



République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان
Université ABOUBEKR BELKAID - TLEMCEM
كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et Sciences de la Terre et de l'Univers
Département de BIOLOGIE

MÉMOIRE

Présenté par
AISSAOUI Sihem et NASRI Imen

En vue de l'obtention du Diplôme de

MASTER

En

Sciences biologiques

Spécialité

Biochimie Appliquée

Thème

Évaluation comparative de l'effet inhibiteur sur
l'alpha amylase de *Pistacia lentiscus* de deux régions

Soutenue le: 23 / 06 / 2024, devant le jury composé de:

Président	Pr AZZI Rachid	Professeur	Université de Tlemcen
Examinateur	Dr CHAUCHE Mohammed Tarik	MCA	Université de Tlemcen
Encadrant	Dr MEZOUAR Dounia	MCA	Université de Tlemcen

Année universitaire: 2023-2024

Dédicaces

**Nous dédions ce mémoire à nos chers parents,
pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs
encouragements.**

**Nous pensons également à nos frères, nos sœurs, à nos amies et
à nos camarades.**

**Sans oublier tous les professeurs, que ce soit du
primaire, du moyen, du secondaire ou de l'enseignement supérieur.**

Remerciements

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

On tient tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à **Dr MEZOUAR Dounia**, pour son soutien constant, ses conseils éclairés et sa patience tout au long de l'élaboration de ce mémoire. Ses précieux commentaires et son expertise ont grandement enrichi ce travail.

On souhaite également adresser nos remerciements à nos famille et amis, pour leur soutien indéfectible, leur compréhension et leurs encouragements tout au long de cette aventure académique.

Enfin, nous somme reconnaissant envers tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

المخلص

يركز عملنا على تقييم النشاط المثبط لألفا أميلاز بواسطة المستخلصات المائية لأوراق نبات الضرو من محطتين مختلفتين: بني سنوس في تلمسان وبني حواء في الشلف.

أجرينا اختبارات كيميائية نباتية على المستخلصات المائية المدارة وتحت الارتجاع ، للبحث عن المركبات النشطة للنبات. وجدنا الصابونوسيدات والعفص والفلافونويد والالكويدات ومركبات الاختزال لمستخلصات المحطتين.

بالإضافة إلى ذلك ، أجرينا فحوصات كمية كشفت عن تركيزات متغيرة من مركبات الفلافونويد والبوليفينول في مستخلصات الضرو. تظهر نتائجنا أن النباتات من منطقة الشلف تحتوي على كميات أعلى من مركبات الفلافونويد والبوليفينول من تلك الموجودة في منطقة بني سنوس. على وجه الخصوص ، أظهرت طريقة ديكتيون أن تكون أكثر فعالية لبني حواء ، مع تركيزات أعلى من البوليفينول (269.885 ميكروغرام مكافئ حمض الغاليك لكل مليغرام من المستخلص) والفلافونويد (74.455 ميكروغرام مكافئ الكاتيشين لكل مليغرام من المستخلص) ، في حين أن بني سنوس ، كانت طريقة النقع أكثر فعالية وتبين تركيزات البوليفينول في (191.945 ميكروغرام مكافئ حمض الغاليك لكل مليغرام من المستخلص) والفلافونويد في (60.415 ميكروغرام مكافئ الكاتيشين لكل مليغرام من المستخلص).

فيما يتعلق باختبار تثبيط ألفا أميليز ، أظهرت النتائج نشاطا مثبطا لمستخلصات النبات ، حيث بلغت قيم التركيز المثبط % 50 قيمة 757.78 ميكروغرام/مل و 873 ميكروغرام/مل.

وتختلف قيم التركيز المثبط %50 هذه وفقا لطريقة الاستخراج ومحطة الحصاد. نلاحظ أيضا أن طريقة استخراج النقع كانت أفضل مقارنة بالاستخراج تحت الارتداد للمحطتين.

تؤكد هذه النتائج على إمكانات نبات الضرو كمثبط طبيعي لإنزيم ألفا أميلاز. وبالتالي لديه نشاط مضاد لمرض السكر مثير للاهتمام.

الكلمات المفتاحية: الضرو ، النشاط المضاد لمرض السكر ، ألفا الأميليز ، مقتطفات هيدروأستونيك ، محطات.

Résumé

Notre travail s'intéresse à l'évaluation de l'activité inhibitrice de l'alpha-amylase par les extraits hydroacétoniques de feuilles de la plante de *Pistacialentiscus* de deux stations différentes : Beni Snous à Tlemcen et Beni Haoua à Chlef.

Nous avons réalisé des tests phytochimiques sur les extraits hydroacétoniques macérés et sous reflux, pour rechercher les composés actifs de la plante. Nous avons trouvé les saponosides, les tanins, les flavonoïdes, les alcaloïdes et les composés réducteurs pour les extraits des deux stations. De plus, nous avons réalisé des dosages quantitatifs qui ont révélé des concentrations variables de flavonoïdes et de polyphénols dans les extraits de *Pistacia lentiscus*. Nos résultats montrent que les plantes de la région de Chlef présentent des quantités plus élevées de flavonoïdes et de polyphénols que celles de la région de Beni Snous. En particulier, la méthode de décoction a montré être plus efficace pour Beni Haoua, avec des concentrations plus élevées de polyphénols (269,885 µg EAG/mg E) et de flavonoïdes (74,455 µg EC/mg E), tandis que pour Beni Snous, la méthode de macération a été plus efficace, montrant des concentrations de polyphénols à (191,945 µg EAG/mg E) et de flavonoïdes à (60,415 µg EC/mg E).

Concernant le test d'inhibition de l'alpha-amylase, les résultats ont montré une activité inhibitrice pour les extraits de la plante, avec des valeurs de CI_{50} de 757,78 µg/ml et 873,1 µg/ml. Ces valeurs de CI_{50} varient selon la méthode d'extraction et la station de récolte. Nous remarquons aussi que la méthode d'extraction macération était meilleure par rapport à l'extraction sous reflux pour les deux stations.

Ces résultats soulignent le potentiel de la plante *Pistacialentiscus* en tant qu'inhibiteur naturel de l'enzyme alpha-amylase. Et possède donc une activité antidiabétique intéressante.

Mots clés : *Pistacialentiscus*, activité antidiabétique, alpha amylase, extraits hydroacétoniques, stations.

Abstract

Our work focuses on the evaluation of alpha-amylase inhibitory activity by hydroacetic extracts of *Pistacia lentiscus* plant leaves from two different stations: Beni Snous in Tlemcen and Beni Haoua in Chlef.

We carried out phytochemical screening on the macerated and under-reflux hydroacetic extracts, to detect the plant's active compounds. We found saponins, tannins, flavonoids, alkaloids and reducing compounds for the extracts from both stations.

Furthermore, we conducted quantitative assays revealing varying concentrations of flavonoids and polyphenols in *Pistacia lentiscus* extracts. Our findings demonstrate that plants from the Chlef region exhibit higher quantities of flavonoids and polyphenols compared to those from the Beni Snous region. Specifically, the decoction method proved more effective for Beni Haoua, showing higher concentrations of polyphenols (269.885 µg GAE/mg E) and flavonoids (74.455 µg CE/mg E), whereas for Beni Snous, the maceration method was more effective, indicating concentrations of polyphenols at (191.945 µg GAE/mg E) and flavonoids at (60.415 µg CE/mg E)..

In the alpha-amylase inhibition test, results showed an inhibitory activity for plant extracts, with an IC_{50} values in the range of 757.78 µg/ml and 873.1 µg/ml. These IC_{50} values vary according to extraction method and harvesting station. We also note that the maceration extraction method was better than under-reflux extraction for both stations.

These results highlight the potential of *Pistacia lentiscus* as a natural inhibitor of the alpha-amylase enzyme. And consequently, possesses an interesting antidiabetic activity.

Key words: *Pistacia lentiscus*, antidiabetic activity, alpha amylase, hydroacetic extracts, stations

Table des matières

Introduction	1
1. Généralités sur l'espèce	5
2. Historique.....	5
3. Description botanique :	6
4. Classification.....	6
5. Répartition géographique.....	7
6. Principaux usages médicaux du <i>Pistacia lentiscus</i>	7
7. Compositions chimiques de <i>Pistacia lentiscus</i> :	9
7.1. Terpénoïdes :	9
7.2. Composés phénoliques :	9
7.3. Acides gras :	10
7.4. Stéroïdes :	10
8. Activités biologiques de <i>Pistacia lentiscus</i>	11
8.1. Activité anti-inflammatoire	11
8.2. Activités antioxydantes :	11
8.3. Activité antimicrobienne :	12
8.4. Activité antidiabétique	12
1. Définition du diabète sucré	14
2. Types de diabète sucré	14
2.1. Le diabète de type 1 :	14
2.2. Le diabète de type 2 :	14
2.3. Le diabète gestationnel :	15
2.4. Les autres types de diabète sucré :	15
3. Complications de diabète sucré	15
3.1. Les complications chroniques :	15
3.2. Les complications aiguës :	15
3.3. Les autres complications :	15

4.	Traitement de diabète sucré	16
4.1.	Régime alimentaire :	16
4.2.	Activité physique :	16
4.3.	Traitement médical :	16
4.3.1.	Les antidiabétiques oraux :	16
4.3.2.	Les hypoglycémiants injectables :	17
4.4.	Traitement par les plantes médicinales :	18
5.	Alpha amylase.....	19
5.1.	Définition	19
5.2.	Sources et application industrielle :	19
5.3.	Structure :	19
5.4.	Mécanisme d'action de l'alpha-amylase :	20
5.5.	Inhibition de l'alpha amylase	21
	Matériel et méthodes	24
I.	Matériel	24
1.	Matériel végétal :	24
II.	Méthodes	24
1.	Préparation des extraits	24
1.1.	Extraction par macération	25
1.2.	Extraction sous reflux	26
2.	Tests phytochimiques.....	26
2.1.	Les tanins	26
2.2.	Les flavonoïdes	26
2.3.	Les quinones libres.....	26
2.4.	Les anthraquinones.....	27
2.5.	Les terpénoïdes.....	27
2.6.	Les saponosides.....	27
2.7.	Les alcaloïdes	27
2.8.	Les composés réducteurs.....	27
3.	Dosages quantitatifs	27

3.1.	Dosage des polyphénols totaux.....	27
3.2.	Dosage des flavonoïdes.....	28
4.	Évaluation de l'effet inhibiteur des extraits des feuilles de <i>Pistacia lentiscus</i> sur l'activité de l'alpha amylase.....	28
4.1.	Préparation des solutions.....	28
4.1.1.	Solution de tampon phosphate à 0,02 M et pH 6,9	28
4.1.2.	Solution d'amidon soluble	28
4.1.3.	Solution du réactif DNSA	29
4.1.3.	Solution de l'enzyme alpha amylase	29
4.1.4.	Solution d'extraits	29
4.1.5.	Solution d'acarbose :.....	29
4.2.	Mode opératoire	30
	Résultats et interprétation.....	32
I.	Etude phytochimique	32
1.	Rendements des extraits de <i>Pistacia lentiscus</i>	32
2.	Tests phytochimiques.....	33
3.	Dosages quantitatifs	35
3.1.	Dosage de polyphenols totaux	35
3.2.	Dosage de flavonoïdes	37
4.	Effet inhibiteur des extraits de <i>Pistacia lentiscus</i> sur l'activité de l' α -amylase <i>in vitro</i> :	38
	Discussion	44
	Conclusion générale	49
	Références bibliographiques	51

Liste des figures

Figure 01 : *Pistacia lentiscus*

Figure 02 : *Pistacia lentiscus* : Feuille (a), fruit (b), fleur (c), résine (d)

Figure 03 : Air de répartition de *Pistacia lentiscus* autour du bassin Méditerranéen

Figure 04 : Structure chimique des tanins : (a) hydrolysables (b) condensés

Figure 05 : Structure chimique de quelques flavonoïdes

Figure 06 : Structure de quelques acides gras

Figure 07 : Structure de quelques stéroïdes

Figure 08 : Structure tridimensionnelle de l'alpha amylase

Figure 09 : Préparation de *Pistacia lentiscus* pour les extractions

Figure 10 : Préparation de l'extrait (A) et sa filtration (B)

Figure 11 : Evaporation de l'extrait à l'aide d'un Rotavapor

Figure 12 : Rendement des extraits de *Pistacia lentiscus* de Beni Snous des deux méthodes d'extraction

Figure 13 : Rendement des extraits de *Pistacia lentiscus* de Béni Hawa de Chlef des deux méthodes d'extraction

Figure 14 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

Figure 15 : Courbe d'étalonnage de la catéchine

Figure 16 : Courbe de régression linéaire représentant les pourcentages d'inhibition en fonction des concentrations de l'extrait hydroacétonique macéré de la région de Beni Snous

Figure 17 : Courbe de régression linéaire représentant les pourcentages d'inhibition en fonction des concentrations de l'extrait hydroacétonique décocté de la région de Beni Snous

Figure 18 : Courbe de régression linéaire représentant les pourcentages d'inhibition en fonction des concentrations de l'extrait hydroacétonique macéré de la région de Beni Hawa (Chlef)

Figure 19 : Courbe de régression linéaire représentant les pourcentages d'inhibition en fonction des concentrations de l'extrait hydroacétonique décocté de la région de Beni Hawa (Chlef)

Figure 20 : Courbe de régression linéaire représentant les pourcentages d'inhibition en fonction des concentrations de l'acarbose

Liste des tableaux

Tableau 01 : Plantes médicinales utilisées dans le traitement de diabète sucré

Tableau 02 : Extraits de *Pistacia lentiscus* de la région de « Beni Snous »

Tableau 03 : Extraits de *Pistacia lentiscus* de la région de « Beni Hawa » de Chlef

Tableau 04 : Résultats des tests phytochimiques sur les extraits de *Pistacia lentiscus* de « Beni Snous » pour les deux méthodes d'extraction

Tableau 05 : Résultats des tests phytochimiques sur les extraits de *Pistacia lentiscus* de « Beni Hawa » de Chlef pour les deux méthodes d'extraction

Tableau 06 : Teneurs en composés phénoliques des extraits de *Pistacia lentiscus* de « Beni Snous » pour les deux méthodes d'extraction

Tableau 07 : Teneurs en composés phénoliques des extraits de *Pistacia lentiscus* de « Beni Hawa » de Chlef pour les deux méthodes d'extraction

Tableau 08 : Teneurs en flavonoïdes des extraits de *Pistacia lentiscus* de « Beni Snous » pour les deux méthodes d'extraction

Tableau 09 : Teneurs en flavonoïdes des extraits de *Pistacia lentiscus* de « Beni Hawa » de Chlef pour les deux méthodes d'extraction

Tableau 10 : Concentrations inhibitrices CI_{50} des extraits de *Pistacia lentiscus* et de l'acarbose

Liste des abreviations

ADO : Antidiabétiques oraux

CI₅₀ : Concentration inhibitrice de 50 % de l'activité enzymatique

DNSA : Acide 3,5-dinitrosalicylique

DPP-4 : Dipeptidyl peptidase 4

DT2 : Diabète de type 2

GLP-1 : Glucagon-like peptide 1

MODY: MaturityOnsetDiabetes of the Young

OMS : Organisation mondiale de la santé

µg EAG/mg E : Microgramme équivalent acide gallique par milligramme d'extrait

µg EC/mg E : Microgramme équivalent catéchine par milligramme d'extrait

Introduction générale

Introduction

Les plantes sont largement connues dans le monde en termes d'utilisation traditionnelle. Les médicaments à base de plantes sont considérés comme moins toxiques que les médicaments pharmaceutiques **(Dibong et al., 2011)**.

