République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université ABOU BEKR BELKAID -TLEMCEN-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et Sciences de la Terre et de l'Univers

Département de Biologie

Laboratoire :

Antibiotiques, Antifongiques, Physico-chimie :

Synthèse et activités biologiques

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master en sciences biologiques

Option : Biochimie appliquée

Thème :

Étude phytochimique et évaluation de l'activité antidiabétique *in vitro* des extraits de *Rosmarinus officinalis* L. par inhibition de l'α-amylase

Présenté par :

M^elle^ Belkhatir Kawther & Mme Benabdellah Hadjer

Soutenu le 18-06-2026 devant les members de jury :

Président :	Mr.	AZZI Rachid	Pr	Université de Tlemcen
Encadrant :	M^elle^.	MEZOUAR Dounia	MCA	Université de Tlemcen
Examinatrice :	Mme.	MEDJDOUB Houria	MCA	Université de Tlemcen

Année Universitaire : 2025/2026

Remerciements

Avant tout, nous remercions « **Allah** », le Tout-Puissant, de nous avoir accordé la santé, la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce modeste travail. Louange à Lui pour nous avoir guidés tout au long de notre parcours et permis d'atteindre cette étape importante.

Nous exprimons notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre promotrice, **Dr MEZOUAR Dounia**, Maître de conférences classe A au département de Biologie de l'Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen, pour avoir proposé et encadré ce travail. Nous lui sommes particulièrement reconnaissants pour sa rigueur scientifique, sa disponibilité, ses précieux conseils, son soutien constant ainsi que sa bienveillance tout au long de la réalisation de ce mémoire. Ce fut un véritable honneur et un grand plaisir de travailler sous sa direction.

Nous adressons également nos respectueux remerciements à Monsieur **AZZI Rachid**, Professeur au département de Biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers, Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen, pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant de présider le jury de ce mémoire.

Nos sincères remerciements s'adressent également à Madame **MEDJDOUB Houria**, Maître de conférences classe A au département de Biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers, Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen, et responsable de la formation « Biochimie appliquée », pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant d'examiner ce travail.

Nous tenons aussi à remercier chaleureusement l'ensemble de l'équipe du laboratoire de recherche **LAPSAB** pour son accueil, son aide, sa disponibilité et les conditions de travail qu'elle nous a offertes durant la réalisation de cette étude.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à nos familles, à nos proches ainsi qu'à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce travail.

À tous, nous exprimons notre profonde reconnaissance et notre gratitude.

Dédicace

À ma très ***chère maman*** et à mon très ***cher papa***,

Aucun mot ne saurait exprimer toute la gratitude, l'amour et le respect que je vous porte. Merci pour votre amour inconditionnel, vos sacrifices, votre patience, vos prières et votre soutien constant tout au long de mon parcours. Vous avez toujours cru en moi et m'avez donné la force d'avancer. Que Dieu vous protège, vous accorde santé, bonheur et longue vie.

À mes chers frères, ***Ahmed*** et ***Marouane***, pour leur affection, leur soutien et leurs encouragements. Je leur souhaite beaucoup de réussite et de bonheur.

À mes très chères amies, ***Fatima-Zohra*** et ***Hadjer***, pour leur amitié sincère, leur présence et leur soutien dans les bons comme dans les mauvais moments. Merci pour tous les souvenirs inoubliables que nous avons partagés ensemble.

À tous mes amis et camarades d'études qui ont partagé avec moi les années universitaires, les moments de travail, de stress, mais aussi de joie et de réussite.

À toute la famille ***Belkhatir***, avec toute mon affection, mon respect et ma reconnaissance.

Je dédie ce travail avec amour, gratitude et respect à toutes les personnes qui occupent une place particulière dans mon cœur.

Kawther

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

À mes ***très chers parents***, pour leur amour inconditionnel, leurs sacrifices, leurs encouragements et leur soutien permanent tout au long de mon parcours. Aucun mot ne saurait exprimer ma profonde gratitude envers eux.

À mon ***cher époux***, pour sa patience, son soutien moral et sa présence à mes côtés dans les moments les plus difficiles. Merci d'avoir toujours cru en moi.

À toute ***ma famille***, qui m'a entourée d'affection, de conseils et de soutien.

À ma chère amie et binôme ***Kawther***, avec qui j'ai partagé cette belle aventure académique. Merci pour ton sérieux, ton aide précieuse, notre esprit d'équipe et tous les efforts que nous avons fournis ensemble pour arriver jusqu'à ce jour. Je garderai toujours un excellent souvenir de cette expérience partagée.

À mes amies ***Imane*** et ***Hadjer***, ainsi qu'à tous mes amis qui m'ont soutenue, encouragée et accompagnée de près ou de loin.

À tous les membres du laboratoire, pour leur aide, leurs conseils et leur disponibilité.

À tous nos enseignants, qui nous ont transmis leur savoir et leurs précieuses connaissances tout au long de notre formation.

Enfin, à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Je dédie ce mémoire avec respect, reconnaissance et gratitude.

Hadjer

الملخص

يعتبر نبات إكليل الجبل نباتا عطريا وطبيا مستخدما على نطاق واسع لخصائصها البيولوجية العديدة، وذلك بفضل احتوائه على العديد من المركبات النشطة بيولوجيًا.

ركز العمل على الدراسة الفيتوكيميائية وتقييم النشاط المضاد لداء السكري في المختبر لنبات إكليل الجبل من خلال قدرته التثبيطية لإنزيم ألفا-أميلاز. وقد تم تحضير مستخلصين من الأجزاء الهوائية للنبات: مستخلص خام هيدرو-إيثانولي وجزء أسيتات الإثيل الذي تم الحصول عليه بعد عملية التجزئة.

كشف الفرز الفيتوكيميائي عن وجود العديد من الأيضات الثانوية، لا سيما القلويدات، العفصيات (التانينات)، الكومارينالت، التربينويدات، والمركبات المختزلة. وأظهرت التقديرات الكمية أن جزء أسيتات الإثيل هو الأغنى بالمركبات الفينولية والفلافونويدات، بمحتويات بلغت على التوالي 0.184 ± 939.33 ميكروغرام مكافئ حمض الغاليك/ملغ من المستخلص و0.09 ± 222.443 ميكروغرام مكافئ كاتشين/ملغ من المستخلص.

وأظهر تقييم النشاط المضادة لداء السكري ان جزء أسيتات الإثيل يمتلك أفضل نشاط تثبيطي لإنزيم ألفا-أميلاز 0.08 ± 1155.42=CI_{50} ميكروغرام/مل مقارنة بالمستخلص الهيدرو-إيثانولي ومع ذلك، فإن هذا النشاط يظل أقل من نشاط دواء الأكاغبوز المستخدم كشاهد إيجابي.

