

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES



FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

Mémoire

De fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : science de la nature et de la vie (S.N.V)

Filière : Biotechnologies

Spécialité : Biotechnologie et valorisation des plantes

Intitulé du thème :

**Étude de l'activité antidiabétique des extraits de quelques plantes
utilisées en médecine traditionnelle dans la ville de Sidi Bel Abbès.**

Présenté par : M^{lle} Toumi Manel Nardjes.

Mémoire soutenu devant l'honorable jury composé de :

Président de jury	: Dr Meghabi Aïcha	(Maître C.A, SBA)
Examineur	: Dr Belmokhtar Zoubir	(Maître C.A, SBA)
Promoteur	: Dr Saïd Mohammed El-Amine	(Maître C.B, SBA)
Co-Promoteur	: Dr Benyamina Abdelfetah	(Docteur, SBA)

Année universitaire 2019 -2020

Session «01»

« Tout ce que je sais, c'est que je ne sais rien. »

Socrate.



Au nom de dieu le Clément, le Miséricordieux

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents.

« Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagnera toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous acquitterai jamais assez. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive. »

A mes chers sœurs et frère.

« Ferial l'aimable, Rajaa la prunelle de mes yeux, Nawel et Amel que j'aime tant, à mon frère, Rachid, mon soutien et ma force. »

A mes deux cousines bien-aimées :

« Nawel ma confidente, et ma jumelle, merci d'avoir toujours été là et d'avoir sans cesse cru en moi. Leyla, merci pour la volonté que tu procures en moi, l'énergie positive et la bonheur humeur ».

A ma famille, et à la mémoire de mes chers.

A mes amis : *Amina, Hanaa, Meriem, Bilal, Abderezzak, Hamza et Salah...*

A tous ceux, que j'aime et que je respecte, à ceux qui ont toujours cru en moi, à ceux qui connaissent leur valeur dans mon cœur et l'estime que je porte à leur égard.

A ceux que j'ai omis de citer,

Et à ceux qui nous ont tout donné sans rien en retour...

Remerciements

Avant tout, mes remerciements et reconnaissances infinis sont adressés à : « Dieu le tout Puissant » le clément et le miséricordieux de m'avoir donné la volonté, la force, et le dévouement pour la réalisation de ce mémoire.

Je tiens à remercier en premier lieu et vivement **Mme Megharbi Aïcha** de nous avoir honoré avec sa présence en tant que présidente de ce jury et d'avoir consacré le temps de consulter ce document.

Je remercie également **M. Belmokhtar Zoubir**, d'avoir accepté d'examiner mon modeste travail, d'avoir toujours eu foi en moi et de m'avoir toujours soutenu durant mon parcours universitaire.

Je tiens à remercier, **M. Saïd Amine**, mon encadrant, pour ses encouragements ainsi que sa présence et son aide.

Mes sincères et chaleureux remerciement vont à **M. Benyamina Abdelfettah**, pour son dévouement et ses conseils, sa foi encourageante en moi, sa bienveillance et sa présence tout au long du travail, ainsi que pour ses massives aides précieuses.

Je voudrais remercier par la même occasion, notre responsable de formation **Mme Toumi Fawzia**, pour sa disponibilité, pour son sérieux et son soutien durant ces deux années de Master.

J'adresse aussi mes sincères remerciements à l'ensemble des enseignants de l'université de Djilali LIABES, qui ont contribué à ma formation durant mon parcours universitaire.

Je remercie mes parents, pour leur soutien, patience et amour. Je remercie mes collègues et amis, ceux qui ont été présents et qui m'ont moralement soutenues.

A vous tous, je vous dis merci.

Manel Nardjes

Dédicace.....	I
Remerciement.....	II
Sommaire.....	III
Résumé.....	V
صخلم.....	VI
Abstract.....	VII
Liste des tableaux.....	VIII
Liste des figures.....	IX
Liste des abréviations.....	X

Introduction.....	1
-------------------	---

Chapitre 1 : Ethnopharmacologie

1 Ethnopharmacologie	3
1.1 L'ethnopharmacologie : Définition, concept, et historique :	3
1.2 Ethnopharmacologie et médecine traditionnelle :	6
1.3 L'ethnopharmacologie en Afrique :	6
1.4 Recherche ethnopharmacologique en Afrique :	7
1.5 Perspectives d'avenir :	8

Chapitre 2 : Diabète et plantes

2 Diabète et plantes	10
2.1 Historique et épidémiologie :	10
2.2 Définition et classification du diabète :	12
2.3 Régulation de la glycémie :	14
2.4 Enzymes de digestion :	15
2.4.1 Généralités sur les enzymes :	15
2.4.2 Enzymes digestives :	16
2.5 Traitements pharmaceutiques du diabète	16
2.6 Phytothérapie du Diabète :	17

Chapitre 3 : Matériel et méthodes

3	Matériel et méthodes	19
3.1	Étude ethnobotanique :	19
3.1.1	Principe :	19
3.1.2	Protocole :	19
3.1.3	La collecte de données :	20
3.1.4	Expression des résultats :	22
3.2	Activité antidiabétique	23
3.2.1	Matériel végétal et préparation des extraits :	23
3.2.2	Activité biologique :	24
3.3	Étude phytochimiques :	26
3.3.1	Dosage des phénols totaux :	28
3.3.2	Dosage des flavonoïdes totaux :	29
3.3.3	Dosage des tanins condensés :	30

Chapitre 4 : Résultats et discussion

4	Résultats et discussion :	31
4.1	Étude ethnobotanique	31
4.1.1	Description de l'échantillon interrogé :	31
4.1.2	Résultats de l'enquête :	33
4.1.3	Aperçu sur les plantes étudiées :	38
4.2	Activité biologique :	43
4.2.1	Le rendement d'extraction :	43
4.2.2	Résultats de l'activité inhibitrice de l' α -amylase :	44
4.3	Étude phytochimique	47
4.3.1	Dosage des phénols totaux :	47
4.3.2	Dosage des flavonoïdes totaux :	49
4.3.3	Dosage des tanins condensés :	50
	Conclusion	53
	Références bibliographiques	54
	Annexes.....	65

En médecine traditionnelle et en ethnopharmacologie, diverses sont les plantes utilisées dans le traitement de différentes hantises, tel que le diabète. Dans ce présent travail, le but est d'identifier les plantes utilisées en médecine populaires pour ces fins, et ensuite tester leurs activités hypoglycémiantes.

Dans ce contexte une enquête ethnobotanique a été réalisée dans la région de Sidi Bel Abbes, auprès de 20 herboristes, à l'aide d'un questionnaire, permettant de recenser les plantes préconisées dans le traitement du diabète, puis sélectionner les plantes les plus recommandées en calculant la *Use value* (UV). L'activité antidiabétique de ces dernières a été réalisée suivant le modèle d'inhibition de l'alpha amylase. Des tests phytochimiques ont été également réalisés, afin de quantifier les composés phénoliques présents chez les plantes choisies.

L'étude ethnobotanique a révélé un ensemble de **20 plantes** utilisées dans le traitement du diabète, dont trois sont les plus demandées : *Lupinus albus* (Lupin blanc), *centaurium erythraea* (La petite Centaurée commune), et le *Tetractlinis articulata*. (Thuya de berberie). Les résultats de l'activité antidiabétique ont montré que l'extrait du Lupin a un fort pourcentage d'inhibition de la réaction enzymatique, suivi par celui du Thuya, et puis la Centaurée, à raison de **63%**, **60%**, **40%**, respectivement. Les résultats du dosage des composés phénoliques indiquent que le Thuya de berberie est riche en composés phénoliques ; notamment en tannins condensés (**168,13 mg EC/g**). La teneur en phénols totaux a été de **30,31 mg EAG/g** chez la petite centaurée et de **17.46 mg EAG/g** chez le lupin.

Mots clés : Ethnobotanique, Thuya de berberie, Petite Centaurée commune, Lupin blanc, activité antidiabétique, composés phénoliques.

في الطب التقليدي، يتم استخدام نباتات مختلفة لعلاج عدة أمراض، مثل مرض السكري. وعليه، هذه الدراسة تهدف الى تحديد النباتات المستخدمة في الطب الشعبي لعلاج هذه العلة، وكذا اختبار أنشطتها الفعالة في خفض نسبة السكر في الدم عن طريق تجارب مخبرية.

في هذا السياق، تم إجراء تحقيق في منطقة سيدي بلعباس، مع 20 مختص في الأعشاب الطبية. تم ذلك باستخدام استبيان يهدف الى تحديد النباتات الموصي بها لعلاج مرض السكري. تم اختيار الأعشاب الأكثر استعمالاً لهذا الغرض، عن طريق حساب قيمة الاستخدام قمنا بتجربة نشاطها المضاد لمرض السكري وفقاً لنموذج تثبيط أنزيم الألفا أميلاز. كما تم إجراء بعض الاختبارات من أجل تحديد كمية المركبات الفينولية الموجودة في النباتات المختارة.

كشفت نتائج التحقيق عن 20 نبتة تستخدم في علاج مرض السكري، من ضمنها ثلاثة الأكثر طلباً: الترمس الأبيض، القنطور الصغير (مرارة الحية)، والعرعر. أظهرت نتائج النشاط المضاد لمرض السكري أن مستخلص الترمس لديه قدرة عالية في تثبيط التفاعل الإنزيمي، يتبعه العرعر ثم القنطور بنسبة 63% و60% و40% على الترتيب. تشير نتائج تحديد كمية المركبات الفينولية إلى أن العرعر غني بهذه الأخيرة؛ خاصة مركب التانان المكثف (168.13 مغ/غ). أما فيما يخص محتوى الفينول الكلي لدى كل من نبات القنطور وبادور الترمس فلم يتعدى 30.31 مغ/غ و17.46 مغ/غ على الترتيب.

الكلمات المفتاحية: المعارف النباتية الشعبية، نبات العرعر، القنطور الصغير، الترمس الأبيض، النشاط المضاد للسكري، المركبات الفينولية.

In traditional medicine and ethnopharmacology, a variety of plants are used in the treatment of various ailments, such as diabetes. The aim of this work is to identify the plants used in folk medicine for these purposes, and then test their hypoglycemic activities.

In this context, an ethnobotanical investigation was carried out in the region of Sidi Bel Abbes, among 20 herbalists, using a questionnaire, to identify the plants recommended in the treatment of diabetes, then select the most recommended plants by calculating Use value (UV). The antidiabetic activity of these plants was carried out according to the alpha amylase inhibition model. The phytochemical tests were also carried out to quantify the phenolic compounds present in the selected plants.

The ethnobotanical study revealed a set of **20 plants** used in the treatment of diabetes, three of which are the most popular: *Lupinus albus* (White Lupin), *Centaureum umbelattum* (The Common Centaurea), and *Tetractlinis articulata*. (Sandarach tree). The results of the antidiabetic activity showed that the Lupin extract has a high percentage of inhibition of the enzymatic reaction followed by the Thuja extract, and then the Centaurea, at a rate of **63%**, **60%**, **40%**, respectively. The results of the phenolic compounds assay indicate that the Thuja is rich in phenolic compounds; in particular in condensed tannins (**168.13 mg CE/g**). The total phenol content was **30.31 mg GAE/g in** Centaurea and **17.46 mg CE/g** in lupin.

Key words: Ethnobotanic, sandarach tree, Common Centaurea, White Lupin, antidiabetic activity, phenolic compounds.

Tableau 1 : Tableau récapitulatif sur les plantes recommandées par les herboristes de la ville de Sidi Bel Abbas.....	34
Tableau 2 : Tableau récapitulatif des plantes et leurs valeurs d'usage.	37

Figure 1: Pathologie d'hyperglycémie du diabète de type 2. (Web master 1).....	14
Figure 2: Exemple de la fiche d'enquête.	21
Figure 3: Virage de couleur du DNS (cliché personnel, 2020).	25
Figure 4: Ajustement du pH de la solution tampon phosphate. (Cliché personnel, 2020).	25
Figure 5: Quelques étapes du protocole de préparation de la solution du DNS. (Cliché personnel, 2020).	26
Figure 6 : Photo prise lors du dosage des composés phénoliques. (Cliché personnel, 2020).	27
Figure 7: Différentes tranches d'âge des herboristes interrogés.	31
Figure 8 : Nombre d'herboristes interrogés selon le sexe en pourcentage.....	32
Figure 9 : La petite centaurée commune 'Centaurium erythraea (Cliché personnel,2020).....	40
Figure 10 : Graines du Lupin blanc 'Lupinus albus . (Cliché personnel, 2020).	41
Figure 11 : Feuilles de Thuya de Berberie 'Tetraclinis articulata' (Cliché personnel, 2020). .	43
Figure 12 : Rendement d'extraction par solvant (Eau distillée).....	44
Figure 13 : Résultats caractéristiques d'inhibitions de la réaction enzymatique chez les trois plantes étudiées. (Cliché personnel, 2020).	45
Figure 14 : Résultats de la mesure spectrophotométrique des échantillons à deux concentrations.	45
Figure 15 : Pourcentage d'inhibition de l' α -amylase.....	46
Figure 16 : Courbe d'étalonnage des phénols totaux.	48
Figure 17: Teneur en phénols totaux dans les extraits aqueux des trois plantes.	48
Figure 18 : Courbe d'étalonnage des flavonoïdes totaux.	49
Figure 19 : Teneur en flavonoïdes totaux dans les extraits aqueux des trois plantes.....	49
Figure 20 : Courbe d'étalonnage des tanins condensés.	50
Figure 21 : Teneur en tanins condensés dans les extraits aqueux des trois plantes.....	51

AG : Acide Gallique.

C : Catéchine.

DNS : Acide 3-5 dinitrosalicylique.

Eq : Equivalent.

Rd : Le rendement.

UI : Unité internationale.

UV : Use Value.

UV/vis : Ultraviolet-visible.

Introduction

Connu pour le fait qu'il soit une maladie chronique et sans traitement curatif, le diabète représente l'une des hantises la plus inquiétante et poignante chez la population d'hier et d'aujourd'hui, encore plus, en sachant que les agents provocateurs de cette atteinte étaient, et sont jusqu'à maintenant, imprévisibles et difficiles à cerner. Cela dit, l'humain distingué par sa curiosité à toujours été dans la mesure de réussir à trouver un sortilège pour les afflictions de la vie.

Les plantes, l'adepte dévoué de l'homme, ont été utilisées depuis l'antiquité dans plusieurs exploitations. Après leurs usages nutritionnels, le principal second domaine est la médecine, d'où vient l'appellation de la « Phytothérapie ». Actuellement, la science a conjecturé plusieurs spécialités et disciplines touchant le monde infini des végétaux, dont l'ethnopharmacologie en fait partie et qui a ouvert des portes à de nouvelles conceptions de traitement de maladies diverses, rares et chroniques, tel est le cas du diabète.

En Algérie, l'usage des plantes pour remédier au diabète a été évoqué dans 163 articles scientifiques dont 25 études ethnobotaniques (Hamza et al., 2019). Au niveau national, 171 espèces différentes, réparties en 58 familles botaniques, sont utilisées seules ou avec d'autres plantes dans les traitements traditionnels du diabète, dont 60 taxons identifiés uniquement dans l'ouest algérien (Azzi et al., 2012; Benarba et al., 2015; Miara et al., 2013). Malgré ce nombre important de plantes, seulement quelques-unes ont fait l'objet d'études empiriques, dont seulement 17 articles publiés (Hamza et al., 2019). Face à cet état de l'art, nous avons jugé intéressant de contribuer à cet axe de recherche, en menant une étude ethnobotanique sur les plantes antidiabétiques dans la ville de Sidi Bel Abbes, afin d'identifier les espèces les plus utilisées, et ensuite tester leurs activités hypoglycémiantes, en utilisant un modèle expérimental *in vitro* ; qui est le test d'inhibition de l'alpha-amylase.

Ce manuscrit est subdivisé en deux parties :

Une première partie concernant la synthèse bibliographique qui englobe deux chapitres :

- ✚ Un premier chapitre ; dans lequel on traite les concepts et les perspectives de l'ethnopharmacologie.
- ✚ Un deuxième chapitre consacré aux données bibliographiques sur le diabète et les différents points liés.

Une deuxième partie consacrée au travail expérimental et qui englobe deux chapitres :

- ✚ Matériel et méthodes, visant à entamer en détail les différentes méthodes réalisées dans ce travail.
- ✚ Résultats et discussion ; les résultats de chaque partie de la méthodologie seront interprétés et discutés selon nos constatations et les données de la bibliographie.

Le travail sera clôturé par une conclusion générale, où l'on va parler brièvement de l'ensemble de notre travail et les perspectives envisagées dans le futur.

Chapitre 1

Ethnopharmacologie

1 Ethnopharmacologie

Ce chapitre englobe toutes informations acquises des documents et certains passages des ouvrages scientifiques qu'on a traduit en français : "*Ethnopharmacology*" édité par Heinrich et Jäger en 2015 avec la contribution de plus de 80 chercheurs de différentes nationalités, et "*Herbalism, Phytochemistry and Ethnopharmacology*" de Amritpal Singh Saroya édité en 2011.

La force, la richesse du savoir ; et la science, sont liées aux secrets de l'univers et de la vie, avec les quels Dieu a enchanté l'existence. L'humain, a toujours cherché à décrypter les secrets que porte l'univers sous ses yeux. Au fur et à mesure de sa présence sur terre, il a été continuellement impliqué dans la recherche des réponses à sa curiosité, en développant sa connaissance et son savoir par les milliards de méthodes d'essais et expérimentations pour trouver des explications au processus des choses qui l'entouraient. L'esprit de chercheur et d'observateur sont ainsi, des critères innés en lui. D'où est venu le concept de la science, basé sur les essais et les expériences au fur du temps, et qui ont permis de transmettre de génération à une autre les connaissances développées, à partir des résultats des multiples essais. Certains, ont été dans la mesure de naviguer loin dans le domaine et ont acquis le nom de scientifiques chercheurs, et certains ont gardé limitée, leurs connaissances pour leur vie quotidienne. Ceci a déterminé ce qu'on appelle : le savoir populaire, d'une manière générale qu'il soit, mais également basé sur la science d'une manière particulière.

Le dévouement des chercheurs scientifiques, a permis de mettre les projecteurs sur les techniques et les différentes disciplines qui traitent la vie des êtres vivants. Parmi ces disciplines, l'une la plus communément connue, l'ethnopharmacologie. L'importance de cette discipline réside dans son principe, et puisque toute science qui soit basée sur le savoir populaire représente un patrimoine de richesse sur lequel on dépend souvent, l'ethnopharmacologie a hérité de ce titre.

1.1 L'ethnopharmacologie : Définition, concept, et historique :

Comme une définition préliminaire, l'ethnopharmacologie pourrait être définie comme une étude multidisciplinaire des agents biologiquement actifs utilisés en médecine traditionnelle. Ou bien, l'étude scientifique qui met en corrélation les groupes ethniques, leur

santé et la façon dont elle est liée à leurs habitudes physiques et à la méthodologie de création et d'utilisation des médicaments. (Singh Saroya, 2011)

Selon Heinrich et Jäger (2015), L'ethnopharmacologie est un domaine de recherche interdisciplinaire et, à ce titre, elle se définit par des concepts issus d'un ensemble de disciplines et de méthodologies utilisées. Il ne fait aucun doute qu'il s'agit d'une discipline en plein essor. Il est déroutant de constater qu'un grand nombre de termes sont utilisés pour décrire la recherche, qui utilise souvent des méthodes et des concepts relativement similaires. Toutefois, chacun d'entre eux se distingue en se situant dans une certaine tradition de recherche. Parmi ces termes, on peut citer : La pharmacognosie, la recherche en phytothérapie, et la phytomédecine.

