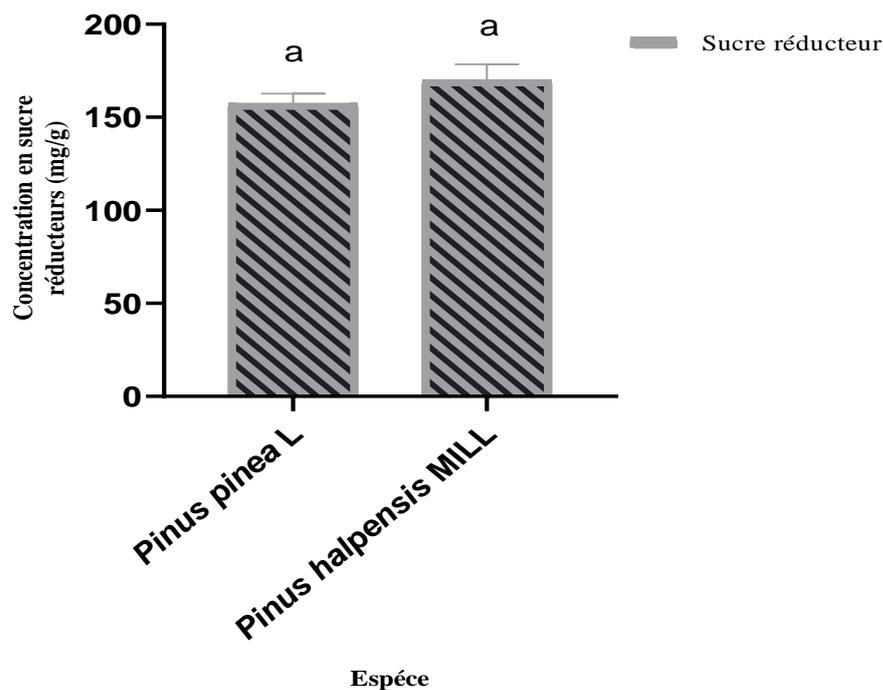


Figure 07 : Variations des teneurs en sucre réducteurs au niveau des EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *Pinea* L. Les valeurs avec la même lettre indiquent aucune différence significative observée ($P < 0,05$).

La figure 14 dévoile que la teneur en sucre réducteur de l'EPPEP. *halepensis* MILL. (SR = 169,99 ± 8,51 mg/g) est légèrement supérieure à celle de EPPEP. *Pinea* L. (SR = 157,34 ± 5,31 mg/g) avec aucune différence significative. Selon Vazquez et al., (2001) le taux des sucres réducteur qu'il a obtenue dans les écorces de *Pinus pinaster* (SR = 15,1 %)

était proche à la valeur de EPPEP. *pinea* L. (SR = 15,73 %) et inférieur à celle de EPPEP. *halepensis* MILL. (SR = 16,99 %). Les différences des teneurs aurait justifié par les méthodes et solvants d'extractions et la compositions brut d'extrait (Vazquez et al., 2001).

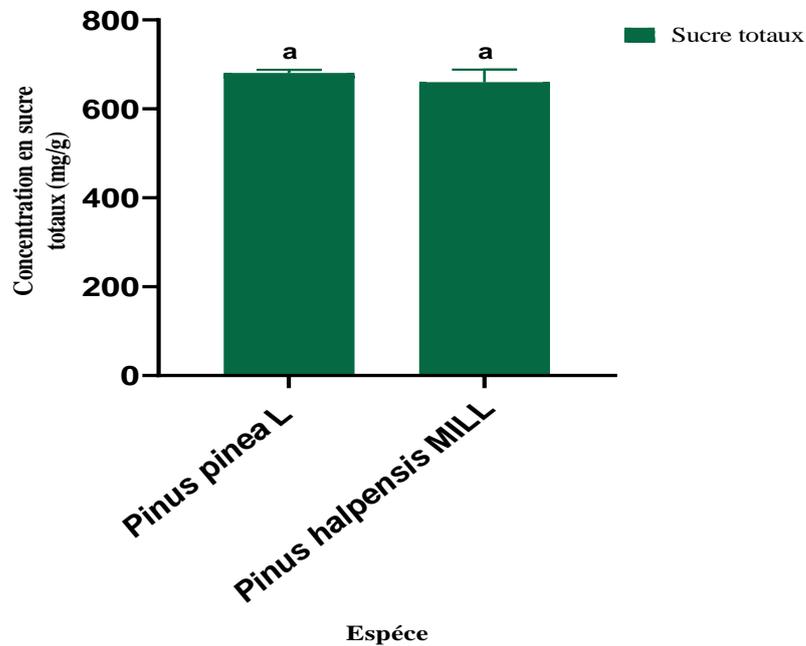


Figure 08 : Variations des concentrations en sucre totaux au niveau des EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *pineae* L. Les valeurs avec la même lettre indiquent aucune différence significative observée ($P < 0,05$).

Comme le montre la figure 15 contrairement à ceux des sucres totaux, dans EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *pineae* L. présente une différence significative dont la teneur en sucre totaux chez *P. halepensis* MILL. (ST = 671, 75 ± 7, 60 mg/g) était inférieur à celle de *P. pineae* L. (ST = 680, 49 ± 7, 18 mg/g). En comparant avec Le résultat obtenue par Weissmann., (1983) dans l'extrait d'écorce de *Pinus oocarpa* (ST = 8, 88%) extrait par l'eau à nos résultats, cela explique la richesse des extraits complexes polysaccharides-protéines en sucres totaux, ainsi que le choix du protocole d'extraction. Cette différence aurait dû aux protocoles d'extraction adopté et l'efficacité de la solubilisation (Weissmann., 1983).

IV.3.2. Dosage des protéines

Les protéines font partie des substances les plus complexe et les plus riche en nutriment, avec un très large spectre d'application dans devers domaine. Leurs quantifications au sien d'un échantillon se fait avec des méthodes variables. Parmi les méthodes citées, il y a la technique de Bradford qui se base sur le changement de la couleur de colorant bleu brillant de Coomassie G-250 dans un milieu acide après l'engagement des

liaisons avec les protéines en bleu. La mesure de l'absorbance se fait à 595 nm. La concentration en protéine dans les EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *pineae* L. ont été déterminées à partir de l'équation de la courbe d'étalonnage de standard BSA (Annex II). Les concentrations sont exprimées en mg de protéine/ g d'extrait (protéine-polysaccharide) dans la figure 16.

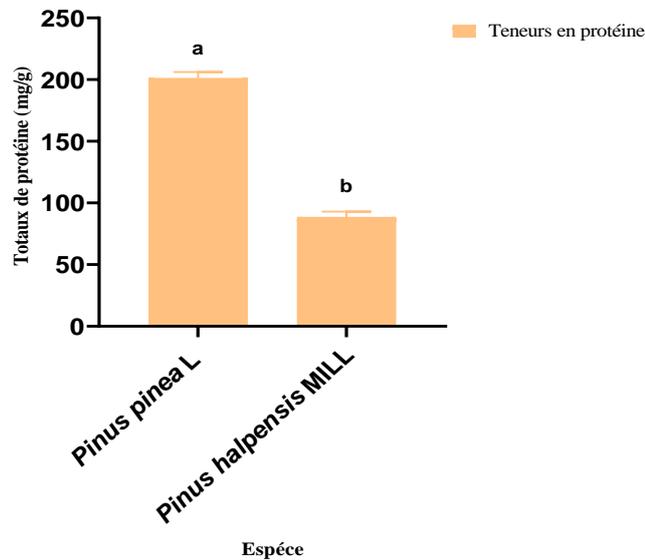


Figure 09 : Variations de la teneur en protéine des EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *pineae* L. Les valeurs avec la même lettre indiquent aucune différence significative observée ($P < 0,05$).