تشير النتائج المحصل عليها إلى أن نبات إكليل الجبل يشكل مصدرا واعدا للمركبات النشطة بيولوجيا التي من شأنها أن تساهم في الوقاية من مرض السكري وإدارته.

الكلمات المفتاحية: إكليل الجبل، النشاط المضاد للسكري، ألفا-أميلاز، البوليفينولات، الفلافونويدات، المستخلص الهيدرو-إيثانولي، جزء أسيتات الإيثيل.

Résumé

Rosmarinus officinalis L. est une plante aromatique et médicinale largement utilisée pour ses nombreuses propriétés biologiques attribuées à sa richesse en composés bioactifs.

Le présent travail a porté sur l'étude phytochimique et l'évaluation de l'activité antidiabétique *in vitro* de *Rosmarinus officinalis* L. à travers son pouvoir inhibiteur sur l'enzyme α-amylase. Deux extraits ont été préparés à partir des parties aériennes de la plante : un extrait brut hydro-éthanolique et une fraction à l'acétate d'éthyle obtenue après fractionnement.

Le criblage phytochimique a révélé la présence de plusieurs métabolites secondaires, notamment les alcaloïdes, les tanins, les coumarines, les terpénoïdes et les composés réducteurs. Les dosages quantitatifs ont montré que la fraction à l'acétate d'éthyle est la plus riche en composés phénoliques et en flavonoïdes, avec des teneurs respectives de 939,33 ± 0,184 µg Eq AG/mg d'extrait et 227,43 ± 0,09 µg Eq C/mg d'extrait.

L'évaluation de l'activité antidiabétique a montré que la fraction à l'acétate d'éthyle présente la meilleure activité inhibitrice de l'α-amylase (CI_{50} = 1155,42 ± 0,08 µg/mL) comparativement à l'extrait hydro-éthanolique. Toutefois, cette activité demeure inférieure à celle de l'Acarbose utilisée comme contrôle positif.

Les résultats obtenus suggèrent que *Rosmarinus officinalis* L. constitue une source prometteuse de composés bioactifs susceptibles de contribuer à la prévention et à la gestion du diabète.

Mots-clés : *Rosmarinus officinalis* L., activité antidiabétique, α-amylase, polyphénols, flavonoïdes, extrait hydro-éthanolique, fraction acétate d'éthyle.

Abstract

Rosmarinus officinalis L. is an aromatic and medicinal plant widely used for its numerous biological properties, which are attributed to its richness in bioactive compounds.

The present work focused on the phytochemical study and the *in vitro* evaluation of the antidiabetic activity of *Rosmarinus officinalis* L. through its inhibitory effect on the α-amylase enzyme. Two extracts were prepared from the aerial parts of the plant: a crude hydro-ethanolic extract and an ethyl acetate fraction obtained after fractionation.

Phytochemical screening revealed the presence of several secondary metabolites, including alkaloids, tannins, coumarins, terpenoids, and reducing compounds. Quantitative assays showed that the ethyl acetate fraction is the richest in phenolic compounds and flavonoids, with respective contents of 939.33 ± 0.184 µg GAE/mg of extract and 227.43 ± 0.09 µg QE/mg of extract.

The evaluation of the antidiabetic activity showed that the ethyl acetate fraction exhibits the highest inhibitory activity against α-amylase (IC_{50} = 1155,42 ± 0,08 µg/mL) compared to the hydro-ethanolic extract. However, this activity remains lower than that of Acarbose, which was used as a positive control.

The obtained results suggest that *Rosmarinus officinalis* L. constitutes a promising source of bioactive compounds that could contribute to the prevention and management of diabetes.

Keywords: *Rosmarinus officinalis* L., antidiabetic activity, α-amylase, polyphenols, flavonoids, hydro-ethanolic extract, ethyl acetate fraction.

Table de matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction ____ ***1***

Partie bibliographique

Chapitre I

La plante étudiée: Rosmarinus officinalis L.