En effet, plus de 80 % de la population rurale africaine se tourne vers les plantes médicinales pour leurs besoins en matière de santé, mettant en lumière l'importance de cette ressource naturelle **(Jiofack et al., 2009)**.

Parmi les plantes d'intérêt médicinales, le genre *Pistacia*, qui fait partie de la famille des Anacardiaceae, et se compose de plus d'une vingtaine d'espèces d'arbustes à fleurs et des petits arbres d'une hauteur de 5 à 15 mètres. La plante est originaire d'Afrique du Nord, d'Asie centrale et régions du Moyen-Orient de la méditerranée. Parmi les espèces de *Pistacia* on retrouve : *Pistacia lentiscus*, *Pistacia atlantica*, *Pistacia chinensis*, *Pistacia terebinthus*, *Pistacia vera*, etc **(Bozorgi et al., 2013)**.

Pistacia lentiscus, en particulier, est issu de ce genre végétal, et présente des effets bénéfiques dans le traitement de diverses affections, telles que l'hypertension artérielle, l'asthme, les ulcères, l'inflammation, l'eczéma, les infections de la gorge, etc. De plus, les extraits de *Pistacia lentiscus*, notamment les feuilles, les fruits et l'écorce sont connus pour leurs propriétés antibactériennes, antifongiques, antipyrétiques, astringentes, anti-inflammatoire, antioxydante, et d'autres activités thérapeutiques **(Pachi et al., 2020)**.

L'utilisation des plantes et de leurs dérivés pour traiter et prendre en charge diverses maladies, dont le diabète sucré (DM), est de plus en plus répandue sur les marchés pharmaceutiques comme une thérapie alternative et/ou complémentaire **(Picot et al., 2014)**.

Le diabète sucré est l'une des maladies métaboliques, caractérisé par un taux élevé de glucose sanguin. Il existe plusieurs catégories de diabète, telles que le diabète de type 1, le diabète de type 2, le diabète gestationnel, et les autres types de diabète sucré **(Tuomi et al., 1993)**.

En particulier, le diabète de type 2 touche 85% des diabétiques. Il n'est détecté que grâce à la survenue de complications graves comme la rétinopathie diabétique, cause majeure de cécité, et les neuropathies, pouvant être à l'origine d'une amputation **(Pillon et al., 2014)**.

Le traitement du diabète de type 2 (DT2) doit être précoce, et suivre des mesures hygiéno-diététiques indispensables et des activités physiques, mais insuffisantes pour contrôler la glycémie. Des antidiabétiques oraux (ADO) et l'insuline ont fait la preuve d'une efficacité métabolique et de prévention des complications (**Scheen, 2018**).

Parmi ces antidiabétiques, les inhibiteurs de l'alpha amylase, une enzyme digestive qui joue un rôle d'hydrolyse de polysaccharides pour libérer du glucose (**Sales et al., 2012**).

Pour les diabétiques, la quantité de sécrétion de cette enzyme est élevée par rapports aux non diabétiques et peut être utilisées comme marqueur pour le diagnostic du diabète (**Shah et al., 2021**).

L'acarbose est l'un des inhibiteurs de l'alpha amylase. Il est efficace pour réduire l'hyperglycémie postprandiale, il abaisse la glycémie lorsqu'il est administré en monothérapie ou en association avec autre médicament antidiabétique (**Laube, 2003**).

De nombreuses études ont examinés le rôle potentiel des plantes médicinales dans l'inhibition de l'enzyme alpha amylase. Leurs effets sont dus à un ensemble de molécules naturelles, notamment les flavonoïdes, les acides phénoliques, les anthocyanes, les caroténoïdes, les terpènes et les alcaloïdes (**Kashtoh et Baek, 2023 ; Kalinovskii et al. 2023**).

De ce fait, nous nous intéressons dans notre travail à tester une méthode de traitement du diabète de type 2, consistant à inhiber l'alpha amylase, en utilisant des extrait hydroacétoniques des feuilles de *Pistacia lentiscus* provenant de deux régions différentes, Beni Snous – Tlemcen et Beni Haoua - Chlef.

Partie bibliographique

Chapitre 1 : *Pistacia lentiscus*

1. Généralités sur l'espèce

Pistacialentiscus(Figure 01),*Pistacia* est issu du grec pistakê, arbre à résine dont la graine est comestible, et *lentiscus* vient de latin *lentus* (Botineau, 2015). Est un arbuste appartenant à la famille d'Anacardiaceae (Zrira et al., 2003).

Cependant voici quelques appellations du lentisque à des langues différentes :

- Arabe d'Algérie : Derou ;
- Français : Arbre au mastic, Pistachier lentisque ;
- Anglais : Mastic, Masticktree ;
- Espagnole : Lentisco, Charnecacomun ;
- Italien : Lentisco, Sondro, Sondrio.



Figure 01 : *Pistacia lentiscus* (Milia et al., 2021)

2. Historique

Le *Pistacialentiscusa* eu une assez large gamme d'applications au cours des siècles. L'une des plus anciennes remontes à la civilisation nuragique (1800 à 238 avant notre ère) et a été attribuée aux habitants de la Sardaigne. L'huile obtenue par pressage à froid des baies était largement utilisée à des fins sociales, culinaire, ainsi que comme remède populaire (Milia et al., 2021).

3. Description botanique :

Pistacialentiscus, appelé "Dero" en arabe, est un arbuste ramifié de 3 m de hauteur, avec une forte odeur de résine (More et White., 2005). Cette plante (Figure 02) est caractérisée par :

- **Les feuilles**, elles sont composées à nombre pair de folioles, attaché à la tige par un court pétiole ailé. Leur couleur est vert clair au printemps, plus foncé en été, et sombre en hiver.
- **Les fleurs**, sont petites, verdâtres, en grappe spiciformes latérales, dense, pédicelles et bractéoles très courts (Rameau et al., 2008). La floraison a lieu entre la mi-mars et la fin avril, juste avant du développement végétatif.
- **Les fruits**, de lentisque est une petite drupe sèche mesurant 4 mm de long. Il est globuleux et légèrement comprimé, de la taille d'un pois. D'abord rouge, il devient noir à maturité (Beaujeu et al., 1961).
- **Le tronc**, du lentisque n'est pas droit et sa couleur est gris clair lorsqu'il est jeune, et cendre noire à un âge avancé. Il peut vivre plus de 100 ans. Le diamètre à hauteur de poitrine peut atteindre 40 à 50 cm (Parlak et al., 2010).

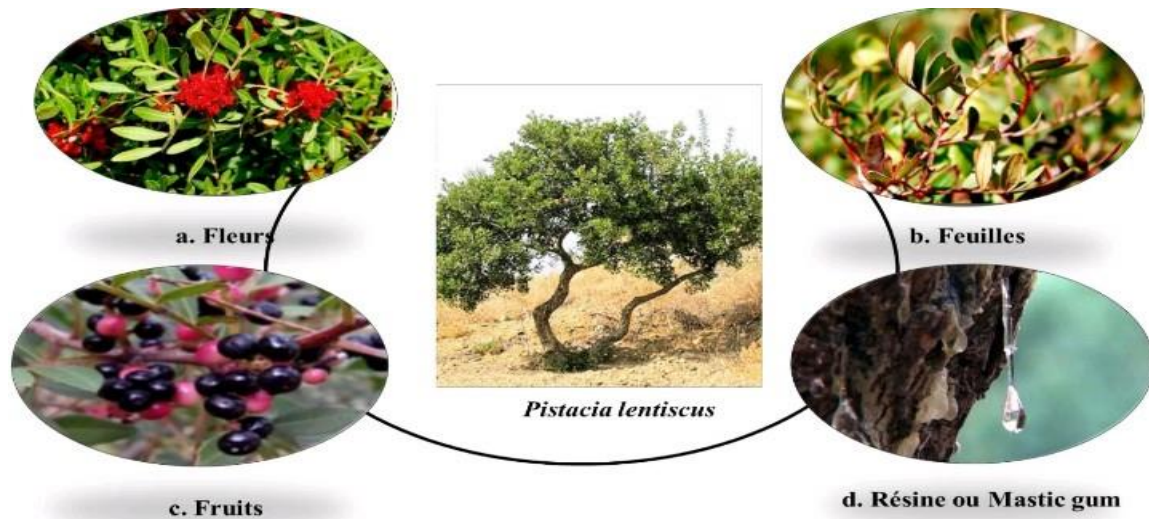


Figure02 :*Pistacialentiscus* : Feuille (a), fruit (b), fleur (c), résine (d) (Chaabani, 2019)

4. Classification

*Pistacialentiscus*L., appartient à :

- Règne : Plantae
- Embranchement : Spermatophyta (Angiospermae)

- Classe : Dicotylédones
- Ordre : Sapindales
- Famille : Anacardiaceae (Pistaciaceae)
- Genre : *Pistacia*
- Genre-espèce : *Pistacia lentiscus* L.

5. Répartition géographique

Pistacialentiscus se rencontre dans toutes les parties chaudes de la méditerranée de l'Europe, de l'Asie, de l'Afrique et jusqu'au Canaries (Figure 03) (Al-Saghir, 2006).

En l'Algérie, *Pistacialentiscus* est très répandue dans les régions subhumide et semi-aride (Saadoun, 2002).

Elle est dispersée le long de la côte et s'adaptent au climat, qui varie en fonction du rayonnement solaire, de la température et des précipitations (Maamri, 2021).

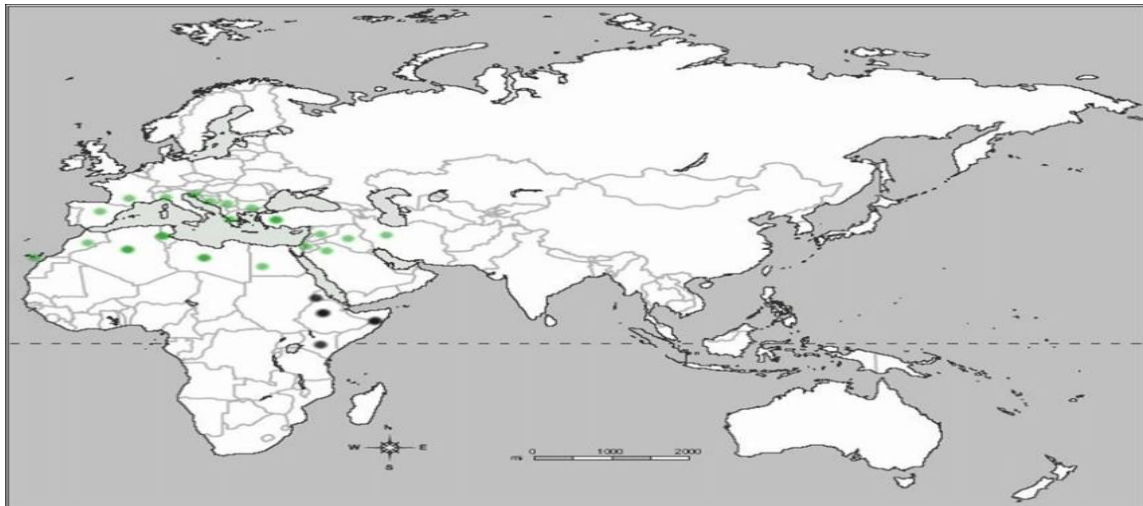


Figure03 : Air de répartition de *Pistacialentiscus* autour du bassin Méditerranéen (Al Saghir, 2006)

6. Principaux usages médicaux du *Pistacia lentiscus*

Depuis l'époque de la Grèce antique, *Pistacialentiscus*, est une espèce de plante, qui est reconnue en médecine traditionnelle pour sa richesse en composants actifs présents dans ses fruits, son écorce et ses feuilles (Benhamou et al., 2008).

Chapitre 1 : Présentation de *Pistacia lentiscus*

- ❖ **Propriétés désinfectantes** : après frottement dans l'intérieur des cruches d'eau, ses feuilles servent de désinfectants et d'agents aromatisants, gardant l'eau saine et retenu des activités antibactériennes (**Hamlat et al., 2008**).
- ❖ **Effets diurétiques** : L'infusion de ses parties aériennes ou de sa résine sont usités comme agents stimulants diurétiques, favorables à l'évacuation de toxines et bénéfiques dans le traitement de l'hypertension et les calculs rénaux (**Gardeli et al., 2008**).
- ❖ **Traitement pour les troubles cutanés** : En mâchant ou en appliquant en externe la résine, les feuilles ou les baies, on peut apaiser l'eczéma, les furoncles et les irritations cutanées (**Abdeldjelil et al., 2014**).
- ❖ **Remède pour les problèmes gastro-intestinaux** : Pour apaiser les douleurs à l'estomac et traiter les gastrites, les dyspepsies, et les ulcères gastriques et duodénaux. La résine, les feuilles ou les baies peuvent être mâchées (**Beldi et al., 2021**).
- ❖ **Incidences sur les problèmes respiratoires** : Les huiles essentielles sont couramment appliquées dans le traitement de maladies respiratoires, y compris l'asthme, la toux et les allergies. On attribue aux feuilles des qualités astringentes et expectorantes, et elles sont fréquemment utilisées comme remèdes pour maîtriser diverses affections respiratoires (**Elabbadi et al., 2024**).

La plante, *P. lentiscus*, a aussi d'autres utilisations spécifiques au niveau régional :

Dans certaines régions de l'Espagne, l'écorce est utilisée comme traitement pour des maladies telles que l'hypertension (**Duru et al., 2003**).

En Algérie, le *Pistacialentiscus* est reconnu et employé pour ses propriétés curatives, et plus particulièrement celles favorisant la cicatrisation. Il est coutume de mâcher les feuilles de cette plante et de les placer directement sur les plaies pour stimuler la guérison et accélérer le rétablissement (**Baba Aissa, 1999**). Les huiles essentielles dérivées de cette plante servent à traiter les affections respiratoires (**Tounes et al., 2008**).

En Égypte, la résine de cette plante est couramment employée dans le processus de conservation post-mortem (**Charef, 2011**).

7. Compositions chimiques de *Pistacia lentiscus* :

Des études chimiques et botaniques sur *P. lentiscus* ont démontré la présence d'un certain nombre de métabolites secondaires dans chacune de ses parties, notamment la tige, les fruits et les feuilles. En plus des huiles essentielles qui en sont extraites, d'autres composés figurent comme les monoterpénoïdes, les sesquiterpénoïdes, les triterpénoïdes, les composés phénoliques (phénols simples, flavonoïdes, tanins), les acides gras et les stéroïdes. Ces substances se distinguent par leurs nombreux bienfaits pour l'organisme, en plus de leur utilisation dans divers compléments nutritionnels et cosmétiques (Glampedaki et al., 2014).

7.1. Terpénoïdes :

Ils se trouvent dans les huiles essentielles de fruits de *Pistacia lentiscus*, et qui sont divisés en :

- **Monoterpénoïdes et sesquiterpénoïdes** : α -pinène, β -pinène, limonène, β -myrcène, terpinène-4-ol, myrcène, sabinène, camphène, p-cymène, β -phellandrene, linalool, D-limonène, trans- β -terpèneol, γ -muurolène, γ -terpinène, α -terpèneol, verbenone, trans-pinocarveol, trans-verbenol, 2-carenone, etc (Crutcher et al., 2023).
- **Triterpénoïdes** : acide oléanique, acide moronique, acide 11-hydroxyoléanolique, acide masticadienonique, acide oléanolique, acide (iso)-masticadienonique, β -amyrine, lupénone, lupanol, butyrospermol, diptérocarpol, aldéhyde oléanolique, 28-hydroxy- β -amyrone, β -amyrone, germanicol, etc (Kartalis et al., 2016).
- **Diterpénoïdes** : on trouve les acides carnosiques (Seeram et al., 2006).