D'après la figure 16 il ressort que la teneur en protéine dans l'EPPEP. *pineae* LCP = $201,20 \pm 4,92$ mg/g elle est considérablement supérieure à celle enregistrée pour l'EPPEP. *halepensis* MILL. CP = $88,61 \pm 4,30$ mg/g, aussi à travers l'étude statistique il existe une différence hautement significative entre les extraits complexes (polysaccharides-protéines) des écorcées des deux plants étudiés ($P < 0,0001$). Cette variation entre les extraits est en accord avec les teneurs trouvées pour les deux essences dans la partie précédant de la caractérisation chimique des écorcées, dont l'EPPEP. *Pinea* L. montre une richesse en protéines de type hydrosoluble par rapport à l'EPPEP. *halepensis* MILL. Les résultats rapportés par Abbou et al., (2020) sur le concentrat de protéines des grains de *P.halepensis* MILL. ils ont trouvé une teneur en protéines (CP = $69,33 \pm 0,3$ %) qui est supérieure à celle qu'on a détecté pour l'EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *pineae* L. En peu expliquée cette divergence par : la différence de la fraction étudiée (les grains sont riches en protéines), stress thermique, les paramètres météorologiques, la composition du sol (Gulen et Eris., 2004; Walter et al., 2022). Les applications alimentaires des protéines sont limitées par leur faible

solubilité, mais avec la modification de pH, concentration en NaCl et molarité en tampon phosphate) les activités fonctionnelles ont été améliorées Abbou et al., (2020).

Les Dosages effectués montrent que les écorces de *P. pinea* L et *P. halepensis* MILL. sont des sources remarquables des sucres et des protéines hydrosolubles non négligeable, constitué donc un complexe (protéines-polysaccharides) qui peuvent être exploités dans plusieurs industries en raison de leur capacité d'exercer un effet fonctionnel et préventif. Notre extrait est une combinaison entre les molécules (protéine hydrosoluble-polysaccharides majoritaire).

IV.4. Evaluation des propriétés fonctionnelles des extraits complexes (polysaccharide-protéine) des écorces des deux espèces (*Pinus halepensis* MILL et *Pinus pinea* L.)

IV.4.1. Solubilité

La connaissance de la solubilité des complexes protéiques polysaccharidiques est utile pour comprendre son implication dans les différentes applications (conception des mousses et des émulsions et leurs stabilités). La solubilité c'est la limite supérieure du soluté (substance) qui peut être dissous dans une quantité donnée de solvant (eau distillée), elle est déterminée par le rapport entre le poids initial solubilisé et le poids final après séchage multiplié par 100. Le paramètre de solubilité est exprimé en pourcentage et les résultats sont groupés dans la (figure 17).

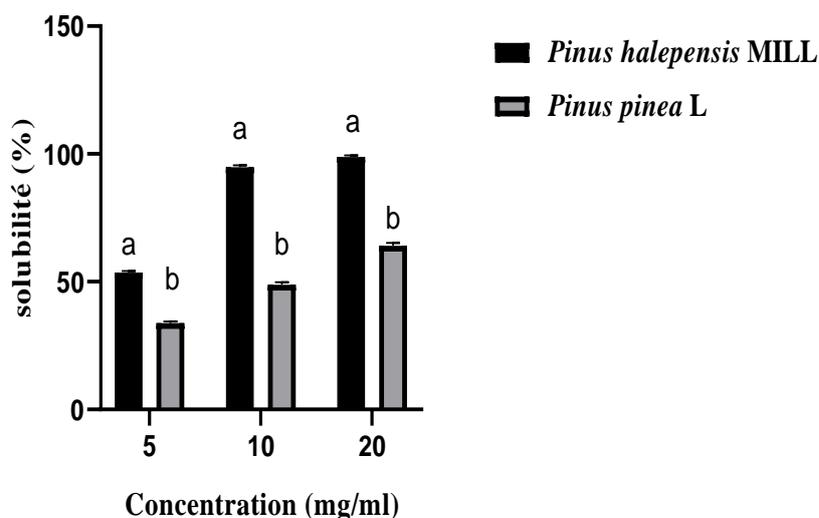


Figure 10 : Pourcentage de solubilité des EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *Pinea* L. Les valeurs avec la même lettre indiquent aucune différence significative observée ($P < 0,05$).

Les résultats de la figure 17 démontre que les différents concentration (5 mg/ml, 10 mg/ml, 20mg/ml) de l'EPPEP. *halepensis* MILL. présente des pourcentages de solubilité (SL = $53,55 \pm 0,66$ % ; SL = $94,84 \pm 0,75$ % ; SL = $98,83 \pm 0,62$ %) supérieurs aux Pourcentage obtenu par les mêmes concertations mais de l'EPPEP. *Pinea* L. (SL = $33,75 \pm 0,73$ % ; SL = $48,82 \pm 1$ % ; SL = $64,10 \pm 1,11$ %), aussi en constate que la concentration de (20mg/ml) de l'EPPEP. *halepensis* MILL. montre une solubilité presque totale. L'analyse statistique (T-test) montre qu'il y'a une différence hautement significative entre la solubilisation des extraits complexe des écorces des espèces étudier avec ($P < 0.0001$). La solubilisation presque totale de EPPEP. *halepensis* MILL. est due à la nature des composés de complexe (glycoprotéine et polysaccharide hydrosoluble), contrairement à l'EPPEP. *Pinea* L. qui est moins soluble, cela est causé par la présence des sucres moins hydrosoluble et des protéines moins hydrophile (globulaire). En comparant au pourcentage de solubilité de Abbou et al., (2020) qui ont travailler sur le concentra protéinique des grains de *P. halepensis* MILL. qui est de SL = $27,02 \pm 0,52$ % pour 100 mg/ 10ml on trouve qu'elle présente une faible solubilité par rapport à notre EPPEP.*halepensis* MILL et EPPEP. *Pinea* L. aussi Olawuyi et Lee (2021) qui ont réalisé une étude sur l'extrait polysaccharidique des feuilles de gombo ils ont enregistré une solubilité de SL = $85,89 \pm 2,50$ % qui est supérieurs à celle qu'on a trouvé pour l'EPPEP.*Pinea* L. mais inferieurs pour l'EPPEP.*halepensis* MILL. Tous ces variations sont lié, d'abord à la différence d'espèce (gombo), à la différence de la fraction étudier (feuille, grains),surtout aux complexe (polysaccharide-protéines) leurs charge et la nature des biopolymères, le pH, la force ionique et la température du milieu, concentration en polysaccharides (Ghosh et Bandyopadhyay., 2012).

IV.4.2. Capacité de rétention de l'eau et d'huile

CRE est une mesure de la quantité totale d'eau retenue et absorbée par les EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *pineae* L. hydraté. La CRE est évaluée à partir de deux concentrations des EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *pineae* L. (10 mg/ml, 20 mg/ml). Les CRE ont été calculées par le rapport de la masse d'extrait après l'absorption d'eau par la masse initiale d'extrait. Les résultats ont été exprimé en masse par masse (figure 18).

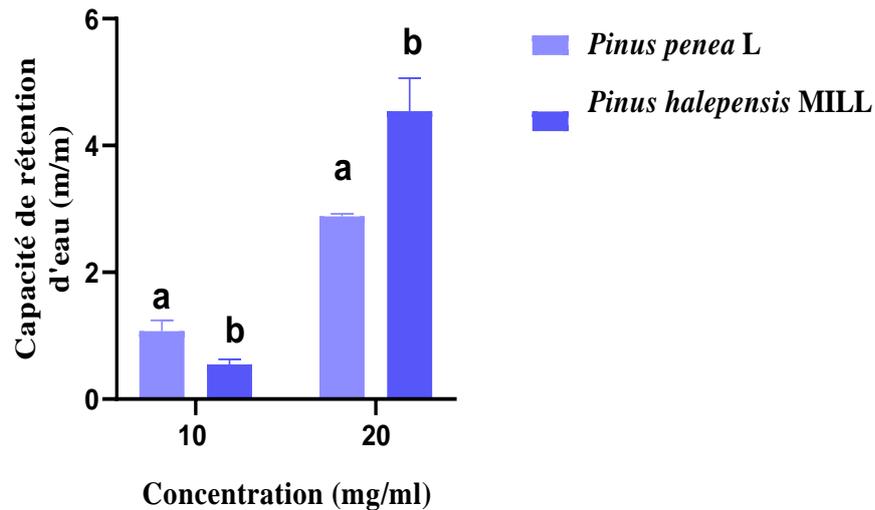


Figure 11 : Le pouvoir des molécules des EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *Pinea* L. évaluer l'eau. Les valeurs avec la même lettre indiquent aucune différence significative observée ($P < 0,05$).