1. Généralités sur les plantes médicinales ____ ***5***

2. ***Historique et utilisation traditionnelle du romarin*** ____ ***5***

3. ***Noms vernaculaires*** ____ ***6***

4. ***Classification botanique de Rosmarinus officinalis l*** ____ ***6***

4.1 La Classification de Cronquist 1981 ____ 6

4.2 La Classification d'APG IV (2016) ____ 7

5. ***Description botanique*** ____ ***8***

6. ***Répartition géographique et écologie*** ____ ***9***

7. ***Composition chimique*** ____ ***10***

8. ***Utilisation de romarin*** ____ ***12***

8.1 Utilisation cosmétique ____ 12

8.2 Utilisation culinaire ____ 13

8.2.1 Applications culinaires traditionnelles ____ 13

8.2.2 Applications culinaires modernes et utilisations innovantes ____ 13

9. ***Les activités biologiques*** ____ ***13***

9.1 Activité antihyperlipidimique ____ 13

9.2 Activité antidiabétique et hépatoprotectrice ____ 14

9.3 Activité antifongique ____ 15

9.4 Activité antioxydante ____ 15

9.5 Activité antibactérienne ____ 15

10. Toxicité et innocuité du romarin ____ ***16***

Chapitre II

Le diabète sucré

1. Définition du diabète sucré ***18***

2. Critères de diagnostic du diabète sucré ***18***

3. Classification du diabète ***20***

3.1 Le diabète de type 1 **20**

3.2 Le diabète de type 2 **20**

3.3 Le diabète gestationnel **20**

3.4 Autres types **20**

4. Physiopathologie du diabète ***20***

5. Complications du diabète ***21***

5.1 Complications aiguës **22**

5.2 Complications chroniques **22**

6. Traitements actuels du diabète ***23***

7. Place des plantes médicinales dans le traitement du diabète ***24***

8. Modèles in vitro pour évaluer l'activité antidiabétique ***25***

8.1 Effet inhibiteur de l'α-amylase **25**

8.2 Effet inhibiteur de l'α-glucosidase **25**

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

1. Matériel végétal et préparations ____ *28*

2. Préparation des extraits ____ *29*

2.1 Extrait brut hydro-éthanolique ____ **29**

2.1.1 Macération ____ *29*

2.2 Fractionnement de l'extrait hydro-éthanolique ____ **29**

2.2.1 Fractionnement de la phase aqueuse ____ *29*

2.3 Extraits récupérés ____ **29**

2.4 Le rendement d'extraction ____ **30**

3. Tests phytochimiques ____ *30*

***3.1* Les composés azotés** ____ **30**

3.1.1 Les alcaloïdes ____ *30*

3.2 Les composés phénoliques ____ **30**

3.2.1 Les tanins ____ *30*

3.2.2 Les flavonoïdes ____ *31*

3.2.3 Les quinones libres ____ *31*

3.2.4 Anthraquinones ____ *31*

3.2.5 Les coumarines : Fluorescence UV ____ *31*

3.2.6 *L*es saponines : Test de mousse ____ *31*

3.3 Les composés terpéniques ____ **31**

3.3.1 Test de Slakowski ____ *31*

3.3.2 Test de Liebrman-Burchard ____ *32*

3.4 Les composés réducteurs ____ **32**

4. Dosage des composés phénoliques ____ *32*

4.1 Dosage des polyphénols totaux ____ 32

4.2 Dosage des flavonoïdes totaux ____ 33

5. Protocole de l'évaluation de l'activité anti-diabétique in vitro (Inhibition de l'α-amylase) *33*

5.1 Préparation des solutions **33**

5.1.1 Préparation de la solution tampon phosphate (0,02 M ; pH 6,9) *33*

5.1.2 Préparation de la solution d'amidon soluble (substrat) *34*

5.1.3 Réactif de l'acide 3,5-dinitrosalicylique DNSA *34*

5.1.4 Solution échantillon d' α-amylase 33

5.1.5 Solution d'extrais 33

5.1.6 Solution d'acarbose 34

5.2 Préparation des tubes (Mélanges réactionnel) 34

5.3 Procédure de l'expérimentation (Étapes de la réaction) *35*

Résultats et discussion

1. Caractéristiques des extraits obtenus *38*

2. Tests phytochimiques *39*

3. Dosage des composés phénoliques *40*

3.1 Dosage des polyphénols totaux **41**

3.2 Dosage des flavonoïdes totaux **42**

4. Étude de l'activité antidiabétique des extraits de Rosmarinus officinalis L *44*

4.1 Résultats de l'effet inhibiteur des extraits sur l'α-amylase *44*

Conclusion *48*

Références bibligraphique *51*

Liste des tableaux

Tableau 01: Classification classique du romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) selon le système de Cronquist (1981). **7**

Tableau 02: Classification phylogénétique actuelle du romarin (*Salvia rosmarinus Spenn*) selon le système APG IV (2016). **8**

Tableau 03: Principaux constituants majeurs des composés du *Rosmarinus officinalis* L. **11**

Tableau 04: Critères de diagnostic du diabète sucré chez les individus **19**

Tableau 05 : Rendement et caractéristiques des extraits de *Rosmarinus officinalis* L . **38**

Tableau 06 : Résultats des tests phytochimiques qualitatifs des extraits de *Rosmarinus officinalis* L. **39**

Tableau 07 : Valeurs des CI_{50} des extraits de *Rosmarinus officinalis* L. et de l'Acarbose **46**

Liste des figures

Figure 01: *Rosmarinus officinalis* L. **6**

Figure 02: Feuilles (A), Fruit (B), Fleur (C,D) de *Rosmarinus officinalis* L. **9**

Figure 03: Répartition géographique de *Rosmarinus officinalis* L. **10**

Figure 04: Structures des principales molécules bioactives presentes dans le romarin **12**

Figure 05: Le cycle vicieux de la physiopathologie du diabète de type 2 **21**

Figure 6: Complications macrovasculaires et microvasculaires du diabète **23**

Figure 07: Mécanismes d'action des antidiabétiques actuellement disponibles **24**

Figure 08: La partie aérienne (feuilles, tiges) séchées de *Rosmarinus officinalis* L. **28**

Figure 09: Courbe d'étalonnage d'acide gallique **41**

Figure 10 : Courbe d'étalonnage de la catéchine **42**

Figure 11: Pourcentage d'inhibition du l' α-amylase en fonction des différentes concentrations de l'Acarbose. **44**

Figure 12: Pourcentage d'inhibition de l' α-amylase en fonction des différentes concentrations de l'extrait hydro-éthanolique (EHE) **45**

Figure 13: Pourcentage d'inhibition de l' α-amylase en fonction des différentes concentrations de la fraction acétate d'éthyle (FAE) **45**

Liste des abréviations

- **AGEs :** Produits terminaux de glycation avancée
- **AST :** Aspartate aminotransférase
- **BUN :** Azote uréique sanguin
- **CI_{50} :** Concentration inhibitrice à 50 %
- **DMSO :** Diméthylsulfoxyde
- **DPP-4 :** Dipeptidyl peptidase-4
- **DPPH :** 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyle
- **EHE :** Extrait hydro-éthanolique
- **FAE :** Fraction acétate d'éthyle
- **GLP-1 :** Peptide de type glucagon-1
- **HbA1c :** Hémoglobine glyquée A1c
- **HDL :** Lipoprotéines de haute densité
- **HDL-C :** Cholestérol des lipoprotéines de haute densité
- **LDL :** Lipoprotéines de faible densité
- **LDL-C :** Cholestérol des lipoprotéines de faible densité
- **MODY :** Diabète de type adulte du sujet jeune
- **SGLT2 :** Cotransporteur sodium-glucose de type 2
- **SOD :** Superoxyde dismutase
- **SU :** Sulfonylurées

Introduction

Introduction

Le diabète sucré est une maladie métabolique chronique caractérisée par une hyperglycémie persistante. Il constitue l'une des plus grandes menaces pour la santé publique mondiale. Selon la Fédération International du Diabète (FID), environ 589 millions d'adultes (20-79 ans) vivaient avec le diabète en 2024, soit près d'une personne sur neuf. Ce nombre devrait atteindre 853 millions d'ici 2050. En Algérie, près de 4,76 millions d'adultes vivaient avec le diabète en 2024, avec une prévalence de 17,5 % **(IDF Diabetes Atlas, 2025)**.

Le diabète de type 2, qui représente plus de 90 % des cas, résulte d'une résistance à l'insuline et d'un déficit relatif en insuline. Il entraîne des complications graves (rétinopathie, neuropathie, néphropathie, maladies cardiovasculaires) qui altèrent la qualité de vie et augmentent la mortalité **(Ayenew *et al.,* 2026)**.

Bien que les traitements conventionnels aient permis des avancées significatives dans la prise en charge du diabète, ils présentent néanmoins plusieurs limites, telles que le risque d'hypoglycémie, la prise de poids, les troubles digestifs, la diminution de l'efficacité à long terme ainsi que leur coût élevé. Par ailleurs, la metformine, traitement de première intention, devient souvent insuffisante au fil du temps, nécessitant une association thérapeutique pouvant compromettre l'observance des patients **(Ayenew *et al.,* 2026**).