Heinrich et Jäger (2015), ont mentionné que certains auteurs avaient donné une définition courte et concise : l'ethnopharmacologie utilise une approche où "l'efficacité anecdotique des plantes médicinales est testée en laboratoire. L'ethnopharmacologue essaie de comprendre les bases pharmacologiques des plantes importantes sur le plan culturel".

Cette définition implique que l'ethnopharmacologie est un domaine de recherche clairement défini, certainement depuis que la quête de "l'autre inconnu" par les Européens et leurs descendants a commencé avec les explorations des missionnaires, des conquérants et des explorateurs. Au XIXe siècle en particulier, de nombreux chercheurs ont participé à des explorations coloniales. Cette période est considérée comme l'âge d'or de l'ethnopharmacologie. Sans aucun doute, ces voyageurs au sens large ont essayé de saisir l'essence de ce que les "autres" utilisent et comment cela peut être transformé en une marchandise utile. L'ethnopharmacologie étudie les activités pharmacologiques et toxicologiques de toute préparation utilisée par l'homme qui a des effets pharmacologiques bénéfiques ou toxiques ou d'autres effets pharmacologiques directs. Ce domaine de recherche n'est donc pas un domaine exclusivement descriptif (c'est-à-dire décrivant des utilisations ou des pratiques médicales locales ou traditionnelles), mais concerne l'étude combinée anthropologique et pharmacologique-toxicologique de ces préparations. Aujourd'hui, les études décrivant l'utilisation des plantes médicinales et autres plantes utiles, sont incluses dans la recherche ethnopharmacologique, mais elles sont généralement menées dans le but de procéder à une étude expérimentale de certains de ces médicaments botaniques (Heinrich and Jäger, 2015). Dans le même temps, l'ethnopharmacologie n'est pas axée sur la description des effets médicaux dans le contenu d'un traitement (ou des cas médicaux), mais ici encore,

intègre la recherche bioscientifique. La définition utilisée ici est un peu plus ciblée et met en évidence l'intégration de la recherche expérimentale sur les effets d'une médecine locale ou traditionnelle avec les approches socioculturelles.

Heinrich et Jäger (2015) affirment que le terme n'a été formellement introduit qu'en 1967 par Daniel Efron et Bo Holmstedt, qui l'ont utilisé dans le titre d'un livre sur les hallucinogènes : *Ethnopharmacological Search for Psychoactive Drugs*. Ce terme est bien plus tardif que, par exemple, le terme "ethnobotanique", qui a été inventé en 1896 par le botaniste américain William Harshberger pour décrire l'étude de l'utilisation des plantes par l'homme. L'ethnopharmacologie et l'ethnobotanique étudient toutes les deux, la relation entre l'homme et les plantes dans toute sa complexité. Après une première utilisation dans le contexte des plantes hallucinogènes, le terme est utilisé de façon occasionnelle jusqu'en 1979, date à laquelle la revue d'ethnopharmacologie a été fondée, par Laurent Rivier et Jan Bruhn. Le champ d'application a alors été élargi à un domaine de recherche multidisciplinaire portant sur l'observation, la description et l'étude expérimentale des drogues indigènes et de leur activité biologique.

Aujourd'hui, la recherche qui prétend utiliser une approche ethnopharmacologique est couramment menée dans les économies émergentes de l'Asie, l'Amérique du Sud (Brésil et Mexique) et l'Afrique. Les pays occidentaux actifs dans la recherche classique (États-Unis, Royaume-Uni, Espagne, France, Allemagne et Italie) ont également des groupes actifs dans ce domaine. La production globale de la recherche a également grimpé en flèche, avec une augmentation spectaculaire du nombre d'articles publiés. Une analyse détaillée du contenu de ce qui est publié sur le terrain dépasse la portée de cet aperçu, mais si l'on prend les plus de 2000 éléments sources qui incluent le terme " ethnopharmacologie " dans les mots-clés, résumé ou titre, il ressort que les deux domaines thérapeutiques les plus étudiés sont les effets anti-inflammatoires et anticancéreux et qui sont incluses dans un tiers et un quart de ces études respectivement. Les affections gastro-intestinales, respiratoires et dermatologiques sont abordées dans environ 10 % de ces études. L'ethnopharmacologie vétérinaire représentant une part similaire. Tous les autres domaines sont de moindre importance, et il est intéressant de noter qu'environ 5 % seulement de toutes les études intègrent des activités du système nerveux central. Les questions relatives à la toxicité des médicaments traditionnels sont abordées dans un certain nombre d'études (environ un quart). Ces dernières années, on assiste aussi à une prise de conscience croissante des normes conceptuelles et méthodologiques de base dans le domaine d'ethnopharmacologie. Un aspect abordé non seulement par de

nombreux auteurs, mais aussi dans une série d'études critiques visant à définir les bonnes pratiques en ce qui concerne les fondements méthodologiques et conceptuels spécifiques du domaine (Bennett and Balick, 2014; Rivera et al., 2014; Chan et al., 2012; Sheridan et al., 2012; Uzuner et al., 2012; Cos et al., 2006; Verspohl, 2002)

1.2 Ethnopharmacologie et médecine traditionnelle :

De nombreux médicaments sont entrés dans la pharmacopée internationale, grâce aux études portées sur la médecine traditionnelle et sur l'ethnopharmacologie. En médecine traditionnelle, il reste indispensable d'appliquer de nouvelles directives de normalisation, de fabrication et de contrôle de la qualité, ainsi qu'une recherche rigoureuse sur la base des traitements traditionnels. Ces derniers peuvent offrir une approche plus holistique de la conception des médicaments et une myriade de cibles possibles pour l'analyse scientifique. De nouvelles technologies puissantes, telles que les techniques de séparation automatisées, le criblage à haut débit et la chimie combinatoire, révolutionnent la découverte de médicaments. Les connaissances traditionnelles peuvent servir de puissant moteur de recherche, ce qui facilitera grandement la découverte intentionnelle, ciblée et sûre de médicaments à base de produits naturels et permettra de les redécouvrir. En examinant les tendances historiques des développements médicamenteux et médicaux, il est possible de comprendre comment le développement actuel des médicaments bénéficie de ce partenariat. Les systèmes ayurvédiques et traditionnel chinois sont de grandes traditions vivantes. Ces traditions ont des bases de données relativement organisées et des descriptions plus exhaustives du matériel botanique qui sont disponibles et peuvent être testées à l'aide de méthodes modernes scientifiques. Ces deux systèmes de médecine jouent donc un rôle important dans la bioprospection de nouveaux médicaments. (Singh Saroya, 2011).

1.3 L'ethnopharmacologie en Afrique :

L'importance des plantes dans la médecine traditionnelle africaine (MTA) et leur contribution aux soins de santé primaires à travers le continent est bien reconnue. La MTA a complété le système médical occidental orthodoxe dans la lutte contre diverses maladies. L'importance croissante des plantes médicinales dans les soins de santé primaires est basée sur les expériences de la médecine populaire et les propriétés. La philosophie thérapeutique de

la MTA repose essentiellement sur la prévention, c'est pourquoi des mélanges d'extraits et de préparations à base de plantes sont parfois consommés régulièrement en tant que rajeunisseurs, toniques et/ou compléments nutritionnels. Ainsi, les soins de santé traditionnels africains sont généralement caractérisés par une philosophie de polychimiothérapie, contrairement à l'approche unie-drogue dans la médecine orthodoxe. Au cours des 20 dernières années, la MTA a connu un développement et une transformation remarquables grâce à d'importants investissements dans la recherche, en particulier en Afrique du Sud, qui est sans doute l'épicentre de l'innovation en ethnopharmacologie africaine. Plus important encore, l'ethnopharmacologie est devenue une composante à part entière des programmes universitaires de pharmacie et de sciences médicales dans de nombreux États membres de la Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO), de la République démocratique du Congo, de l'Afrique du Sud et de la Tanzanie (Heinrich and Jäger, 2015). Busia et Abel (2005), affirment que la grande richesse et la diversité des plantes médicinales africaines est une ressource pharmaceutique avec le potentiel de sauver les systèmes de santé en ruines de la plupart des pays africains.

1.4 Recherche ethnopharmacologique en Afrique :

En Afrique, l'information ethnobotanique populaire est recueillie par le biais d'enquêtes et constitue une base solide pour de nombreuses études ethnopharmacologiques. Grâce à l'approche ethnobotanique, de nombreuses plantes médicinales africaines ont trouvé leur place dans des laboratoires scientifiques modernes dotés d'installations et de technologies de pointe, pour la recherche médicale et la découverte de médicaments, tant sur le continent africain que dans les pays développés. La plupart des recherches sur les plantes médicinales africaines se sont concentrées sur la validation de leurs utilisations en médecine traditionnelle en évaluant leurs activités pharmacologiques correspondantes dans des modèles *In vitro* et *In vivo*. En conséquence, de nombreuses plantes ont été évaluées pour une gamme de propriétés pharmacologiques, y compris les activités antimicrobiennes, anthelminthiques, antipaludiques et anti-inflammatoires. Le sujet parfois controversé des bienfaits antioxydants des plantes médicinales pour la santé a également reçu une attention appréciable. Outre l'accent mis principalement sur les études antimicrobiennes, la recherche ethnopharmacologique en Afrique s'oriente progressivement vers d'autres maladies majeures affectant le continent, telle que le VIH/SIDA, la tuberculose, les infections respiratoires, le paludisme, la diarrhée et la

drépanocytose. Par exemple, le paludisme demeure un problème de santé majeur dans la plupart des régions de l'Afrique subsaharienne, avec des taux de mortalité sans précédent. Il est encourageant de constater que la recherche active sur les nouveaux composés antipaludiques donne des résultats prometteurs. Dans l'ensemble, les efforts accrus de recherche dans le domaine de l'ethnopharmacologie en Afrique ont conduit à une augmentation progressive des publications scientifiques du continent. Bien que des progrès significatifs aient été réalisés dans la recherche ethnopharmacologique, il y a un manque évident de données scientifiques sur les études cliniques pour évaluer l'efficacité des extraits ou de composés prometteurs. (Busia and Abel, 2005 ; Ibrahim et al., 2014)

La pratique de la MTA a été largement soutenue par la transmission orale des connaissances autochtones, ce qui la rend très sensible à la perte d'informations d'une génération à l'autre. Ainsi, ce mode de transfert de connaissances accentue la fragilité de la MTA. Pour freiner la perte croissante des connaissances ethnopharmacologiques, plusieurs démarches sont entreprises. Des numéros spéciaux dans les revues scientifiques sur l'ethnobotanique en Afrique : (*Journal of Ethnopharmacology*, 2008) la botanique économique (*South African Journal of Botany*, 2011) et le contrôle de la qualité (*South African Journal of Botany*, 2012) ont été publiés, couvrant divers aspects de la recherche ethnopharmacologique. Un certain nombre de pays, notamment le Bénin, le Burkina Faso, le Cameroun, la Côte d'Ivoire, la Guinée, Madagascar, le Mali, le Sénégal et l'Afrique du Sud, ont développé des monographies sur leurs plantes médicinales et aromatiques. Le nombre de livres entièrement consacrés à l'ethnopharmacologie en Afrique a également augmenté au cours des deux dernières décennies pour compléter les ouvrages de références classiques. Ces publications scientifiques détaillées et complètes sur les plantes médicinales africaines constituent un matériel de référence précieux pour guider les recherches futures. (Heinrich and Jäger, 2015).

1.5 Perspectives d'avenir :

Suite à l'adoption de cadres politiques et législatifs pour réglementer, promouvoir, développer et normaliser la pratique de la MTA par certains pays, il devient de plus en plus clair que la fourniture de soins de santé au 21ème siècle sera guidée par une approche préventive basée sur des produits naturels et des modes de vie sains. La réussite de l'intégration de la phytothérapie dans les soins de santé traditionnels en Afrique dépendra en

partie de la recherche interdisciplinaire en ethnopharmacologie qui englobe diverses disciplines, à savoir l'ethnobotanique, la pharmacologie, la phytochimie et la toxicologie.

Parmi les défis complexes liés à l'utilisation de plantes indigènes comme plantes médicinales, il y a la question des droits de propriété intellectuelle. Dans une étude sur l'utilisation des plantes médicinales en Afrique de l'Est, (Schlage et al., 2000) ont réitéré que les communautés locales devraient être financièrement récompensées en termes de redevances pour avoir partagé leurs connaissances avec des scientifiques et d'autres personnes de l'extérieur. Ces questions peuvent être abordées par le biais d'une politique globale et d'un cadre juridique sur l'MTA. En fonction de leur situation particulière, les pays africains doivent également se concentrer sérieusement sur la conservation des plantes médicinales. La demande commerciale croissante de certaines plantes pour approvisionner les marchés locaux et internationaux a conduit à une exploitation localisée incontrôlée, aveugle et parfois illégale des plantes, entraînant même l'extinction de certains taxons. Que ce soit par ignorance ou par cupidité, les impacts à long terme des pratiques actuelles de surexploitation et de destruction de l'habitat sont réels et effrayants. Par conséquent, il y a un besoin urgent de stratégies de conservation et de promotion de l'utilisation durable des plantes médicinales. A cet égard, les récents appels à la culture systématique de nombreuses autres espèces de plantes médicinales doivent être sérieusement pris en considération. (Heinrich and Jäger, 2015).

Ainsi, en résumé de ce qu'on a pu tirer des passages précédemment cités dans ce chapitre, l'ethnopharmacologie multidisciplinaire, tout simplement comme son nom l'indique, est basée sur le savoir et la connaissance populaire ethnique, appliqués dans le domaine pharmaceutique et médicale. Plus nettement, le principe de cette étude, est l'utilisation des plantes recommandées par la population selon son expérience dans le traitement des maladies, ayant pour but d'identifier et d'isoler les molécules naturelles spécifiques curatives bios, et par la suite les utiliser dans la formulation des remèdes traités par des méthodes modernes technologiques, afin de contourner les différentes, ou, certaines maladies.

Chapitre 2

Diabète et plantes

2 Diabète et plantes

2.1 Historique et épidémiologie :

Le diabète sucré est une maladie métabolique connue depuis l'antiquité. Dans l'Égypte ancienne, la première référence au diabète sucré est le célèbre papyrus d'Ebers découvert à Louxor (Louxor actuellement), écrit environ 1550 ans av. J.-C., qui cite les remèdes utilisés pour le traitement d'un des symptômes du diabète : la polyurie. En Inde, la médecine ayurvédique a inventé le terme « urine au miel », un millénaire avant que les Européens n'ajoutent *mellitus* (mot latin) au mot *diabètes*. (Jouzier, 2007).

En ce qui concerne la médecine arabe, deux éminents médecins, Ibn Sîna (Avicenne) et Maïmonides, ont contribué à la connaissance du diabète. Ibn Sîna (Avicenne) (980-1037) distinguait le goût sucré du résidu brun que laissent les urines diabétiques. Il a connu le diabète primaire et secondaire ainsi que la gangrène diabétique. Il traitait alors le diabète par un mélange du lupin, de fenugrec et des graines de zédoaire. (Eddouks and Chattopadhyay, 2012; Jouzier, 2007). Moshe ben Maimon ou Maïmonide (1135-1204), discutait les symptômes polydipsie (soif excessive) et polyurie (passage d'un grand volume d'urine), ainsi que la fréquence du diabète chez les égyptiens (Chiquete et al., 2001; Jouzier, 2007).

Au début du XIX^{ème} siècle, Claude Bernard (1813-1978) a découvert la fonction glycogénique du foie et a défini une méthode de dosage du glucose dans le sang. A la fin du XIX^{ème} siècle, le rôle du pancréas dans la pathogenèse du diabète a été découvert par Oscar Minkowski (1858-1931) qui a montré qu'un mauvais fonctionnement du pancréas cause le diabète car l'ablation du pancréas suffit à rendre des chiens diabétiques. (Jouzier, 2007).

Les travaux d'anatomie microscopiques du pancréas réalisés par Paul Langerhans (1847-1888) permettent de décrire les petites cellules comme étant des îles mystérieuses appelées plus tard, " îlots de Langerhans" par l'histologiste français Laguesse.

Nicolas Paulescu (1869-1931), biochimiste, physiologiste roumain, contribua à la découverte de l'insuline. En 1921, Banting et Best découvrent et isolent cette molécule, l'insuline. En 1936, Himsworth a découvert que le diabète peut être divisé en deux types, en fonction de l'insensibilité à l'insuline ce qui conduira plus tard à la classification du diabète en type 1 et type 2. (Das and Shah, 2011; Eddouks and Chattopadhyay, 2012; Jouzier, 2007).

Les études ultérieures effectuées sur le diabète aboutissent en 1958 à la connaissance de la formule de l'insuline grâce à Sanger, et en 1960 aux dosages radio-immunologiques grâce à Besron et Yalow (Lestradet and Dieterlen, 1992). L'évolution du domaine des sciences et de génie génétique a permis en 1978 le clonage du gène de l'insuline. En 1982, la première insuline humaine obtenue par génie génétique est apparue sur le marché (ADF, 2011; Das and Shah, 2011).

Récemment, le diabète sucré a atteint des rapports épidémiques dans le monde entier. C'est une maladie chronique avec des complications potentiellement fatales. Il représente un fardeau majeur de la santé et un poids économique surtout dans les pays à faible et moyen revenu. Il a causé 5,0 millions de décès en 2015 (une personne meurt du diabète chaque 6 secondes) et coûté entre 673 milliards et 1 197 milliards de dollars en dépenses de soins de santé, soit 12 à 20 % des dépenses totales pour les adultes. Les dernières estimations de la FID (2015) indiquent que 175 millions de personnes sont atteintes d'un diabète non diagnostiqué, et qu'un adulte sur 11 (415 millions de personnes) est atteint de diabète avec 193 millions de cas non diagnostiqués et de nombre ne cesse d'augmenter (642 millions personnes diabétiques en 2040). (Atlas du diabète, 2015).

En Afrique du nord et au Moyen-Orient, la richesse et le développement ont conduits à des proportions élevées de diabète, qui touche un adulte sur dix, sachant qu'il est estimé que 4 adultes sur dix atteints du diabète ne sont pas diagnostiqués (Atlas du diabète, 2015).

En Algérie, plus de 4 millions personnes ont le diabète ce qui représente 10% de la population. La région du centre du pays est en tête concernant le nombre de diabétiques avec 2,3%, suivie de la région Ouest (2,1%) (Chakib, 2011). Les statistiques sur les diabétiques de la région sud du pays ne sont pas fiables, mais les données obtenues de la maison de diabète et de l'hôpital Mohammed Boudiaf à Ouargla montrent qu'il y a une augmentation en nombre des patients, 23, (13 femmes et 10 hommes) enregistrés en 2004 à 889 patients (444 femmes et 445 hommes) enregistrés en 2014 (Données de la maison de diabète et Hôpital Mohammed Boudiaf Ouargla). Il est prévu que ce chiffre atteindra 6,7 millions en 2030 et, dès 2040, leur nombre dépassera celui des personnes âgées de moins de 20 ans. (Chami et al., 2015).

2.2 Définition et classification du diabète :

Le diabète se définit par des glycémies (taux de glucose sanguin) trop élevées : plus de 1.26 g à jeun. Il est dû, selon le type de diabète, soit à la quasi absence de production d'insuline par le pancréas c'est le diabète de type 1, soit à l'inefficacité de l'insuline produite c'est le diabète de type 2. (Fedala et al., 2014).

Le diabète sucré est donc une affection métabolique, caractérisée par une hyperglycémie chronique liée à une déficience, soit de la sécrétion de l'insuline, soit de l'action de l'insuline, soit des deux. (Grimaldi, 2009).