La figure 18 montre que les extraits des EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *pineae* L. présente un pouvoir à retenir l'eau dose-dépendant. Des différences significatives ont été observées entre les deux espèces ($P = 0,0053$) dont les CRE ont été $CRE = 1,07 \pm 0,17$ mg/mg pour *P. pineae* L. $CRE = 0,55 \pm 0,08$ mg/mg pour *P. halepensis* MILL. à 10 mg/ml et pour $CRE = 2,88 \pm 0,04$ mg/mg *P. pineae* L, $CRE = 4,54 \pm 0,52$ mg/mg pour *P. halepensis* MILL. à (20 mg/ml). Nos résultats sont supérieurs à ceux des polysaccharides hydrosolubles d'extrait des fruits de *Rosa roxburghii* Tratt qui était $CRE = 0,25 \pm 0,04$ g/g à une concentration de 10 mg/ml (Wang et al., 2018). Cependant la CRE des EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *pineae* L. (10mg/ml) était inférieure aux résultats obtenus par Sila et al., (2014) dans le cas des polysaccharides solubles dans l'eau d'amande ($CP = 2,02 \pm 0,48$ %, $TG = 95,54 \pm 2,73$ %) et de pistache ($CP = 1,16 \pm 0,41$ %, $TG = 97,01 \pm 2,58$) à une concentration de 10 mg/ml qui était respectivement $CRE = 1,95 \pm 0,10$ g/g et ($CRE = 1,46 \pm 0,62$ g/g). Ces différences sont à l'origine des types des acides aminés, les pourcentages des fractions et les types des protéines et polysaccharides. Les protéines constituées d'acides aminés de polarité élevées ont une CRE plus importante (Arif et Pauls., 2018). En outre la CRE pourrait ainsi dépendre des concentrations des groupes hydroxyle libres qui rentrent dans la structure des polysaccharides, mais aussi les forces ioniques et la forme des ions présents dans la solution, pH, la température, la taille des particules et la porosité des échantillons (Bayar et al., 2016)

CRH correspond à l'aptitude des EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *pineae* L. à retenir par unité de masse une quantité d'huile. La CRH a été étudié dans deux concentrations (10 mg/ml, 20 mg/ml) d'extraits d'écorces. Les CRH étaient calculées par le rapport de la masse d'extrait après l'absorption d'huile par la masse initiale d'extrait. Les résultats était exprimé en masse par masse (figure19).

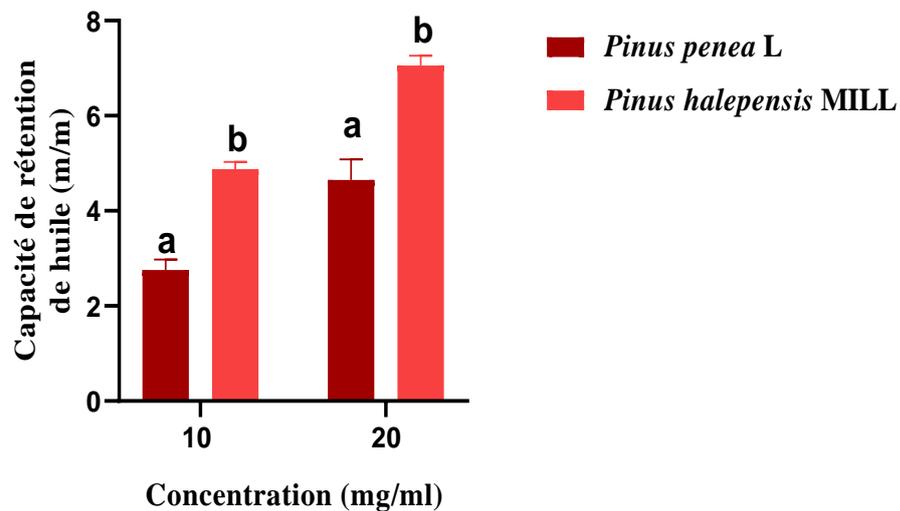


Figure 12 : Capacité d'absorption d'huile des EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *Pinea* L. écluser l'eau. Les valeurs avec la même lettre indiquent aucune différence significative observée ($P < 0,05$).

La figure 19 dévoile une augmentation de la CRH avec l'augmentation de la concentration d'extrait d'écorce. L'évaluation de la CRH à montrer une différence significative ($P < 0.0001$) dont les CRH des EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *pineae* L. sont respectivement $CRH = 2,76 \pm 0,22$ mg/mg, $CRH = 4,88 \pm 0,15$ mg/mg à une concentration de 10 mg/ml et $CRH = 4,65 \pm 0,43$ mg/mg, $CRH = 7,06 \pm 0,2$ mg/mg à 20 mg/ml. Les résultats obtenues montre une faible CRH par rapport à ceux trouvé par Sila et al., (2014) dans le cas des polysaccharides soluble dans l'eau d'amande et de pistache dont les valeurs était respectivement $CRH = 7,40 \pm 0,06$ g/g et $CRH = 8,48 \pm 1,59$ g/g à une concentration de 50 mg/ml. Ces résultats sont légèrement porche à la CRH de *P. halepensis* MILL. à 20 mg/ml $CRH = 7,06 \pm 0,2$ mg/mg ce qui explique sa capacité élever à retenir l'huile à faible concentration. Ces variations dans CRH peuvent être liées au caractère hydrophile et la densité de charge globale des constituants (Bayar et al., 2016).

IV.4.3. Capacité moussante et stabilité de la mousse

La capacité moussante représente le volume de mousse rapportée au volume total d'une solution, cette mousse est formée par le piégeage de l'air par un mince film liquide. La capacité moussante et la stabilité des EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *pineae* L. ont été évaluées à différentes concentrations (5mg/ml, 10mg/ml). Les résultats sont représentés en pourcentage et organisé dans le tableau IX.

Tableau IX : Capacité et stabilité moussante des EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *Pinea* L.

Concentration	<i>Pinus pinea</i> L.		<i>Pinus halepensis</i> MILL.	
	5mg/ml	10 mg/ml	5 mg/ml	10 mg/ml
Propriété moussante (%)	Abs ^a	1±0,30 ^a	22,22±0,12 ^b	29,68±0,15 ^b
Stabilité de la mousse (%)	Abs ^a	Abs ^a	11,14±0,02 ^b	14,81±0,19 ^b

La propriété et la stabilité de la mousse sont mené en triple (n = 3) et les données sont exprimées en pourcentage. Les écart types suivies des mêmes lettres (a ; a) sont significativement identique dans la même colonne et les lettres (a ; b) différentes dans la même colonne sont significativement différentes ($P < 0,05$).