Face à ces contraintes, les plantes médicinales offrent une alternative prometteuse. Riches en polyphénols et flavonoïdes, elles régulent la glycémie, améliorent la sensibilité à l'insuline, inhibent l'absorption du glucose et exercent des effets antioxydants (**Ayenew *et al.,* 2026; Sknepnek *et al.,* 2025; Ugwu *et al.,* 2025)**

Parmi ces plantes, ***Rosmarinus officinalis*** *L.* se distingue particulièrement. Largement utilisée dans la médecine traditionnelle, elle a démontré un potentiel antidiabétique dans de nombreuses études scientifiques. Des travaux sur des modèles animaux diabétiques ont montré que la poudre de feuilles ou les extraits de romarin réduisent significativement la glycémie **(Kabubii *et al.,* 2024)** .Cet effet hypoglycémiant est attribué à sa richesse en polyphénols et flavonoïdes, notamment l'acide rosmarinique et l'acide carnosique, qui agissent par inhibition des enzymes α-amylase et α-glucosidase, amélioration de la sensibilité à l'insuline et protection des cellules β-

pancréatiques contre le stress oxydatif. De plus, ces composés contribuent à atténuer les lésions vasculaires et cardiaques induites par le diabète **(Ielciu *et al.*, 2024; Meziane *et al.*, 2025).**

Le présent travail a pour objectif principal d'évaluer l'activité antidiabétique des extraits de *Rosmarinus officinalis L* à travers leur capacité à inhiber l'enzyme α-amylase. Plus précisément, il vise à réaliser un criblage phytochimique des extraits, ainsi qu'un dosage quantitatif des composés phénoliques (polyphénols totaux et flavonoïdes), afin évaluer in vitro leur pouvoir inhibiteur sur l'α-amylase.

Le manuscrit est organisé comme suit : une première partie dédiée à *Rosmarinus officinalis* L., une deuxième partie sur le diabète sucré, une troisième partie expérimentale présentant le matériel et les méthodes (préparation des extraits, criblage phytochimique, dosage des polyphénols et des flavonoïdes et tests d'inhibition de l'α-amylase), suivie des résultats et de leur discussion. Une conclusion générale synthétise enfin l'ensemble des résultats de ce travail.

Partie bibliographique

Chapitre I

La plante étudiée :

Rosmarinus officinalis l.

1. Généralités sur les plantes médicinales

Les plantes médicinales sont des plantes pouvant être utilisées pour leurs propriétés thérapeutiques. Depuis l'Antiquité, on reconnaît ses propriétés et leur usage s'est transmis à travers les différentes générations, ce qui a influencé la médecine moderne. Actuellement, les plantes deviennent une source importante pour la découverte de nouvelles molécules et le développement des médicaments **(Marrelli, 2021)**. L'origine de nombreux médicaments sont les végétaux médicinaux, comme la digoxine pour les troubles cardiaques et certains agents anticancéreux **(Cheng *et al*., 2025)**.

L'utilisation des plantes à des fins thérapeutiques est due à leur richesse en composés actifs tels que les terpènes, les composés phénoliques et les flavonoïdes **(Cheng *et al.*, 2025)**. Les plantes médicinales sont devenues un centre d'intérêt mondial en raison de la demande croissante pour la médecine alternative par rapport aux médicaments de synthèse, mais ces derniers ont des effets indésirables. Le développement des techniques d'analyse et chimiques a permis des recherches sur l'identification des composés des plantes et la compréhension de leur intégration dans les programmes de médecine complémentaire et préventive. Par conséquent, elles sont utilisées dans les industries pharmaceutique, alimentaire et cosmétique **(Kherraz *et al.*, 2026)**.

2. Historique et utilisation traditionnelle du romarin

Le mot romarin provient du latin *rosmarinus*, qui signifie « rose de mer ». Il était appelé « *antos* », ce qui signifie « fleur d'excellence », ou « *libanotis* » en raison de son parfum unique dans la Grèce antique. La plante était utilisée vers 500 avant J.-C. pour divers usages. Les Égyptiens, les Grecs et les Romains exploitaient ses propriétés pour divers objectifs médicinaux et culinaires. Les Égyptiens utilisaient le romarin pour l'embaumement. Chez les Grecs et les Romains, elle était liée à l'amélioration de la mémoire et représentait un symbole du souvenir. Le romarin était utilisé à des fins thérapeutiques pour traiter des maladies telles que les dysménorrhées, la dépression, les troubles digestifs, la fatigue mentale et physique, les troubles nerveux et respiratoires, ainsi que les douleurs rhumatismales. Il était aussi utilisé pour l'amélioration de la mémoire et la désinfection. De plus, avec Avicenne, célèbre médecin et philosophe persan, a inclus le romarin dans son célèbre ouvrage médical « Le Canon de la médecine ». **(Ghasemzadeh Rahbardar & Hosseinzadeh, 2025)**.

3. Noms vernaculaires

Le romarin est connu sous plusieurs noms selon les régions **(Benrebiha, 2018)**:

• **Français** : Romarin, Encensier, herbe aux couronnes, herbe des troubadours.

• **Anglais :** Rosemary.

• **Arabe :** Iklil Al Jabal, Klil, Hatssa louban, Hassalban, Aklel, iklil.

• **Tergui ou Berbère :** Lazir, Ouzbir, Touzala, Azir **(Figure 01).**



Figure 01: *Rosmarinus officinalis L.* **(Musolino *et al.*, 2023)**

4. Classification botanique de *Rosmarinus officinalis l*

Le romarin pousse autour de la Méditerranée et est un arbuste persistant qui garde ses feuilles toute l'année. Cette plante médicinale appartient à la famille des Lamiacées **(EFSA , 2025)** .

4.1 La Classification de Cronquist 1981

La classification des angiospermes proposée par Cronquist 1981 est l'une des classifications les plus connues du système traditionnel **(Tableau 01) (Lebon, 2020)**.

Tableau 01: Classification classique du romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) selon le système de Cronquist (1981).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Super-division	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Genre	*Rosmarinus.L*
Espèce	*Rosmarinus officinalis L.*

4.2 La Classification d'APG IV (2016)

Le romarin précédemment nommé *Rosmarinus officinalis L*, est actuellement scientifiquement appelé *Salvia rosmarinus Spenn*. Ce changement taxonomique fait suite à une étude phylogénétique approfondie réalisée sur le genre *Salvia* et ses genres voisins **(Drew *et al.*, 2017)**. Toutefois, le nom traditionnel reste largement accepté et utilisé dans les études scientifiques **(Baptista *et al.*, 2024)**.

La classification phylogénétique repose sur la cladistique, qui considère les relations génétiques plutôt que les similitudes macroscopiques **(Tableau 02) (Lebon, 2020)**.

Tableau 02: Classification phylogénétique actuelle du romarin (*Salvia rosmarinus Spenn*) selon le système APG IV (2016).