Le résultat est le même : les glucides consommés, sous forme de pain, féculents, fruits, ou sucreries, s'accumulent dans le sang, voire dans les urines, et ne parviennent pas aux organes qui ont besoin de carburant. (Fedala et al., 2014).

Il existe deux sortes de diabètes sucrés :

- Les diabètes 'primaires', où le diabète sucré est l'anomalie initiale : ce sont les classiques diabètes de type 1 et 2, en plus des diabètes génétiques (Mody, diabète mitochondrial) ;
- Les diabètes 'secondaires', qui font suite à une autre maladie qui détruit ou dérègle les mécanismes d'adaptation de la glycémie. (Fedala et al., 2014).

Dans cette étude on s'est contenté de présenter que le diabète primaire.

- Le diabète primaire : il est composé du :

□ Diabète de type 1 :

Le diabète de type 1 résulte des effets synergiques de facteurs génétiques, environnementaux et immunologiques qui finissent par détruire les cellules sécrétrices d'insulines, les cellules β , des îlots de Langerhans.(Fedala et al., 2014). Par conséquent, les patients de ce type doivent recevoir des injections quotidiennes d'insuline pendant toute leur vie (Thorel et al., 2010).

On distingue, le diabète du type 1A résultant de la destruction auto-immune des cellules β , qui conduit généralement à une carence en insuline. Les personnes ayant un diabète de type 1B ne possèdent pas de marqueurs immunologiques témoignant de la destruction auto-immune des cellules β . Elles développent cependant, une insuffisance en insuline du fait

de mécanismes inconnus et sont sujettes à la cétose. Il existe relativement peu de diabétiques de type 1B dans le monde (5 à 10% des patients présentant un diabète de type 1) ; la plupart d'entre eux sont des Afro-américains ou des Asiatiques.(Fedala et al., 2014).

□ **Diabète de type 2 :**

Le diabète de type 2 « non insulino-dépendant » est la forme la plus fréquente du diabète. Cette maladie se manifeste lorsque le pancréas ne produit pas assez d'insuline ou que l'organisme n'utilise pas efficacement l'insuline qui est produite (**Figure 1**). Il peut se manifester chez les enfants et les adolescents, mais il apparaît habituellement après l'âge de 30 ans et devient plus fréquent aux âges plus avancés (Young and Millar, 2003).

Au cours de la maladie diabétique, un cercle vicieux se développe dans lequel le déficit initial de sécrétion hormonale contribue à la détérioration métabolique progressive, qui en retour dégrade davantage la fonction et la masse insulino-sécrétoire β cellulaire. Détruire ce cercle, devient essentiel pour maintenir un contrôle glycémique durable. (Fedala et al., 2014).

Plusieurs facteurs de risque ont été identifiés : surpoids/obésité et sédentarité, facteurs génétiques (antécédents familiaux, race), âge artérielle (HTA) permanente traitée ou non, dyslipidémie (HDL-cholestérol $< 0,40$ g/l, LDL-cholestérol $> 1,60$ g/l), micro-albuminurie (> 30 mg/24 h), le diabète gestationnel ou d'accouchement d'un nouveau-né de plus de 4,5 kg. (Fedala et al., 2014).

De nombreuses publications à travers la littérature ont montré l'existence d'une corrélation étroite entre le syndrome métabolique et la survenue du diabète. La répartition abdominale des graisses est la principale cause de morbidité et mortalité chez les sujets obèses. Elle est à l'origine d'une élévation des graisses : élévation des Triglycérides (supérieurs à 1,5 g/l), abaissement du bon cholestérol (HDLémie inférieure à 0,40 g/l ou 0,50 g/l), une insulino-résistance qui entraîne des troubles glucidiques (glycémie à jeun supérieure à 1,10 g/l voir 1g/l, une hypertension artérielle et la libération de substances pro inflammatoires, les cytokines responsables de thromboses vasculaires et de ce fait d'accidents cardiovasculaires ischémiques. (Fedala et al., 2014).

Toutes ces anomalies constituent le syndrome plurimétabolique qui est retrouvé chez près de la moitié des patients diabétiques de type 2 (42,5% sont en surpoids (indice de masse corporelle IMC :P/ T2 entre 25 et 30 kg/m²) et 37,9% sont obèses (IMC > 30 kg/m²). (Fedala et al., 2014).

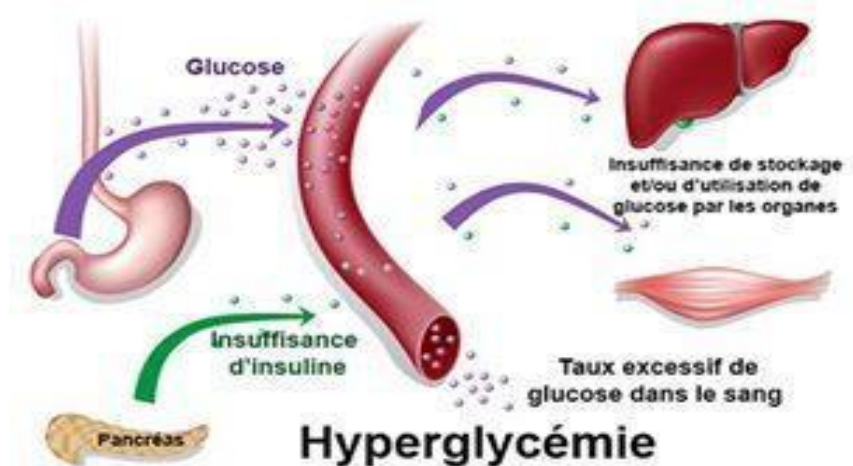


Figure 1: Pathologie d'hyperglycémie du diabète de type 2. (Web master 1).

2.3 Régulation de la glycémie :

Selon Drucker (2007) physiologiquement, la glycémie ne varie que dans des limites étroites : 4 à 5 mmol /L à l'état basal, 7 à 8 mmol /l après un repas. La régulation de la glycémie fait intervenir l'insuline et les hormones de contrerégulation, tel que le glucagon. Les principales hormones d'origine pancréatique sont au nombre de trois :

- l'insuline : synthétisée par les cellules β , qui est une hormone hypoglycémiante.
- le glucagon : synthétisé par les cellules α , qui est une hormone hyperglycémiante.
- la somatostatine : synthétisée par les cellules Δ , qui est aussi une hormone hyperglycémiante.

L'augmentation du niveau de glucose plasmatique déclenche la sécrétion d'insuline par les cellules β des îlots de Langerhans. La pénétration du glucose dans la cellule se fait par l'intermédiaire de 2 récepteurs spécifiques (Drucker, 2007) qui sont des protéines transmembranaires : les cotransporteurs de glucose sodium (SGLT) et les transporteurs facilitateurs (GLUT 1-4) qui sont repartis en deux sous-groupes : Les GLUT 1-3 retrouvés au

sein des différents organes dits insulino-indépendants (principalement le foie, les reins, l'intestin, les cellules épithéliales et endothéliales et le cerveau), Le GLUT 4 qui est le transporteur stimulé par l'insuline, retrouvé au sein des tissus insulino-dépendants, c'est à dire le muscle squelettique, le cœur et le tissu adipeux. En présence d'insuline le GLUT 4, qui est stocké dans les vésicules, est redistribué par translocation vers les membranes cellulaires permettant la captation du glucose. (Marshall and Bangert, 2005).

Suite à l'action de l'insuline, la glycémie peut descendre à la normale, c'est alors que le glucagon, synthétisé par les cellules α , stimule, au niveau hépatique, la glycogénolyse et surtout la néoglucogenèse, apte à résorber pendant plusieurs heures toute tendance hypoglycémique. (Mizock, 1995 ; Van Den Berghe, 2004). Le glucose sanguin passe ensuite dans les cellules de divers organes par des mécanismes de transport facilité de type SGLT et GLUT. (Shah et al., 2012).

La plupart des tissus et des organes tels que le cerveau, ont besoin en permanence de glucose, comme source importante d'énergie. Les concentrations sanguines faibles de glucose peuvent provoquer des convulsions, perte de la conscience et la mort. L'hyperglycémie durant une longue durée peut entraîner la cécité, l'insuffisance rénale, les maladies vasculaires et de la neuropathie. Pour ces raisons, les concentrations de glucose dans le sang doivent être maintenues dans des limites restreintes. Le processus de maintien de la glycémie à un état d'équilibre est appelé homéostasie du glucose (Szablewski, 2011). Les deux hormones les plus importantes de l'homéostasie glucidique sont l'insuline et le glucagon (Marshall and Bangert, 2005).

2.4 Enzymes de digestion :

2.4.1 Généralités sur les enzymes :

Les enzymes sont des protéines qui agissent en tant que catalyseurs pour accélérer des réactions chimiques dans la matière organique, cette propriété est liée à la présence, dans leurs structures, d'un site actif qui est en forme de cavité au sein de laquelle se déroule la réaction enzymatique. Les fonctions des enzymes sont fortement spécifiques en ce qui concerne le substrat et les cofacteurs, parce que l'accepteur actif exige habituellement un ligand ou un connecteur approprié montrant la bonne taille, la forme, la charge et le caractère hydrophobe ou hydrophile (Netto et al., 2013).

2.4.2 Enzymes digestives :

□ L' α -amylase :

L' α -amylase est une enzyme digestive classée comme saccharidase (enzyme qui brise les polysaccharides). C'est surtout un constituant de suc pancréatique et de la salive pour le catabolisme des glucides à longue chaîne en unités plus petites. (Payan et al., 1997). Les amylases sont synthétisées par le pancréas et les glandes salivaires (Beaudeau and Durand, 2008).

Il y'a deux iso-enzymes de l'amylase se comportant différemment au focusing isoélectrique. L' α -amylase brise les liens α (1-4) glycosidiques à l'intérieur des chaînes pour donner des molécules de maltose (disaccharide de α -glucose), (Payan et al., 1997)

□ L' α – glucosidase :

L' α glucosidase est une enzyme libérée par les entérocytes de la bordure en brosse de l'intestin grêle (Rabasa-Lhoret and Chiasson, 2000).

Une des approches thérapeutiques pour traiter le diabète est de réduire l'hyperglycémie postprandiale en retardant l'absorption du glucose. L'inhibition des enzymes hydrolysant les glucides, comme l' α -glucosidase, est considérée comme une voie possible car l'enzyme joue un rôle clé dans la digestion des glucides (Bhandari et al., 2008; Krentz and Bailey, 2005).

D'autre part, le diabète de type I est causé par la destruction progressive des cellules productrices d'insuline pancréatique, qui peuvent être endommagées par les lipides accumulés dans le pancréas. Les inhibiteurs de lipase ont donc attiré beaucoup d'attention afin de réduire l'absorption des lipides pour leurs activités anti-obésité, et de protéger le pancréas qui permet aux cellules de produire un niveau normal d'insuline. (You et al., 2012).

2.5 Traitements pharmaceutiques du diabète

Le traitement du diabète (type 1 ou 2) repose principalement sur l'alimentation, l'exercice physique et les traitements médicaux : médicaments par voie orale ou injectable (insuline). Il est mis à la disposition du diabétique un grand nombre de médicaments dont les principes actifs agissent par différents mécanismes pour réguler la glycémie. Par exemple ; la stimulation de la sécrétion de l'insuline, le ralentissement de la digestion des sucres « carbohydrates » ou encore l'inhibition de l'absorption intestinale du glucose alimentaire.

(Chaillous et al., 2010 ; Grimaldi, 2009 ; Tielmans et al., 2007). Des chercheurs ont développé des inhibiteurs d'enzymes digestives dans le but de ralentir l'absorption des glucides dans l'intestin donc le glucose passe plus lentement dans le sang, réduisant ainsi l'hyperglycémie et l'hyperinsulinisme postprandiale (Rabasa-Lhoret and Chiasson, 2000). La phaséolamine est un inhibiteur de l'activité α amylase (Marshall and Lauda, 1975) alors que l'acarbose (Glucor®) est un exemple d'inhibiteur de l'alpha-glucosidase (Rabasa-Lhoret and Chiasson, 2000). Néanmoins, des recherches récentes ont prouvé que l'acarbose inhibe également, l' α amylase (Neve Ombra et al., 2018).

Par ailleurs, l'efficacité de ces médicaments à améliorer le taux de la glycémie et le taux de l'HbA1c (hémoglobine glyquée) diminue dans le temps, rendant ainsi l'insulinothérapie nécessaire pour mieux contrôler les facteurs de risque chez les patients longuement atteints de cette pathologie. (Eliasson et al., 2007).

Actuellement, la recherche de nouvelles molécules efficaces sans effet secondaire constitue un vrai challenge pour les systèmes médicaux. Les plantes qui constituent une source inépuisable des nouvelles molécules bioactives, sont utilisées traditionnellement depuis très longtemps pour la guérison et la prévention de différentes maladies, notamment par les différentes populations des pays en développement (Carillon, 2009).

2.6 Phytothérapie du Diabète :

Selon le rapport de l'OMS, 80 % de la population mondiale utilise les plantes médicinales pour se traiter de diverses maladies. Ce taux remarquablement élevé, peut être expliqué par l'efficacité thérapeutique de ces remèdes naturels prouvée au sein de la population, et aussi par leur disponibilité et leur faible coût. Cette pratique médicale très ancienne, qui est fondée sur l'utilisation d'extraits de plantes et de principes actifs naturels est connue sous le nom de la phytothérapie (Schlienger, 2014).

Les études ethnopharmacologies réalisées dans différentes régions du monde ont prouvé que la phytothérapie du diabète est pratiquée par plus de 80% de la population, en particulier dans les pays en développement (Carillon, 2009). En effet, plusieurs plantes sont utilisées par la population pour maintenir un taux de glucose sanguin dans les normes.

Cette pratique a fasciné des chercheurs pour entreprendre des expériences afin de comprendre le mécanisme d'action de ces remèdes naturels et d'en tirer les principes actifs.

Une référence classique est à l'origine de l'émergence de plusieurs études réalisées sur l'activité antidiabétique des plantes médicinales, c'est celle de Marles et Farnsworth, ces deux chercheurs reportent l'existence de 1123 espèces douées d'un pouvoir antidiabétique, appartenant à 725 genres et 183 familles, les familles les plus citées sont les Fabacées, les Astéracées, les Lamiacées, les Liliacées, les Poacées, et les Euphorbiacées (Marles and Farnsworth, 1995).

En effet, Marles et Farnsworth (1995) ont aussi constaté que, parmi ces plantes utilisées traditionnellement pour le traitement du diabète sucré, il y en a celles qui ont été testées expérimentalement, et 81% d'entre elles ont montré des résultats positifs, ce qui les a menés à révéler que ces remèdes naturels représentent une source potentielle pour des nouveaux médicaments antidiabétiques.

En Afrique 185 espèces sont utilisées par la population contre le diabète sucré (Mohammed et al., 2014). D'autre part, dans la région de l'ouest Algérien, des chercheurs ont recensé 60 espèces, qui appartiennent à 32 familles (R. Azzi et al., 2012), les plantes les plus citées sont : *Trigonella foenum-graecum* (56 citations), *Rosmarinus officinalis* (27 citations), *Citrullus colocynthis* (22 citations), *Tetraclinis articulata* (21 citations), *Artemisia herba alba* (20 citations), *Origanum compactum* (16 citations), *Punica granatum* (16 citations), *Zygophyllum album* (15 citations) et *Artemisia absinthium* (12 citations) (Azzi et al., 2012). D'après Azzi et al 2012, l'utilisation fréquente de ces plantes, peut être expliquée, non seulement, par leur faible coût et leur disponibilité, mais aussi par leur efficacité.

Ainsi, les chercheurs et les scientifiques se sont vivement intéressés, à étudier ces plantes médicinales populaires, à fin d'une part, de prouver et de reproduire leur activité antidiabétique dans les conditions du laboratoire et d'autre part de cerner le (s) principe(s) actif(s), et d'expliquer son (leur) mécanisme d'action, dans un but de trouver de nouveaux médicaments antidiabétiques plus efficaces et avec peu d'effets secondaires, ainsi plusieurs sites d'actions ont été proposés (Zerriouh, 2014).

Chapitre 3

Matériels et méthodes

3 Matériel et méthodes

On rappelle que l'objectif de ce travail, consiste d'abord, à établir une enquête descriptive sur l'utilisation traditionnelle des plantes médicinales préconisées dans le traitement de diabète, auprès des herboristes de la zone d'étude choisie pour cette étude ethnobotanique, puis, confirmer empiriquement, ce savoir populaire, à travers la réalisation de l'activité antidiabétique *in vitro*, des extraits des plantes les plus recommandés dans ce traitement.

3.1 Étude ethnobotanique :

3.1.1 Principe :

L'étude ethnobotanique est basée essentiellement, sur cette enquête visant à connaître les plantes utilisées en médecine traditionnelle par une ethnie, une tribu ou une région donnée. Cette enquête a pour finalité la collecte et l'établissement d'une banque d'informations et de données disposées à l'exploitation sur le plan scientifique.

Ces données sont collectées auprès de la population d'une zone d'étude pour différentes raisons, notamment :

- ✚ Pour des fins d'exploration.
- ✚ Pour répondre à des questions de recherche.

La conception suivie pour l'instauration de cette enquête est celle décrite par Gary Martin en 1995.

3.1.2 Protocole :

Comme précédemment mentionnée, l'approche de l'enquête descriptive consiste à s'adresser à une population donnée et rassembler le maximum d'informations possible sur les plantes remédiant le diabète pour cela, il a fallu :

- a) Choisir la région d'étude : dans notre cas, il s'agit de la ville de Sidi Bel Abbès.
- b) S'adresser à la population choisie et identifiée (20 herboristes), se présenter en expliquant les objectifs de l'enquête, et en impliquant, également, la conscientisation, afin de valoriser le savoir et la contribution populaire dans la science expérimentale.

- c) Donner la libre parole aux personnes questionnées, même si elles rajoutent des informations qui ne cadrent pas forcément avec la question posée.
- d) Collecter les informations sur les plantes à travers des entretiens, en utilisant un questionnaire simple dont les principales questions sont :
- La personne connaît-elle des plantes utilisées en médecine traditionnelle pour le traitement du diabète selon ses connaissances, son expérience et selon la demande de la clientèle ?
 - La personne connaît-elle et peut-elle citer certains usages de ces plantes ?
 - La personne peut-elle citer les parties utilisées et le mode d'usage de ces plantes ?

3.1.3 La collecte de données :

Les renseignements amassés sur les plantes utilisées comme traitement du diabète lors de cette enquête, englobent les variables suivantes : Le sexe et l'âge de la personne enquêtée, les plantes recommandées, la partie de la plante utilisée et le mode d'utilisation de ces parties.

Ceci a permis de préparer un questionnaire bien défini (**Figure 2**), impliquant une section concernant l'interrogé « informateur », et une section consacrée aux plantes recommandées. Chaque section vise un certain nombre d'informations et de variables obtenues lors de l'enquête : Dans la section de l'interrogé, les questions se sont limitées à la connaissance de l'âge et du sexe des **vingt** herboristes questionnés, dans le but de comparer, en premier lieu, le savoir en médecine traditionnelle entre les différents sexes et tranches d'âge. La section consacrée aux plantes recommandées consiste à collecter les informations essentielles sur ces dernières en se basant sur les questions précédemment citées.

Fiche d'enquête Numéro : **Date :**

1. Les informations personnelles de l'informateur :

A- Le sexe :

a. Femme

b. Homme

B- L'âge :

Entre 18 – 30 ans Entre 30 – 40 ans Entre 40 – 50 ans Entre 50 ans et plus

2. Les plantes recommandées pour traiter le diabète :

Les plantes recommandées :	La partie utilisée de la plante	Mode d'utilisation de la plante

NB :.....