L'EPPEP. *halepensis* MILL. préparé à des concentrations de 5mg/ml, 10mg/ml présente des capacité moussantes (CM) de $CM = 22,22 \pm 0,12\%$, $CM = 29,68 \pm 0,15 \%$ et des stabilités des mousses (SM) de $SM = 11,14 \pm 0,02 \%$, $SM = 14,81 \pm 0,19 \%$ qui sont supérieurs par rapport au CM et SM de l'EPPEP. *Pinea* L. ($CM = 0 \%$, $CM = 1 \pm 0,30 \%$) et ($SM = 0\%$) préparés aux mêmes concentrations, donc en peu dire que l'EPPEP. *Pinea* L. ne présente pas une CM et SM. Les CM et SM sont proportionnelle à la concentration du l'extrait complexe (polysaccharides-protéines). L'étude statistique entre les EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *Pinea* L. indique que se trouve une différence hautement significative avec ($P < 0.0001$). L'absence de CM et SM chez l'EPPEP. *Pinea* L. est due à la nature des protéines et leurs degrés de solubilité, la concentration en polysaccharide. Il est prouvé dans une étude que les protéines utilisées pour stabiliser les mousses en raison de leur capacité à abaisser la tension interfaciale, les polysaccharides sont aussi impliqués dans la stabilisation des mousses principalement en augmentant l'épaisseur du liquide interlamellaire et en réduisant le drainage des films de mousse (Warnakulasuriya et Nickerson., 2018). Sila et al., (2014) rapporte que l'extrait Polysaccharides hydrosolubles isolés de l'amande testé a différent concentration 0,5 %, 1 % présente des activités moussantes de

l'ordre CM = 23%, CM = 49,74 % et des stabilité SM = 10 %, SM = 29% qui sont presque identique au résultat enregistré chez l'EPPEP. *halepensis* MILL. à la concentration 0.5%, mais pour la concentration de 1% leurs pourcentages sont supérieurs au teneur qu'on a trouvé pour les fraction des deux espèce étudié ; le deuxième extrait traité par ce article c'est les Polysaccharides hydrosolubles isolés de pistache qui a été testé au même concentrations, dont les pourcentages de la propriétés moussantes enregistré sont CM = 5 %, SM = 9,47 % et des stabilités SM = 0 %, SM = 1 %, Ces sont inférieurs a ceux qu'on a trouvé pour EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *Pinea* L. Les différentes variations détectées sur les activités moussante et leur stabilité dépend de l'espèce et les fractions étudié, la solubilité du complexe (protéine-polysaccharide), nature des polymère, concentration en sucre, température, pH.

L'EPPEP. *halepensis* MILL. a la capacité à former un certain pourcentage des mousses stables qui ont des importance particulièrement majeurs, car les bulles sont des ingrédients clés dans une large gamme de produits alimentaires, notamment le pain, les gâteaux, les glaces, les confiseries et divers autres produits fouettés (Li et al., 2020).

IV.4.4. Capacité émulsifiante et stabilité de l'émulsion

La CE et SE sont les indices les fréquemment utilisé pour évaluer la propriété émulsifiant d'un échantillon. La CE est basé sur réduction de la tension à l'interface eau huile et à prévenir la coalescence. En revanche La SE dû aux matrices membranaires qui entoures les gouttelettes d'huile et empêche leurs coalescences. La CE et la SE des EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *Pinea* L. ont été évalué dans deux concentration (5 mg/ml, 10 mg/ml) et les résultats ont été exprimé en pourcentage (tableau X).

Tableau X : Capacité et stabilité de l'émulsion des EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *Pinea* L.

Concentration	<i>Pinus pinea</i> L.		<i>Pinus halepensis</i> MILL.	
	5 mg/ml	10 mg/ml	5 mg/ml	10 mg/ml
Propriété émulsifiante (%)	8,61±0,16	14,28±0,46	11,73±0,4	20±1,26
Stabilité de l'émulsion (%)	0,47±0,03	7,14±0,56	8,45±0,58	20±1,26

La propriété et la stabilité de l'émulation sont mené en triple (n = 3) et les données sont exprimées en pourcentage. Les écart types suivies des mêmes lettres (a ; a) sont significativement identique

dans la même colonne et les lettres (a ; b) différentes dans la même colonne sont significativement différentes ($P < 0,05$).

Le tableau X représente les résultats obtenus par notre présente étude. Les valeurs les plus élevées ont été notées EPPEP. *halepensis* MILL. (avec une EC et SE de $20 \pm 1,2$ %) contrairement à celle d'extrait de *P. pinea* L. La CE et SE ont été augmentés avec l'augmentation des concentrations avec des différences significatives remarquables. Les résultats de CE et SE retrouvés par Wang et al., (2018) chez les polysaccharides hydrosolubles d'extrait des fruits de *Rosa roxburghii* Tratt (en présence de $4,10 \pm 0,58$ de protéine dans l'extrait) sont supérieurs à ceux des EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *Pinea* L. La CE était respectivement CE = 23 % (5mg/ml), CE = 28% (10 mg/ml) et SE = 22 % (5 mg/ml), SE 24 % (10 mg/ml). Cependant ces résultats sont proches à celle d'EPPEP. *halepensis* MILL. EC et SE de $20 \pm 1,2$ % à une concentration de 10 mg/ml. La CE et SE sont aussi inférieures aux résultats obtenus chez les polysaccharides solubles dans l'eau d'amande (CE = $2,02 \pm 0,48$ % de protéines, CE = $95,54 \pm 2,73$ de glucide) et de pistache (CE = $1,16 \pm 0,41$ % de protéines, CE = $97,01 \pm 2,58$ de glucide) à des faibles concentrations (0,5, 1, 2, 4 mg/ml). Les différences trouvées auraient été liées aux teneurs en protéines et polysaccharides, au poids moléculaire et la structure. La formation d'émulsion est due aux protéines qui s'adsorbent à l'interface eau-huile, Cependant il était rapporté dans la littérature que les polysaccharides seuls ne présentent pas une bonne capacité émulsifiante (Funami et al., 2011). L'émulsification est initiée par la liaison de la protéine comme ancre sur les gouttelettes d'huile, suivie de la stabilisation par effet stérique des chaînes glucidiques notamment les chaînes latérales (Warnakulasuriya et Nickerson., 2018).

D'après les résultats obtenus, les différentes propriétés fonctionnelles EPPEP. *halepensis* MILL et EPPEP. *Pinea* L. suggèrent la possibilité concernant leurs utilisations dans divers produits alimentaires pour améliorer la qualité du produit, ainsi que prévenir l'oxydation des aliments.

Conclusion

Conclusion

La présente étude met en évidence des informations prometteuses sur les compositions chimiques des écorces et des extraits polysaccharides et protéines de *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. Les deux écorces renferment différentes classes des composés chimiques avec des teneurs satisfaisantes. Ces résultats ont soutenu la candidature de *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. pour une application future comme sources d'agents bioactifs et fonctionnels.

Les résultats obtenus après l'évaluation des propriétés fonctionnelles des extraits complexe protéines polysaccharides de *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. ont montré des fonctionnalités attirantes à faibles concentrations en particulier *P. halepensis* MILL. De ce fait, les complexes issus des extraits des écorces de *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. assurent un éventuel usage dans diverses recettes alimentaires, dans le but d'améliorer la qualité et de prévenir la santé humaine.

En guise de perspective, nous préconisons, à l'avenir, d'élargir notre travail en engageant des études profondes, dans l'intention d'identifier et de quantifier les polysaccharides et les protéines présents dans ces extraits avec des techniques plus performantes, et ce, afin de dévoiler tous leurs potentiels et de promouvoir une toute nouvelle dimension dans la plateforme de santé et de nutrition.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