7.2. Composés phénoliques :

Des analyses phytochimiques ont montré que toutes les parties (feuille, tige, fruit et racine) de *Pistacia lentiscus* sont riches en composants phénoliques bioactifs, parmi eux : les acides phénoliques, les tanins (Figure 04) et les flavonoïdes (Figure 05) (Dragovic et al., 2020).

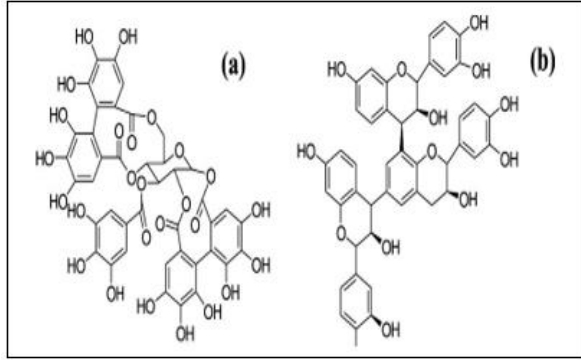


Figure 04 : Structure chimique des tanins
(a) hydrolysables (b) condensés (Bayart, 2019)

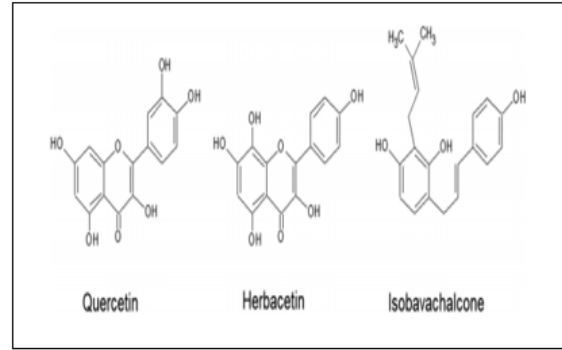


Figure 05 : Structure chimique de quelques flavonoïdes (Solnier et al., 2020)

7.3. Acides gras :

Représentent environ 3% du totale des composants de *Pistacia lentiscus* et sont retrouvés dans les fruits (Djerrou et al. 2014). Parmi eux, on retrouve : acide oléique, acide palmitique, acide linoléique, acide linoléique, acide stérique, etc (Figure 06) (Floris et al., 2024).

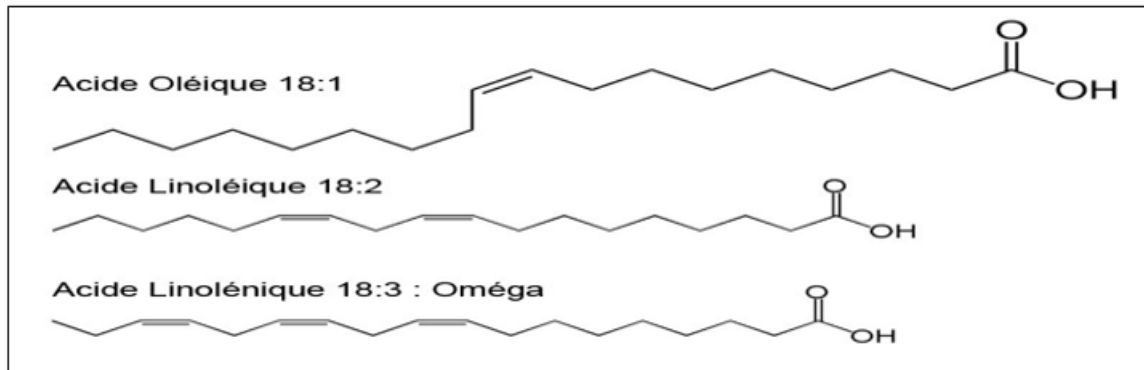


Figure 06 : Structure de quelques acides gras (Fattaccioli, 2006)

7.4. Stéroïdes :

Ils ont été identifiés dans les fruits de *Pistacia lentiscus*. Parmi eux : des stérols, du tocophérol, sitostérol, campestérol, etc (Figure 07) (Djerrou et al., 2014).

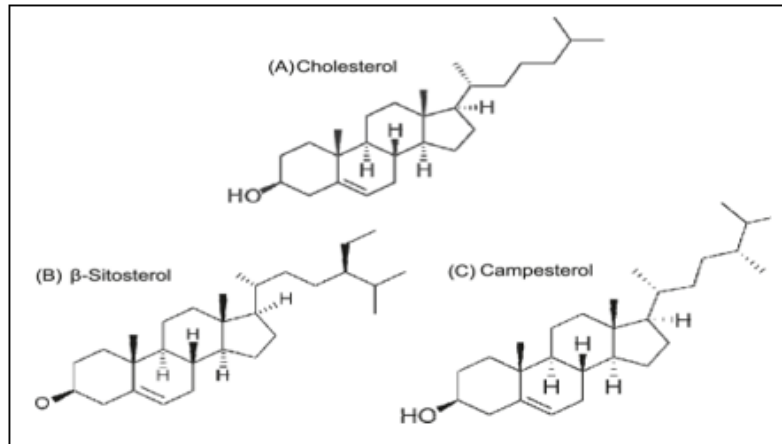


Figure 07 :Structure de quelques stéroïdes(Todd et al., 2012).

8. Activités biologiques de *Pistacia lentiscus*

8.1. Activité anti-inflammatoire

Pistacialentiscus et ses produits dérivés, y compris l'huile et la résine présentent des capacités remarquables pour combattre les inflammations (Chabhal et al., 2023).

Les huiles essentielles des feuilles de *Pistacialentiscus* ont la capacité d'inhiber les cytokines pro-inflammatoire, IL-1 et IL-6. De plus, la capacité d'antagoniser la première phase de l'inflammation active en inhibant les prostaglandines(Milia et al.,2021).

8.2. Activités antioxydantes :

Les extraits de *Pistacialentiscus* sont riches en polyphénols totaux, en flavonoïdes, notamment l'isoquercétine et la lutéroline, en flavonols tels que la catéchine, la rutine, le kaempférol, ainsi qu'en tanins condensés, proanthocyanidines et en acides phénoliques à l'instar de l'ellagique et du dicaféoylquinique. Ces composés biologiquement actifs démontrent à la plante des effets antioxydants (Sehaki et al.,2023).

D'après les résultats obtenus de certains auteurs, les extraits méthanoliques des feuilles et des fruits de *P. lentiscus* présentent une activité significative de piégeage des radicaux libres DPPH et un pouvoir réducteur élevé du fer. Ces propriétés pourraient être attribuées à la concentration élevée de composés bioactifs tels que les phénols et les tanins dans cette plante (Hemmaet al., 2018).

8.3. Activité antimicrobienne :

Le *Pistacia lentiscus* possède une activité antimicrobienne, attribuée à sa richesse en polyphénols et en huiles essentielles (Milia et al., 2023).

Des recherches antérieures issues d'études *in vivo* et d'essais cliniques ont montré que *P. lentiscus* possède une puissante activité antibactérienne vis-à-vis *Helicobacter pylori*, responsable des ulcères et du cancer de l'estomac (Marone et al., 2001).

Des activités antimicrobiennes supplémentaires exercées par des extraits de *P. lentiscus* ont été rapportées contre différentes bactéries Gram+ et Gram-, notamment, *Salmonella enteritidis*, *Pseudomonas fragi*, *Lactobacillus plantarum*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et différentes espèces de *Streptococcus* (Di Pierro et al., 2021).

8.4. Activité antidiabétique

Plusieurs espèces de *Pistacia*, dont *Pistacia lentiscus*, *Pistacia atlantica* et *Pistacia terebinthus*, sont reconnues pour leurs propriétés prometteuses dans la lutte contre le diabète. Les études réalisées sur le *Pistacia lentiscus* ont révélé des effets antidiabétiques et neuroprotecteurs potentiellement bénéfiques. Ainsi, l'huile et les insaponifiables de *Pistacia lentiscus* pourraient être d'un grand intérêt pour le traitement du diabète de type 2 et de la maladie d'Alzheimer (Noui et al., 2023).

Les études précliniques ont démontré des propriétés antidiabétiques et hypolipémiantes intéressantes de l'extrait de feuille de *P. lentiscus* chez des rats rendus diabétiques par l'alloxane. Il a été conclu que l'action hypoglycémique de *P. lentiscus* pourrait être médiée par plus d'un mécanisme biologique, notamment une augmentation de la sécrétion d'insuline et des modifications du profil lipidique, améliorant ainsi la glycémie (Cherbal et al., 2017).

Chapitre 2 : Diabète sucré et alpha amylase

1. Définition du diabète sucré

Le diabète sucré est une maladie chronique caractérisée par des niveaux élevés de glucose dans le sang, en raison de problèmes de production ou d'utilisation de l'insuline. Cette hormone, produite par le pancréas, régule la glycémie en transportant le glucose des cellules sanguines vers les cellules corporelles pour en faire une source d'énergie (**Haseldine et al., 2024**).

On parle de diabète lorsque la glycémie à jeun dépasse régulièrement 1,26g/L, soit 7mmol/L (**Frère, 2011**). Elle touche jusqu'à 463 millions de personnes dans le monde et devrait atteindre 700 millions de diabétiques d'ici 2045 (**Cho et al., 2018**).

2. Types de diabète sucré

Il existe plusieurs types de diabète, notamment :

2.1. Le diabète de type 1 :

Également appelé diabète auto-immun, est une maladie chronique qui se caractérise par un manque d'insuline causé par la destruction des cellules β du pancréas, entraînant une élévation du taux de sucre dans le sang. Alors que les symptômes du diabète de type 1 apparaissent généralement pendant l'enfance ou l'adolescence, il est possible qu'il se manifeste plus tard dans la vie (**Katsarou et al., 2017**).

2.2. Le diabète de type 2 :

Le diabète de type 2 (DT2), est la forme la plus fréquente, constituant environ 90 % des cas diagnostiqués de diabète (**Tenenbaum et al., 2018**). Est une condition complexe influencée par plusieurs facteurs. L'augmentation de la glycémie est principalement attribuée à une diminution de la capacité d'absorption du glucose et à une production excessive de glucose par le foie, cela étant lié à une baisse de la sécrétion d'insuline et de la sensibilité à l'insuline (**Guillausseau et al., 2003**). Les perturbations de la sécrétion d'insuline sont variées : elles incluent la perte du rythme pulsatile de la sécrétion de base, l'absence du pic précoce en réponse à l'apport intraveineux de glucose, une surproduction de prohormones, et une diminution progressive de la sécrétion d'insuline avec le temps (**Scheen et Luyckx, 2003**). Ces anomalies, probablement d'origine génétique, se manifestent dès les premiers stades de la maladie (**Boitard, 2020**).

2.3.Le diabète gestationnel :

Il est caractérisé par une altération de la régulation du glucose, de gravité variable, survenant ou diagnostiquée pour la première fois pendant la grossesse, et ce, quel que soit le stade de la grossesse et quelle que soit l'évolution après l'accouchement (**Mimouni-Zerguini et al., 2011**).

2.4.Les autres types de diabète sucré :

Il existe également d'autres types de diabète sucré, tel que le diabète de type MODY (Maturity Onset Diabetes of the Young), qui est une maladie caractérisée par un diabète non cétosique et non insulino-dépendant, et se manifeste généralement avant l'âge de 25 ans chez des individus non obèses. Transmis selon un mode autosomique dominant, le MODY est cliniquement hétérogène et est associé à un défaut fonctionnel primaire des cellules du pancréas (**Khelifaet al., 2011**).

3. Complications de diabète sucré

Le diabète sucré est une maladie chronique qui entraîne deux types de complications : les complications chroniques ou dégénératives, ainsi que les complications aiguës qui sont des incidents graves pouvant menacer la vie à court terme (**Tchaouet al., 2014**).

3.1.Les complications chroniques :

Sont les dommages organiques causés par les lésions vasculaires associées à la maladie. Ces lésions peuvent affecter les grosses artères qui alimentent le cerveau, le cœur et les membres inférieurs (les macroangiopathies). Elles peuvent également se manifester au niveau des petits vaisseaux sanguins qui irriguent la rétine, les reins et les nerfs périphériques (les microangiopathies) (**Kouakou et al., 2016**).

3.2.Les complications aiguës :

Les complications métaboliques aiguës du diabète sucré sont souvent la raison pour laquelle les patients consultent aux urgences, notamment en cas d'acidocétose, d'hyperglycémie hyperosmolaire, d'acidose lactique ou d'hypoglycémie (**Radi et al., 2010**).

3.3.Les autres complications :

Il y a d'autres complications qui peuvent toucher le corps humain, notamment les infections, les troubles trophiques et la santé buccodentaire etc (**Monnier, 2018**).

4. Traitement de diabète sucré

Le traitement du diabète sucré comprend trois parties : les mesures diététiques, l'activité physique et le traitement médical (Schlienger, 2016).

4.1. Régime alimentaire :

Les personnes diabétiques devraient suivre un régime alimentaire spéciale. Il consiste à choisir une variété d'aliments (légumes et fruits, céréales, produit laitier, viandes, substituts...), sans surconsommation d'énergie. Ceux-ci visent à améliorer ou à maintenir la glycémie, et donc la qualité de vie et de santé nutritionnelle, ainsi qu'à prévenir et traiter les complications aiguës et à long terme du diabète sucré (Dworatzek et al., 2013).

4.2. Activité physique :

L'activité physique aide les personnes diabétiques à atteindre divers objectifs, comme l'amélioration de leur santé cardiorespiratoire, augmenter leur endurance physique, maîtriser la glycémie dans le sang, réduire leur insulino-résistance, améliorer le profil lipidique et abaisser leur tension artérielle (TA), et bien sûr maintenir une perte de poids (Sigal et al., 2018).

4.3. Traitement médical :

Le diabète de type 2 (DT2) est traité pharmacologiquement avec des médicaments hypoglycémisants oraux, également appelés antidiabétiques oraux (ADO), et des médicaments hypoglycémisants injectables (Scheen, 2015).

4.3.1. Les antidiabétiques oraux :

- **La Metformine :** Elle diminue la production de glucose par le foie en période de jeûne, diminue la résistance à l'insuline au niveau musculaire et permet l'augmentation de la production de glucagon-like peptide 1 (GLP1) par l'intestin (Garceau, 2021).

- **Les sulfamides :** Ils sont largement utilisées par de nombreux patients atteints de diabète de type 2, principalement en traitement de deuxième intention et souvent en association avec d'autres molécules antidiabétiques (**Faure,2017**).
- **Les répaglinides :**Le mécanisme d'action du répaglinide sur la sécrétion d'insuline est en partie comparable à celui des sulfamides, bien qu'agissant via d'autres récepteurs. Ses avantages en pratique clinique sont une action plus précoce et plus brève, limitant le risque hypoglycémique à distance des repas, et l'absence de contre-indication en cas d'insuffisance rénale (**Fery et Paquot,2005**).
- **Les inhibiteurs de l'alpha-glucosidase :**Sesont des agents hypoglycémiant qui abaissent la glycémie en retardant la digestion et l'absorption des glucides complexes, exemple : acarbose, miglitol... (**Akmal et al., 2024**).

4.3.2. Les hypoglycémiant injectables :

- **L'insulinothérapie,** est une forme de thérapie sûre et efficace pour le traitement du diabète de type 2. Lorsqu'une insulinothérapie est instaurée,il est nécessaire de l'associer avec les antidiabétiques oraux comme le metformine (**Wieslia et al., 2001**).
- **Les thérapies à base d'incrétine,** qui est l'une des nouvelles options très prometteuses pour le traitement du diabète de type 2. Il existe deux formes de médicaments à base d'incrétines : les agonistes du récepteur du glucagon-like peptide 1 (GLP-1R), administrés par voie sous-cutanée et les inhibiteurs de la dipeptidyl peptidase IV(DPP-4), appelés aussi « gliptine », administrés par voie orale (**Kazafeos, 2011**).