.....

.....

Figure 2: Exemple de la fiche d'enquête.

3.1.4 Expression des résultats :

Chaque fiche d'enquête a été étudiée et analysée, puis classée selon certains critères et indices. Les plantes citées et recommandées par les herboristes interrogés, ont été d'abord cataloguées, par leurs noms vernaculaires en deux langues, le Français et l'Arabe, leurs noms scientifiques, (en se référant au répertoire des noms des plantes du Maghreb de Rebahi, 2015); et par les parties utilisées de ces plantes et le mode d'emploi; puis, elles ont été répertoriées selon leur taux d'utilisation dans le traitement du diabète.

La gestion et l'analyse de ces données ont été réalisées par l'usage de l'outil informatique Microsoft Excel 2019, grâce auquel, les représentations tabulaires et graphiques des informations ont été réalisées.

Il est à noter que, bien que l'idée d'ethnobotanique soit plus ancienne, les méthodes quantitatives d'analyses des données en ethnobotanique ont reçu plus d'attention de la part des chercheurs seulement dans ces deux dernières décennies (Albuquerque, 2009; Galeano, 2000). Ainsi, une panoplie de méthodes et outils quantitatifs ont été élaborés pour ce faire.

Cependant, il est évident que tous les outils quantitatifs ne pourraient être utilisés, pour le même intérêt et dans la même étude, ce qui suscite à se poser, une des interrogations les plus évidentes et qui serait : « Quel outil faut-il choisir, parmi cette large gamme d'outils ? ». Les chercheurs ont ainsi, élaboré plusieurs synthèses analytiques sur les indices quantitatifs et leurs utilités, leurs spécificités et les objectifs pour chaque étude visée pour faciliter le choix destiné au besoin.

Dans notre cas, le choix des plantes repose sur le calcul de l'UV (*Use Value*). Cet indice a été choisi conformément aux buts et critères de notre étude. Il permet la comparabilité entre les différentes plantes citées particulièrement, et les diverses études communément, et il est de plus en plus calculé par les chercheurs afin d'uniformiser la présentation des résultats d'enquêtes ethnobotaniques.

- ***Use Value (UV) :***

La valeur d'usage représente la proportion d'usages des espèces végétales au sein d'un échantillon de personnes interrogées, pour analyser les différences de signification des ressources végétales entre elles, c'est-à-dire le taux le plus élevé d'utilisation connexe et

relative d'une espèce végétale donnée, connue localement pour ses vertus médicinales importantes. Les UVs sont calculés selon la formule suivante (Barnert and Messmann, 2008) :

$$UV = \Sigma U / n$$

D'où, **UV** correspond à la valeur d'usage.

U : est le nombre de rapports d'utilisation cités par chaque informateur pour une espèce végétale donnée.

n : le nombre total d'informateurs interrogés.

3.2 Activité antidiabétique

3.2.1 Matériel végétal et préparation des extraits :

Le choix des plantes dépend des résultats de l'enquête ethnobotanique. En effet, les espèces vont être classées par ordre décroissant selon leurs valeurs d'UV, puis les trois premières plantes seront sélectionnées.

Les extraits des plantes sont préparés, par décoction, en utilisant un ratio de 10% (m/v). Il s'agit d'émerger la matière végétale dans de l'eau et porter l'ensemble à l'ébullition, sur une plaque chauffante, en suite on baisse la température à 55 °C pendant 20 min. Après refroidissement, les extraits sont filtrés. Les phases organiques obtenues sont concentrées à sec, sous pression réduite et ensuite conservées à 4 °C, pour être utilisées dans les différentes analyses décrites ci-dessous. Le rendement (R%) d'extraction a été calculé par la formule suivante :

$$Rd \% = (M1/M2) \times 100$$

Avec :

- Rd** : Rendement %
- M1** : Masse de l'extrait après évaporation du solvant en g.
- M2** : Masse utilisée de la plante en g.

3.2.2 Activité biologique :

Cette activité consiste à étudier l'effet antidiabétique des extraits des plantes étudiées en évaluant l'effet inhibiteur de l' α -amylase (Enzyme qui hydrolyse l'amidon au niveau du tube digestif).

a) Étude de l'effet inhibiteur des extraits des plantes sur l'alpha amylase pancréatique porcine :

□ Principe :

La méthode consiste à évaluer l'effet inhibiteur potentiel des extraits aqueux de chacune des plantes étudiées sur l'activité de l' α -amylase pancréatique d'origine porcine qui est proche, du point de vue structural et cinétique, de l' α -amylase humaine. L'amidon étant utilisé comme substrat, et l'acarbose (agent inhibiteur de l'alpha amylase) est utilisée comme témoin positif. (Worthington, 1988). Le produit de cette réaction est : le maltose.

Le principe est donc d'évaluer la présence du produit, normalement, obtenu après l'interaction de l'enzyme avec le substrat. Ainsi, il est basé sur le caractère réducteur des sucres. En effet, la caractérisation réactionnelle de ces derniers est confirmée grâce à l'acide 2-hydroxy-3,5-dinitrobenzoïque (DNS), un indicateur coloré (couleur jaune), une fois réduit en acide 3-amino-5-nitrosalicylique, vire vers la couleur rouge (**Figure 3**), qui absorbe la lumière à 540 nm sous spectrophotomètre.

L'intensité de la coloration varie en proportion, selon la concentration des sucres réducteurs dans le milieu réactionnel, et l'absence totale signifie une inhibition totale de l'enzyme. Cette activité a été réalisée suivant la méthode décrite par (Neve Ombra et al., 2018).

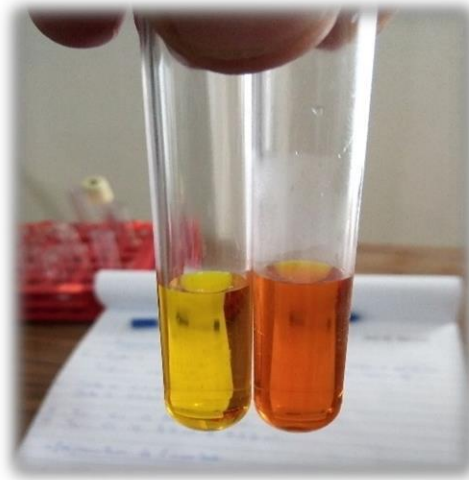


Figure 3: Virage de couleur du DNS (cliché personnel, 2020).

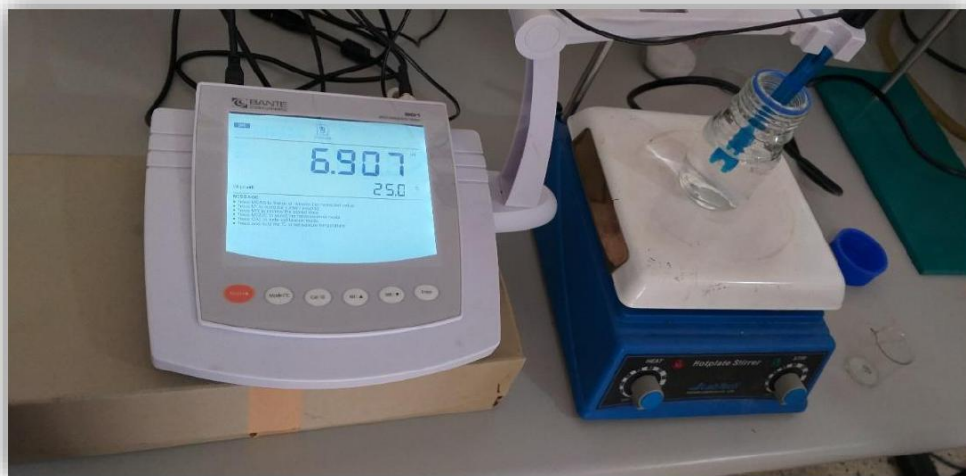


Figure 4: Ajustement du pH de la solution tampon phosphate. (Cliché personnel, 2020).

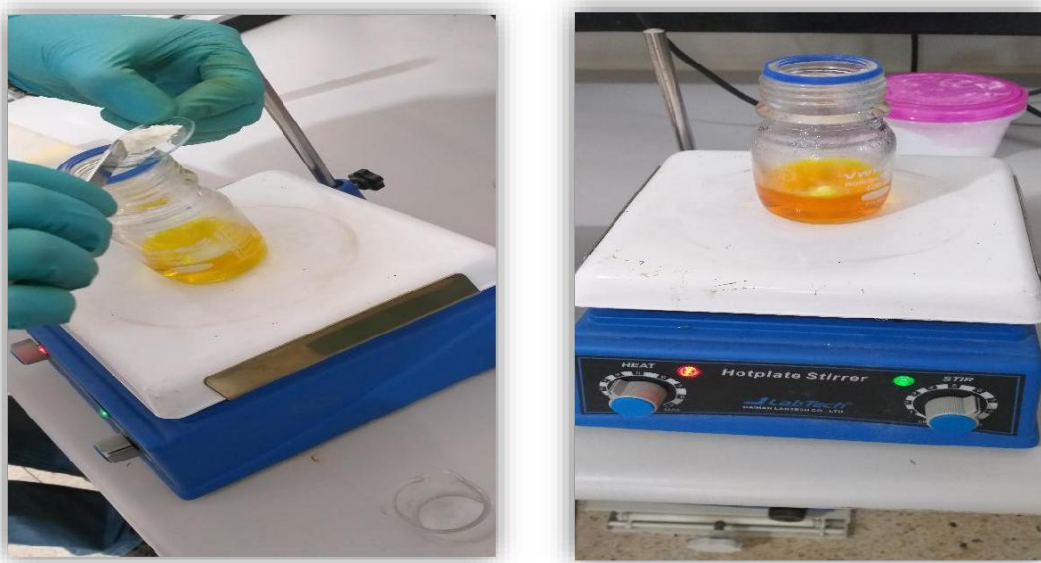


Figure 5: Quelques étapes du protocole de préparation de la solution du DNS.
(Cliché personnel, 2020).

Les résultats seront présentés en moyenne \pm écart type. La comparaison des moyennes a été réalisée par l'analyse de la variance (ANOVA) suivi d'une comparaison multiple par le test de Tukey. Les différences ont été considérées significatives à partir d'une valeur de P inférieur ou égale à 0,05. Les analyses statistiques ont été effectuées avec logiciel Minitab 18 (rapport d'analyse statistique en **annexe 1**).

3.3 Étude phytochimiques :

Dans cette partie, on vise le dosage quantitatif des grandes classes des composés phénoliques, du fait que l'explication de l'efficacité supposée de nombreuses plantes médicinales repose, en tout ou partie, sur leurs présences dans ces plantes (Hennebelle et al., 2004). Pour se faire, les méthodes et les techniques spectrophotométriques décrites ci-dessous ont été utilisées.

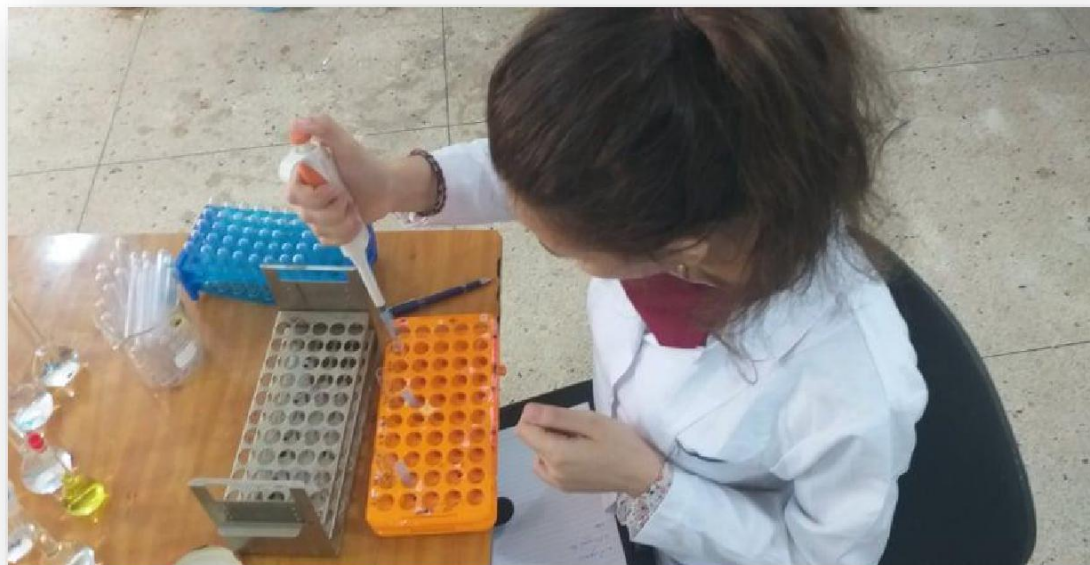


Figure 6 : Photo prise lors du dosage des composés phénoliques. (Cliché personnel, 2020).

3.3.1 Dosage des phénols totaux :

Le dosage des phénols totaux, par le réactif de Folin-Ciocalteu a été décrit dès 1965 (Singleton et Rossi). Le réactif est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène. La coloration produite, dont l'absorption maximum est comprise entre 725 et 770 nm est proportionnel à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux. (Boizot and Charpentier, 2006).

-Mise en œuvre :

Un volume de 200 μ l d'extrait a été introduit dans un tube à essai, puis additionné de 1000 μ l de réactif de Folin-Ciocalteu à 10%, et 800 μ l de carbonate de sodium (7.5%). Les tubes ont subi une agitation, puis une incubation pendant 30 min à température ambiante. La lecture par spectrophotomètre a été réalisée par la mesure de l'absorbance de l'échantillon à 775 nm contre un blanc. Une courbe d'étalonnage a été réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires, en utilisant l'acide gallique (0-200 μ g/ml), comme contrôle positif.

Les résultats ont été exprimés en milligramme (mg) équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait. (Mg eq AG/g).

3.3.2 Dosage des flavonoïdes totaux :

La teneur en flavonoïdes totaux des extraits végétaux a été estimée par la méthode du trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$) (Zhishen et al., 1999). L'extrait contenant des flavonoïdes donne une couleur rose qui est mesurée à 510 nm, lorsque le chlorure d'aluminium réagit avec les groupements orthodihydroxyles présents sur le noyau A et/ou B des flavonoïdes. (Thangaraj, 2015)

-Mise en œuvre :

On prélève 500 μ l d'extrait dans des tubes à essai, auxquels on additionne 1500 μ l d'eau distillée, et 150 μ l de nitrite de sodium à 5%. Après 5 min, on ajoute 150 μ l de trichlorure d'aluminium à 10% à l'échantillon. Après 6 min d'incubation à la température ambiante, on additionne 500 μ l d'hydroxyle de sodium à 4%. On agite immédiatement afin d'homogénéiser le contenu. L'absorbance de la solution de couleur rosâtre a été déterminée à 510 nm (Zhishen et al., 1999).

Une courbe d'étalonnage a été réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant la catéchine (0-200 μ g/ml) comme contrôle positif. La teneur des flavonoïdes totaux des extraits est exprimée en milligrammes (mg) équivalent de la catéchine par gramme d'extrait (Mg eq C/g).

3.3.3 Dosage des tanins condensés :

Le dosage par la vanilline (Burns, 1971) est largement utilisé pour la mesure quantitative des tanins condensés. La méthode est basée sur la réaction de la vanilline avec les unités des tanins condensés, et la réaction se manifeste par une variation de couleur vers l'orange qui est mesurée à 550 nm.

-Mise en œuvre :

Un volume de 50 μ l des extraits a été ajouté à 1500 μ l de la solution vanilline/méthanol à 4% (m/v) puis agité. 750 μ l d'acide chlorhydrique pure ont été additionnées. Le mélange obtenu est incubé à la température ambiante pendant 20 min.

L'absorbance a été mesurée à 550 nm contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre (Price et al., 1978).

Une courbe d'étalonnage a été réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant la catéchine (0-200µg/ml) comme contrôle positif. La teneur des tanins condensés des extraits est exprimée en milligrammes (mg) équivalent de la catéchine par gramme d'extrait (Mg eq C/g).

Chapitre 4

Résultats et Discussion

4 Résultats et discussion :

4.1 Étude ethnobotanique

4.1.1 Description de l'échantillon interrogé :

L'enquête ethnobotanique a été réalisée dans un intervalle de temps de quatre mois, précisément à partir du mois de septembre 2019 au mois de janvier 2020, dans le chef-lieu de Sidi Bel Abbes et s'est déroulée sur plusieurs endroits, notamment les marchés publics du centre-ville, les souks, les vendeurs libres et tout autre lieu où l'on a pu rencontrer des herboristes. Le nombre de personnes interrogées est de 20. Les points pris en considération sont l'âge et le sexe des informateurs, dans le but d'estimer et de comparer la variabilité de la connaissance populaire selon ces deux informations. Comme le démontrent les représentations graphiques ci-dessous ; les tranches d'âges étaient variées, mais la variabilité des sexes s'était limitée à un nombre minimal.

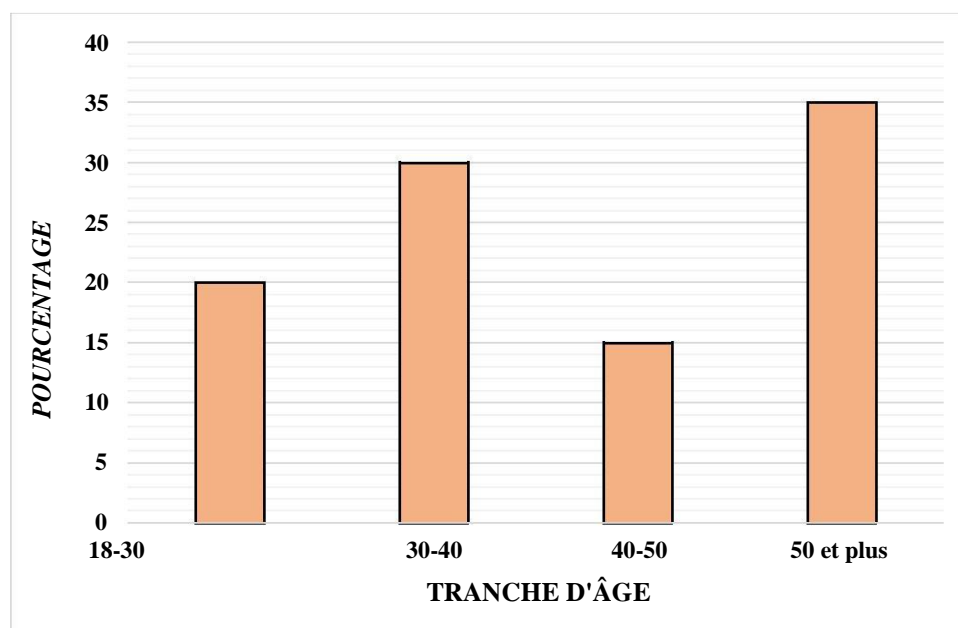


Figure 7: Différentes tranches d'âge des herboristes interrogés.

Comme le montre la **figure 7**, la tranche d'âge variante entre **50** ans et plus, représente une certaine emprise par rapport aux autres tranches d'âge. Malgré la taille de l'échantillon qui ne permet pas statistiquement de tirer des conclusions précises sur la nature de l'information ethnobotanique, on a pu constater, suite aux conversations avec nos

informateurs, qu'il y a une certaine connaissance populaire traditionnelle enrichie par l'expérience ancienne des herboristes, suivie par la modernité des informations que la nouvelle génération a réussi à développer avec le temps grâce aux essais médicaux et les conseils des connaisseurs, pour avoir comme base solide, ce qu'on appelle : les secrets et recettes traditionnelles de mamie, et comme pilier fortement bâti, le recueil des connaissances par l'expansion et la progression des ressources. Ainsi, la différence d'âge ne garantit pas forcément la crédibilité de l'information, mais c'est plutôt l'expérience et la source de l'information qui en sont responsables, d'autant plus que, les gens questionnés sont du métier et s'y connaissent amplement dans le domaine.