- Abbou. A, Kadri. N, et al. (2020). "Optimising functional properties and chemical composition of *Pinus halepensis* MILL. Seeds protein concentrates." Food Hydrocolloids **100** : 105416.
- Abbou. A, Kadri. N, et al. (2019). "Effect of precipitation solvent on some biological activities of polysaccharides from *Pinus halepensis* MILL. seeds." International journal of biological macromolecules **141** : 663-670.
- Adetunji. C. O, Palai S, et al. (2021). General principle of primary and secondary plant metabolites: Biogenesis, metabolism, and extraction. Preparation of Phytopharmaceuticals for the Management of Disorders, Elsevier: 3-23.
- Adjanooun. E, EyogMatig. O, et al. (1999). "La biodiversité face au développement des industries pharmaceutiques africaines." Réseau des «espèces ligneuses médicinales», Eyog Matig O, Adjanooun E, de Souza S et Sinsin B (eds). Compte rendu de la première réunion du réseau tenue: 15-17.
- Arif. M, and Pauls. K P (2018). Properties of plant proteins. Plant Bioproducts, Springer: 121-142.
- Aspé. E, and Fernández. K (2011). "The effect of different extraction techniques on extraction yield, total phenolic, and anti-radical capacity of extracts from *Pinus radiata* Bark." Industrial crops and products **34** (1) : 838-844.
- Bakker. R. R, and Elbersen. H (2005). Managing ash content and quality in herbaceous biomass: an analysis from plant to product. 14th European Biomass Conference.
- BARBERO. M (1992). "Le pin d'Alep et les espèces voisines: répartition et caractères écologiques généraux, sa dynamique récente en France méditerranéenne." Forêt méditerranéenne.
- Bayar. N, Kriaa. M, et al. (2016). "Extraction and characterization of three polysaccharides extracted from *Opuntia ficus indica* cladodes." International journal of biological macromolecules **92** : 441-450.
- Bentouati. A (2006). Croissance, productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep (*Pinus halepensis* MILL) du massif de Ouled Yagoub (Khenchela-Aurès), Batna, Université El Hadj Lakhdar. Faculté des sciences.
- Blanco. A, and Blanco. G (2017). "Chapter 3–Proteins." Medical Biochemistry: 21-71.

- Butnaru. E, D. Pamfil, et al. (2022). "Characterization of bark, needles and cones from silver fir (*Abies alba* Mill.) towards valorization of biomass forestry residues." Biomass and Bioenergy **159** : 106413.
- Cabello-Hurtado. F, Keller. J, et al. (2016). "Proteomics for exploiting diversity of lupin seed storage proteins and their use as nutraceuticals for health and welfare." Journal of proteomics **143** : 57-68.
- Calamassi. R (1986). Caractérisation de quelques provenances de *Pinus halepensis* MILL. sur la base de la structure anatomique et morphologique des aiguilles. Annales des sciences forestières, EDP Sciences.
- Cano-Medina. A, Jiménez-Islas. H, et al. (2011). "Emulsifying and foaming capacity and emulsion and foam stability of sesame protein concentrates." Food Research International **44** (3) : 684-692.
- Carpenter. C (2010). Determination of fat content. Food analysis laboratory manual, Springer: 29-37.
- Chambel. M. R, Climent. J, et al. (2013). Mediterranean pines (*Pinus halepensis* MILL. and *brutia* Ten.). Forest tree breeding in Europe, Springer: 229-265.
- Champ. M (2018). "Les glucides: classifications et dénominations diverses." Médecine des Maladies Métaboliques **12** (5): 400-404.
- Clément. A (2008). "Dosages de différents constituants de la plante et de marqueurs biochimiques de stress. Formation ECOBIO, novembre 2008, Madagascar."
- Contini. M, Baccelloni S, et al. (2008). "Extraction of natural antioxidants from hazelnut (*Corylus avellana* L.) shell and skin wastes by long maceration at room temperature." Food Chemistry **110** (3) : 659-669.
- Cummings. J, and Stephen. A (2007). "Carbohydrate terminology and classification." European journal of clinical nutrition **61** (1) : S5-S18.
- Daskalakou. E. N, and Thanos C. A (1996). "Aleppo pine (*Pinus halepensis* MILL) postfire regeneration: the role of canopy and soil seed banks." International Journal of Wildland Fire **6** (2): 59-66.
- Duvhateau. G, and Florquin M (1959). "Sur la tréhalosémie des insectes et sa signification." Archives Internationales de Physiologie et de Biochimie **67** (2) : 306-314.
- El Omari. N, Guaouguaou.F. E, et al. (2021). "Phytochemical and biological activities of *Pinus halepensis* MILL., and their ethnomedicinal use." Journal of Ethnopharmacology **268** : 113661.

- Elleuch. M, Bedigian. D, et al. (2011). "Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review." Food Chemistry **124** (2) : 411-421.
- Fady. B, Fineschi. S, et al. (2004). EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for Italian stone pine (*Pinus pinea* L), Bioversity International.
- Fady. B, Fineschi. S, et al. (2004). "Italian stone pine (*Pinus pinea* L)." EUFORGEN Technical Guidelines for Genetic Conservation and Use.
- Fady. B, Semerci. H, et al. (2003). EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for Aleppo pine (*Pinus halepensis* MILL) and Brutia pine (*Pinus brutia*), Bioversity International.
- Feknous. S, Saidi. F, et al. (2014). "Extraction, caractérisation et identification de quelques métabolites secondaires actifs de la mélisse (*Melissa officinalis* L.)." Nature & Technology(11) : 7.
- Dos Santos Viana. H, Martins Rodrigues. A, et al. (2018). "Evaluation of the physical, chemical and thermal properties of Portuguese maritime pine biomass." Sustainability **10** (8) : 2877.
- Fiorucci. S (2006). Activités biologiques de composés de la famille des flavonoïdes: Approches par des méthodes de chimie quantique et de dynamique moléculaire, Université de Nice Sophia-Antipolis (UNS).
- Funami. T, Nakauma. M, et al. (2011). "Structural modifications of sugar beet pectin and the relationship of structure to functionality." Food Hydrocolloids **25** (2) : 221-229.
- Garriga. M, Almaraz. M, et al. (2017). "Determination of reducing sugars in extracts of *Undaria pinnatifida* (harvey) algae by UV-visible spectrophotometry (DNS method)." Desarro. E INNOVACIÓN EN Ing : 444.
- Garron. M. L, and Cygler. M (2010). "Structural and mechanistic classification of uronic acid-containing polysaccharide lyases." Glycobiology **20** (12) : 1547-1573.
- Ghosh. A. K, and Bandyopadhyay. P (2012). "Polysaccharide-protein interactions and their relevance in food colloids." The complex world of polysaccharides **14** : 395-406.
- Gong. Y, Grant. D. J, et al. (2007). Principles of solubility. Solvent systems and their selection in pharmaceuticals and biopharmaceuticals, Springer: 1-27.
- Gulen. H, and Eris. A (2004). "Effect of heat stress on peroxidase activity and total protein content in strawberry plants." Plant Science **166** (3) : 739-744.
- Higuera-Barraza. O, Del Toro-Sanchez. C, et al. (2016). "Effects of high-energy ultrasound on the functional properties of proteins." Ultrasonics Sonochemistry **31** : 558-562.

- Isajev. V, Fady. B, et al. (2004). EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for European black pine (*Pinus nigra*), Bioversity International.
- Ismail. B. P, (2017). Ash content determination. Food analysis laboratory manual, Springer: 117-119.
- Jovanović. A. A, Dordevic. V. B, et al. (2017). "Optimization of the extraction process of polyphenols from *Thymus serpyllum* L. herb using maceration, heat-and ultrasound-assisted techniques." Separation and Purification Technology **179** : 369-380.
- Kadri. N, Khettal. B, et al. (2015). "Some physicochemical characteristics of pinus (*Pinus halepensis* Mill., *Pinus pinea* L., *Pinus pinaster* and *Pinus canariensis*) seeds from North Algeria, their lipid profiles and volatile contents." Food Chemistry **188** : 184-192.
- Kruger. N. J, (2009). "The Bradford method for protein quantitation." The protein protocols handbook : 17-24.
- Kumar. A, Singh. S. K, et al. (2021). "An insight into the molecular docking interactions of plant secondary metabolites with virulent factors causing common human diseases." South African Journal of Botany.
- Lai. L and Guo. H (2011). "Preparation of new 5-fluorouracil-loaded zein nanoparticles for liver targeting." International journal of pharmaceutics **404** (1-2) : 317-323.
- Lemoine. R, Camera. S. L, et al. (2013). "Source-to-sink transport of sugar and regulation by environmental factors." Frontiers in plant science **4** : 272.
- Leung. M, Liu. C, et al. (2006). "Polysaccharide biological response modifiers." Immunology letters **105** (2) : 101-114.
- Li-Beisson. Y, Nakamura. Y, et al. (2016). "Lipids: from chemical structures, biosynthesis, and analyses to industrial applications." *Lipids in plant and algae development*: 1-18.
- Li X. B, Murray. S, et al. (2020). "Egg white protein microgels as aqueous Pickering foam stabilizers: Bubble stability and interfacial properties." Food Hydrocolloids **98** : 105292.
- Lim. T (2012). *Pinus pinea* L. Edible medicinal and non-medicinal plants, Springer: 304-310.
- Lim, T. K (2012). *Edible medicinal and non-medicinal plants*, Springer.
- Loewe. V, Navarro-Cerrillo. R. N, et al. (2017). "Discriminant analysis of Mediterranean pine nuts (*Pinus pinea* L.) from Chilean plantations by near infrared spectroscopy (NIRS)." Food Control **73** : 634-643.