Règne	Plantae
Clade	Angiospermes
Clade	Eudicotylédones
Clade	Astéridées
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Genre	*Salvia*
Espèce	*Salvia rosmarinus Spenn.*
Synonyme	*Rosmarinus officinalis L.*

5. Description botanique

Le romarin (*Rosmarinus officinalis l*) **(Figure 02)** est un sous-arbrisseau de 1 à 2 mètres de haut, caractérisé par un port érigé ou rampant et un système racinaire profond. Les feuilles, sessiles et persistantes, mesurent entre 10 et 41 mm. Elles ont une forme linéaire avec un contraste marqué : le dessus est de couleur vert sombre et le dessous blanchâtre, riche en trichomes glandulaires **(Francolino *et al.*, 2023; González-Minero *et al.*, 2020).**

Les fleurs mesurent entre 8,5 et 13,5 mm et sont regroupées en grappes axillaires. La corolle des fleurs est bilabiée avec des teintes variant du bleu au pourpre. Sur le plan morphologique, elle se compose d'une lèvre supérieure bifide et d'une lèvre inférieure trilobée **(González-Minero *et al.*, 2020; Rafya *et al.*, 2024)**.

Cette espèce méditerranéenne se caractérise par une forte odeur aromatique **(Baptista *et al.*, 2024)**, résiste bien à la sécheresse et pousse même sur des sols pauvres **(Rafya *et al.*, 2024)**.



Figure 02: Feuilles (A), Fruit (B), Fleur (C,D) de *Rosmarinus officinalis* L. **(Rafya *et al.*, 2024)**

6. Répartition géographique et écologie

Le romarin **(***Rosmarinus officinalis.L*) puise ses racines dans le bassin méditerranéen avant de se diffuser progressivement dans le reste du globe. Il s'est établi en Europe et en Amérique du Nord, où il est très apprécié pour sa valeur ornementale et ses propriétés aromatiques **(Figure 03) (EFSA, 2025)** . Son introduction dans certaines régions a été particulièrement réussie, si bien qu'il est désormais considéré comme une espèce envahissante dans certains milieux. Actuellement, il est cultivé à travers le monde pour ses multiples usages. Sur le plan écologique, cette plante présente une plasticité remarquable et s'établit avec succès dans des environnements contrastés, allant des zones humides aux milieux arides et aux terrains rocheux. L'espèce prospère également en altitude, pouvant atteindre 3 500 mètres dans les zones montagneuses. Sa capacité d'adaptation lui permet ainsi d'occuper des niches écologiques variées, allant des climats tempérés humides aux zones subtropicales semi-arides. Enfin, ce sont ses vertus médicinales et esthétiques qui ont principalement encouragé l'homme à le disperser volontairement au-delà de ses frontières originales **(Aziz *et al.*, 2022)**.



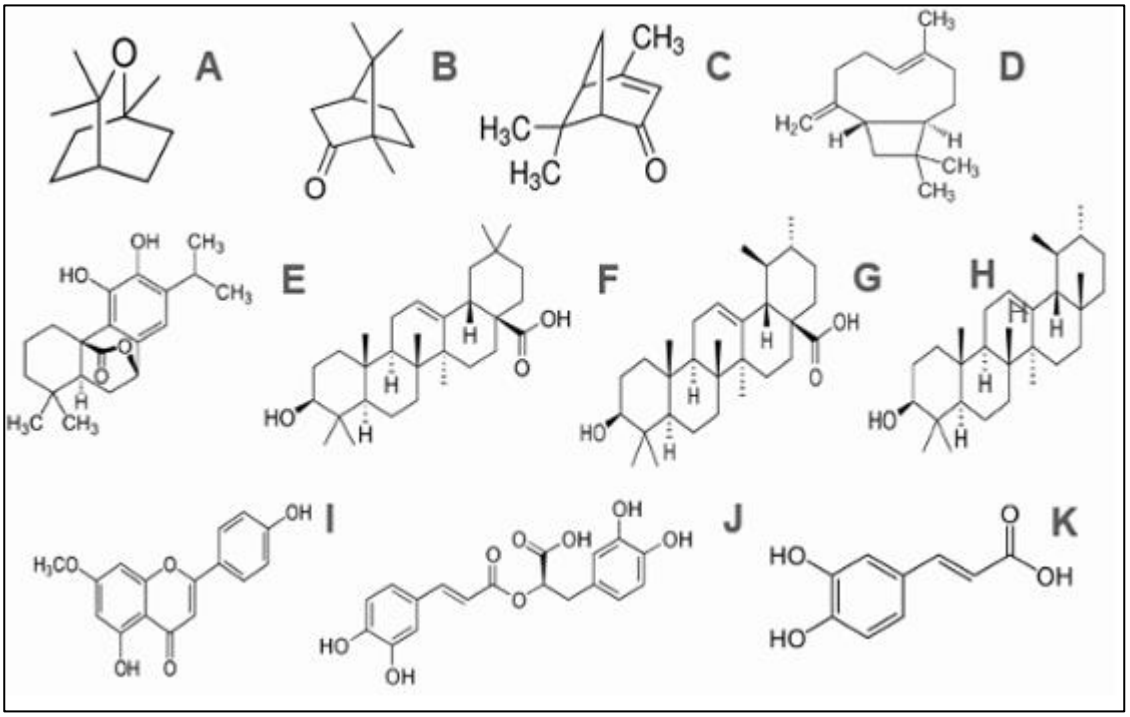
Figure 03: Répartition géographique de *Rosmarinus officinalis* L. **(González-Minero *et al.*, 2020)**

7. Composition chimique

Le **Tableau 03** résume les principaux métabolites bioactifs du romarin. Il est important de noter que cette composition chimique n'est pas constante ; elle évolue selon la variété, l'origine géographique, l'organe de la plante et la technique d'extraction. Les structures moléculaires sont illustrées dans la **Figure 04 (González-Minero *et al*., 2020)**.

Tableau 03: Principaux constituants majeurs des composés du *Rosmarinus officinalis* L

Classes de composés	Principaux constituants identifiés
Acides phénoliques	Acide caféique, acide chlorogénique et acide rosmarinique
Flavonoïdes	Lutéoline, apigénine, genkwanine, diosmétine, hispiduline, 5-hydroxy-7, 4'-diméthoxy-flavone et cirsimaritine
Triterpènes	Acide oléanolique, acide ursolique, bétuline, α-amyrine, β-amyrine
Diterpènes	Acide carnosique, carnosol, rosmarol, épirosmanol, isorosmanol et rosmaridifénol
Sesquiterpènes	β-caryophyllène
Monoterpènes	1,8-cinéole (eucalyptol), camphre (cétone), α-pinène, bornéol, β-pinène, limonène, p-cymène, verbénone (cétone)



***F*igure 04:** Structures des principales molécules bioactives presentes dans le romarin

(A) 1,8 cinéole ;(B) camphre ; (C) verbénone ;(D) β-caryophllène ;(E) carnosol ; (F) acide oléanolique ; (G) α-amyrin ; (H) acide ursolique ; (I) génkwanine ; (J) acide rosmarinique ;(K) acide caféique **(González-Minero *et al*., 2020)**.