En ce qui concerne le sexe de nos enquêtes, la quasi-totalité des herboristes interrogés sont des hommes. Cela est dû sûrement à la nature du métier exercé et qui est pratiqué particulièrement par les hommes au marché. Ceci ne démontre guère que la connaissance populaire chez les femmes est réduite par rapport à celle chez les hommes, mais au fait que le nombre d'informateurs questionnés était limité qu'à la tranche masculine rencontrée dans le commercial (**Figure 8**).

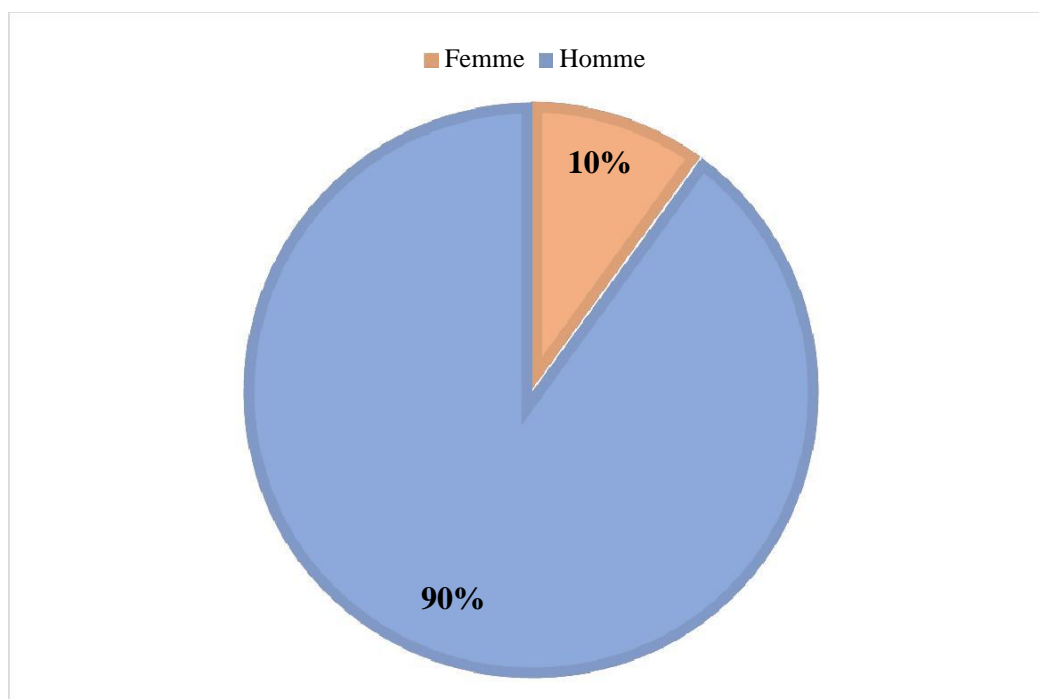


Figure 8 : Nombre d'herboristes interrogés selon le sexe en pourcentage.

4.1.2 Résultats de l'enquête :

Suite aux questions de l'enquête dont la principale était : « quelle plante est la plus souvent demandée par la clientèle ou recommandée par vous-même (les herboristes) pour traiter le diabète ? » On est parvenu à collecter toutes les données et par la suite, tracer le tableau récapitulatif ci-dessous, (Tableau 1), englobant les informations nécessaires sur les espèces végétales recommandées et citées par les interrogés. De ce fait, on a recensé un nombre de vingt (**20**) plantes les plus souvent mentionnées, précédées par leurs noms vernaculaires et scientifiques, classifications ainsi que les parties utilisées et le mode d'emploi ou d'usage.

Tableau 1 : Tableau récapitulatif sur les plantes recommandées par les herboristes de la ville de Sidi Bel Abbès.

Nom vernaculaire	Nom commun	Nom scientifique	Classification de famille	Partie Utilisée	Mode d'usage
Esabar رابص	Aloès	<i>Aloé vera</i>	<i>Aloeaceae</i>	Feuilles (Gel de la pulpe)	Consommation directe de la pulpe en gel
Echih حيشلا	Armoise herbe blanche	<i>Artemisia herba alba</i>	<i>Asteraceae</i>	Feuilles et sommités fleuries	Décoction
Arghiss – Tazegha اغزت - سيغرا	Epine vinette ou le Vinettier	<i>Berberis vulgaris</i>	<i>Berberidaceae</i>	Feuilles et écorce de la racine	Infusion
El-Karfa ةفرقلا	Cannelle	<i>Cinnamomum verum</i>	<i>Lauraceae</i>	Ecorce	Poudre / Infusion / Décoction
Mararat El- Henach – Kussat El- Haya شنحلا قرارم – ةيخلا ةصق	Petite centaurée commune	<i>Centaurium erythraea</i>	<i>Gentianacea</i>	Feuilles et fleurs	Décoction
El-Hadja – Handal لظنج – ةججلا	Coloquinte	<i>Citrullus colocynthis</i>	<i>Cucurbitaceae</i>	Fruits	Contact à la main

El-Halba ةبلحلا	Fenugrec	<i>Trigonella foenum-graecum</i>	<i>Fabaceae</i>	Graines	Macération ou consommation directe
Karma – Bakhssisse سيسخب – تمرک	Figuier noir	<i>Ficus carica</i>	<i>Moraceae</i>	Ecorce	Infusion
Zanjabile ليبجنز	Gingembre	<i>Zingiber officinale</i>	<i>Zingiberaceae</i>	Rhizome	Infusion ou moulu
Tasselgha اغلسات	Globulaire	<i>Globularia sp</i>	<i>Globuleraceae</i>	Feuilles et fleurs	Décoction
Chandgoura قروقدنش	Ivette	<i>Ajuga chamaepitys</i>	<i>Lamiaceae</i>	Plante complète ou seulement la partie aérienne	Infusion
Loubane نابللا	Gomme arabique / Oliban d'Oman	<i>Boswellia sacra</i>	<i>Burseraceae</i>	Pierre de résine de l'écorce	Consommation directe
El-Tarmasse سمرتلا	Lupin	<i>Lupinus albus</i>	<i>Fabaceae</i>	Graines	Consommation directe ou consommer en poudre
Rayhane ناحير	Myrte	<i>Myrtus sp</i>	<i>Myrtaceae</i>	Feuilles et fruits	Décoction

Neem – Nime مينلا	Margousier	<i>Azadirachta indica</i>	<i>Meliaceae</i>	Feuilles Ou son huile	Décoction
EL- Bassale لصبلا	Oignon	<i>Allium cepa</i>	<i>Amaryllidaceae</i>	Bulbe	Jus / Infusion
Chajarat al Zaytoune نوتيزلا قرچش	Olivier	<i>Olea europeae</i>	<i>Oleaceae</i>	Feuilles	Infusion ou consommation directe des feuilles hachées
El-Hourigue قيرحلا	Ortie	<i>Urtica sp</i>	<i>Urticaceae</i>	Parties aériennes	Infusion
Souak Nabi بينلا كاوس	Sauge	<i>Salvia sp</i>	<i>Lamiaceae</i>	Feuilles	Infusion
El-Araar راعرعلا	Thuya de berbérie	<i>Tetraclinis articulata</i>	Cupressaceae	Ecorce – Feuille – Huile essentielle	Décoction

Ce tableau récapitulatif montre la variabilité et la diversification des plantes utilisées dans la ville de Sidi Bel Abbes. En effet, 20 espèces réparties en 17 familles ont été mentionnées par les herboristes, qui, selon leur savoir et connaissance dans le domaine, sont fortement conseillées pour le diabète et souvent demandées par la clientèle. Les modes d'usage de ces plantes, classiquement connus, ne sont pas d'une grande originalité. Ils dépendent de la nature de la partie utilisée ainsi que la nature de l'espèce végétale. On constate que les infusions, les décoctions et aussi les consommations directes (à avaler) sont les principaux modes de préparations. On peut aussi citer, le témoignage des herboristes, au sujet de certaines plantes, souvent, leur nom vernaculaire ou scientifique, sont non

familiarisées localement, cela est dû, principalement, au fait que ces dernières ne sont pas des plantes de la région.

Comme il a été déjà expliqué dans le chapitre précédent (*Matériel et méthodes*), la valeur d'usage représente le taux d'utilisation connexe et relative d'une espèce végétale connue localement, pour ses vertus médicinales importantes, et suivant une formule mathématique on a pu obtenir les résultats représentés ci-dessous dans le tableau 2.

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des plantes et leurs valeurs d'usage.

Nom de la plante	Nom scientifique de la plante	Valeur d'usage (UV)
La petite centaurée commune	<i>Centaurium erythraea</i>	0.94
Lupin	<i>Lupinus albus</i>	0.94
Thuya de Berbérie	<i>Tetraclinis articulata</i>	0.47
Fenugrec	<i>Trigonella foenum graecum</i>	0.42
Coloquinte	<i>Citrullus colocynthis</i>	0.31
Armoise herbe blanche	<i>Artemisia herba alba</i>	0.26
Ivette	<i>Ajuga chamaepitys</i>	0.21
Oliban d'Oman	<i>Boswellia sacra</i>	0.21
Olivier	<i>Olea europeae</i>	0.21
Globulaire	<i>Globularia sp</i>	0.15
Myrte	<i>Myrtus sp</i>	0.15
Oignon	<i>Allium cepa</i>	0.15
Cannelle	<i>Cinnamomum verum</i>	0.1
Gingembre	<i>Zingiber officinale</i>	0.1
Sauge	<i>Salvia sp</i>	0.1
Aloès	<i>Aloe vera</i>	0.05
Figuier noir	<i>Ficus carica</i>	0.05
Margousier	<i>Azadirachta indica</i>	0.05
Ortie	<i>Urtica sp</i>	0.05
Vinettier	<i>Berberis vulgaris</i>	0.05

On peut constater que les valeurs sont variablement inférieures à **1**, pour la totalité des plantes. Quant aux valeurs les plus élevées dans ces résultats, on distingue : celle de la *Centaurium erythraea* et de *Lupinus albus* L avec des UVs de **0.94**, et celle de *Tetraclinis articulata* en enregistrant une valeur d'usage de **0.47**. Ainsi, ces valeurs nous ont permis de connaître les plantes les plus recommandées dans le traitement du diabète, et par la suite, les sélectionner, pour qu'elles fassent objet de notre étude expérimentale.

En Algérie, l'usage de ces trois plantes dans le traitement du diabète est rapporté dans plusieurs enquêtes ethnobotaniques (Azzi et al., 2012; Boudjelal et al., 2013; Bouzabata, 2013; Kemassi et al., 2014; Hamza et al., 2019). Nos résultats ont été comparés aussi avec ceux cités par Bellakhdar, en 1991, dans le répertoire des médicaments standard à base de plantes dans la pharmacopée marocaine. Bellakhdar avait réalisé une étude basée sur la connaissance populaire, il avait mentionné un nombre infini de plantes, avec leur usage médical et classification par familles, accompagnées par leurs noms vernaculaires, dont parmi ces plantes, celles avec la valeur d'UV la plus élevée comme on l'avait constaté dans notre travail. Effectivement, Bellakhdar (1991) avait mentionné qu'au Maroc la *Centaurium erythraea* de la famille des *Gentianaceae*, était utilisée et l'est toujours, comme hypoglycémiant, antipyrétique, régulateur cardiaque, et dépuratif. Le *Lupinus albus* faisant partie de la famille des *Fabaceae*, était également utilisé comme hypoglycémiant et comme traitement des problèmes de foie. Le *Tetraclinis articulata*, un *Cupressaceae* populairement valorisé, était utilisé ainsi dans le traitement du diabète en plus de son usage comme antiseptique urinaire, comme aide à la menstruation, contre les douleurs d'estomac, il était utilisé également comme antidiarrhéique, antipyrétique, contre les vertiges, contre les maux de tête, et comme astringent.

Cela démontre que les résultats obtenus à l'issue de notre étude ethnobotanique, cadrent quasi-majoritairement avec les résultats de l'ethnobotaniste Bellakhdar basés sur le savoir populaire. Cela est carrément dû aux climats et aux milieux partagés par les deux territoires maghrébins, ce qui a permis d'avoir accès aux mêmes variétés végétales. Quant au reste des plantes citées par les herboristes interrogés, elles étaient mentionnées également et pour presque les mêmes usages cités chacune dans le répertoire des médicaments standard à base de plantes dans la pharmacopée magrébine.

4.1.3 Aperçu sur les plantes étudiées :

Après avoir identifié les plantes qui vont faire l'objet de nos tests, nous avons effectué une recherche bibliographique, pour mieux les connaître, et donné un aperçu sur ces plantes. Des photos d'herbier de ces plantes, obtenues du Jardin botanique *Missouri* (USA), sont déposées en **Annexe 2**.

□ **La petite centaurée : *Centaurium erythraea* :**

Connue par plusieurs appellations populaires: Kentaurion, qost el-haya, meraret el-hanech (Baba Aïssa, 1999) petite centaurée commune, petite centaurée rouge, érythrée, herbe à Chiron, fiel de terre, herbe au centaure, herbe à fièvre, quinquina d'Europe, herbe amère, herbe aux mille écus, petite gentiane, chironde, chironée. (Minker and Daniel, 2013).

Centaurium erythraea (**Figure 9**) est une plante appartenant à la famille des gentianacées, connue sous le nom de centaurée commune, qui pousse dans presque toute l'Europe, l'Afrique du Nord et l'Asie du Sud-Ouest. (Guedes et al., 2019). À travers les siècles, elle était utilisée comme une plante médicinale menée des vertus antipoison puissantes notamment contre les piqûres des serpents et des scorpions, elle est dénommée l'herbe de fièvre pour son caractère antipyrétique (Bardeau, 2009).

Comme description botanique, on peut dire que la centaurée commune est une petite plante herbacée, à tige grêle quadrangulaire ; feuilles caulinaires entières : vert-pâle, ovale, opposées, sessiles, à 3 nervures ; les basales plus grandes, allongées et disposées en rosette ; inflorescences en corymbes denses ; périanthe à corolle rose foncé, tubuleuse à 5 lobes profonds et à 5 sépales étroits aigus ; 5 étamines à anthères s'enroulant en spirale à maturité ; fruits capsulaires à nombreuses graines ; saveur amère. (Baba Aïssa, 1999). Sa floraison se fait de Juillet à septembre en climat tiède à chaud. (Gissinger and Association Nature Alsace Bossue, 2015). Les parties utilisées sont généralement les fleurs ou le bouquet en entier.

En ce qui concerne la composition chimique de la plante, la centaurée commune est une plante riche en principes amers : les secoiridoïdes, gentiopicine, et erythrocentaurine. Elle contient des huiles essentielles, de la résine, et des alcaloïdes (erythricine et gentianine). (Baba Aïssa, 1999). Il est de croyance populaire que la petite centaurée soigne le diabète, mais on lui reconnaît aussi d'autres vertus : antidiarrhéique, apéritive, fébrifuge, stomachique, tonique amère, vulnéraire... (Baba Aïssa, 1999).



Figure 9 : La petite centaurée commune '*Centaurium erythraea* (Cliché personnel,2020).

□ **Le lupin Blanc : *Lupinus albus* :**

Connue sous le nom du Lupin blanc, termess. (Baba Aïssa, 1999). Lupin d'Égypte, bittere lupine, Altarmuz blanco...("Lupinus albus proles termis (Forssk.) Rouy," 2020).

Le lupin blanc (*Lupinus albus L*) est une plante faisant partie de la famille des Fabacées. (Baba Aïssa, 1999). Il s'agit d'une plante cultivée depuis la Grèce et l'Égypte antiques. (Rychel and Książkiewicz, 2019). C'est une culture annuelle qui est largement répandue dans les pays de la région méditerranéenne (Akbar, 2020), relativement rares dans la Mitidja, (Baba Aïssa, 1999).

Sa description botanique se résume qu'au fait qu'il soit une plante herbacée annuelle, hispide ; à feuilles composées de 5 à 9 folioles ovales, digitées ; fleurs blanches lavées de bleu clair, groupées en verticilles espacés sur un long épi terminal ; gousses velues, contenant des graines blanches comprimées. (Baba Aïssa, 1999). Sa floraison se fait entre Avril et Juin, et

les parties utilisées sont ses graines séchées. (Baba Aïssa, 1999 ; “Lupinus albus proles termis (Forssk.) Rouy,” 2020).

Ses principaux constituants chimiques sont : Résine, protéines, acide lupinique, alcaloïdes : sparteines, lupinine, lupanine, lupinidine, asparagine, légumine...(Baba Aïssa, 1999). Connue pour ses propriétés vermifuge, diurétique, émollient, hypoglycémiant, pectoral, parasiticide, résolutif...(Baba Aïssa, 1999). En Jordanie, un nombre important de patients diabétiques utilisent les graines comme thérapie d'appoint, avec le savoir de leurs médecins. Dans la médecine Unani, les graines sont considérées comme un détergent, un anti-inflammatoire et la présence d'alcaloïdes dans les graines varie selon les régions où elles sont cultivées (Akbar, 2020). Les graines fraîches et les parties vertes de la plante sont toxiques. Sa toxicité et son amertume disparaissent après la cuisson. (Baba Aïssa, 1999), (**Figure 10**)



Figure 10 : Graines du Lupin blanc ‘*Lupinus albus*’. (Cliché personnel, 2020).

□ **Thuya de Berberie (*Tetraclinis articulata*) :**

Sandaraque, essendarous, âarâr, berbouch, âafsiya, sont toutes des appellations du *Tetraclinis articulata*. Le thuya du Canada, *T.occidentalis L*, est une autre espèce (américaine) cultivée dans les jardins, comme plante ornementale. (Baba Aïssa, 1999).

Le thuya de berberie, est une essence qui est essentiellement cantonnée en région méditerranéenne méridionale occidentale. Il joue un rôle socio-économique important en Afrique du Nord, il constitue un lieu de pâturage pour le bétail et fourni des produits pour les usages domestiques. Mais le thuya trouve essentiellement sa place dans l’activité artisanale

surtout maghrébine qui joue un rôle économique et social crucial. (Hadjadj and Letreuch Belarouci, 2017).

Le thuya est une espèce appartenant à la famille des cupressacées, c'est un arbuste sempervirent à rameaux feuillés, aplatis, articulés : feuilles en très petites écailles opposées et entrecroisées, recouvrant entièrement les rameaux ; fleurs brunes (monoïques) aussi petites que les feuilles, à l'extrémité des rameaux ; fruits en petits cônes, constitués de 4 écailles (valves) et pourvus au sommet d'un appendice court, réfléchi. Sa floraison se fait en mois de mai. Les parties les plus utilisées sont les feuilles, l'écorce, et les rameaux. (Baba Aïssa, 1999).

Le thuya est composé des principes actifs suivants : huile essentiels (thuyone, pinène, bornéol, cétone...) tanins, flavonoïdes, mucilage, cire, résine. (Baba Aïssa, 1999).