- Mæhre. H. K, Dalheim. L, et al. (2018). "Protein determination—method matters." Foods **7** (1) : 5.
- Martins. J. T, Bourbon. A. I, et al. (2018). "Protein-based structures for food applications: From macro to nanoscale." Frontiers in sustainable food systems : 77.
- Miranda. I, Mirra. I, et al. (2017). "Fractioning of bark of *Pinus pinea* L by milling and chemical characterization of the different fractions." Maderas. Ciencia y tecnología **19** (2) : 185-194.
- Mohareb. A. S, Kherallah. I. E, et al. (2017). "Chemical composition and activity of bark and leaf extracts of *Pinus halepensis* MILL and *Olea europaea* grown in AL-Jabel AL-Akhdar region, Libya against some plant phytopathogens." J. Appl. Biotechnol. Bioeng **3** : 331-342.
- Nahal. I (1962). "Le Pin d'Alep (*Pines halepensis* MILL). Étude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole." Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Expériences Forestières **19** (4) : 477-688.
- Nahal. I (1962). Le Pin d'Alep (*Pines halepensis* MILL). Étude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. Annales de l'école nationale des eaux et forêts et de la station de recherches et expériences, ENEF, Ecole nationale des eaux et forêts, Nancy (FRA).
- Nayak. A. K, Hasnain. M. S, et al. (2021). Plant polysaccharides in pharmaceutical applications. Bioactive Natural Products for Pharmaceutical Applications, Springer: 93-125.
- Nielsen. S. S (2010). Determination of moisture content. Food analysis laboratory manual, Springer : 17-27.
- Nunes. E, Quilho. T, et al. (1999). "Anatomy and chemical composition of *Pinus pinea* L. bark." Annals of Forest Science **56** (6) : 479-484.
- Ojha. K. S, Aznar. R, et al. (2020). "Ultrasound technology for the extraction of biologically active molecules from plant, animal and marine sources." TrAC Trends in Analytical Chemistry **122** : 115663.
- Olawuyi. I. F, and Lee. W. Y (2021). "Structural characterization, functional properties and antioxidant activities of polysaccharide extract obtained from okra leaves (*Abelmoschus esculentus*)." Food Chemistry **354** : 129437.
- Pagare. S, Bhatia. M, et al. (2015). "Secondary metabolites of plants and their role: Overview." Current Trends in Biotechnology and Pharmacy **9** (3) : 293-304.

- Peng. Y, Tao. H, et al. (2021). "Dietary intervention with edible medicinal plants and derived products for prevention of Alzheimer's disease: A compendium of time-tested strategy." Journal of Functional Foods **81** : 104463.
- Price. R. A, Liston. A, et al. (1998). "Phylogeny and systematics of *Pinus*." Ecology and biogeography of Pinus: 49-68.
- Qiu. C, Zhao. M, et al. (2015). "Influence of protein type on oxidation and digestibility of fish oil-in-water emulsions: Gliadin, caseinate, and whey protein." Food Chemistry **175** : 249-257.
- Ramos. P A, Pereira. C, et al. (2022). "Chemical Characterisation, Antioxidant and Antibacterial Activities of *Pinus pinaster* Ait. and *Pinus pinea* L. Bark Polar Extracts: Prospecting Forestry By-Products as Renewable Sources of Bioactive Compounds." Applied Sciences **12** (2): 784.
- Salim. H, Rimawi. W. H et al. (2019). "Phytochemical analysis and antibacterial activity of extracts from Palestinian Aleppo pine seeds, bark and cones."
- Shraim. A. M, Ahmed. T. A, et al. (2021). "Determination of total flavonoid content by aluminum chloride assay: A critical evaluation." LWT **150** : 111932.
- Sila. A, Bayar. N, et al. (2014). "Water-soluble polysaccharides from agro-industrial by-products: functional and biological properties." International journal of biological macromolecules **69** : 236-243.
- Singer. S. D, Zou. J, et al. (2016). "Abiotic factors influence plant storage lipid accumulation and composition." Plant Science **243** : 1-9.
- Spichiger. R.E, Figeat-Hug. M, et al. (2002). Botanique systématique des plantes à fleurs: une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions tempérées et tropicales, PPUR presses polytechniques.
- Srivastava. L. M (1964). Anatomy, chemistry, and physiology of bark. International review of forestry research, Elsevier. **1** : 203-277.
- Tao. B. Y (2007). Industrial applications for plant oils and lipids. Bioprocessing for value-added products from renewable resources, Elsevier: 611-627.
- Touaba. C, and Alatou. D (2018). Valorisation du Pin pignon (*Pinus pinea* L.) dans la région de Djebel Ouahch-Constantine.
- Vázquez. G, González-Alvarez. J, et al. (2001). "Characteristics of *Pinus pinaster* bark extracts obtained under various extraction conditions." Holz als Roh-und werkstoff **59** (6) : 451-456.

- Walter. S, Zehring. J, et al. (2022). "Protein content of peas (*Pisum sativum*) and beans (*Vicia faba*)—Influence of cultivation conditions." Journal of Food Composition and Analysis **105** : 104257.
- Wang. H. W, Zhang. B, et al. (2007). "The soybean Dof-type transcription factor genes, GmDof4 and GmDof11, enhance lipid content in the seeds of transgenic Arabidopsis plants." The Plant Journal **52** (4) : 716-729.
- Wang. L, Zhang. B, et al. (2018). "Physicochemical, functional, and biological properties of water-soluble polysaccharides from *Rosa roxburghii* Tratt fruit." Food Chemistry **249** : 127-135.
- Wang. S, Alseekh. S, et al. (2019). "The structure and function of major plant metabolite modifications." Molecular Plant **12** (7) : 899-919.
- Warnakulasuriya. S. N, and Nickerson. M. T (2018). "Review on plant protein–polysaccharide complex coacervation, and the functionality and applicability of formed complexes." Journal of the Science of Food and Agriculture **98** (15) : 5559-5571.
- Waterhouse. A. L (2002). "Determination of total phenolics." Current protocols in food analytical chemistry. **6** (1) : I1. 1.1-I1. 1.8.
- Weissmann. G. (1983). "Studies on pine bark extracts." International journal of adhesion and adhesives **3** (1) : 31-35.
- Wilding. P, Lillford. P. J, et al. (1984). "Functional properties of proteins in foods." Journal of Chemical Technology and Biotechnology. Biotechnology **34** (3) : 182-189.
- Xing. Y, Liu. Y S, et al. (2010). "*Pinus prekesiya* sp. nov. from the upper Miocene of Yunnan, southwestern China and its biogeographical implications." Review of Palaeobotany and Palynology **160** (1) : 1-9.
- Ye. J, Deng L, et al. (2021). "Impact of rutin on the foaming properties of soybean protein: Formation and characterization of flavonoid-protein complexes." Food Chemistry **362** : 130238.
- Zayas. J. F (1997). Oil and fat binding properties of proteins. Functionality of proteins in food, Springer: 228-259.
- Zayas. J. F (1997). Water holding capacity of proteins. Functionality of proteins in food, Springer: 76-133.
- Zeb. U, Wang. X, et al. (2021). "Comparative genome sequence and phylogenetic analysis of chloroplast for evolutionary relationship among *Pinus* species." Saudi Journal of Biological Sciences.