4.4.Traitement par les plantes médicinales :

L'organisation mondiale de santé (OMS) encourage l'intensification de la recherche des pistes incluant également celles qui recourent aux traitements traditionnels à base de plantes médicinales (OMS, 1995).

Ci-dessous, le tableau 01 qui regroupe quelques exemples de plantes médicinales utilisées dans le traitement de diabète sucré.

Tableau 01 : Plantes médicinales utilisées dans le traitement de diabète sucré(Errajraji, Ouhdouch, et El-Anssari.,2010).

Espèces	Appellation locale	Partie utilisée et mode de préparation	Fréquence d'utilisation
<i>Trigonellafoenum-graecum</i>	Halba	Graines, en décoction	52 %
<i>Artemisia herba alba</i>	Chih	Parties aériennes, en décoction	49 %
<i>Euphorbiaresinifera</i>	Daghmous	Plantes séchées - miel d'euphorbe	41 %
<i>Salviaofficinalis</i>	Salmia	Feuilles, en infusion	36%
<i>Nigellasativa</i>	Sanouj	Graines, en décoction	29 %
<i>Thymus vulgaris</i>	Ziitra	Feuilles, en infusion ou décoction	26 %
<i>Allium sativum</i>	Touma	Bulbes d'ail, cuits ou crus	23%
<i>Marrubiumvulgare</i>	Merriout	Feuilles, en infusion ou décoction	21 %
<i>Tetraclinisarticulata</i>	Araar	Parties aériennes, en décoction	19 %
<i>Neriumoleander</i>	Dafla	Feuilles, en infusion ou décoction	15 %
<i>Lavanduladentata</i>	Lakhzama	Parties aériennes, en décoction	11 %
<i>Ajugaiva</i>	Chendgora	Parties aériennes, en décoction	10 %

5. Alpha amylase

5.1.Définition

Les enzymes amylases sont des enzymes hydrolysant l'amidon essentielles dans diverses industries telles que l'alimentation, les boissons et la biotechnologie (**Muliasari etPermatasari,2022**).

Ces enzymes jouent un rôle vital dans le métabolisme des organismes et sont largement utilisées dans la transformation de l'amidon et les industries pharmaceutiques (**Pape, T .2003**).

Les α -amylases (endo-1,4- α -D-glucaneglucanohydrolase, EC3.2.1.1) sont des enzymes endogènes qui hydrolysent l'amidon, le glycogène et d'autres polysaccharides apparentés (**Sunna et al., 1997**).

L'enzyme catalyse la rupture des liaisons α -1,4-glucosidiques dans l'amidon et les composés apparentés, appartenant à la famille GH13 avec une large préférence de substrat et une spécificité de produit (**Štefan et al., 2014**).

5.2. Sources et application industrielle :

L'enzyme alpha-amylase peut être obtenue à partir de plusieurs sources, notamment les plantes, les animaux, les champignons, les levures, les bactéries, etc (**Seung et al., 2013**).

Les amylases sont parmi les enzymes les plus cruciales pour les industries. Les α -amylases sont utilisées dans divers procédés industriels tels que la liquéfaction de l'amidon, le désencollage des textiles, les détergents, la boulangerie et la production de bioéthanol. Grâce aux avancées en biotechnologie, les applications des α -amylases se sont également étendues aux domaines cliniques et médicaux (**Sindhu et al., 2017**).

5.3.Structure :

La structure des α -amylases constitue de trois domaines distincts (Figure 08), présents chez tous les organismes, qui sont nommés A, B et C. Le domaine A est structuré avec 8 hélices α et 8 brins β reliés par des boucles, formant un tonneau TIM adapté à la liaison des monomères de glucose. Le domaine B s'étend au-delà du tonneau TIM, se trouvant entre la troisième hélice α et le troisième

brin β . Quant au domaine C, il se situe à l'extrémité C-terminale et se relie au domaine A, souvent représenté sous la forme d'une feuille β antiparallèle. (Sahnounet al., 2016).

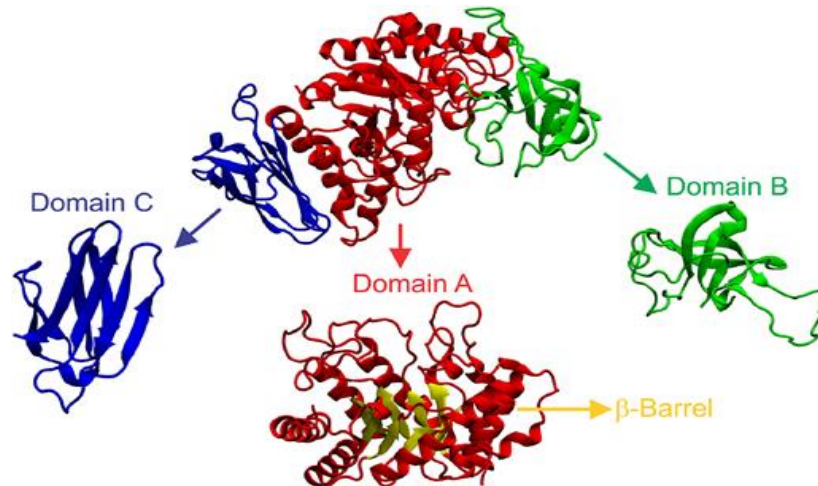


Figure 08 : Structure tridimensionnelle de l'alpha amylase(Sahnoun et al., 2016)

5.4.Mécanisme d'action de l'alpha-amylase :

Les α -amylases coupent les liaisons glycosidiques α -1,4 de l'amylose pour produire du maltose et du glucose, des oligosaccharides intermédiaires (dextrines). Elles interagissent également sur l'amylopectine et le glycogène au niveau de leurs liaisons α -1,4, pour donner des oligosaccharides intermédiaires non ramifiés et des oligosaccharides ramifiés (dextrines) (Samaranayake et al., 2018).

L'amylase salivaire commence la digestion de l'amidon jusqu'à une demi-heure à l'intérieur du bol alimentaire après son arrivée dans l'estomac. Après, elle est inactivée par le faible pH produit par l'acide gastrique. Lors de la présence de nourriture dans le tube digestif, le suc pancréatique contenant une deuxième α -amylase est déversé dans le duodénum. L'amylase pancréatique se charge de poursuivre la digestion de l'amidon et du glycogène dans l'intestin grêle, en étant produite en quantité plus importante que l'amylase salivaire. Les α -amylases des deux origines présentent des caractéristiques catalytiques similaires, nécessitant toutes deux la présence de Cl^- pour une activité optimale et agissant à des pH neutres ou légèrement alcalins (Margaret et al., 2010).

5.5. Inhibition de l'alpha amylase

Les inhibiteurs de l'alpha-amylase tels que l'acarbose et la silibinine présentent des effets inhibiteurs sur l'alpha-amylase (**Jichen et al., 2022**).

Les substances naturelles qui neutralisent l'alpha-amylase, comme l'acide shikimique et d'autres composés polyphénoliques et xanthones dérivés des plantes, montrent une efficacité dans le blocage de la décomposition de l'amidon dans le tractus intestinal. Par conséquent, ils empêchent l'assimilation du sucre, ce qui pourrait favoriser la perte de poids et réguler le niveau de sucre dans le sang (**Cao et al., 2023**).

De nombreuses substances naturellement présentes dans des plantes et des bactéries comme le romarin, l'ail et les extraits de *Lactobacillus* ont montré une capacité notable à entraver l'activité de l'alpha-amylase (**Santos et al., 2022**).

Etude expérimentale

Matériel et méthodes

Matériel et méthodes

La partie expérimentale a été effectuée au niveau du laboratoire de recherche Antibiotiques, Antifongiques : Physico-Chimie et Synthèse et Activité Biologique, Faculté SNV-STU – université de Tlemcen.

I. Matériel

1. Matériel végétal :

Notre recherche s'est focalisée sur la plante « *Pistacia lentiscus* » et a été obtenue à partir de deux régions distinctes, à savoir Beni Snous de la wilaya de Tlemcen et Beni Haoua de la wilaya de Chlef.

○ Représentation des zones d'études :

➤ Beni Snous de Tlemcen :

La région de Beni Snous est située à 35 km à l'Ouest de la ville de Tlemcen. La région est montagneuse, avec une forêt dense comprenant différentes variétés de chênes, de liège, de cèdres et de pins d'Alep. Le climat est froid, avec des chutes de neige et des gelées. L'agriculture est limitée par la qualité des sols, mais l'élevage est plus favorable (Moussouni, 2022).

➤ Beni Haoua de Chlef :

Beni Haoua, dans la wilaya de Chlef en Algérie, est une région montagneuse côtière au climat méditerranéen, avec des étés chauds et secs et des hivers doux et humides. Les précipitations sont concentrées entre novembre et mars, variant de 160 mm/an à 250 mm/an, et la région abrite une diversité floristique adaptée aux conditions semi-arides et aux variations d'altitude et de pH (Ababou et al., 2017).

II. Méthodes

1. Préparation des extraits

Les feuilles de *Pistacia lentisque* récoltées à partir des deux stations d'étude de Tlemcen et de Chlef, ont été séchées, puis, nous les avons broyées avec un mortier jusqu'à obtenir une poudre (Photo 09).

La poudre obtenue a été conservée jusqu'à son utilisation pour préparer les extraits bruts.

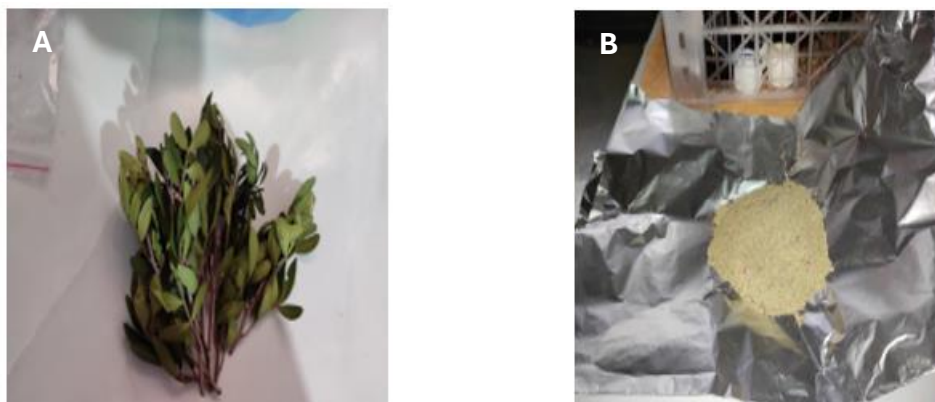


Figure 09 : Préparation de *Pistacia lentiscus* pour les extractions(Photos personnelles)

(A) : Feuilles ; (B) : Poudre des feuilles

Nous avons préparé les extraits en utilisant deux méthodes différentes :

1.1. Extraction par macération

La poudre des feuilles de *Pistacia lentiscus* des deux stations d'étude, a été extraite par macération de 72 heures à température ambiante, dans un système de solvants eau/acétone avec les proportions (30/70) (v/v).

Après filtration des deux extraits(Photos personnelles), le solvant organique a été évaporé par rotavapeur(Photos personnelles) et les phases aqueuses ont été évaporées dans l'étuve à 35°C. Les résidus obtenus des deux extraits sont conservés à + 4 °C.

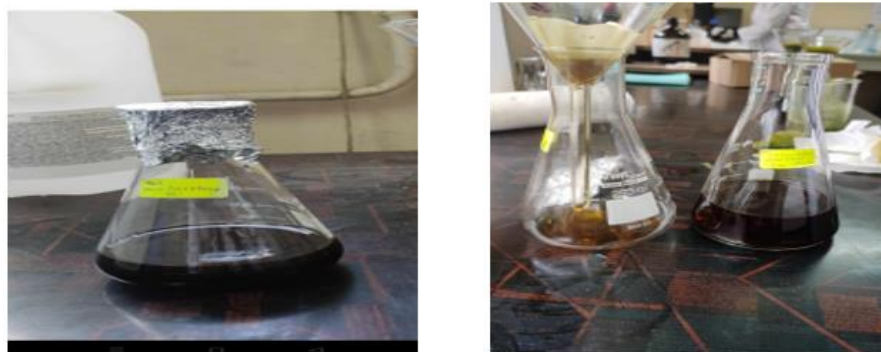


Figure 10 :Préparation de l'extrait (A) et sa filtration (B)(Photos personnelles)

1.2. Extractionsous reflux

La poudre des feuilles de *Pistacia lentiscus* des deux stations d'étude, a été préparé par extraction sous-reflux d'une heure, dans un système de solvants eau/acétone avec les proportions (30/70) (v/v).

Après refroidissement des extraits et leur filtration, le solvant organique a été évaporé par rotavapeur (**Figure 11**) et les phases aqueuses sont évaporées dans l'étuve à 35°C. Les résidus obtenus des deux extraits sont conservés à + 4 °C.



Figure 11 :Evaporation de l'extraità l'aide d'un Rotavapor(**Photo personnelle**)

2. Tests phytochimiques

2.1. Les tanins

Ce test est réalisé par un mélange de 1 ml de chaque extrait avec 0,25 ml d'une solution aqueuse de chlorure de fer (1%) et incubé à température ambiante pendant 15 minutes. La présence des tanins est indiquée par l'apparition d'une couleur bleu-noirâtre ou verdâtre(**Karumi, 2004**).

2.2. Les flavonoïdes

La présence des flavonoïdes est testée en ajoutant 1 ml d'acide chlorhydrique concentré et quelques copeaux de magnésium aux extraits, pour obtenir des couleurs rouge, orange ou rose(**Karumi, 2004**).

2.3. Les quinones libres

Un volume de 0,1 ml d'hydroxyde de sodium (1 %) ajouté à un volume de 1 ml de chaque extrait permet de révéler la présence de quinones avec l'obtention d'une couleur jaune, rouge ou violette (**Oloyede, 2005**).

2.4. Les anthraquinones

La présence des anthraquinones est testée en ajoutant 1 ml de NH_4OH (10%) aux extraits. Après agitation, l'obtention d'une couleur violette indique leur présence (Oloyede, 2005).

2.5. Les terpénoïdes

Les terpénoïdes ont été détectés par le test de Slakowski avec un volume de 0,4 ml de chloroforme et un volume de 0,6 ml d'acide sulfurique concentré ainsi que volume de 1 ml des extraits à tester. La présence de deux phases et une couleur marron à l'interface indique leur présence (Khan et al., 2011).

2.6. Les saponosides

La présence des saponosides a été confirmée en utilisant un test de mousses avec un volume de 10 ml d'extrait qui est agité vigoureusement pendant 15 secondes. L'obtention d'une mousse de plus de 1 cm qui dure entre 10 et 20 minutes indique leur présence (N'Guessan et al., 2009).

2.7. Les alcaloïdes

Les tests ont été effectués avec les réactifs de Mayer et Wagner. Après acidification des extraits avec l'acide chlorhydrique, 0,5 ml d'extrait sont mélangés avec quelques gouttes de chacun des réactifs dans deux tubes différents. Un précipité blanc et marron indique la présence d'alcaloïdes, respectivement (Majob et al., 2003).

2.8. Les composés réducteurs

Un volume de 1 ml d'extrait introduite dans un tube à essai a été mélangé avec 2 ml de liqueur de Fehling (1 ml de réactif A et 1 ml de réactif B). Le mélange est chauffé au bain-marie pendant 10 minutes. La présence de composés réducteurs est indiquée par un précipité rouge brique (Edeoga et al., 2005).