8. Utilisation de romarin

8.1 Utilisation cosmétique

L'huile essentielle de romarin présente des propriétés antibactériennes et une prévention des comédons, aide à la purification des pores et prévenir la formation d'acné en tant qu'astringent naturel. L'huile de romarin diminue la taille des pores et aussi permet l'embellissement de la peau surtout pour les personnes ayant une peau grasse. L'huile aide à la protection de la peau contre les radicaux libres ainsi peut aider à réduire l'apparence des ridules et le relâchement cutané. Leurs propriétés diurétiques contribuant à réduire la rétention d'eau et diminuer l'apparition des cernes sous les yeux. Pour l'élimination des toxines et permettre la régénération et l'amélioration générale de la peau par la stimulation de la circulation lymphatique **(Fotedar, 2024)** .

8.2 Utilisation culinaire

8.2.1. Applications culinaires traditionnelles

Dans la cuisine traditionnelle, le romarin a un rôle important. Ses feuilles sont utilisées dans la préparation des tisanes. Le goût amer et l'astringence des feuilles fraîches et séchées se combinent avec plusieurs aliments comme les poissons, l'agneau, la volaille, les soupes, les ragoûts, les vinaigrettes, les conserves et les confitures. L'utilisation du romarin ne se limite pas aux feuilles fraîches, parce que les feuilles séchées ont une capacité de conservation prolongée. Elles sont aussi plus faciles à transporter par rapport aux feuilles fraîches. L'utilisation des extraits de romarin comme additifs alimentaires, désignés par l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) depuis 2008, donne au romarin un avantage important dans l'industrie alimentaire **(Meziane *et al*., 2025).**

8.2.2. Applications culinaires modernes et utilisations innovantes

La plante est utilisée dans l'industrie alimentaire, dans le cadre des tendances culinaires modernes et des applications innovantes. Elle est appliquée dans la conservation et l'amélioration des aliments. L'acceptation des huiles essentielles, telles que le romarin, comme généralement sûres (GRAS) par la Food and Drug Administration (FDA) permet un contact direct avec les aliments, mettant en évidence leur sécurité dans le domaine culinaire. Ainsi, l'extrait de romarin présente une propriété antioxydante performante pour la conservation des aliments, confirmée par la Commission européenne. De nombreux travaux scientifiques confirment que le romarin joue un rôle important dans la conservation de la viande, du fromage, des produits à base de volaille, et contribue à prolonger la durée de conservation tout en empêchant l'oxydation des lipides. D'autres études scientifiques soulignent que le romarin intégré dans des films actifs d'emballage illustre son rôle dans les techniques culinaires innovantes et durables **(Meziane *et al*., 2025)**.

9. Les activités biologiques

9.1. Activité antihyperlipidimique

L'hyperlipidémie entraîne une augmentation anormale des lipides plasmatiques, surtout les triglycérides, le cholestérol total et le LDL-C. Elle est l'une des causes de la peroxydation lipidique et de l'athérosclérose. Plusieurs études ont été réalisées sur des rats alimentés avec un régime riche en graisses, utilisé comme modèle d'hyperlipidémie pour évaluer les activités hypolipidémiantes et

antioxydantes de l'extrait aqueux, de l'huile essentielle et de la poudre brute de romarin. Les résultats ont montré que les trois formes présentent des effets différents chez les rats souffrant d'hyperlipidémie. L'extrait aqueux et la poudre végétale réduisent les taux de cholestérol sériques, tandis que l'huile essentielle provoque une augmentation de ces taux. Néanmoins, les trois formes ont induit une diminution du malondialdéhyde, une augmentation du HDL-C et de l'activité SOD, ainsi qu'une amélioration de la capacité antioxydante. De plus, l'administration de 100 mg/kg d'extrait aqueux de romarin a permis de diminuer le cholestérol total, les triglycérides et le LDL-C, tout en augmentant le HDL-C **(Hassani *et al.*, 2016)**.

9.2. Activité antidiabétique et hépatoprotectrice

Grâce à ses propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et régulatrices du métabolisme, le romarin possède des activités antidiabétiques et hépatoprotectrices. Dans des études expérimentales, l'extrait de romarin a montré qu'il empêchait les lésions oxydatives, maintenait le niveau normal des enzymes hépatiques et favorisait l'amélioration des marqueurs biochimiques du métabolisme du glucose et du stress oxydatif **(Guimarães *et al.*, 2023)**. Chez les rats diabétiques induits par la streptozotocine, la poudre de romarin, en tant que supplément alimentaire, a permis de réduire la glycémie, de renforcer la fonction hépatique et de moduler favorablement les profils lipidiques : diminution des taux de créatinine, de triglycérides, de cholestérol et de LDL, tout en augmentant le HDL **(Kabubii *et al.*, 2024; Theyyathel *et al.*, 2025)**. L'huile essentielle de romarin a également montré des effets protecteurs sur les reins, en réduisant le stress oxydatif, l'inflammation et les lésions des tissus rénaux. L'administration combinée de romarin avec l'insuline a permis de rétablir une glycémie normale ainsi que la fonction rénale et le statut antioxydant **(Fareed *et al.*, 2023)**. Face à la prévalence croissante du diabète de type 2 et aux limites des traitements conventionnels, tels que les effets secondaires, les coûts élevés et la mauvaise observance, les composés actifs du romarin tels que les terpénoïdes, les polyphénols et les flavonoïdes suscitent un intérêt croissant dans la recherche en tant qu'ingrédients alimentaires favorisant la santé métabolique **(Fareed *et al.*, 2023; Martirosyan & Christopher, 2024)**. Ces résultats indiquent que le romarin agit comme un agent naturel multifonctionnel capable de contribuer à la protection hépatique, rénale et métabolique chez les sujets diabétiques **(Arajyan *et al.*, 2025)**.

9.3. Activité antifongique

Les dermatophytes représentent les principaux agents responsables des mycoses cutanées. Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS), environ 20 % de la population mondiale est affectée par des dermatophytes. Leur prévalence augmente avec l'âge et elle est aussi influencée par les facteurs climatiques et géographiques. *In vivo*, le romarin s'est révélé efficace contre les dermatophytes, et son huile essentielle a démontré une activité antifongique contre différentes espèces de *Candida* : *Candida albicans*, *Candida dubliniensis*, *Candida krusei* et *Candida parapsilosis*. Il a été observé qu'une concentration de 8 % est suffisante pour inhiber leur croissance. De manière similaire, l'extrait hydroalcoolique de *Rosmarinus officinalis* a été testé contre deux dermatophytes : *Trichophyton rubrum* et *Microsporum gypseum*, démontrant qu'une concentration de 10 % de l'extrait permet d'inhiber jusqu'à 86 % de la croissance fongique **(De Macedo *et al*., 2020)** .