Cette essence forestière est très utilisée en médecine traditionnelle pour le traitement de la fièvre en raison de son effet antipyrétique, ses feuilles (**Figure 11**) et ses rameaux sont aussi préconisés dans le traitement des infections intestinales, des douleurs gastriques, des maladies respiratoires, du diabète, et de l'hypertension (Zahir and Rahmani, 2020). La sandaraque est une gomme-résine rouge qui sert à la préparation de vernis et à d'autres usages industriels. En médecine populaire, le thuya était utilisé pour arrêter les hémorragies et pour traiter les maladies vénériennes, l'énurésie et l'hypertrophie prostatique. Connue pour ses propriétés anticatarrhales, astringentes, coricides, diurétiques, hémostatiques, sédatifs urinaires et virucides (Baba Aïssa, 1999).



Figure 11 : Feuilles de Thuya de Berberie '*Tetraclinis articulata*' (Cliché personnel, 2020).

4.2 Activité biologique :

On rappelle que les parties de plantes utilisées ont été choisies en fonction des résultats de l'enquête ethnobotanique. En effet, les feuilles ont été utilisées pour le Thuya, la partie aérienne pour la Centaurée, et les graines pour le Lupin.

4.2.1 Le rendement d'extraction :

L'illustration des résultats des rendements d'extractions obtenus par la décoction des organes dans l'eau distillée est représentée ci-dessous, dans la **Figure 12** :

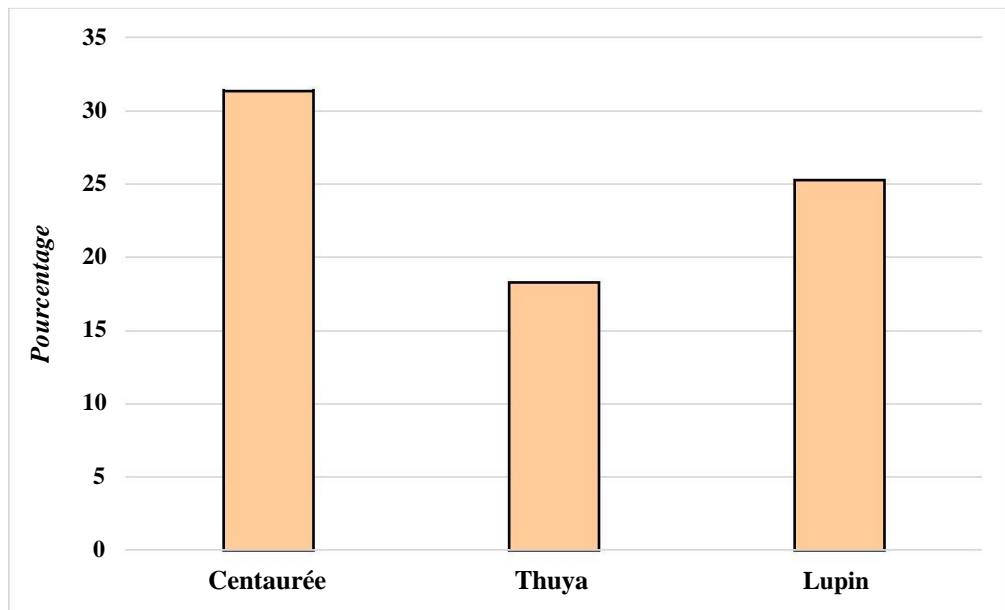


Figure 12 : Rendement d'extraction par solvant (Eau distillée).

Il ressort à travers l'observation des résultats de la (**Figure 12**), que la centaurée représente le rendement le plus élevé avec **31.4%**, suivie par le lupin et le thuya, **25.3%** et **18.3%** respectivement. Cela est dû au pouvoir solvatant et d'extraction de l'eau sur le rendement, ce qui permet d'altérer les liaisons partielles des produits représentant une grande affinité et solubilité avec cette dernière afin d'obtenir un extrait primaire complexe, et aussi à la nature des tissus des parties de plantes utilisées.

4.2.2 Résultats de l'activité inhibitrice de l' α -amylase :

Les résultats d'inhibition de la réaction enzymatique (absorbance spectrophotométrique et pourcentage d'inhibition de l' α -amylase) sont représentés graphiquement dans les figures ci-dessous :

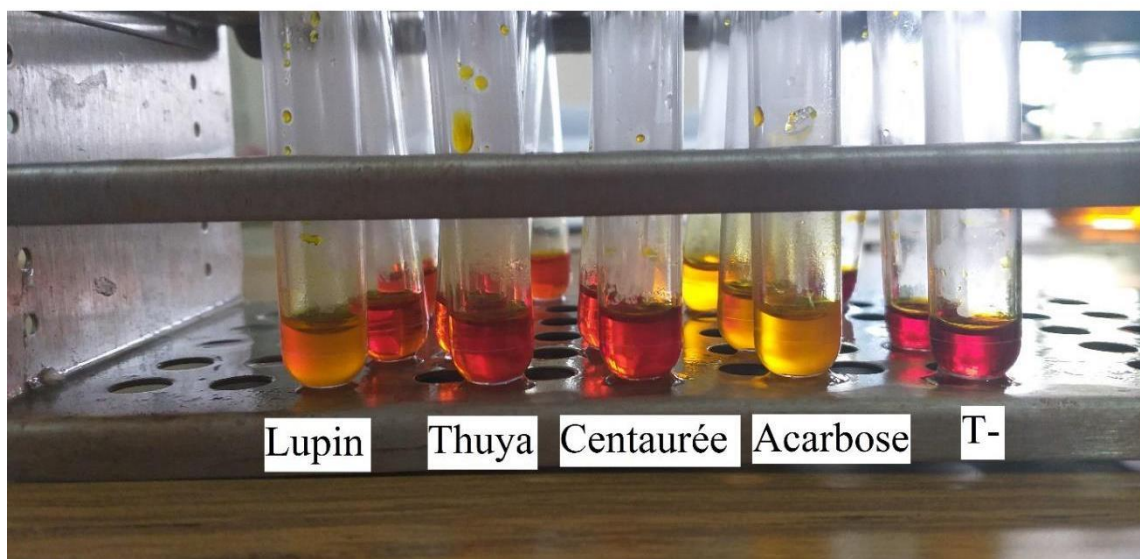


Figure 13 : Résultats caractéristiques d’inhibitions de la réaction enzymatique chez les trois plantes étudiées. (Cliché personnel, 2020).

Selon les résultats, on remarque la présence et l’absence des couleurs caractéristiques de la réaction (**figure 13**). La couleur vire du jaune au rouge, lorsque le DNS subit une réduction en présence des sucres réducteurs. L’intensité de la couleur dépend de la quantité de sucres présents dans le milieu résultant de la dégradation enzymatique de l’amidon. Afin d’apprécier cette présence des sucres et la discuter, nous avons représenté graphiquement les différentes absorbances obtenues par spectrophotomètre à une longueur d’onde de 540 nm (**figure 14**).

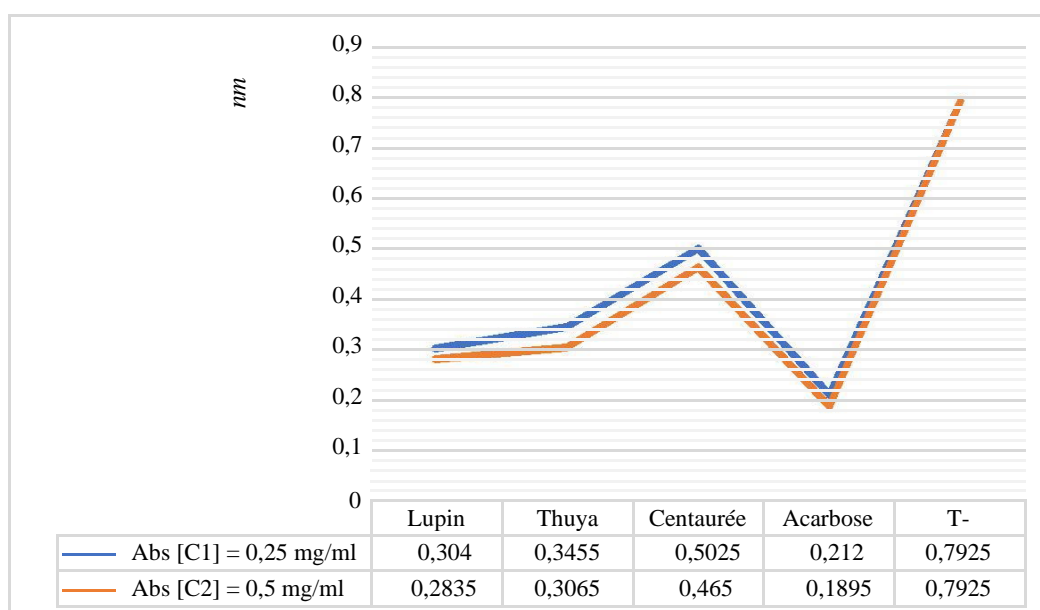


Figure 14 : Résultats de la mesure spectrophotométrique des échantillons à deux concentrations.

Il ressort à travers l'observation des résultats de la (**figure 14**), que l'absorbance la plus élevée pour les échantillons des extraits des trois plantes revient à la petite Centaurée, suivie par le Thuya et le lupin. En outre, la plus faible absorbance est celle du standard (acarbose). Ceci est dû à la quantité des sucres réducteurs présents dans les tubes. En effet, plus la teneur de ces derniers est élevée plus leur absorbance est grande. D'autre part, le témoin négatif possède la plus grande absorbance, et en référence à ce dernier, on peut déduire que l'amidon en présence d'extraits de plantes n'a pas subi une dégradation complète, ce qui explique la faible absorbance des tubes échantillons par rapport au témoin.

On pense que c'est dû au blocage de l'activité de l' α -amylase suite à une saturation de ses sites actifs ou bien une déformation de sa structure secondaire par les molécules présentes dans les végétaux.

Le calcul du pourcentage d'inhibition de l' α -amylase a donné les résultats illustrés dans la figure ci-dessous (**Figure 15**).

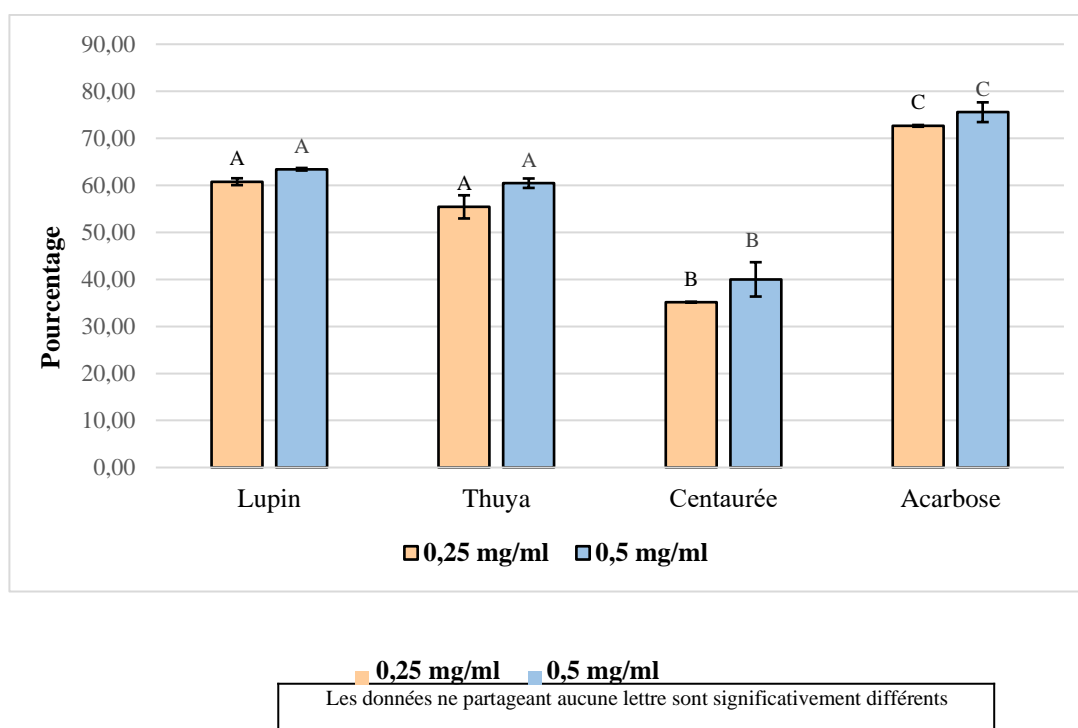


Figure 15 : Pourcentage d'inhibition de l' α -amylase.

On constate qu'à une concentration de 0.5 mg/ml, l'acarbose étant donné un standard possède le plus grand taux d'inhibition de l' α -amylase (75,5 %), suivie par le Lupin (63,42 %), le Thuya (60,45%) et la petite Centaurée (40 %). On constate également que l'effet

enregistré n'est pas dose-dépendant ($P= 0.594$). Les résultats révèlent ainsi qu'il n'y a aucune différence entre le thuya et le lupin ($P=0,192$).

En termes de comparaison, on peut dire que selon nos recherches, les travaux sur les activités d'inhibition de l' α -amylase par les extraits de nos plantes, notamment la petite Centaurée et le Thuya de Berberie, ne sont pas répondus.

En 2008 (Loizzo et al., 2008) ont indiqué que l'extrait de chloroforme de *Centaureum erythraea* inhibe α -glucosidase et α -amylase *in vitro*. Quant aux tests *in vivo*, l'extrait hydroalcoolique de la Centaurée à une dose de 2 g/Kg a révélé un effet hypoglycémiant (étude curative) et un effet anti-hyperglycémiant (étude préventive) chez les souris (induction par un régime alimentaire) (Hamza et al., 2010). Ces résultats sont à prendre avec prudence, car la dose utilisée (2g/kg) est trop élevée, et ce modèle expérimental est critiqué par les chercheurs à cause de soucis de reproductivité. Une étude réalisée sur des rats diabétiques (induction par l'alloxane) a révélé que l'extrait aqueux des graines de *Lupinus albus* à une dose de 750 mg/kg réduit significativement le taux de glucose dans le sang (Mansour et al., 2002).

4.3 Étude phytochimique

L'étude quantitative réalisée sur les extraits bruts avait pour but, l'estimation de la teneur en composés phénoliques présents dans chaque plante, au moyen des dosages spectrophotométriques.

Les résultats des teneurs en composés phénoliques sont rapportés en milligramme équivalent d'acides gallique pour les phénols totaux, et de catéchine pour les flavonoïdes totaux et les tanins condensés, par gramme de poids sec de l'extrait (mg EAG/g ; mg EC/g). L'équation de la régression linéaire des courbes d'étalonnage tracée pour chacun des composés a été utilisée dans la détermination de leurs quantités dans chacune des plantes.

4.3.1 Dosage des phénols totaux :

La détermination des phénols totaux a été réalisée suivant la méthode de Folin-Ciocalteu, en utilisant l'acide gallique comme standard. La mesure spectrophotométrique d'absorbance a été effectuée à la longueur d'onde de 765 nm. Les résultats sont représentés graphiquement ci-dessous (**Figure 16 et 17**) :

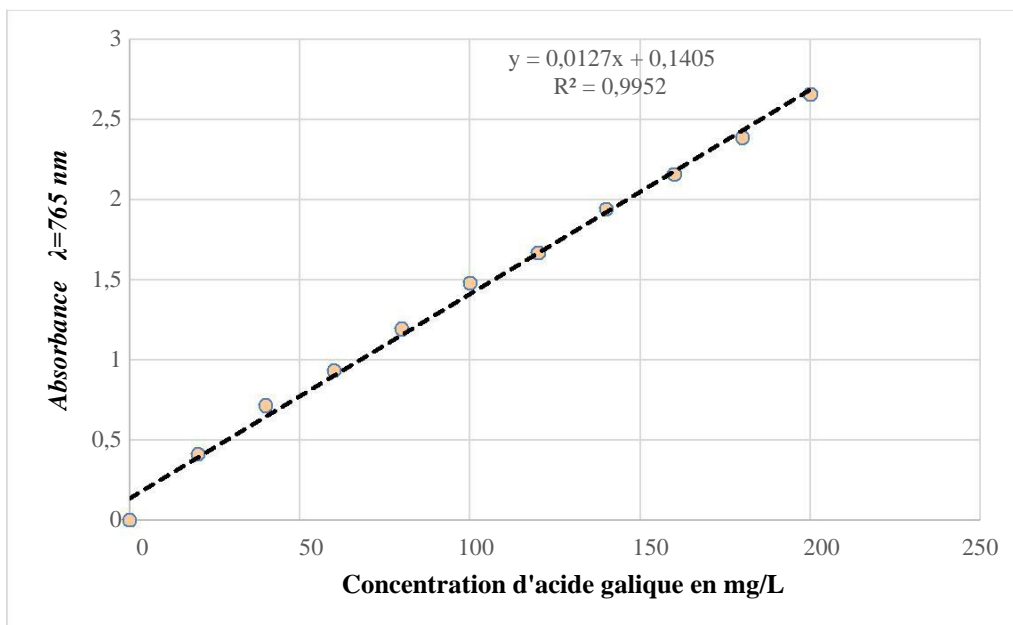


Figure 16 : Courbe d'étalonnage des phénols totaux.

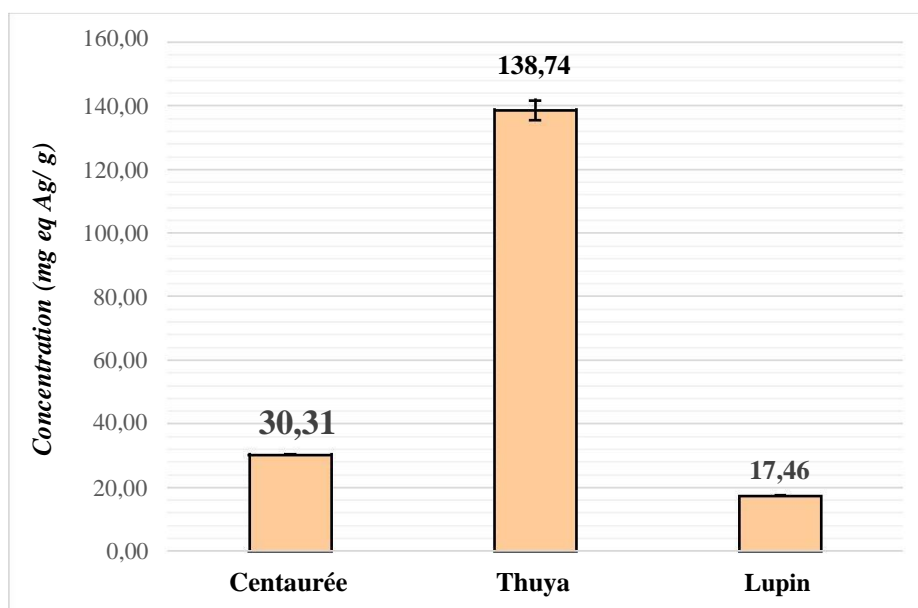


Figure 17: Teneur en phénols totaux dans les extraits aqueux des trois plantes.

Les résultats du dosage des phénols totaux montrent que la plus grande teneur appartient au Thuya avec une concentration de $138,74 \pm 3,06$ mg EAG/g d'extrait.

Contrairement à la centaurée commune et au lupin qui représentent de faibles proportions en phénols totaux par rapport au Thuya, avec $30,31 \pm 0,14$ mg EAG/g, et $17,46 \pm 0,17$ mg EAG/g, respectivement.