3. Dosages quantitatifs

3.1. Dosage des polyphénols totaux

Le réactif utilisé est le Folin-Ciocalteu, qui est composé d'un mélange de l'acide phosphotungstique ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) et de l'acide phosphomolybdique ($\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$). Les composés phénoliques totaux sont quantifiés en mélangeant 100 μl de des extraits hydroacétoniques des deux stations d'étude avec 2 ml d'une solution de carbonate de sodium à 7 %. Après agitation et

incubation pendant cinq minutes, 100 µl de réactif de Folin-Coicalteu à 0,2 N sont ajoutés. Le mélange est incubé à température ambiante et à l'abri de la lumière pendant 30 minutes. L'absorbance est ensuite mesurée à 700 nm au spectrophotomètre contre un blanc. Une courbe étalon a été préparée en parallèle, en utilisant l'acide gallique comme contrôle positif à différentes concentrations. Les résultats sont exprimés en microgrammes équivalents acide gallique par milligrammes d'extrait (µg EAG/ mg E) (Vermeris et Nicholson. 2006).

3.2. Dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes est effectué par méthode colorimétrique selon le protocole de Zhishen et al, 1999. Pour ce faire, 500 µl des extraits hydroacétoniques des deux stations d'étude sont mélangés avec 2 ml d'eau distillée, puis 150 µl d'une solution de nitrite de sodium à 15% sont ajoutés. Après incubation à température ambiante pendant 6 minutes, 150 µl de chlorure d'aluminium à 10% sont ajoutés et les tubes sont incubés pendant 6 minutes. Un volume de 2 ml d'hydroxyde de sodium à 4% est ajouté à tous les tubes. Le volume total est complété à 5 ml avec de l'eau distillée. Après agitation et incubation pendant 15 minutes, l'absorbance est mesurée avec un spectrophotomètre à 510 nm en utilisant un blanc.

Une courbe étalon a été préparée en parallèle, en utilisant la catéchine comme contrôle positif à différentes concentrations. Les résultats sont exprimés en microgrammes équivalents catéchine par milligrammes d'extrait (µg EC/ mg E) (Zhishen et al. 1999).

4. Évaluation de l'effet inhibiteur des extraits des feuilles de *Pistacia lentiscus* sur l'activité de l'alpha amylase

4.1. Préparation des solutions

4.1.1. Solution de tampon phosphate à 0,02 M et pH 6,9

La solution de tampon phosphate salin a été préparée à partir d'une solution A contenant 0,71 g de phosphate de sodium monobasique (NaH_2PO_4), et une solution B contenant 0,6 g de phosphate de sodium dibasique (Na_2HPO_4), dans l'eau physiologique à 0,9 %. Le pH est ajusté à 6,9 en utilisant une solution de NaOH 1 M ou de HCl 1M.

4.1.2. Solution d'amidon soluble

La solution de l'amidon est préparée à 1% en le solubilisant dans le tampon phosphate par chauffage à 70 – 80°C. Ensuite, la solution de l'amidon est agitée jusqu'à la réalisation de la procédure de dosage.

4.1.3. Solution du réactif DNSA

a) Solution de tartrate de potassium et de sodium, tétra-hydraté à 5,3 M

La solution de tartrate de potassium et de sodium a été préparée à une concentration de 5,3 M dans une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 2 M.

b) Solution d'acide 3,5-dinitrosalicylique à 96 mM

La solution d'acide 3,5-dinitrosalicylique a été préparée à une concentration de 96 mM dans l'eau ultra pure. La solution est chauffée sur une plaque agitatrice avec agitation sans atteindre l'ébullition.

c) Solution de réactif de DNSA (Selon Sigma Aldrich)

Pour préparer un volume de 100 ml de réactif d'acide 3,5-dinitrosalicylique, nous avons additionné 30 ml d'eau ultra pure tiède (50 – 70°C) dans un bécher, en incorporant un volume de 20 ml de la solution de tartrate de sodium et de potassium à 5,3M et un volume de 50 ml de la solution de l'acide 3,5-dinitrosalicylique à 96 mM. La solution de DNSA limpide obtenue est de couleur orange.

Cette solution est stable pendant une durée de six mois à la température ambiante, si elle est protégée de la lumière.

4.1.3. Solution de l'enzyme alpha amylase

L'enzyme alpha amylase est préparée le jour de l'expérimentation. Elle est solubilisée dans le tampon phosphate 0,02 M et pH 6,9, puis, pré-incubée à une température de 37 ° C. L'activité enzymatique finale de l'enzyme dans le milieu réactionnel est de 1,5 unités / ml.

4.1.4. Solution d'extraits

Les extraits bruts hydroacétoniques de *Pistacia lentiscus* des deux stations d'étude, ont été solubilisés dans la solution de tampon phosphate 0,02 M et pH 6,9.

4.1.5. Solution d'acarbose :

L'acarbose est un pseudo-tetra-saccharide d'origine microbienne. Il est utilisé dans cette expérience comme contrôle positif (molécule de référence), afin de comparer son activité vis-à-vis de l'alpha amylase par rapport à celle des extraits de la plante étudiée.

4.2. Mode opératoire

- ✓ Le test est réalisé pour chaque extrait en triplicata et le 4ème tube représente le blanc pour chaque concentration de l'extrait à tester.
- ✓ Blanc des extraits : 200 µl de la concentration de l'extrait + 200 µl de tampon phosphate + 200 µl d'amidon.
- ✓ Tube contrôle (×3) : 200 µl de tampon + 200 µl d'enzyme + 200 µl d'amidon.
- ✓ Blanc du contrôle : 400 µl de tampon + 200 µl d'amidon.
- ✓ Ajout de 1 ml d'eau distillée et la lecture des absorbances se fait à 540 nm contre le blanc.

L'activité inhibitrice des extraits hydroacétoniques macérés et sous reflux bruts de *P. lentiscus* et de l'acarbose vis-à-vis de l'α-amylase est exprimée en pourcentage d'inhibition.

Le pourcentage d'inhibition est calculé par l'équation suivante :

$$\text{Pourcentage d'inhibition de l'alpha amylase} = \left(\frac{Do \text{ contrôle} - Do \text{ échantillon}}{Do \text{ contrôle}} \right) \times 100$$

Les CI₅₀, concentrations inhibitrices de 50 % de l'activité de l'alpha amylase pour chaque extrait, sont calculées à partir des courbes de régressions linéaires tracées sur Excel.

Résultats et interprétation

Résultats et interprétation

I. Etude phytochimique

1. Rendements des extraits de *Pistacia lentiscus*

Le rendement d'extraction a été calculé pour les deux méthodes d'extraction des feuilles de *Pistacialentiscus*. Les résultats obtenus à partir des quatre extraits hydroacétoniques de *Pistacialentiscus* des deux stations différentes sont présentés dans les tableaux 02 et 03, ainsi que dans les figures 12 et 13.

Tableau 02 : Extraits de *Pistacialentiscus* de la région de « Beni Snous »

	Extrait macéré	Extrait décocté
Aspect	Poudre cristallisé	Poudre cristallisé
Solvant de solubilité	Méthanol	Méthanol
Couleur	Marron	Marron

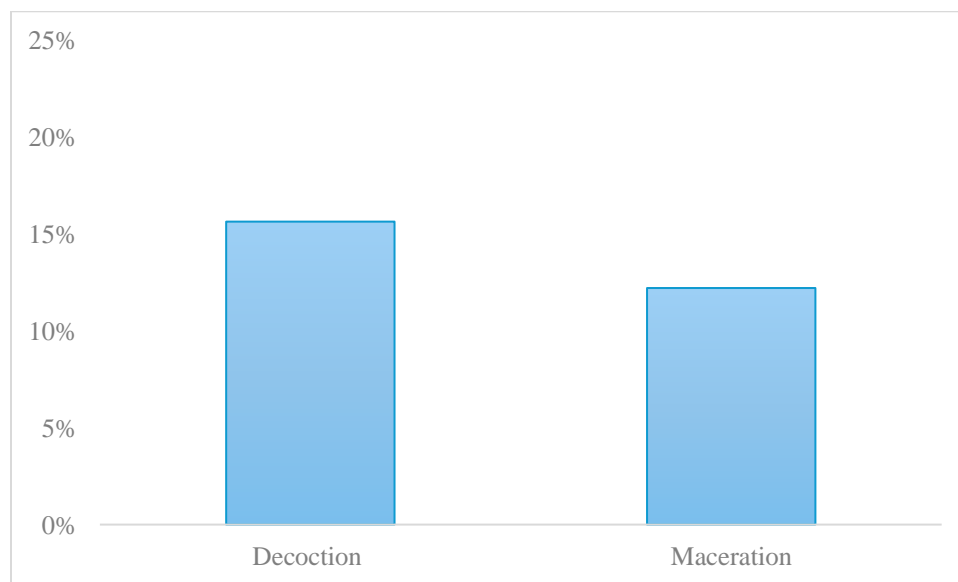


Figure 12 : Rendement des extraits de *Pistacialentiscus* de Beni Snous des deux méthodes d'extraction

Tableau 03 : Extraits de *Pistacialentiscus* de la région de«**Beni Haoua** » de Chlef

	Extrait macéré	Extrait décocté
Aspect	Poudre cristallisé	Poudre cristallisé
Solvant de solubilité	Méthanol	Méthanol
Couleur	Marron	Marron

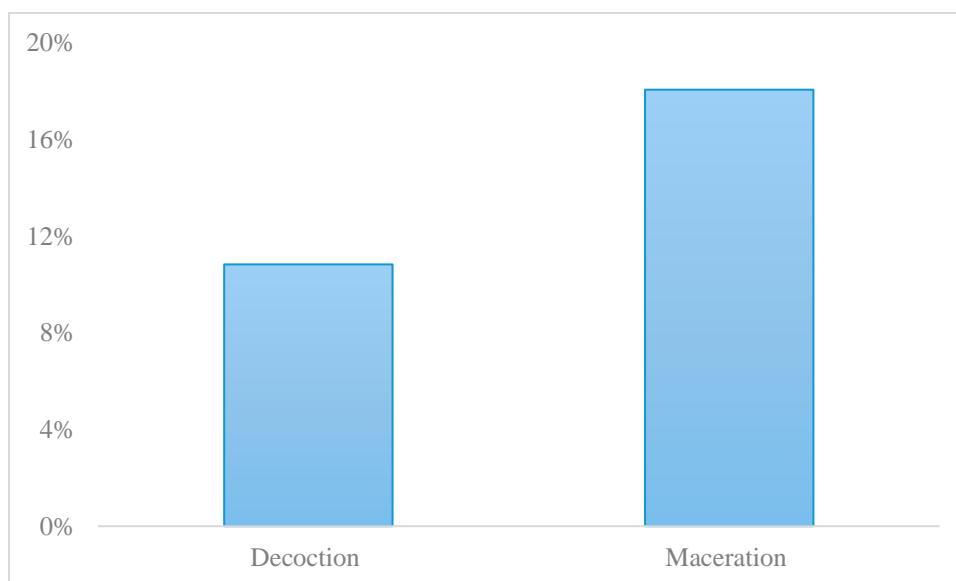


Figure 13 : Rendement des extraits de *Pistacialentiscus* de Beni Haoua de Chlef des deux méthodes d'extraction

Selon les résultats des tableaux et des figures ci-dessus, nous remarquons une différence dans les rendements obtenus. Cette différence est due soit à la méthode d'extraction : macération ou sous-reflux, ou la station de la récolte des feuilles de *P. lentiscus*.

Pour la plante de Béni Snous, l'extrait décocté a présenté un rendement légèrement supérieur à celui de l'extrait macéré. Pour la deuxième station d'étude, Beni Haoua , l'extrait macéré a un rendement supérieur à celui de l'extrait décocté.

2. Tests phytochimiques

Les analyses phytochimiques sont des méthodes cruciales qui apportent des éclairages sur la composition chimique des extraits végétaux (Bastos,2022). Les tests effectués sur les extraits

Résultats et interprétation

comprennent des tests de coloration et de précipitation qualitatives, et vont nous permettre de déceler quelques composés phytochimiques, tels que les composés phénoliques, les alcaloïdes, les flavonoïdes, les tanins, les quinones libres, les anthraquinones, les saponosides et les terpénoïdes contenus dans les feuilles de pistachier lentisque.

La présence ou l'absence des composés est observée par coloration, l'apparition d'un précipité ou la formation d'un moussin, en utilisant des réactifs spécifiques pour chaque test. Les résultats obtenus pour les extraits hydroacétoniques macérés et décoctés de *Pistacia lentiscus* des deux stations différentes sont résumés dans les tableaux 04 et 05.

Tableau 04 : Résultats des tests phytochimiques sur les extraits de *Pistacia lentiscus* de « Beni Snous » pour les deux méthodes d'extraction

Tests		Extrait macéré	Extrait décocté
Saponosides		+++	+++
Tanins		+++	+++
Flavonoïdes		-	++
Quinones libre		-	-
Anthraquinone		-	-
Terpénoïdes		++	++
Alcaloïdes	Mayer :	+++	+++
	Wagner :	+++	+++
Composés réducteurs		+++	+++

+++ : fortement positif ; ++ : moyennement positif ; + : faiblement positif ; - : Négatif.

Les extraits macérés et décoctés de *Pistacia lentiscus* de la station de Béni Snous contiennent les saponosides, les tanins, les terpénoïdes, les alcaloïdes et les sucres réducteurs. Pour les flavonoïdes, seul l'extrait décocté a présenté un test positif.

Les tests de détection des quinones libres et des anthraquinones sont négatifs pour les deux extraits de la plante.

Tableau 05 :Résultats des tests phytochimiques sur les extraits de *Pistacialentiscus* de«Beni Haoua »de Chlef pour les deux méthodes d'extraction

Tests		Extrait macéré	Extrait décocté
Saponosides		+++	+
Tanins		+++	+++
Flavonoïdes		++	+
Quinones libre		-	-
Anthraquinone		-	-
Terpénoïdes		+++	+++
Alcaloïdes	Mayer :	-	-
	Wagner :	+++	-
Composés réducteurs		+++	+++

+++ : fortement positif ; ++ : moyennement positif ; + : faiblement positif ; - : Négatif.

Les extraits macérés et décoctés de *Pistacialentiscus* de la station de Beni Haoua de Chlef contiennent les saponosides, les tanins, les flavonoïdes, les terpénoïdes et les sucres réducteurs. Pour les alcaloïdes, seul l'extrait macéré a présenté un test positif (Wagner uniquement).

Les tests de détection des quinones libres et des anthraquinones sont négatifs pour les deux extraits de la plante.

3. Dosages quantitatifs

3.1. Dosage de polyphénols totaux

La détermination des polyphénols a été effectuée par une méthode colorimétrique à l'aide du réactif de Folin-Ciocalteu pour mesurer la teneur des composés phénoliques dans les extraits de pistachier. Cette méthode repose sur la réaction de composés phénoliques avec le réactif Folin-Ciocalteu en présence de carbonate de sodium, formant un complexe de couleur bleue. L'acide gallique a été utilisé comme étalon et les résultats exprimés en ($\mu\text{g EAG/ mg E}$) (Figure 14).