Zhu, D.Y, Ma. Y. L, et al. (2017). "Insights into physicochemical and functional properties of polysaccharides sequentially extracted from onion (*Allium cepa* L.)." International journal of biological macromolecules **105** : 1192-1201.

Annexes

Annexe I



Figure 01 : Des écorces des deux espèces *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. Photo prise à grossissement (1844×4000).



Figure 02 : Les poudres des écorces des deux essence *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. issue après le processus de broyage. Photo prise à grossissement (6000×8000).



Figure 03 : L'appareille de fourre à moufle pour la détermination de teneurs en cendre. Photo prise à grossissement (1844×4000).



Figure 04 : Les étapes pour la réalisation de test d'humidité. (a) ; mètre les échantillons dans des récipients, (b) le transfert dans l'étuve, (c) ; pesage. Photo prise à grossissement (1844×4000).



Figure 05 : La figure montre le montage Soxhlet utiliser pour l'extraction du métier grasse. Photo prise à grossissement (1844×4000).



Figure 06 : Les étapes de la détermination de pouvoir et stabilité moussante ; (a) préparation des échantillons, (b) agitation avec un fouet, (c) mesure de volume de la mousse. Photo prise à grossissement (1844×4000).



Figure 07 : Les principales étapes pour de terminer le pouvoir et stabilité d'emulsion ; (a) préparation des échantillons, (b) agitation avec un agitateur numérique vertical, (c) bain marie pour tester la stabilité d'emulsion. Photo prise à grossissement (1844×4000).

Annexe II

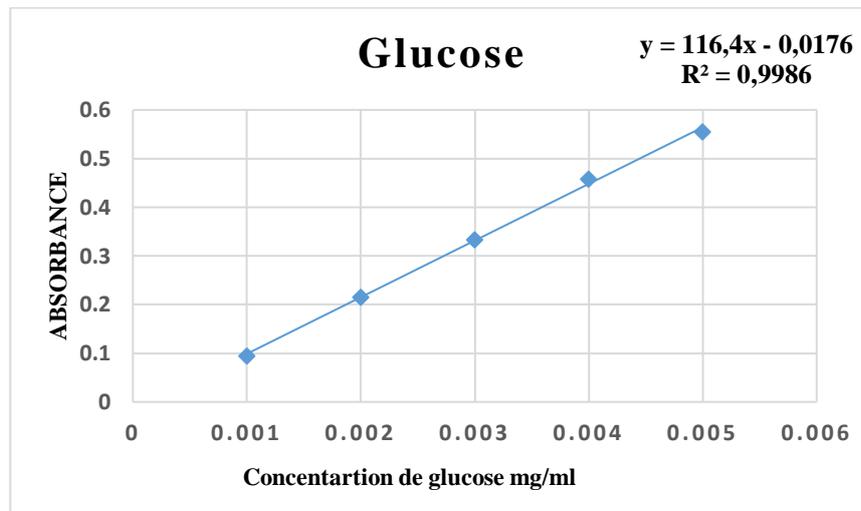


Figure 01 : Courbe d'étalonnage du standard Glucose utilisé dans le dosage des sucres réducteurs.

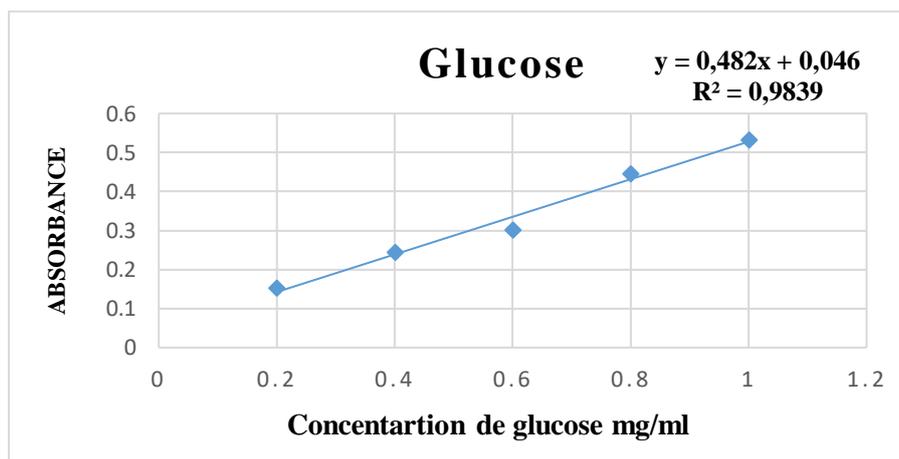


Figure 02 : Courbe d'étalonnage du standard Glucose utilisé dans le dosage des sucres totaux.

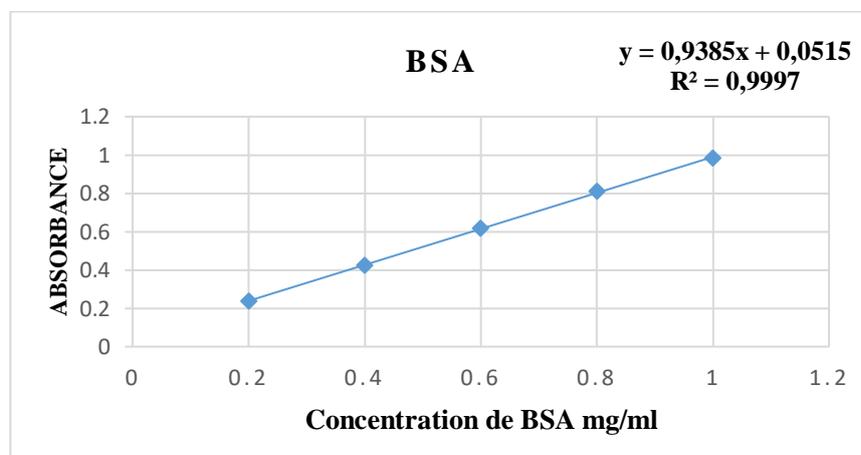


Figure 03 : Courbe d'étalonnage du standard BSA utilisé dans le dosage des protéines.

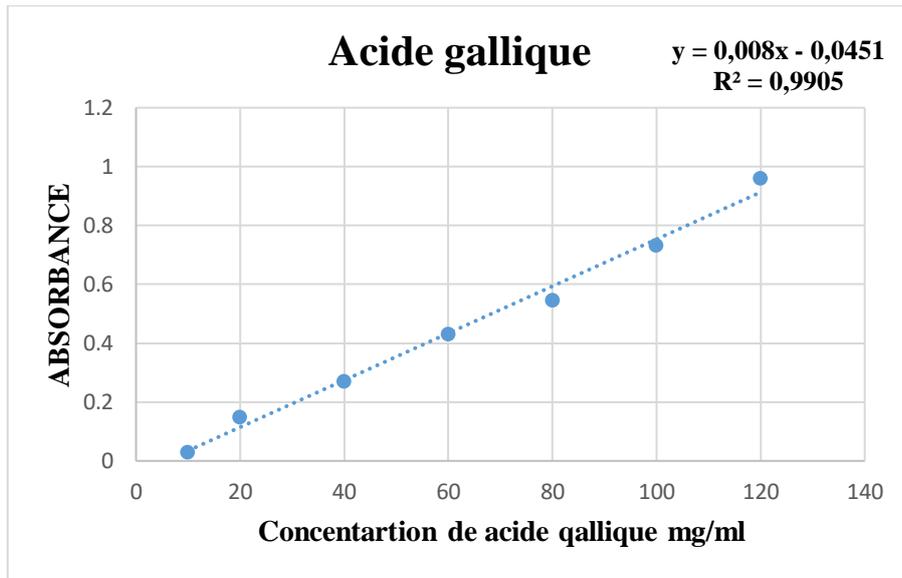


Figure 04 : Courbe d'étalonnage du standard Acide gallique utilisé dans le dosage des Polyphénols totaux.