4.3.2 Dosage des flavonoïdes totaux :

La détermination de la teneur des flavonoïdes totaux des extraits végétaux a été estimée par un dosage, selon la méthode du trichlorure d'aluminium (AlCl₃), en utilisant la catéchine comme standard. La mesure spectrophotométrique d'absorbance a été effectuée à la longueur d'onde de 510 nm. Les résultats sont représentés graphiquement ci-dessous :

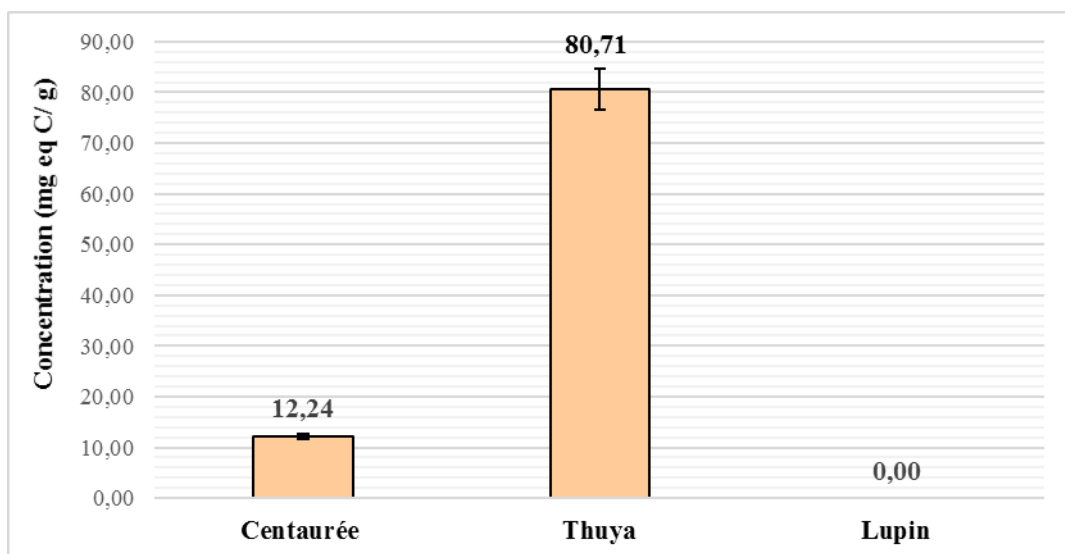
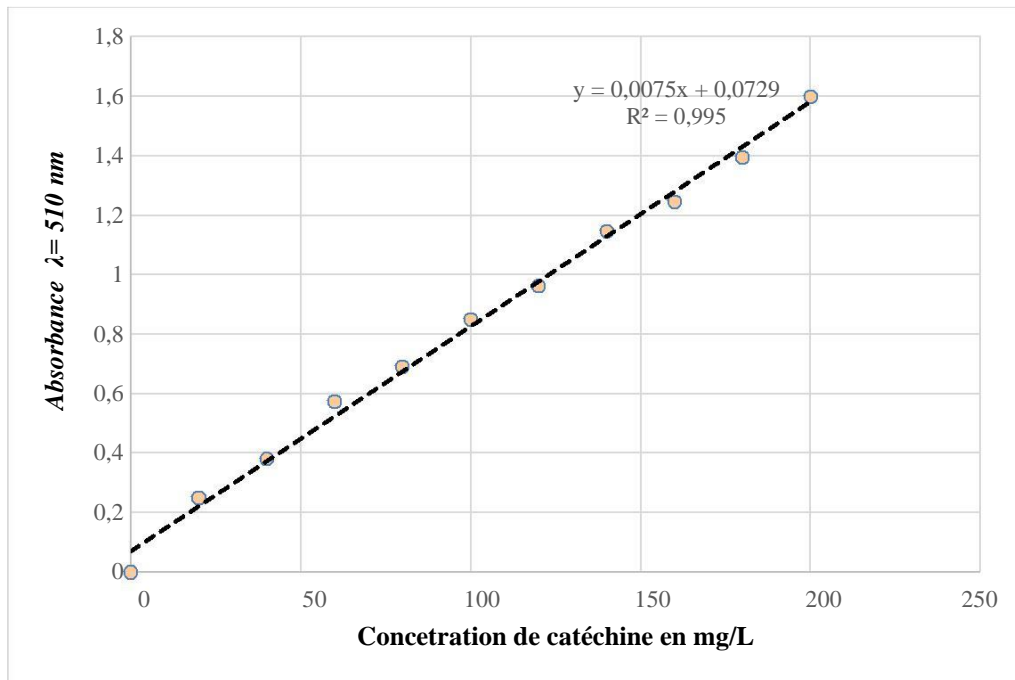


Figure 19 : Teneur en flavonoïdes totaux dans les extraits aqueux des trois plantes.

Les résultats du dosage des flavonoïdes totaux (**Figure 19**) montrent que la plante contenant la plus grande quantité en ces composés est le Thuya, avec une teneur de $80,71 \pm 4,01$ mg EC/g appartient. Tandis que les résultats de la teneur en flavonoïdes totaux chez la centaurée est estimée à $12,24 \pm 4,01$ mg EC/g, contrairement au lupin auquel la quantité de ces composés s'est avérée carrément nulle. Cela est vraisemblablement dû aux parties utilisées qui sont les graines. Dans ces dernières, la présence des flavonoïdes est généralement faible, à l'opposé des feuilles et fleurs.

4.3.3 Dosage des tanins condensés :

Le dosage par la vanilline utilisé dans la quantification de la teneur des tanins condensés en utilisant la catéchine comme standard. La mesure spectrophotométrique d'absorbance a été effectuée à la longueur d'onde de 550 nm. Les résultats sont représentés graphiquement ci-dessous (**Figure 20 et 21**) :

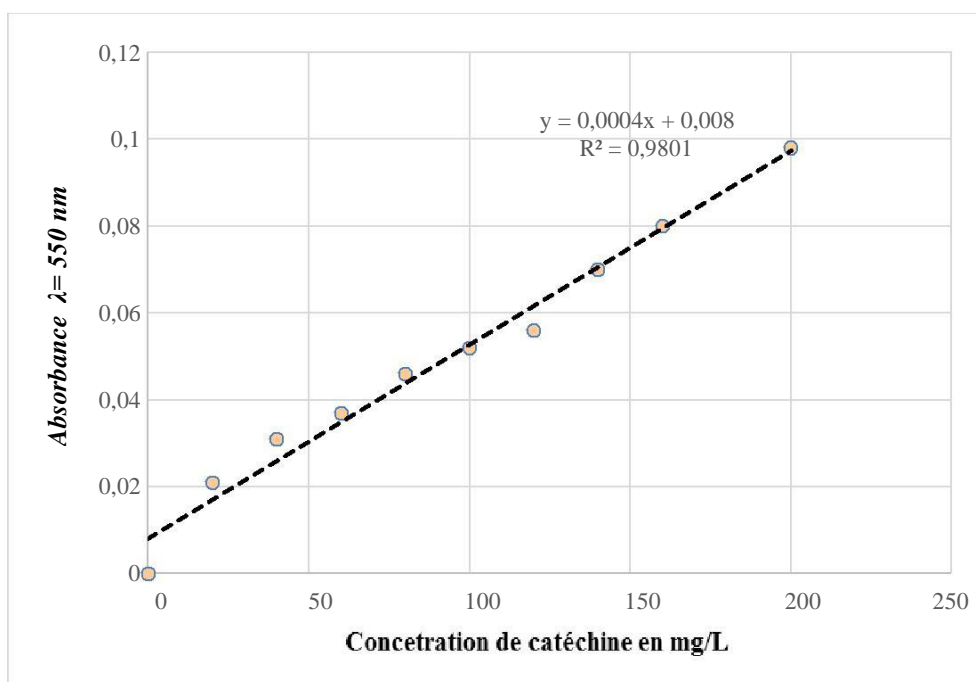


Figure 20 : Courbe d'étalonnage des tanins condensés.

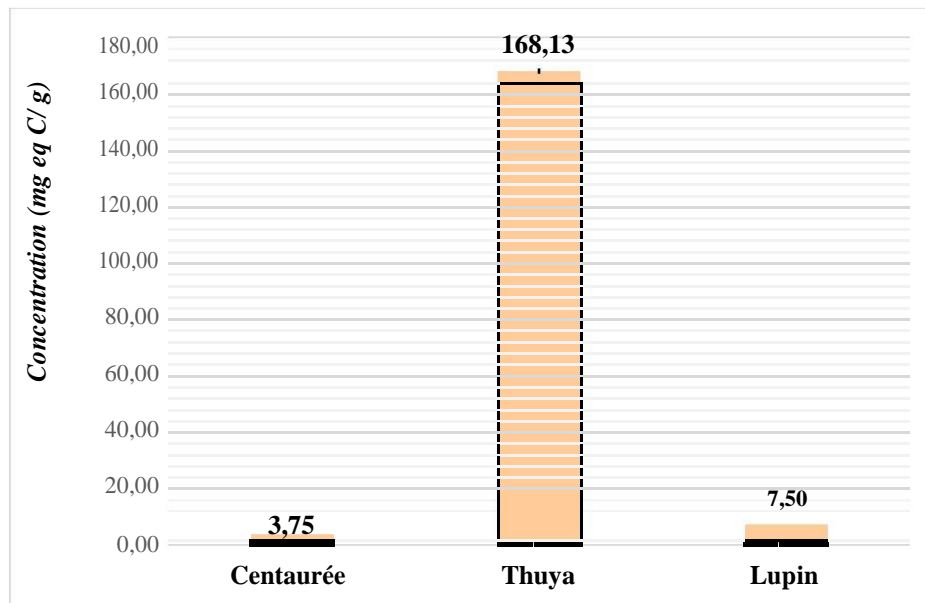


Figure 21 : Teneur en tanins condensés dans les extraits aqueux des trois plantes.

Les résultats indiquent que la teneur en tanins condensés est fortement observable chez le Thuya ($168,13 \pm 0,88$ mg EC/g), alors que la centauree et le lupin, représente une très faible quantité en tanins condensés avec une concentration de 3,75 et $7,50 \pm 1,77$ mg EC/g, respectivement.

Les résultats du dosage obtenus à partir des extraits aqueux des plantes étudiées ; ont été comparés avec ceux trouvés dans certains travaux antérieurs. En effet, Benyamina (2019), avait mentionné que la teneur en composés phénoliques chez le Thuya de Berberie est considérable dans les feuilles, les rameaux et les cônes. Soit, avec une concentration de 156,4 mg eq AG/g en phénols totaux dans l'extrait hydroalcoolique des feuilles. D'autant plus, les études récentes réalisées par Rached et al., (2018) avaient révélé par des analyses chromatographiques, que les composés flavan-3-ols sont les composés phénoliques prédominants dans plusieurs extraits des feuilles de la même plante, représentant en moyenne 71% de la composition phénolique. (Bruneton, 2016), avait mentionné que la petite centauree referme des acides phénoliques, des flavonoïdes, et comme beaucoup de *Gentianaceae*, de nombreux xanthones. La présence de plusieurs sécoiridoïdes explique son amertume.

En revanche, nos résultats de dosage obtenus des extraits aqueux du Lupin blanc n'ont pas pu être comparés. Cela revient au fait que les travaux scientifiques visent d'autres composés (Alcaloïdes) du fait que cette plante s'est avérée pauvre en flavonoïdes et en tanins

condensés. En effet, chez le lupin blanc, la lupinine est prédominante, et représente un taux important des alcaloïdes totaux dans les grains (Bruneton, 2016; Pothier et al., 1983).

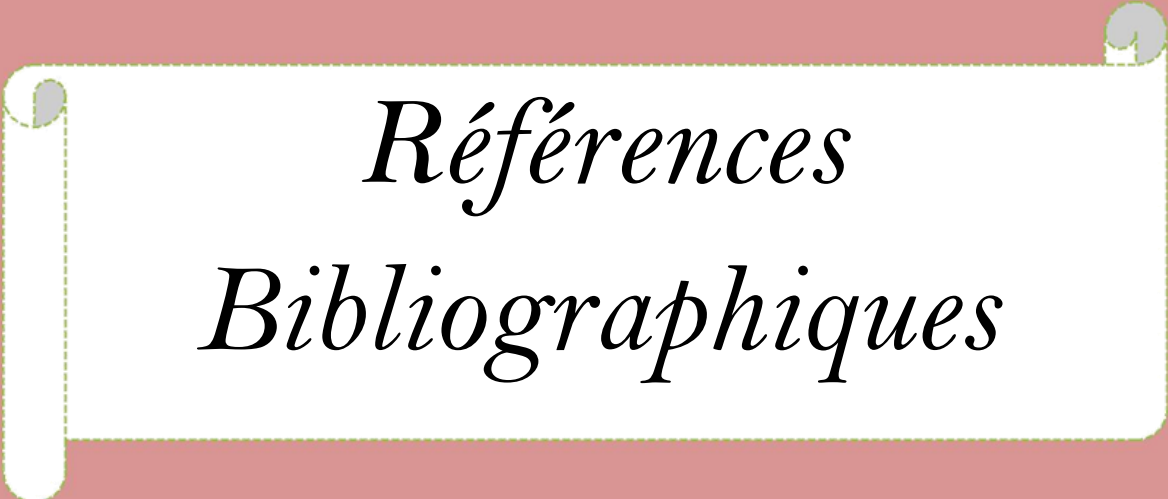
Conclusion

Les plantes médicinales, une longue histoire toujours d'actualité ! Leur connaissance reste un domaine très important pour renouveler notre arsenal thérapeutique ; elles ont été toujours le patrimoine naturel, le plus demandé, car il constitue un véritable trésor de santé et de beauté pour l'être humain, réveillant ainsi, un intérêt croissant, de la part des chercheurs du monde entier.

Notre étude s'est basée principalement sur la recherche, par le biais d'une enquête ethnobotanique, des plantes médicinales utilisées fréquemment dans le traitement du diabète, afin d'étudier empiriquement leurs pouvoirs hypoglycémiantes en utilisant un modèle expérimental *in vitro*.

Selon notre enquête, menée auprès des herboristes de la ville de Sidi Bel Abbes, il ressort qu'il y a **20 espèces** de plantes médicinales utilisées pour pallier le diabète, dont le lupin blanc, la petite centaurée commune, et le thuya de berberie sont les plus préconisés. La suite du travail expérimental concerne l'étude de l'activité antidiabétique des décoctés de ces plantes, en procurant une méthode de travail qui permet de déterminer la capacité d'inhibition de l'activité enzymatique de l'alpha-amylase. Les résultats des tests étaient prometteurs. En effet, à une concentration de **0.5 mg/ml** d'extrait de lupin, de thuya et de centaurée, on a enregistré des pourcentages d'inhibition de **63%**, **60%** et **40%** respectivement. Voyant ces taux d'activité, on a jugé utile d'initier une étude quantitative des composés phénoliques, du fait qu'ils sont connus par leurs réactivités avec les protéines. Les résultats du dosage ont montré que le Thuya renferme des teneurs considérables en phénols totaux, flavonoïdes totaux et tanins condensés. Au niveau des extraits de centaurée et de Lupin, la teneur en composés phénolique a été beaucoup plus faible.

À la lumière des résultats obtenus, on peut dire que ces plantes peuvent être déjà valorisées pour leurs importances thérapeutiques, mais il est difficile à ce niveau de se prononcer sur les mécanismes d'action et les rapports potentiels entre les classes chimiques quantifiées et l'activité biologique enregistrée. Cela peut ouvrir des portes à de nouvelles problématiques et de nouveaux travaux de recherches. On peut considérer une éventuelle étude *in vivo* et une caractérisation phytochimique en utilisant des techniques modernes plus fines.



Références
Bibliographiques

Lettre A

1. ADF, 2011. 90 ans de la découverte de l'insuline. "Dossier de presse".
2. Akbar, S., 2020. *Lupinus albus*.L (Fabaceae/Leguminosae), in: Handbook of 200 Medicinal Plants, Broché. Springer.
3. Albuquerque, U.P., 2009. Quantitative Ethnobotany or Quantification in Ethnobotany? *Ethnobotany Res. Appl.* 1–3.
4. Atlas du diabète, 2015. Atlas du diabète de la FID, 7^{ème} édition.
5. Azzi, R. Rabah, D., Farid, L., Zohra, S.F., Houcine, B., Nacera, B., 2012. Ethnopharmacological survey of medicinal plants used in the traditional treatment of diabetes mellitus in the North Western and South Western Algeria. *J. Med. Plants Res.* 6, 2041–2050. <https://doi.org/10.5897/JMPR11.1796>

Lettre B

6. Baba Aïssa, F., 1999. Encyclopedie des plantes utiles. Librairie moderne-Rouiba, Alger, Algérie.
7. Bardeau, F., 2009. La pharmacie du bon dieu, Broché. Fernand Lanore, Paris, France.
8. Barnert, J., Messmann, H., 2008. Management of lower gastrointestinal tract bleeding. *Best Pract. Res. Clin.* 22, 295–312. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bpg.2007.10.024>
9. Beaudeau, J.-L., Durand, G., 2008. Biochimie médicale - Marqueurs actuels et perspectives., 2^{ème} ed. Lavoisier Médecine-Science Publications.
10. Bellakhdar, J., Claisse, R., Fleurentin, J., Younos, C., 1991. Repertory of standard herbal drugs in the Moroccan pharmacopoe. *J. Ethnopharmacol.* 35, 121–143.
11. Benarba, B., Belabid, L., Righi, K., Bekkar, A. amine, Elouissi, M., Khaldi, A., Hamimed, A., 2015. Ethnobotanical study of medicinal plants used by traditional healers in Mascara (North West of Algeria). *J. Ethnopharmacol.* 175, 626–637. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.09.030>
12. Bennett, B.C., Balick, M.J., 2014. Does the name really matter? The importance of botanical nomenclature and plant taxonomy in biomedical research. *J. Ethnopharmacol.* 152, 387–392. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.11.042>

13. Benyamina, A., 2019. Etude ethnopharmacologique et caractérisation des composés phénoliques des organes aériens du *Tetraclinis articulata* (VAHL) masters de l'ouest algérien. Djilali Liabes., Sidi Bel Abbès, Algérie.
14. Bhandari, M.R., Jong-Anurakkun, N., Hong, G., Kawabata, J., 2008. α -Glucosidase and amylase inhibitory activities of Nepalese medicinal herb Pakhanbhed (*Bergenia ciliata*, Haw.). *Food Chem.* 106, 247–252.
15. Boizot, N., Charpentier, J.-P., 2006. Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. Cahier technique de l'INRA-Amélioration Génétique et Physiologie Forestières, Laboratoire d'Analyses Biochimiques.
16. Boudjelal, A., Henchiri, C., Sari, M., Sarri, D., Hendel, N., Benkhaled, A., Ruberto, G., 2013. Herbalists and wild medicinal plants in M'Sila (North Algeria): An ethnopharmacology survey. *J. Ethnopharmacol.* 148, 395–402. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.03.082>
17. Bouzabata, A., 2013. Traditional treatment of high blood pressure and diabetes in Souk Ahras District. *J. Pharmacogn. Phytother.* 5, 12–20. <https://doi.org/10.5897/JPP11.065>
18. Bruneton, J., 2016. Pharmacognosie : Phytochimie, plantes médicinales, 5e édition. ed. Tech & Doc Lavoisier, Paris.
19. Burns, Robert.E., 1971. Method for estimation of tannin in grain Sorghum. *Agron. J.* 63, 511. <https://doi.org/10.2134/agronj1971.000219>
20. Busia, K.A., Abel, C., 2005. An Exploratory Ethnobotanical Study of the Practice of Herbal Medicine by the Akan Peoples of Ghana. *Altern. Med. Rev.* 10, 112–122.