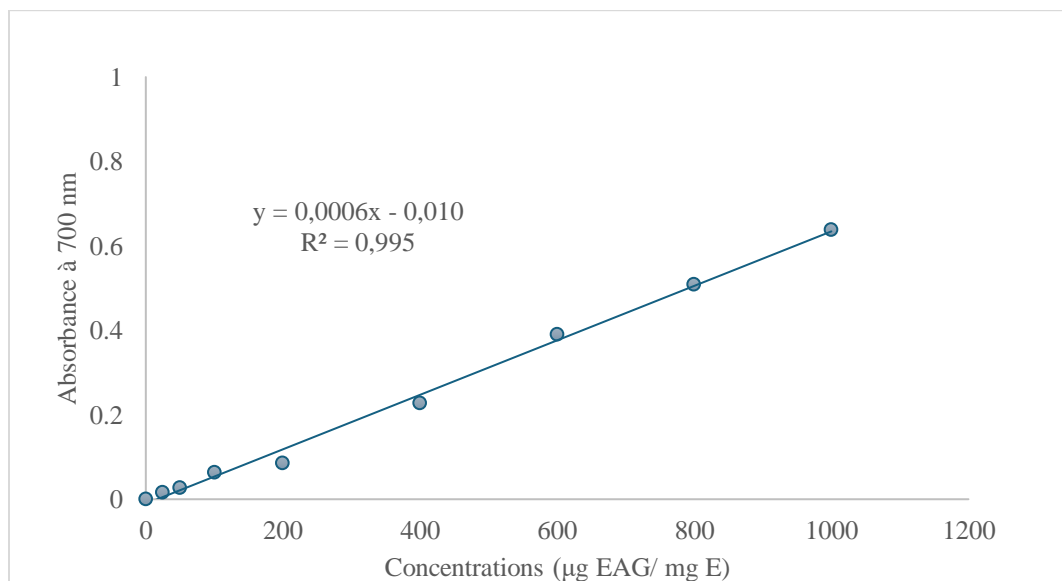


Figure 14 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

Les teneurs en composés phénoliques des extraits macérés et décoctés de *Pistacia lentiscus* de « Beni Snous » sont représentés dans le tableau 06 et 07.

Tableau 06 : Teneurs en composés phénoliques des extraits de *Pistacia lentiscus* de « Beni Snous » pour les deux méthodes d'extraction

Teneurs en composés phénoliques (µg EAG/ mg E)	
Extrait macéré	191,945
Extrait décocté	177,415

Les teneurs en composés phénoliques des extraits hydroacétoniques macérés et décoctés de *Pistacia lentiscus* de « Beni Haoua » de Chlef sont représentés dans le tableau 07.

Tableau 07 : Teneurs en composés phénoliques des extraits de *Pistacia lentiscus* de « Beni Haoua » de Chlef pour les deux méthodes d'extraction

Teneurs en composés phénoliques (µg EAG/ mg E)	
Extrait macéré	185,375

Extrait décocté	269,885
-----------------	---------

D'après les résultats obtenus, nous remarquons une différence de teneurs entre les deux stations de récolte de *P. lentiscus*, ainsi que dans la méthode d'extraction.

L'extrait macéré de la région de Beni Snous a présenté une teneur légèrement élevée par rapport à l'extrait décocté. Cependant, l'extrait décocté de la région de Beni Haoua a présenté non seulement une teneur plus élevée par rapport à celle de l'extrait macéré de la même région, mais aussi la meilleure teneur par rapport aux extraits des deux régions de récolte.

3.2. Dosage de flavonoïdes

La détermination des flavonoïdes par le chlorure d'aluminium implique une méthode de dosage colorimétrique. Cette méthode repose sur la réaction de complexation entre les flavonoïdes et le chlorure d'aluminium, qui conduit à la formation de composés colorés.

La catéchine a été utilisée comme étalonnet les résultats exprimés en ($\mu\text{g EC/ mg E}$) (Figure 15).

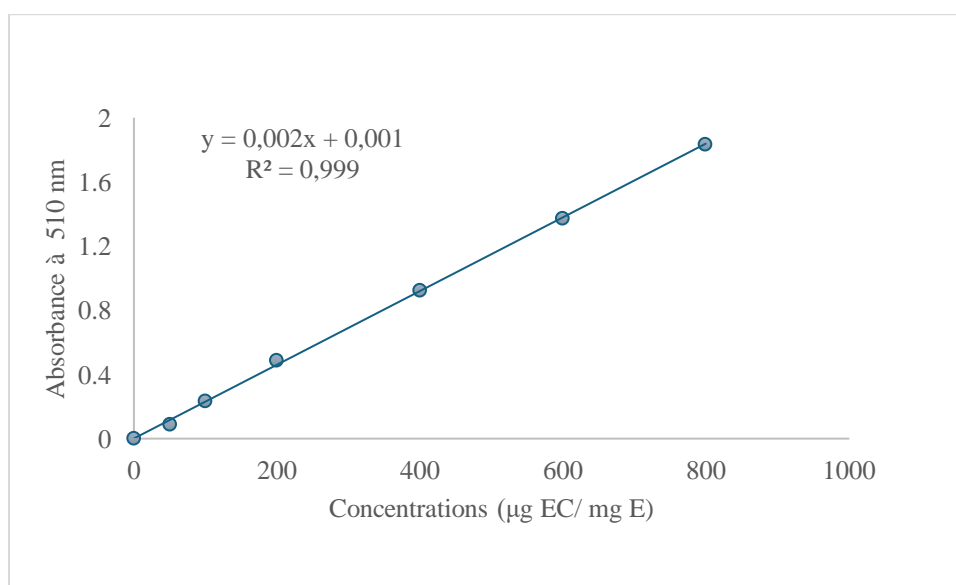


Figure 15 : Courbe d'étalonnage de la catéchine

Les teneurs en flavonoïdes des extraits hydroacétoniques macérés et décoctés de *Pistacia lentiscus* de « Beni Haoua » de Chlef sont représentés dans le tableau 08 et 09.

Tableau 08 : Teneurs en flavonoïdes des extraits de *Pistacia lentiscus* de « Beni Snous » pour les deux méthodes d'extraction

Teneurs en flavonoïdes (µg EC/ mg E)	
Extrait macéré	60,415
Extrait décocté	57,94

Tableau 09 : Teneurs en flavonoïdes des extraits de *Pistacia lentiscus* de « Beni Haoua » de Chlef pour les deux méthodes d'extraction

Teneurs en flavonoïdes (µg EC/ mg E)	
Extrait macéré	58,74
Extrait décocté	74,455

Comme pour les dosages précédents, nous remarquons une différence de teneurs de flavonoïdes entre les deux stations de récolte de *P. lentiscus*, ainsi que dans la méthode d'extraction.

L'extrait décocté de la région de Beni Haoua a présenté une teneur plus élevée par rapport aux quatre extraits étudiés, suivie de l'extrait macéré de la région de Beni Snous.

4. Effet inhibiteur des extraits de *Pistacia lentiscus* sur l'activité de l' α -amylase *in vitro* :

Dans ce test, nous avons déterminé l'efficacité d'inhibition de l'alpha-amylase par les extraits hydroacétoniques de *Pistacia lentiscus* dans les deux régions de Beni Snous et de Beni Haoua de Chlef, et ceci, selon les deux méthodes d'extraction : macération, décoction. Les résultats des pourcentages d'inhibition en fonction des concentrations des extraits testés sont présentés dans les figures 16, 17, 18, 19 et 20.

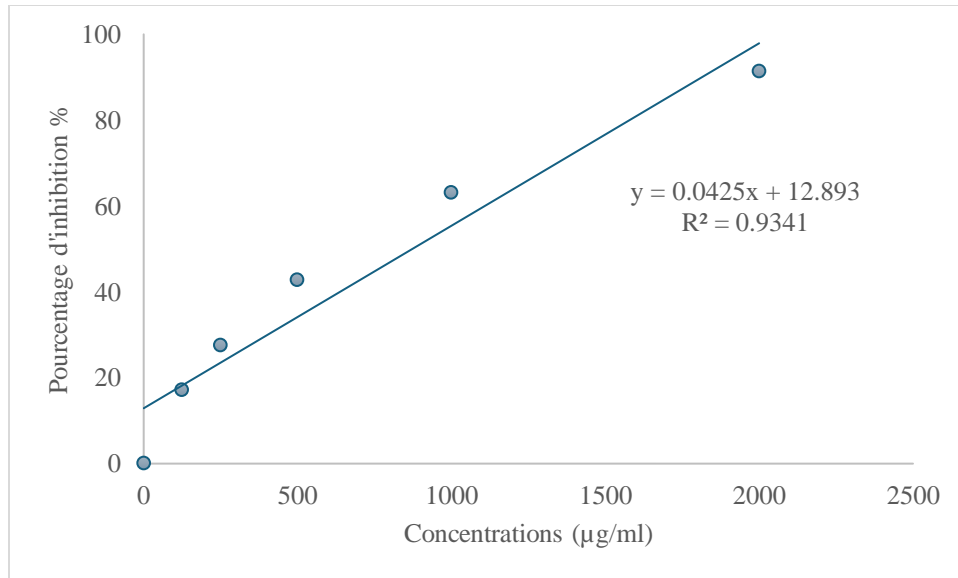


Figure 16 : Courbe de régression linéaire représentant les pourcentages d'inhibition en fonction des concentrations de l'extrait hydroacétonique macéré de la région de Beni Snous

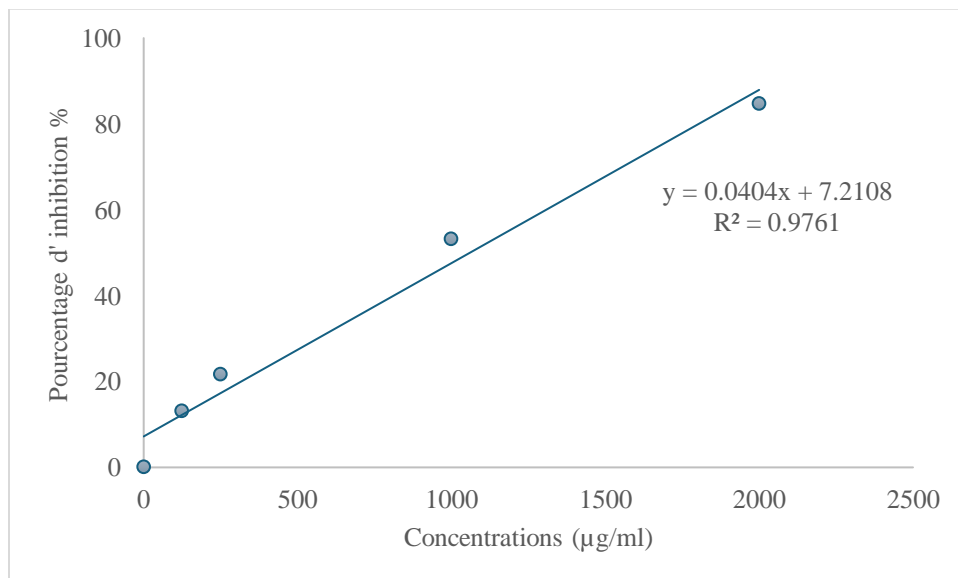


Figure 17 : Courbe de régression linéaire représentant les pourcentages d'inhibition en fonction des concentrations de l'extrait hydroacétonique décocté de la région de Beni Snous

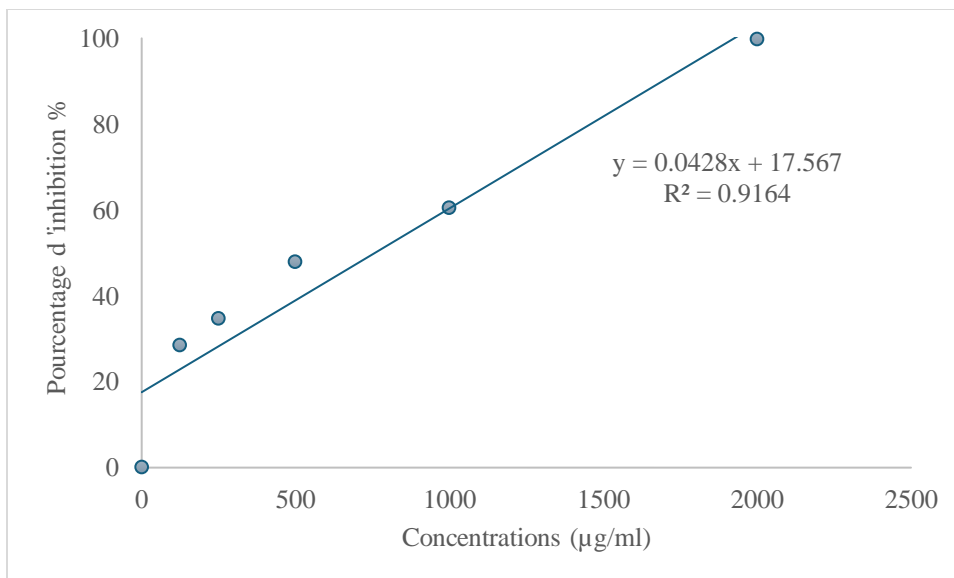


Figure 18 : Courbe de régression linéaire représentant les pourcentages d’inhibition en fonction des concentrations de l’extrait hydroacétonique macéré de la région de Beni Haoua (Chlef)

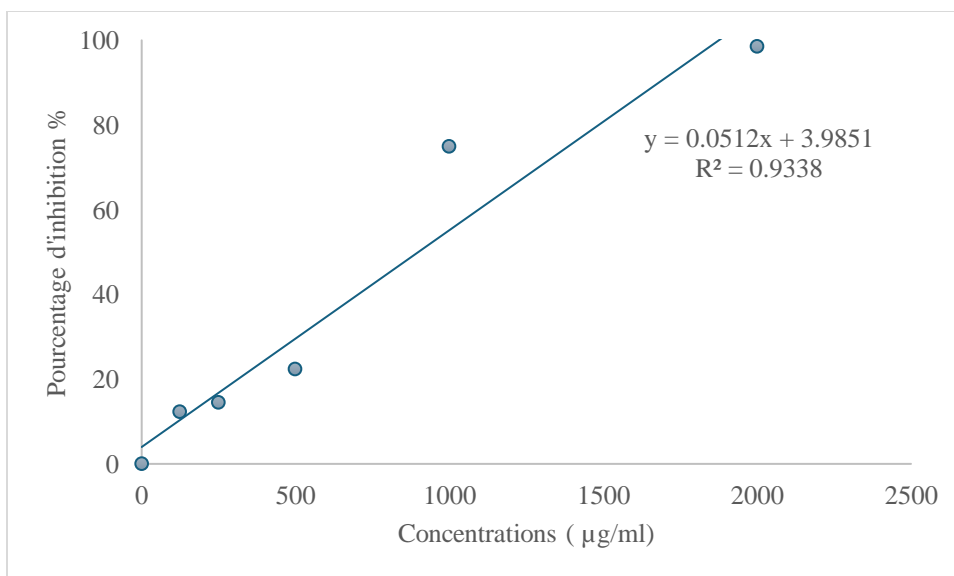


Figure 19 : Courbe de régression linéaire représentant les pourcentages d’inhibition en fonction des concentrations de l’extrait hydroacétonique décocté de la région de Beni Haoua (Chlef)

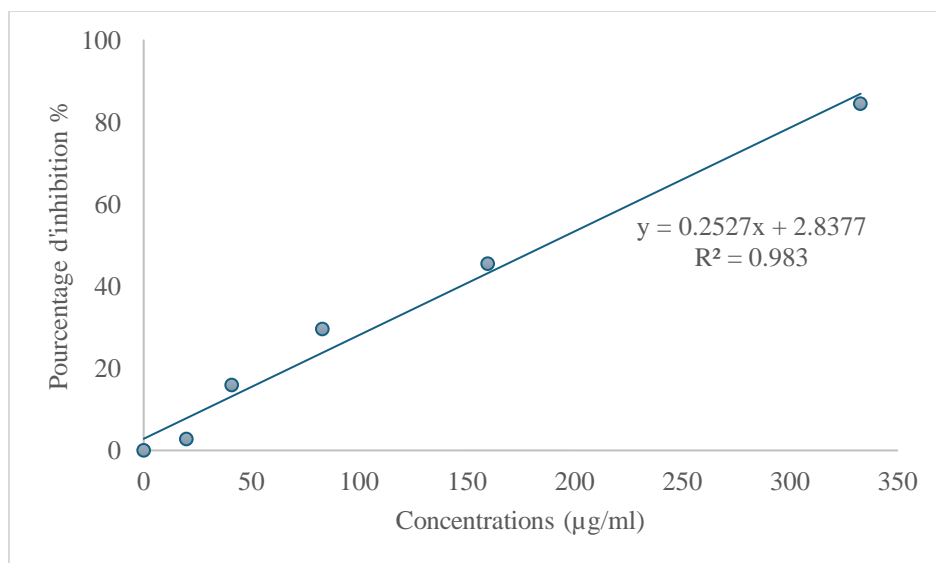


Figure20 : Courbe de régression linéaire représentant les pourcentages d’inhibition en fonction des concentrations de l’acarbose

Selon les résultats obtenus et représentés dans les figures ci-dessus, nous observons que les quatre extraits testés des deux régions présentent une activité inhibitrice vis-à-vis de l’enzyme alpha amylase.