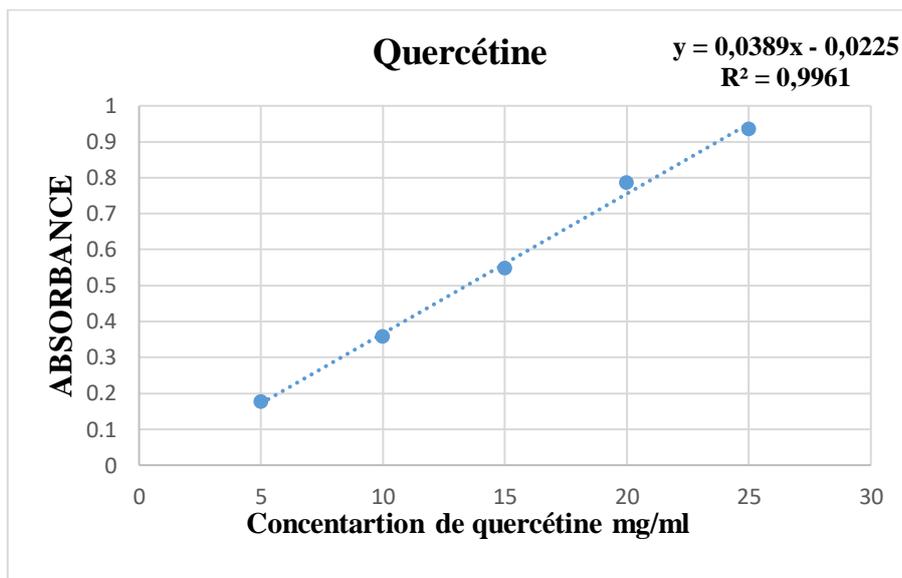


Figure 05 : Courbe d'étalonnage du standard Quercétine utilisé dans le dosage des flavonoïdes

Résumé

La valorisation de la biomasse forestière résiduelle est un enjeu stratégique en lien avec les préoccupations actuelles. L'objectif principal de ce travail et de réaliser une étude comparative entre les écorces *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. tout en valorisant ceux-ci. Une caractérisation chimique des écorces de *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. et de leurs extraits ainsi que les propriétés fonctionnelles ont été évalué par divers procédés. Les résultats des teneurs en sucres et protéine de *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. ont montré des différences significatives ($P < 0,05$). Les quantités des sucres totaux, sucres réducteurs et protéines révélées dans les extraits d'écorces de *P. halepensis* MILL (ST = 671, 75 ± 7, 60 mg/g ; SR = 169,99 ± 8,51 mg/g ; CP = 88,61 ± 4,30 mg/g) et *P. pinea* L. (ST = 680, 49 ± 7, 18 mg/g ; SR = 157,34 ± 5,31 mg/g ; CP = 201,20 ± 4,92 mg/g) ont montré un grand écart par rapport aux taux fonctionnelles. Des protéines. L'extrait *P. halepensis* MILL. à donner un potentiel fonctionnelles élevé (SL= 98,83 ± 0,62% ; CRE = 0,55 ± 0,08 mg/mg ; CRH = 2,76 ± 0,22 mg/mg ; CM = 29,68 ± 0,15 % ; SM = 14,81±0,19 % ; CE = 20±1,26 ; SE = 20±1,26). Nous avons affirmé que l'extrait de *P. halepensis* MILL. exprime des propriétés fonctionnelles plus importantes que *P. pinea* L. et pourraient être utilisé comme ingrédient dans les domaines santé et alimentaire.

Mots clés : *Pinus halepensis* MILL., *Pinus pinea* L., complexe polysaccharides protéines, propriétés fonctionnelles.

Abstract

The valorization of residual forest biomass it's a strategic issue associated to current concerns. Principal objective of this work was to make comparative studies about *P. halepensis* MILL and *P. pinea* L. barks. Chemical characterization of *P. halepensis* MILL. et *P. pinea* L. Barks and their extracts as well as functional properties were determined by different methods. The results of sugar and protein contents of *P. halepensis* MILL et *P. pinea* L. shows significant difference ($P < 0.05$). The amounts of totals sugars, reducers sugars and proteins revealed in *P. halepensis* MILL. bark extract (ST = 671, 75 ± 7, 60 mg/g ; SR = 169,99 ± 8,51 mg/g ; CP = 88,61 ± 4,30 mg/g) and *P. pinea* L. (ST = 680, 49 ± 7, 18 mg/g ; SR = 157,34 ± 5,31 mg/g ; CP = 201,20 ± 4,92 mg/g) extracts shows a high difference in proteins contents. *P. halepensis* MILL. gave a higher functional potential (SL= 98,83 ± 0,62% ; CRE = 0,55 ± 0,08 mg/mg ; CRH = 2,76 ± 0,22 mg/mg ; CM = 29,68 ± 0,15 % ; SM = 14,81±0,19 % ; CE = 20±1,26 ; SE = 20±1,26). We were affirmed that the *P. halepensis* MILL. bark extract express functional properties more important than *P. pinea* L. and it can be used as ingredients in health and food applications.

Key words: *Pinus halepensis* MILL., *Pinus pinea* L., polysaccharides proteins complex, functional properties.

ملخص

يعتبر تقييم الكتلة الحيوية المتبقية من الغابات مسألة إستراتيجية تتماشى مع الدراسات الحالية. الهدف الرئيسي من هذا العمل هو إجراء دراسات مقارنة بين لحاء الصنوبر *P. halepensis* MILL و *P. pinea* L. من خلال تقييمهما. تصنيف كيميائي للحاء الصنوبر *P. halepensis* MILL و *P. pinea* L. ومستخلصاتهما وكذلك الخصائص الوظيفية للمستخلص من خلال عمليات مختلفة. أظهرت نتائج محتوى السكر والبروتين في مستخلص لحاء *P. halepensis* MILL و *P. pinea* L. فروق ذات دلالة إحصائية ($P < 0,05$). قيمة السكريات الكلية، السكريات المرجعة والبروتينات التي تم الكشف عنها في مستخلصات لحاء *P. halepensis* MILL (ST = 671,75 ± 671,75 = ST) *P. halepensis* MILL. $g\backslash mg 67,60 \pm 671,75 = ST$ *P. pinea* L. و $g\backslash mg 8,51 \pm 169,99 = SR$; $g\backslash mg 4,30 \pm 88,61 = CP$; $g\backslash mg 7,18 \pm 680,49 = SR$; $g\backslash mg 7,18 \pm 680,49 = ST$) *P. pinea* L. أظهرت تبايناً كبيراً في مستويات البروتينات. مستخلص لحاء *P. halepensis* MILL. $g\backslash mg 4,92 \pm 201,20 = CP$; $g\backslash mg 7,18 = CM$; $mg\backslash mg 0,22 \pm 2,76 = CRH$; $mg\backslash mg 0,08 \pm 0,08 = CRE$; $\% 0,62 \pm 98,83 = SL$) أظهر نسبة وظيفية مرتفعة (SL = 98,83 ± 0,62% ; CRE = 0,08 ± 0,08 mg/mg ; CRH = 2,76 ± 0,22 mg/mg ; CM = 29,68 ± 0,15 % ; SM = 14,81 ± 0,19 % ; CE = 20 ± 1,26 % ; SE = 20 ± 1,26 %). نؤكدنا أن مستخلص *P. halepensis* MILL. يبين عن خصائص وظيفية أكثر أهمية من *P. pinea* L. وبالتالي يمكن استخدامه كمكون في مجالات الصحة والغذاء.

الكلمات المفتاحية: *Pinus pinea* L., *Pinus halepensis* MILL., مركب سكريات معقدة بروتينات، الخصائص الوظيفية.