9.4. Activité antioxydante

Les propriétés antioxydantes de romarin jouent un rôle essentiel dans la protection contre les dommages oxydatifs. Elles contribuent à la neuroprotection, au soutien du système cardiovasculaire et au maintien de la santé cellulaire. Ce potentiel fait de cette plante un agent naturel important dans la gestion des troubles liés au stress oxydatif. Il a été démontré que l'extrait de romarin traité à la chaleur humide présente une activité antioxydante supérieure aux extraits non traités. Ce traitement thermique favorise une concentration plus élevée en composés bioactifs, notamment l'acide rosmarinique et d'autres dérivés phénoliques. Les évaluations par le test de piégeage du radical DPPH montrent une capacité de piégeage des radicaux plus efficace, tandis que le pouvoir antioxydant réducteur ferrique se trouve également renforcé. Ces résultats indiquent que la chaleur humide améliore la libération des principes actifs, augmentant ainsi considérablement le potentiel antioxydant du romarin **(Arajyan *et al.*, 2025)**.

9.5. Activité antibactérienne

L'huile de romarin, utilisée pour la conservation de la viande, a démontré une activité antibactérienne contre plusieurs souches, notamment *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Salmonella choleraesuis*, *Clostridium perfringens* et *Aeromonas hydrophila*. Elle a également montré son efficacité contre *Brochothrix thermosphacta* et les Enterobacteriaceae. Lors de tests réalisés sur des boulettes de viande, les extraits de romarin ont été capables d'inhiber

l'ensemble des 11 bactéries testées: *Lactobacillus lactis* FMRD, *Brochothrix thermosphacta* CRA, *Lactobacillus carnosus*, *Listeria innocua* , *Lactobacillus sakei*, *Leuconostoc mesenteroides subsp*. *mesenteroides*, *Listeria monocytogenes*, *Leuconostoc mesenteroides subsp*. *dextranicum* et *Lactobacillus curvatus*. L'activité inhibitrice du romarin résulte de la synergie de ses différents composés : l'acide rosmarinique, le carnosol, l'acide carnosique, le rosmaridiphénol, l'épirosmanol, le rosmanol et l'isorosmanol. La membrane cellulaire est la cible de ces composés, provoquant des modifications du matériel génétique et des nutriments, ainsi qu'une altération du transport des électrons et de la production d'acides gras. Sous l'effet de ce processus, la membrane perd sa fonctionnalité à cause de la fuite des composés cellulaires et de la dégradation de sa structure protéique **(Nieto *et al*., 2018)**.

10. Toxicité et innocuité du romarin

Le romarin a des bienfaits, mais certaines études toxicologiques confirment que la plante influence plusieurs organes, les reins, le foie, l'augmentation de l'azote uréique sanguin (BUN) et l'aspartate aminotransférase (AST). Elle provoque la diminution du taux des protéines sériques totales. Le romarin peut réduire la qualité et le nombre des spermatozoïdes dans les testicules et la testostérone. Il peut initier une génotoxicité et des anomalies dans le développement du fœtus, en diminuant la taille de la membrane cytoplasmique, la formation du corps apoptotique et la fragmentation de l'ADN. En conclusion, si le romarin est considéré comme sûr pour un usage alimentaire classique, sa consommation à fortes doses doit être abordée avec prudence. Ces observations rappellent la nécessité de vigilance quant aux risques de toxicité organique et aux potentielles interactions médicamenteuses (**Ghasemzadeh Rahbardar & Hosseinzadeh, 2025)**.

Chapitre II

Le diabète sucré

1. Définition du diabète sucré

Le diabète sucré est une maladie métabolique chronique et progressive caractérisée par une hyperglycémie persistante, qui résulte soit d'un défaut de sécrétion d'insuline, soit d'une résistance des tissus à son action, soit des deux mécanismes combinés. Cette altération prolongée du métabolisme du glucose peut également affecter le métabolisme des lipides et des protéines, entraînant à long terme des complications cardiovasculaires, rénales et neurologiques **(Yameny, 2024).**

2. Critères de diagnostic du diabète sucré

Les critères diagnostiques du diabète sucré sont résumés dans le **tableau 04**. Le diabète peut être diagnostiqué par la démonstration d'une concentration élevée de glucose dans le plasma veineux ou d'une augmentation de l'hémoglobine glyquée HbA1c dans le sang **(ADA, 2024).**

Tableau 04: Critères de diagnostic du diabète sucré chez les individus **(ADA, 2024)**

Critère	Valeur seuil	Remarques
HbA1c (A1C)	≥ 6,5 % (≥ 48 mmol/mol)	Le test être doit réalisé en laboratoire avec une méthode certifiée NGSP et standardisée selon l'essai DCCT.
OU		
Glycémie plasmatique à jeun (FPG)	≥ 126 mg/dL (≥ 7,0 mmol/L)	Le jeûne est défini comme aucune prise calorique pendant au moins 8 heures.
OU		
Glycémie plasmatique 2 heures après une charge orale de glucose (2-h PG pendant OGTT)	≥ 200 mg/dL (≥11,1 mmol/L)	Test réalisé avec 75 g de glucose anhydre dissous dans l'eau (selon le protocole OMS)
OU		
Glycémie plasmatique aléatoire (Random plasma glucose)	≥ 200 mg/dL (≥11,1 mmol/L)	Uniquement en présence de symptômes classiques d'hyperglycémie (polyurie, polydipsie, perte de poids inexpliquée) ou d'une crise hyperglycémique.

FPG : glycémie plasmatique à jeun ; **2-h PG :** glycémie plasmatique mesurée 2 heures après une charge orale de glucose ; **OGTT :** test d'hyperglycémie provoquée par voie orale ; **NGSP :** Programme national de standardisation de l'hémoglobine glyquée ; **DCCT :** Étude sur le contrôle du diabète et ses complications.

Note :

En l'absence d'hyperglycémie évidente (symptômes classiques ou crise hyperglycémique), le diagnostic doit être confirmé par un deuxième test anormal (même test ou test différent), soit sur le même prélèvement, soit à un moment différent **(ADA, 2024)**

3. Classification du diabète

Selon l'American Diabetes Association, le diabète est généralement classé en plusieurs catégories cliniques, cette classification reposant principalement sur les mécanismes étiopathogéniques sous-jacents, ce qui permet de distinguer plusieurs types distincts **(ADA, 2025)**.