Les extraits de la région de Beni Haoua de Chlef ont exhibé des pourcentages d’inhibition légèrement supérieur aux extraits de la région de Beni Snous.

À l'aide des courbes de régression précédentes, nous avons calculé les concentrations inhibitrices de l'activité alpha-amylase CI_{50} , et les résultats sont présentés dans le tableau 10.

Tableau 10 : Concentrations inhibitrices CI_{50} des extraits de *Pistacia lentiscus* et de l’acarbose

Echantillons testés		CI_{50} (µg/ml)
Extraits hydroacétoniques de Beni Snous	Macéré	873,1
	Décocté	1059,13
Extraits hydroacétoniques de Beni Haoua	Macéré	757,78
	Décocté	898,72
Acarbose		186,63

Résultats et interprétation

Nous remarquons, selon le tableau ci-dessus, que l'extrait hydroacétonique macéré de la région de Beni Haoua (Chlef) présente une CI_{50} inférieure par rapport aux CI_{50} obtenues pour les autres extraits.

De plus, les extraits de la région de Beni Hawa présentent des activités inhibitrices meilleures en comparaison avec les extraits de la région de Beni Snous.

Cependant, les quatre extraits hydroacétoniques des deux régions de notre étude ont présentés des valeurs de CI_{50} plus élevées par rapport à l'acarbose, médicament antidiabétique commercialisé (molécule de référence).

Discussion

Discussion

➤ Étude phytochimique

Notre étude expérimentale a été entamée par la préparation des extraits hydroacétoniques à partir des feuilles de *Pistacia lentiscus*. Nous avons calculé les rendements obtenus pour les extraits décoctés et macérés pour chacune des deux stations étudiées.

Les données recueillies ont indiqué un rendement moyen pour la première station, Beni Snous, s'élevant à 15,65 % pour l'extraction par décoction, alors que celui de la macération se situait aux alentours de 12,22 %. Au vu de ces résultats, il semble que la décoction offre une meilleure efficacité pour extraire les éléments recherchés. À l'inverse, dans la deuxième station, Beni Haoua à Chlef, un rendement de 18,04% pour la macération et de 10,82% pour la décoction ont été obtenus.

Cette disparité dans les rendements pourrait être attribuable à la durée d'extraction, qui est d'une heure pour l'extraction sous-reflux contre 72 heures pour la macération. De plus, la température qui peut impacter les résultats, ainsi que la zone géographique de la récolte.

Des études réalisées par Barbouchi et ses collaborateurs en 2018, ont préparé des extraits bruts méthanoliques des feuilles de *P. lentiscus* de deux régions différentes au Maroc (Melloussa et Moulay Idriss Zerhoun). L'extraction a été réalisée par Soxhlet et les auteurs ont trouvé des valeurs de rendements de 37,34% et 51,60%, respectivement. Cette variation pourrait être due au choix du solvant, la méthode d'extraction et la région d'étude (Barbouchi et al., 2018).

✓ Tests phytochimiques

Les résultats de nos extraits hydroacétoniques ont montré la présence des saponosides, des tanins, des flavonoïdes, des terpénoïdes, des alcaloïdes et des composés réducteurs et l'absence de quinones libres et des anthraquinones pour les deux stations.

Ces résultats sont similaires à ceux de Arab et ses collaborateurs en 2014, qui ont détecté la présence des tanins, des alcaloïdes et des flavonoïdes dans l'extrait méthanolique des feuilles de *Pistacia lentiscus*. Cependant, les auteurs mentionnent l'absence de saponosides (Arab et al., 2014).

✓ Dosage quantitatif :

a) **Concernant les résultats des dosages de flavonoïdes** : de *Pistacialentiscus* obtenus à partir de la macération et de la décoction dans les deux stations.

Dans la première station, la concentration de flavonoïdes est plus élevée avec la méthode de macération (60,415µg E C/mgE), par rapport à la méthode de décoction (57,94µg E C/mgE).

En revanche, dans la deuxième station, la concentration de flavonoïdes est plus élevée avec la méthode de décoction (74,455µg E C/mgE), par rapport à la méthode de macération (58,74µg E C/mgE).

Globalement, la deuxième station présente des concentrations de flavonoïdes plus élevées comparées à la première station, quelle que soit la méthode utilisée.

Les différences observées pourraient être dues à des variations dans les conditions d'extraction ou dans la composition chimique de *Pistacialentiscus* entre les deux stations.

De plus, ces résultats suggèrent que la méthode de décoction peut être plus efficace pour extraire les flavonoïdes de *Pistacialentiscus* dans la deuxième station, tandis que la macération semble plus efficace dans la première station.

b) **Pour les résultats de dosage des polyphénols** : de *Pistacia lentiscus* des deux stations, ainsi que pour les deux méthodes d'extraction : macération et décoction.

Dans la première station, la concentration en polyphénols est plus élevée avec la méthode de macération (191.945µg EAG/mg E) par rapport à la méthode de décoction (177.415µg EAG/mgE).

Dans la deuxième station, la concentration en polyphénols est significativement plus élevée avec la méthode de décoction (269.885µg EAG/mgE) par rapport à la méthode de macération (185.375µg EAG/mgE).

Dans l'ensemble, la deuxième station présente des concentrations en polyphénols plus élevées par rapport à la première station, pour les deux méthodes d'extraction : macération et décoction.

Nous pouvons suggérer que selon nos résultats, que la méthode de décoction est meilleure pour extraire les polyphénols de *P. lentiscus* dans la deuxième station, tandis que la macération semble être meilleure pour la première station.

c) En comparant nos résultats avec d'autres études :

Azib et ses collaborateurs en 2019, ont trouvé une quantité de flavonoïdes de 5,1 mg EQ/g de matière sèche (MS) et une quantité de polyphénols de 95,8 mg EAG/g MS pour l'extrait éthanolique des feuilles de *P. lentiscus* (Azib et al., 2019).

De même, Salhi et ses collaborateurs en 2019, ont réalisé le dosage des flavonoïdes des extraits préparés par Soxhlet avec des solvants de polarité différente : dichlorométhane, acétate d'éthyle, méthanol et éthanol. Les concentrations obtenues ont été variables de l'ordre de $5,81 \pm 0,79$ mg EQ/g, $12,63 \pm 0,18$ mg EQ/g, $15,12 \pm 0,88$ mg EQ/g, et $32,06 \pm 1,68$ mg EQ/g, respectivement (Salhi et al., 2019).

Ces mêmes auteurs ont trouvé des concentrations en polyphénols totaux de l'ordre $10,06 \pm 0,06$ mg EAG/g, $24,43 \pm 2,72$ mg EAG/g, $36,94 \pm 1,35$ mg EAG/g et $70,40 \pm 7,07$ mg EAG/g, selon le même ordre précédent des solvants (Salhi et al., 2019).

➤ **Activité biologique**

Dans la deuxième partie de notre expérimentation, nous avons étudié l'effet inhibiteur des extraits bruts hydroacétoniques macérés et décoctés des feuilles de *P. lentiscus* récoltées dans deux stations différentes.

a) **Comparaison entre l'extraction par la macération et la décoction :**

Dans la première station, les résultats montrent que l'extraction par macération présente une inhibition de l'alpha-amylase légèrement meilleure ($CI_{50} = 873,1 \mu\text{g/ml}$), par rapport à l'extraction par décoction ($CI_{50} = 1059,13 \mu\text{g/ml}$).

En revanche, dans la deuxième station, la macération affiche une activité inhibitrice meilleure de l'alpha-amylase ($CI_{50} = 757,78 \mu\text{g/ml}$), par rapport à la décoction ($CI_{50} = 898,72 \mu\text{g/ml}$).

b) **Comparaison entre les extraits des feuilles selon les stations de récolte :**

Dans l'ensemble, la deuxième station semble présenter des résultats d'inhibition de l'alpha-amylase légèrement meilleure que la première station, pour les deux méthodes d'extraction.

Ces différences pourraient être attribuées à la zone de récolte de la plante étudiée ou dans les composés bioactifs extraits lors de la préparation des échantillons.

c) Comparaison avec les autres études :

Bouakline et ses collaborateurs en 2024 ont testé l'extrait hydroacétonique des feuilles de *P. lentiscus*, préparé par macération de 12 heures, puis conservé à +4°C pendant 24 heures, avant son évaporation. Les auteurs ont démontré l'activité inhibitrice de l' α -amylase par cet extrait, avec un pourcentage d'inhibition atteignant 68,20 % et une valeur de CI_{50} de l'ordre de 0,266 mg/mL (Bouakline et al., 2024).

De même, Mehenniet et ses collaborateurs en 2016, ont mentionné que l'extrait éthanolique des feuilles de *Pistacia lentiscus* exhibe un effet inhibiteur de l' α -amylase atteignant un pourcentage d'inhibition de l'ordre de $55,86 \pm 7,75\%$ et ayant une CI_{50} de 87,5 μ g/mL (Mehenniet al., 2016).

Ces résultats suggèrent que *Pistacia lentiscus* contient des composés naturels bioactifs qui pourraient être responsables de cette activité antidiabétique, et plus spécifiquement, les composés phénoliques.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le diabète sucré est une maladie métabolique caractérisée par une élévation anormale du taux de glucose dans le sang, et représente un défi de santé mondial majeur. Les traitements conventionnels visent à contrôler la glycémie et à réduire les complications associées, mais il existe un intérêt croissant pour l'exploration de thérapies alternatives à base de plantes dans la gestion de cette maladie.

L'étude entreprise dans notre mémoire sur les feuilles de *Pistacia lentiscus* offre des perspectives prometteuses dans la lutte contre le diabète sucré. Les extraits bruts hydroacétoniques ont montré une activité inhibitrice intéressante vis-à-vis de l'alpha-amylase, une enzyme impliquée dans la dégradation des glucides. Cette inhibition peut contribuer à réguler la glycémie en ralentissant l'absorption des glucides et en améliorant la sensibilité à l'insuline.

Les variations observées dans les méthodes d'extraction et les régions de récolte étudiées soulignent l'importance de choisir la méthode d'extraction la plus efficace pour maximiser le potentiel thérapeutique des molécules bioactives de *Pistacia lentiscus*.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Al-Saghir, M. G., Porter, D. M., & Nilsen, E. T. (2006). Leaf anatomy of *Pistacia* species (Anacardiaceae). *Journal of Biological Sciences*, 6(2), 242-244.
- Abdeldjelil, M. C., Bensegueni, A., Messaï, A., Agabou, A., & Benazzouz, H. (2014). Medicinal use of *Pistacia lentiscus* fixed oil in Constantine province, north-east Algeria. *J. Nat. Prod. Plant Resour*, 4(1), 48-51.
- Akmal, M., Patel, P., & Wadhwa, R. (2024). Alpha glucosidase inhibitors. In *StatPearls [internet]*. StatPearls Publishing.
- Ababou, A., Chouieb, M., Saidi, D., Bouthiba, A., & Mederbal, K. (2017). Analyse statistique de la diversité floristique dans la région de Beni-Haoua, Chlef, Algérie. *Nature & Technology/Nature & Technologie*, (16).
- Benhammou, N., Bekkara, F. A., & Panovska, T. K. (2008). Antioxidant and antimicrobial activities of the *Pistacia lentiscus* and *Pistacia atlantica* extracts. *African journal of pharmacy and pharmacology*, 2(2), 022-028.
- Bozorgi, M., Memariani, Z., Mobli, M., Surmaghi, M. H. S., Shams-Ardekani, M. R., & Rahimi, R. (2013). Five *Pistacia* species (*P. vera*, *P. atlantica*, *P. terebinthus*, *P. khinjuk*, and *P. lentiscus*): a review of their traditional uses, phytochemistry, and pharmacology. *The Scientific World Journal*, 2013.
- Botineau, M. (2015). Compte rendu de la mini-session «Charente» du 8 au 12 mai 2013. *Le Journal de Botanique*, 71(1), 71-84.
- Beldi, M., Merzougui, H., & Lazli, A. (2021). Etude ethnobotanique du Pistachier lentisque *Pistacia lentiscus* L. dans la wilaya d'El Tarf (Nord-est algérien). *Ethnobotany Research & Applications*, 21(09), 1-17.
- Bayart, M. (2019). *Élaboration et caractérisation de biocomposites à base d'acide polylactique et de fibres de lin: compatibilisation interfaciale par dépôt de revêtements à base d'époxy, de dioxyde de titane, de lignine ou de tanin* (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat, Université De Sherbrooke). <https://www.researchgate.net/publication/336603986>.