Lettre C

21. Carillon, A., 2009. Place de la phytothérapie dans les systèmes de santé XXI^{es}. 1. In : Telli Alia, 2017. Activité anti-oxydante, antimicrobienne et antidiabétique de deux espèces spontanées utilisées dans le traitement du diabète dans la région de Ouargla : *Amodaucus leucotrichus* et *Anvillea radiata*. Univ. Kasdi Merbeh-Ouargla.
22. Chaillous, L., Bouhanick, B., Kerlan, V., Mathieu, E., Lecomte, P., Ducluzeau, H., Delamaire, M., Sonnet, E., Maugendre, D., Marechaud, R., Rohmer, V., Saï, P., Charbonnel, B., 2010. Clinical and metabolic characteristics of patients with latent autoimmune diabetes in adults (LADA): Absence of rapid beta-cell loss in patients with tight metabolic control
Caractéristiques cliniques et métaboliques du diabète de type 1 lent : absence de décroissance rapide de l'insulinosécrétion résiduelle en cas d'équilibre métabolique strict. *Diabetes Metab.* 36, 64–70.

23. Chakib, M., 2011. Prévalence du diabète en Algérie : La valse des chiffres. *Santé-Mag* 31.
24. Chami, M., Zemmour, A., Midoun, N., Belhadj, M., 2015. Diabète sucré du sujet âgé : la première enquête algérienne. *Diabetes mellitus in the elderly: The first Algerian survey. Med. Mal. Métabolique* 207–209.
25. Chan, K., Shaw, D., Simmonds, M.S.J., Leon, C.J., Xu, Q., Lu, A., Sutherland, I., Ignatova, S., Zhu, Y.-P., Verpoorte, R., Williamson, E.M., Duez, P., 2012. Good practice in reviewing and publishing studies on herbal medicine, with special emphasis on traditional Chinese medicine and Chinese materia medica. *J. Ethnopharmacol., Good Practice in Traditional Chinese Medicine Research in the Post-genomic Era* 140, 469–475. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.01.038>
26. Chiquete, E., Nuño González, P., Panduro Cerda, A., 2001. Perspectiva histórica de la diabetes mellitus. *Comprendiendo la enfermedad. Investig. En Salud III*, 5–10.
27. Cos, P., Vlietinck, A.J., Berghe, D.V., Maes, L., 2006. Anti-infective potential of natural products: How to develop a stronger in vitro 'proof-of-concept.' *J. Ethnopharmacol.* 106, 290–302. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.04.003>

Lettre D

28. Das, A. k, Shah, Siddharth.G., 2011. History of Diabetes: From Ants to Analogs. *JAPI* 59, 6–7.
29. Drucker, Daniel.J., 2007. The role of gut hormones in glucose homeostasis. *JCI J. Clin. Investig.* 117, 24–32.

Lettre E

30. Eddouks, M., Chattopadhyay, D., 2012. *Phytotherapy in the Management of Diabetes and Hypertension.* Bentham Science Publishers.
31. Eliasson, B., Eeg-Olofsson, K., Cederholm, J., Nilsson, P.M., Gudbjörnsdóttir, S., 2007. Antihyperglycaemic treatment of type 2 diabetes: results from a national diabetes register. *Diabetes Metab.* 33, 269–276.

Lettre F

32. Fedala, N, Fedala, NS, Haddam, A., 2014. L'éducation nutritionnelle pour les diabétiques "le diabète...simplement," 3.01.5502. ed. Office des publications universitaires.

Lettre G

33. Galeano, G., 2000. Forest use at the Pacific Coast of Choco, Colombia: A quantitative approach. *Econ. Bot.* 358–376.
34. Gissing, R., Association Nature Alsace Bossue, A., 2015. Petite centauree commune, Erythrée. Blog. URL <http://naturealsacebossue.over-blog.com/2015/12/la-petite-centauree-rouge.html>
35. Grimaldi, A., 2009. Traité de diabétologie, 2nd ed, Traité. Lavoisier Médecine-Science Flammarion.
36. Guedes, L., Reis, P.B.P.S., Machuqueiro, M., Ressaissi, A., Pacheco, R., Serralheiro, M.L., 2019. Bioactivities of *Centaurium erythraea* (Gentianaceae) Decoctions: Antioxidant Activity, Enzyme Inhibition and Docking Studies. *Molecules* 24, 3795. <https://doi.org/10.3390/molecules24203795>

Lettre H

37. Hadjadj, K., Letreuch Belarouci, A., 2017. Synthèse bibliographique sur le thuya de berbérie [*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.]. *Geo-Eco-Trop* 41, 13–27.
38. Hamza, N., Berke, B., Cheze, C., Agli, A.-N., Robinson, P., Gin, H., Moore, N., 2010. Prevention of type 2 diabetes induced by high fat diet in the C57BL/6J mouse by two medicinal plants used in traditional treatment of diabetes in the east of Algeria. *J. Ethnopharmacol.* 128, 513–518. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.01.004>
39. Hamza, N., Berke, B., Cheze, C., Le Garrec, R., Lassalle, R., Agli, A.-N., Robinson, P., Gin, H., Moore, N., 2011. Treatment of high fat diet induced type 2 diabetes in C57BL/6J mice by two medicinal plants used in traditional treatment of diabetes in the east of Algeria. *J. Ethnopharmacol.* 133, 931–933. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.11.019>

40. Hamza, N., Berke, B., Umar, A., Cheze, C., Gin, H., Moore, N., 2019. A review of Algerian medicinal plants used in the treatment of diabetes. *J. Ethnopharmacol.* 238, 111841. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.111841>
41. Heinrich, M., Jäger, A., 2015. *Ethnopharmacology*, 1 st. ed. Wiley Blackwell, Chichester, West Sussex.
42. Hennebelle, T., Sahpaz, S., Bailleul, F., 2004. Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie* 2, 3–6. <https://doi.org/10.1007/s10298-004-0003-8>
43. Himsworth, H.P., 1936. Diabetes mellitus: it's deffirenciation into insulin-sensitive and insulin-insensitive types. *The Lancet* 127–130.

Lettre I

44. Ibrahim, M.A., Mohammed, A., Isah, M.B., Aliyu, A.B., 2014. Anti-trypanosomal activity o fAfrican medicinal plants: A review update. *J. Ethnopharmacol.* 154.

Lettre J

45. Jouzier, E., 2007. Diabète et philatélie. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux* 146 (1-2) 159-178.

Lettre K

46. Kemassi, A., Darem, S., Cherif, R., Boual, Z., Sadine, S.E., Aggoune, M.S., Ould El Hadj-Khelil, A., Didi, O.E.M., 2014. Recherche et identification de quelques plantes médicinales à caractère hypoglycémiant de la pharmacopée traditionnelle des communautés de la vallée du M'Zab (Sahara septentrional Est Algérien). *J Adv Res Sci Technol* 1.
47. Krentz, Andrew.J., Bailey, Clifford.J., 2005. Oral Antidiabetic Agents : Current Role in Type 2 Diabetes Mellitus. *Drugs* 65, 385–411.

Lettre L

48. Lestradet, H., Dieterlen, P., 1992. L'enfant et son diabète., Nouvelle édition. ed, Broché. Privat, Toulouse, France.
49. Loizzo, M.R., Saab, A.M., Tundis, R., Menichini, Federica, Bonesi, M., Piccolo, V., Statti, G.A., de Cindio, B., Houghton, P.J., Menichini, Francesco, 2008. In vitro inhibitory activities of plants used in Lebanon traditional medicine against angiotensin converting enzyme (ACE) and digestive enzymes related to diabetes. *J. Ethnopharmacol.* 119, 109–116. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.06.003>
50. *Lupinus albus proles termis* (Forssk.) Rouy, 2020. . *Encycl. Bot. Colab.-Eflora-Tela Bot.* URL <https://www.tela-botanica.org/bdtfx-nn-40160>

Lettre M

51. Mansour, H.A., Newairy, A.-S.A., Yousef, M.I., Sheweita, S.A., 2002. Biochemical study on the effects of some Egyptian herbs in alloxan-induced diabetic rats. *Toxicology* 170, 221– 228. [https://doi.org/10.1016/S0300-483X\(01\)00555-8](https://doi.org/10.1016/S0300-483X(01)00555-8)
52. Marles, R.J., Farnsworth, N.R., 1995. Antidiabetic plants and their active constituents. 2, 137–189. [https://doi.org/10.1016/S0944-7113\(11\)80059-0](https://doi.org/10.1016/S0944-7113(11)80059-0). In : In : Bechiri Abbes Asma, 2015. Contribution à l'étude de l'effet de plantes médicinales sur l'hyperglycémie postprandiale chez le rat Wistar. Univ. Aboubakr Belkaid.
53. Marshall, J.J., Lauda, C.M., 1975. Assay of a-Amylase Inhibitor Activity in Legumes. *Strach* 27, 253--288.
54. Marshall, William.J., Bangert, Stephen.K., 2005. *Biochimie médicale: Physiopathologie et diagnostic.*, 2nd ed, Broché. Elsevier Masson.
55. Martin, G.J., 1995. *Ethnobotany: a methods manual.* Springer-Science+Bussiness Media, B.V, United States of America.
56. Miara, M.D., Hammou, M.A., Aoul, S.H., 2013. Phytothérapie et taxonomie des plantes médicinales spontanées dans la région de Tiaret (Algérie). *Phytothérapie* 11, 206–218. <https://doi.org/10.1007/s10298-013-0789-3>
57. Minker, C., Daniel, C., 2013. 200 plantes qui vous veulent du bien., Broché. Larousse.
58. Mizock, Barry.A., 1995. Alterations in carbohydrate metabolism during stress: A review of the literature. *Am. J. Med.* 98, 75–84.

59. Mohammed, A., Ibrahim, H., Shahidul Islam, M., 2014. African Medicinal Plants with Antidiabetic Potentials: A Review. *Planta Med.* 80, 354–377. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1360335>

Lettre N

60. Netto, C.G.C.M., Toma, H.E., Andrade, L.H., 2013. Superparamagnetic nanoparticles as versatile carriers and supporting materials for enzymes. *J. Mol. Catal. B Enzym.* 85–86, 71–92.
61. Neve Ombra, M., d’Acierno, A., Nazzaro, F., Spigno, P., Riccardi, R., Zaccardelli, M., Pane, C., Copolla, R., Fratianni, F., 2018. Alpha-amylase, α -glucosidase and lipase inhibiting activities of polyphenol-rich extracts from six common bean cultivars of Southern Italy, before and after cooking. *Int. J. Food Sci. Nutr.*

Lettre P

62. Payan, F., Qian, M., Spinelli, S., Driguez, H., 1997. Structure of a pancreatic α -amylase bound to a substrate analogue at 2.03 Å resolution. *Protein Sci.* 2285–2296.
63. Pothier, J., Lenoble, M., Pousset, J.-L., 1983. Dosage rapide des différents alcaloïdes de *Lupinus albus* L. et de *Lupinus mutabilis* Sweet pour la sélection. *Agron. EDP Sci.* 3, 391–393.
64. Price, M.L., Van Scoyoc, S., Butler, L.G., 1978. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *J. Agric. Food Chem.* 26, 1214–1218. <https://doi.org/10.1021/jf60219a031>

Lettre R

65. Rabasa-Lhoret, R., Chiasson, J.-L., 2000. Inhibiteurs des α -glucosidases. *Médecine Thérapeutique Endocrinol.* 2, 198–204.
66. Rached, W., Zeghada, F.Z., Bennaceur, M., Barros, L., Calhelha, R.C., Heleno, S., Alves, M.J., Carvalho, A.M., Marouf, A., Ferreira, I.C.F.R., 2018. Phytochemical analysis and assessment of antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory and cytotoxic properties of

Tetraclinis articulata (Vahl) Masters leaves. *Ind Crop Prod* 112, 460–466.
<https://doi.org/http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.12.037>

67. Rebahi, A., 2015. *Le répertoire des noms des plantes du Maghreb*. Alger-Livres Editions, Alger, Algérie.
68. Rivera, D., Allkin, R., Obón, C., Alcaraz, F., Verpoorte, R., Heinrich, M., 2014. What is in a name? The need for accurate scientific nomenclature for plants. *J. Ethnopharmacol.* 152, 393–402. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.12.022>
69. Rychel, S., Książkiewicz, M., 2019. Development of gene-based molecular markers tagging low alkaloid pauper locus in white lupin (*Lupinus albus* L). *J. Appl. Genet.* <https://doi.org/10.1007/s13353-019-00508-9>

Lettre S

70. Schlage, C., Mabula, C., Mahunnah, R.L.A., Heinrich, M., 2000. Medicinal Plants of the Washambaa (Tanzania): Documentation and Ethnopharmacological Evaluation. *Plant Biol.* 2, 83–92. <https://doi.org/10.1055/s-2000-296>
71. Schlienger, J.-L., 2014. Diabète et phytothérapie : les faits. Herbal therapies for diabetes mellitus: The facts. *Médecine Mal. Thérapeutique* 8, 101–106.
72. Shah, K., De Silva, S., Abbruscato, T., 2012. The Role of Glucose Transporters in Brain Disease: Diabetes and Alzheimer's Disease. *Int. J. Mol. Sci.* 13, 12629–12655.
73. Sheridan, H., Krenn, L., Jiang, R., Sutherland, I., Ignatova, S., Marmann, A., Liang, X., Sendker, J., 2012. The potential of metabolic fingerprinting as a tool for the modernisation of TCM preparations. *J. Ethnopharmacol.* 140, 482–491. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.01.050>
74. Singh Saroya, A., 2011. *Herbalism, Phytochemistry and Ethnopharmacology.*, 1 st. ed. Science Publishers, Punjab, India.
75. Szablewski, L., 2011. *Glucose Homeostasis – Mechanism and Defects.*

Lettre 7

76. Thangaraj, P., 2015. *Pharmacological Assays of Plant-Based Natural Products.*, 1ère édition. ed. Springer, Tamil nadu, India.

77. Thorel, F., Nepote, V., Avril, I., Kohno, K., Desgraz, R., Chera, S., Herrera, Pedro.L., 2010. Conversion of adult pancreatic a-cells to b-cells after extreme b-cell loss. *Nature* 464, 1149– 1154.
78. Tielmans, A., Laloi-Michelin, M., Coupaye, M., Virally, M., Meas, T., Guillausseau, P.-J., 2007. Traitement médicamenteux du diabète de type 2 (première partie) Drug treatment of type 2 diabetes. *Presse Médicale* 36, 269–278.

Lettre U

79. Uzuner, H., Bauer, R., Fan, T.-P., Guo, D., Dias, A., El-Nezami, H., Efferth, T., Williamson, E.M., Heinrich, M., Robinson, N., Hylands, P.J., Hendry, B.M., Cheng, Y.-C., Xu, Q., 2012. Traditional Chinese medicine research in the post-genomic era: Good practice, priorities, challenges and opportunities. *J. Ethnopharmacol., Good Practice in Traditional Chinese Medicine Research in the Post-genomic Era* 140, 458–468. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.02.028>

Lettre V

80. Van Den Berghe, G., 2004. How does blood glucose control with insulin save lives in intensive care? *JCI J. Clin. Investig.* 114, 1187–1195.
81. Verspohl, E.J., 2002. Recommended Testing in Diabetes Research. *Planta Med.* 68, 581–590. <https://doi.org/10.1055/s-2002-32894>

Lettre W

82. Web master : <https://www.docteurcliv.com/encyclopedie/hyperglycemie.aspx>. Consulté le 20/02/2020.
83. Worthington, C.C., 1988. Alpha amylase., in: *Worthington Enzyme Manual: Alpha Amylase. Enzymes, and Related Biochemicals.* Worthington Biochemical Corporation, New jersey, pp. 38–42.

Lettre 2

84. You, Q., Chen, F., Wang, X., Jiang, Y., Lin, S., 2012. Anti-diabetic activities of phenolic compounds in muscadine against alpha-glucosidase and pancreatic lipase. *LWT - Food Sci. Technol.* 46, 164–168.
85. Young, K., Millar, W.J., 2003. Tracking diabetes: prevalence, incidence and risk factors. *Health Rep. Stat. Can. Cat.* 14, 35–47.

Lettre 3

86. Zahir, I., Rahmani, A., 2020. Premier cas clinique d'eczéma de contact causé par *Tetraclinis articulata* [First clinical case of contact eczema caused by *Tetraclinis articulata*]. *Int. J. Innov. Appl. Stud.* 28, 342–346.
87. Zerriouh, M., 2014. Contribution à l'étude phytochimique et activité antidiabétique de *Hammada scoparia* (Pomel), «Remth». (Thèse de doctorat). Abou Bekr Belkaid., Tlemcen, Algérie.
88. Zhishen, J., Mengcheng, T., Jianming, W., 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radical. *Food Chem.* 64, 555–559. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00102-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2)

Annexes

Rpport d'analyses statistique généré par Minitab 18**ANOVA à un facteur contrôlé : inhibition en fonction de échantillon****Méthode**

Hypothèse nulle	Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative	Toutes les moyenne ne sont pas égales
Seuil de signification	$\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur	Niveaux	Valeurs
échantillon	4	Acarbose; Centaurée; Lupin; Thuya

Analyse de variance

Source	DL	SomCar		Valeur F	Valeur de p
		ajust	CM ajust		
échantillon	3	2771,29	923,764	123,70	0,000
Erreur	12	89,61	7,468		
Total	15	2860,90			

Comparaisons deux à deux de Tukey**Informations de groupement avec la méthode de Tukey et un niveau de confiance de 95 %**

échantillon	N	Moyenne	Groupement
Acarbose	4	74,10	A
Lupin	4	62,097	B
Thuya	4	57,94	B
Centaurée	4	37,58	C

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

Tests de simultanéité de Tukey pour les différences des moyennes

Différence des niveaux	Différence des moyennes	Erreur type de la différence	IC à 95 %	Valeur de T	Valeur de p ajustée
Centaurée - Acarbose	-36,52	1,93	(-42,25; -30,78)	-18,90	0,000
Lupin - Acarbose	-12,00	1,93	(-17,74; -6,26)	-6,21	0,000
Thuya - Acarbose	-16,16	1,93	(-21,90; -10,42)	-8,36	0,000
Lupin - Centaurée	24,52	1,93	(18,78; 30,25)	12,69	0,000
Thuya - Centaurée	20,35	1,93	(14,62; 26,09)	10,53	0,000
Thuya - Lupin	-4,16	1,93	(-9,90; 1,58)	-2,15	0,192

Niveau de confiance individuel = 98,83 %

ANOVA à un facteur contrôlé : inhibition en fonction de concentration

Méthode

Hypothèse nulle	Toutes les moyennes sont égales
Hypothèse alternative	Toutes les moyennes ne sont pas égales
Seuil de signification	$\alpha = 0,05$

Les variances ont été supposées égales pour l'analyse.

Informations sur les facteurs

Facteur	Niveaux	Valeurs
concentration	2	0,25 mg; 0,5 mg

Analyse de variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
concentration	1	59,44	59,44	0,30	0,594
Erreur	14	2801,46	200,10		
Total	15	2860,90			

Comparaisons deux à deux de Tukey

Informations de groupement avec la méthode de Tukey et un niveau de confiance de 95 %

concentration	N	Moyenne	Groupement
0,5 mg	8	59,85	A
0,25 mg	8	56,00	A

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

Tests de simultanéité de Tukey pour les différences des moyennes

Différence des niveaux	Différence des moyennes	Erreur type de la différence	IC à 95 %	Valeur de T	Valeur de p ajustée
0,5 mg - 0,25 mg	3,85	7,07	(-11,32; 19,02)	0,55	0,594

Niveau de confiance individuel = 95,00 %



Herbier du *Lupinus albus* (Lupin Blanc).



Herbier *Tetraclinis articulata* (Thuja de Berberie).



Herbier *Centaurium erythraea* (La Petite Centaurée Commune).