Références bibliographiques

- Baba Aissa, F. (1999). Encyclopédie des plantes utiles, Flore d'Algérie et du Maghreb. *Librairie moderne, Algérie*.
- Boitard, C. (2020). Les diabètes: de la génétique à l'environnement. *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine*, 204(5), 493-499.
- Beaujeu-Garnier, J. (1961, September). Géographie médicale. In *Annales de Géographie* (Vol. 70, No. 381, pp. 476-478). Armand Colin.
- Cao, J., Zhang, J., Cao, R., Li, W., Wang, G., Cui, L., & Sun, L. (2023). Elucidation of alpha-amylase inhibition by natural shikimic acid derivatives regarding the infrequent uncompetitive inhibition mode and structure–activity relationship. *Food Frontiers*, 4(4), 2058-2069.
- Chaabani, E. (2019). *Eco-extraction et valorisation des métabolites primaires et secondaires des différentes parties de Pistacia lentiscus* (Doctoral dissertation, Université d'Avignon; Université de Carthage (Tunisie)).
- Charef, M. (2011). *Contribution à l'étude de la composition chimique et étude des propriétés phytochimiques et nutritionnelles des lipides des fruits de Pistacia lentiscus et du Quercus* (Doctoral dissertation, Université Kasdi Merbah Ouargla).
- Crutcher, M., Schroeder, A., Wagner, M., Al-Sharif, B., & Boylan, F. (2023). A Review of the phytochemical properties and pharmacological uses of the genus *Pistacia* L.(Anacardiaceae). *Infarma-Ciências Farmacêuticas*, 35(3), 285-331.
- Chabhal, A., & Virk, G. S. (2017). The effect of nickel chloride (NiCl₂) on various callus growth dynamics of *Coleus blumei* (benth.) cultures. *Int J Adv Res*, 5, 863-868.
- Cho, N. H., Shaw, J. E., Karuranga, S., Huang, Y., da Rocha Fernandes, J. D., Ohlrogge, A. W., & Malanda, B. I. D. F. (2018). IDF Diabetes Atlas: Global estimates of diabetes prevalence for 2017 and projections for 2045. *Diabetes research and clinical practice*, 138, 271-281.
- Dibong, S. D., Mpondo, M. E., & Ngoye, A. (2011). Vulnérabilité des espèces à fruits sauvages vendus dans les marchés de Douala (Cameroun). *J Anim Plant Sci*, 11(3), 1435-1441.
- Dragović, S., Dragović-Uzelac, V., Pedisić, S., Čošić, Z., Friščić, M., Elez Garofulić, I., & Zorić, Z. (2020). The mastic tree (*Pistacia lentiscus* L.) leaves as source of BACs: Effect of growing

Références bibliographiques

- location, phenological stage and extraction solvent on phenolic content. *Food technology and biotechnology*, 58(3), 303-313.
- Djerrou, Z. (2014). Anti-hypercholesterolemic effect of *Pistacia lentiscus* fatty oil in egg yolk-fed rabbits: A comparative study with simvastatin. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 12(8), 561-566.
- Di Pierro, F., Sagheddu, V., Galletti, S., Forti, M., Elli, M., Bertuccioli, A., & Gaeta, S. (2021). Antibacterial activity of a fractionated *Pistacia lentiscus* oil against pharyngeal and ear pathogens, alone or in combination with antibiotics. *Frontiers in Microbiology*, 12, 686942.
- Dworatzek, P. D., Arcudi, K., Gougeon, R., Husein, N., Sievenpiper, J. L., Williams, S. L., & Canadian Diabetes Association Clinical Practice Guidelines Expert Committee. (2013). Nutrition therapy. *Canadian journal of diabetes*, 37, S45-S55.
- Duru, M. E., Cakir, A., Kordali, S., Zengin, H., Harmandar, M., Izumi, S., & Hirata, T. (2003). Chemical composition and antifungal properties of essential oils of three *Pistacia* species. *Fitoterapia*, 74(1), 170-176.
- El Abbadi, S. H., Chen, Z., Burdeau, P. M., Rutherford, J. S., Chen, Y., Zhang, Z., ... & Brandt, A. R. (2024). Technological Maturity of Aircraft-Based Methane Sensing for Greenhouse Gas Mitigation. *Environmental Science & Technology*.
- Edeoga, H. O., Okwu, D. E., & Mbaebie, B. O. (2005). Phytochemical constituents of some Nigerian medicinal plants. *African Journal of Biotechnology*, 4(7), 685-688.
- Floris, S., Di Petrillo, A., Pintus, F., & Delogu, G. L. (2024). *Pistacia lentiscus*: Phytochemistry and Antidiabetic Properties. *Nutrients*, 16(11), 1638.
- Fattaccioli, J. (2006). *Mouillage Spécifique de Gouttes d'Emulsion sur des Substrats Biomimétiques* (Doctoral dissertation, Université Pierre et Marie Curie-Paris VI).
- Frère, M. (2011). Diabète, physiopathologie et conséquences: Diabetes, pathophysiology and implications. *Kinésithérapie, la revue*, 11(118), 24-28.
- Faure, S. (2017). Les insulinosécréteurs, sulfamides et glinides. *Actualités Pharmaceutiques*, 56(571), 7-11.

Références bibliographiques

- Fery, F., & Paquot, N. (2005). Etiopathogénie et physiopathologie du diabète de type 2. *Revue Médicale de Liège*, 60(5-6).
- Gardeli, C., Vassiliki, P., Athanasios, M., Kibouris, T., & Komaitis, M. (2008). Essential oil composition of *Pistacia lentiscus* L. and *Myrtus communis* L.: Evaluation of antioxidant capacity of methanolic extracts. *Food chemistry*, 107(3), 1120-1130.
- Glampedaki, P., & Dutschk, V. (2014). Stability studies of cosmetic emulsions prepared from natural products such as wine, grape seed oil and mastic resin. *Colloids and surfaces A: Physicochemical and engineering aspects*, 460, 306-311.
- Guillausseau, P. J., & Laloi-Michelin, M. (2003). Physiopathologie du diabète de type 2. *La revue de médecine interne*, 24(11), 730-737.
- Hemma, R., Belhadj, S., Ouahchia, C., & Saidi, F. (2018). Antioxidant activity of *Pistacia lentiscus* methanolic extracts.
- Hamlat, N., Neggazi, S., Benazzoug, Y., Kacimi, G., Chaïb, S., & Aouichat-Bouguerra, S. (2008). Régime hyperlipidique et processus athéroscléreux chez *Rattus norvegicus*. *Sciences & Technologie. C, Biotechnologies*, 49-56.
- Haseldine, C., O'Donoghue, G., Kearney, P. M., Riordan, F., Kerins, C., Kirby, L., ... & McHugh, S. (2024). Factors influencing participation in an online national diabetes prevention programme: A qualitative study with attenders and educators. *Diabetic Medicine*, 41(6), e15277.
- Jiofack, T., Ayissi, I., Fokunang, C., Guedje, N., & Kemeuze, V. (2009). Ethnobotany and phytomedicine of the upper Nyong valley forest in Cameroon. *African Journal of Pharmacy and pharmacology*, 3(4), 144-150.
- Junwei, L. U. O., Zewu, Z. H. A. N. G., Xiaojian, Z. H. A., Zhenghong, Z. H. A. O., Long, Y. A. N. G., & Liqi, Z. H. A. N. G. (2023). Reaction Characteristics of Coal/NH₃ Co-combustion Affected by the Highly Preheated Temperature under MILD Combustion Mode. *Journal of South China Normal University (Natural Science Edition)*, 55(5), 31-38.
- Kalinovskii, A.P., Sintsova, O.V., Gladkikh, I. N., Leychenko, E. V. (2023). Natural Inhibitors of Mammalian α -Amylases as Promising Drugs for the Treatment of Metabolic Diseases. *International journal of molecular sciences*, 24(22): 16514.

Références bibliographiques

- Kartalis, A., Didagelos, M., Georgiadis, I., Benetos, G., Smyrnioudis, N., Marmaras, H., ... & Andrikopoulos, G. (2016). Effects of Chios mastic gum on cholesterol and glucose levels of healthy volunteers: A prospective, randomized, placebo-controlled, pilot study (CHIOS-MASTIHA). *European journal of preventive cardiology*, 23(7), 722-729.
- Kashtoh, H., Baek, K. H. (2023). New Insights into the Latest Advancement in α -Amylase Inhibitors of Plant Origin with Anti-Diabetic Effects. *Plants (Basel)*, 12(16):2944.
- Katsarou, A., Gudbjörnsdottir, S., Rawshani, A., Dabelea, D., Bonifacio, E., Anderson, B. J., ... & Lernmark, Å. (2017). Type 1 diabetes mellitus. *Nature reviews Disease primers*, 3(1), 1-17.
- Kouakou, A. Y. F., Kamagaté, A., & Yapo, A. P. (2016). Complications du Diabète en Côte d'Ivoire chez les Patients Diagnostiqués Tardivement. *European Scientific Journal*, 12(27).
- Kazafeos, K. (2011). Incretin effect: GLP-1. *GIP, DPP4*.
- Karumi, Y., Onyeyili, P. A., & Ogugb uaja, V. O. (2004). Identification of active principles of balsamina (Balsam apple) leaf extract. *J. Med. Scien.*, 4, 179-182.
- Khan, A. M., Qureshi, R. A., Ullah, F., Gilani, S. A., Nosheen, A., & Sahreen, S. (2011). Phytochemical analysis of selected medicinal plants of Margalla Hills and surroundings. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5, 6017-6023.
- Laube, I., Spiegelberg, A., Butschke, A., Zagon, J., Schauzu, M., Kroh, L., & Broll, H. (2003). Methods for the detection of beef and pork in foods using real-time polymerase chain reaction. *International journal of food science & technology*, 38(2), 111-118.
- Mai, P. L., Garceau, A. O., Graubard, B. I., Dunn, M., McNeel, T. S., Gonsalves, L., ... & Wideroff, L. (2011). Confirmation of family cancer history reported in a population-based survey. *Journal of the National Cancer Institute*, 103(10), 788-797.
- Milia, E., Bullitta, S. M., Mastandrea, G., Szotáková, B., Schoubben, A., Langhansová, L., ... & Eick, S. (2021). Leaves and fruits preparations of *Pistacia lentiscus* L.: a review on the ethnopharmacological uses and implications in inflammation and infection. *Antibiotics*, 10(4), 425.

Références bibliographiques

- Maamri, S., Benarous, K., & Yousfi, M. (2021). 3-Methoxycarpachromene and Masticadienonic Acid as New Target Inhibitors from *Pistacia atlantica* Leaves against Trypanothione Reductase of Leishmania Parasites: *In Vitro* and *In Silico* Studies.
- Milia, E. P., Sardellitti, L., & Eick, S. (2023). Antimicrobial Efficiency of *Pistacia lentiscus* L. Derivates against Oral Biofilm-Associated Diseases—A Narrative Review. *Microorganisms*, *11*(6), 1378.
- Marone, P., Bono, L., Leone, E., Bona, S., Carretto, E., & Perversi, L. (2001). Bactericidal activity of *Pistacia lentiscus* mastic gum against *Helicobacter pylori*. *Journal of Chemotherapy*, *13*(6), 611-614.
- Monnier, L., & Colette, C. (2018). Prescription diététique. *Jean-Louis Schlienger. Nutrition clinique pratique: chez l'adulte, l'enfant et la personne âgée, 3e édition. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson*, 131-45.
- Moussouni, A. (2022). Etude anthropo-religieuse dans la région de Beni Snous Anthropo-religious study in the region of Beni Snous LITIM Zakia1 1Centre National de Recherches Préhistoriques, Anthropologiques et Historiques Laboratoire d'anthropologie des religions, univ Tlemcen. *Revue d'Anthropologie des Religions Volume, 18*(02).
- Majob, F., Kamalinejab, M., Ghaderi, N., & Vahidipour, H. R. (2003). Phytochemical screening of some species of Iranian plants. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 77-82.
- N'Guessan, K., Kadja, B., Zirihi, G., Traoré, D., & Aké-Assi, L. (2009). Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays Krobou (Agboville, Côte-d'Ivoire). *African Journals Online (AJOL)*.
- Pachi, V. K., Mikropoulou, E. V., Gkiouvetidis, P., Siafakas, K., Argyropoulou, A., Angelis, A., ... & Halabalaki, M. (2020). Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of Chios mastic gum (*Pistacia lentiscus* var. Chia, Anacardiaceae): A review. *Journal of Ethnopharmacology*, *254*, 112485.
- Oloyede, O. I. (2005). Chemical profile of unripe pulp of *Carica papaya*. *Pakistan Journal of Nutrition*, *4*, 379-381.

Références bibliographiques

- Pape, T. (2003). Die Kristallstruktur der α -Amylase A aus dem hyperthermophilen Bakterium *Thermotoga maritima* MSB8.
- Pillon, F., Tan, K., Jouty, P., & Frullani, Y. (2014). Le traitement médicamenteux du diabète de type 2. *Actualités pharmaceutiques*, 53(541), 23-28.
- Parlak, E., Ertürk, A., Parlak, M., Koşan, Z., Albayrak, A., Özkurt, Z., ... & Erol, S. (2015). Assessment of patients with hepatitis D.
- Rameau, J. C., Mansion, D., Dumé, G., & Gauberville, C. (2008). *Flore forestière française tome 3, région méditerranéenne: Guide écologique illustré* (Vol. 3). CNPF-IDF.
- Rauf, A., Patel, S., Uddin, G., Siddiqui, B. S., Ahmad, B., Muhammad, N., ... & Hadda, T. B. (2017). Phytochemical, ethnomedicinal uses and pharmacological profile of genus *Pistacia*. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 86, 393-404.
- Scheen, A. J., & Luyckx, F. H. (2003). Nonalcoholic steatohepatitis and insulin resistance: interface between gastroenterologists and endocrinologists. *Acta Clinica Belgica*, 58(2), 106-116.
- Samaranayake, C. P., & Sastry, S. K. (2018). In-situ activity of α -amylase in the presence of controlled-frequency moderate electric fields. *LWT*, 90, 448-454.
- Sahnoun, M., Ismail, N., & Kammoun, R. (2016). Enzymatically hydrolysed, acetylated and dually modified corn starch: physico-chemical, rheological and nutritional properties and effects on cake quality. *Journal of food science and technology*, 53, 481-490.
- Sindhu, R., Binod, P., Madhavan, A., Beevi, U. S., Mathew, A. K., Abraham, A., ... & Kumar, V. (2017). Molecular improvements in microbial α -amylases for enhanced stability and catalytic efficiency. *Bioresource technology*, 245, 1740-1748.
- Seung, D., Soyk, S., Coiro, M., Maier, B. A., Eicke, S., & Zeeman, S. C. (2015). Protein targeting to starch is required for localizing granule-bound starch synthase to starch granules and for normal amylose synthesis in *Arabidopsis*. *PLoS biology*, 13(2), e1002080.
- Sehaki, C., Jullian, N., Ayati, F., Fernane, F., & Gontier, E. (2023). A review of *Pistacia lentiscus* polyphenols: Chemical diversity and pharmacological activities. *Plants*, 12(2), 279.
- Scheen, A. J. (2015). Antidiabétiques oraux dans le traitement du diabète de type 2: perspectives historique et médico-économique. *Médecine des maladies Métaboliques*, 9(2), 186-197.

Références bibliographiques

- Sigal, R. J., Armstrong, M. J., Bacon, S. L., Boulé, N. G., Dasgupta, K., Kenny, G. P., & Riddell, M. C. (2018). Activité physique et diabète. *Can J Diabetes*, 42(2), S54-S63.
- Schlienger, J. L. (2016). La prise en charge hygiéno-diététique du diabète de type 2: première étape de l'itinéraire. *Médecine des maladies Métaboliques*, 10(2), 101-106.
- Santos, C. M., Proença, C., Freitas, M., Araújo, A. N., Silva, A. M., & Fernandes, E. (2022). Inhibition of the carbohydrate-hydrolyzing enzymes α -amylase and α -glucosidase by hydroxylated xanthenes. *Food & Function*, 13(14), 7930-7941.
- Tuomi, T., Groop, L. C., Zimmet, P. Z., Rowley, M. J., Knowles, W., & Mackay, I. R. (1993). Antibodies to glutamic acid decarboxylase reveal latent autoimmune diabetes mellitus in adults with a non—insulin-dependent onset of disease. *Diabetes*, 42(2), 359-362.
- Tenenbaum, M., Bonnefond, A., Froguel, P., & Abderrahmani, A. (2018). Physiopathologie du diabète. *Revue Francophone des Laboratoires*, 2018(502), 26-32.
- Tounes, M., Abdennour, C., & Houaine, N. (2008). Influence of Pistacia lentiscus oil on serum biochemical parameters of domestic rabbits *Oryctolagus cuniculus* in mercury induced toxicity. *European Journal of Scientific Research*, 24(4), 591-600.
- Vermeer, M. A., & Nicholson, G. J. (2006). Extraction of polyphenols from tea leaves for optimal HPLC separation and analysis. *Journal of Chromatography A*, 1112(1-2), 155-164.
- Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64(4), 555-559.
- Zrira, S., Elamrani, A., & Benjilali, B. (2003). Chemical composition of the essential oil of *Pistacia lentiscus* L. from Morocco—a seasonal variation. *Flavour and fragrance journal*, 18(6), 475-480.