3.1. Le diabète de type 1

Le diabète de type 1 correspond à une destruction auto-immune des cellules β des îlots de Langerhans, conduisant à une déficience absolue en insuline. Cette forme peut apparaître à tout âge, mais elle est plus fréquente chez l'enfant et l'adulte jeune **(ADA, 2025).**

3.2. Le diabète de type 2

Le diabète de type 2, qui représente la majorité des cas, est caractérisé par une combinaison d'une résistance périphérique à l'insuline et d'un défaut progressif de sa sécrétion. Cette maladie est fortement influencée par des facteurs environnementaux et génétiques, notamment l'obésité et le mode de vie **(ADA, 2025).**

3.3. Le diabète gestationnel

Le diabète gestationnel est défini comme une hyperglycémie diagnostiquée pour la première fois au cours de la grossesse. Il est lié à une insulinorésistance induite par les hormones placentaires et peut persister ou réapparaître ultérieurement sous forme de diabète de type 2 **(ADA, 2025).**

3.4. Autres types

En outre, il existe des formes spécifiques de diabète, incluant les diabètes monogéniques, tels que le MODY, ainsi que les diabètes secondaires à des affections pancréatiques, endocriniennes ou à l'utilisation de certains médicaments **(ADA, 2025).**

Il convient de noter que cette classification n'est pas toujours stricte, certaines formes pouvant présenter des caractéristiques intermédiaires, ce qui reflète l'hétérogénéité physiopathologique du diabète **(ADA, 2025).**

4. Physiopathologie du diabète

La physiopathologie du diabète sucré repose sur des mécanismes métaboliques et endocriniens complexes qui entraînent une hyperglycémie persistante, c'est-à-dire une élévation chronique du taux de glucose dans le sang. Cette hyperglycémie résulte d'un déséquilibre entre la sécrétion d'insuline par les cellules β du pancréas et l'utilisation de cette hormone par les tissus cibles. Dans le diabète de type 1, une réaction auto-immune détruit progressivement les cellules β, ce qui provoque un déficit absolu d'insuline. Sans quantité suffisante d'insuline, le glucose ne peut pas entrer efficacement dans les cellules pour être utilisé comme source d'énergie, et il s'accumule dans la circulation sanguine. Dans le diabète de type 2 **(Figure 05),** la physiopathologie combine deux anomalies principales : une résistance des tissus à l'insuline (le foie, les muscles et les tissus adipeux ne répondent plus normalement à l'hormone) et une sécrétion d'insuline insuffisante par les cellules β pour compenser cette résistance. Cette combinaison conduit à une hyperglycémie chronique. L'hyperglycémie elle-même induit des altérations cellulaires et moléculaires, telles que la formation de produits glyqués avancés (AGEs) et le stress oxydatif, qui endommagent progressivement les cellules, les micro-vaisseaux et l'endothélium vasculaire. Ces perturbations expliquent pourquoi les complications du diabète touchent plusieurs organes, notamment les reins, les yeux, les nerfs et le système cardiovasculaire, par des mécanismes de dysfonction vasculaire et inflammation chronique **(Yameny, 2025)**.

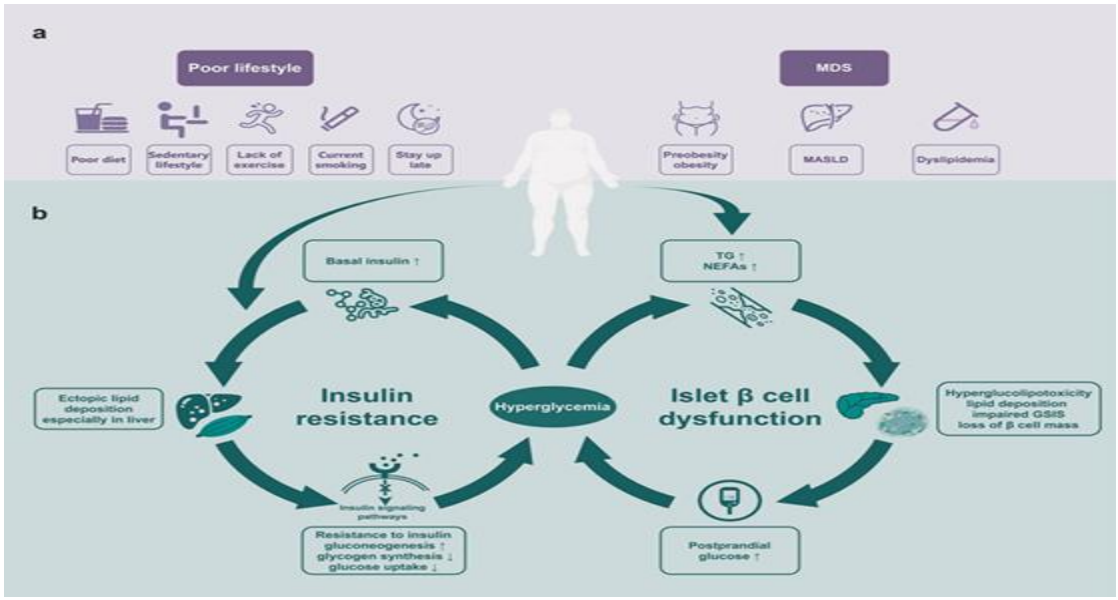


Figure 05: Le cycle vicieux de la physiopathologie du diabète de type 2 ***(*Lu *et al.*, 2024*)***

5. Complications du diabète

Les complications du diabète se divisent en deux catégories : les complications aiguës (à court terme) et les complications chroniques (à long terme).

5.1. Complications aiguës

Les principales complications aiguës sont l'acidocétose diabétique, le coma hyperosmolaire et l'hypoglycémie sévère.

L'acidocétose survient lors d'une hyperglycémie importante avec accumulation de corps cétoniques due à un déficit en insuline. Elle entraîne une déshydratation, des vomissements, des troubles respiratoires et de la conscience **(Brahima, 2024; Ferrat, 2024).**

Le coma hyperosmolaire se caractérise par une hyperglycémie très élevée et une forte déshydratation, sans acidose marquée, pouvant conduire à des troubles neurologiques graves **(Brahima, 2024)** .

L'hypoglycémie sévère constitue une urgence nécessitant une prise en charge rapide en raison de ses effets sur le cerveau **(Ferrat, 2024).**

5.2. Complications chroniques

Les complications chroniques comprennent les atteintes microangiopathiques et macrovasculaires **(Figure 06).**

Les complications microangiopathiques touchent les petits vaisseaux et incluent la rétinopathie (cause de cécité), la néphropathie (pouvant évoluer vers une insuffisance rénale) et la neuropathie (responsable de troubles sensitifs et autonomes) **(Brahima, 2024; Jefroykin, 2025).**

Les complications macrovasculaires concernent les gros vaisseaux et augmentent le risque d'athérosclérose, de maladies cardiovasculaires, d'accidents vasculaires cérébraux et d'artériopathie des membres inférieurs. Un diabète mal contrôlé augmente fortement le risque d'infarctus **(Ferrat , 2024; Zakir *et al.*, 2023).**

Ces complications représentent les principales causes de morbidité et de mortalité chez les patients diabétiques. Un bon contrôle glycémique est essentiel pour les prévenir et améliorer la qualité de vie **(Brahima, 2024; Jefroykin, 2025)** .

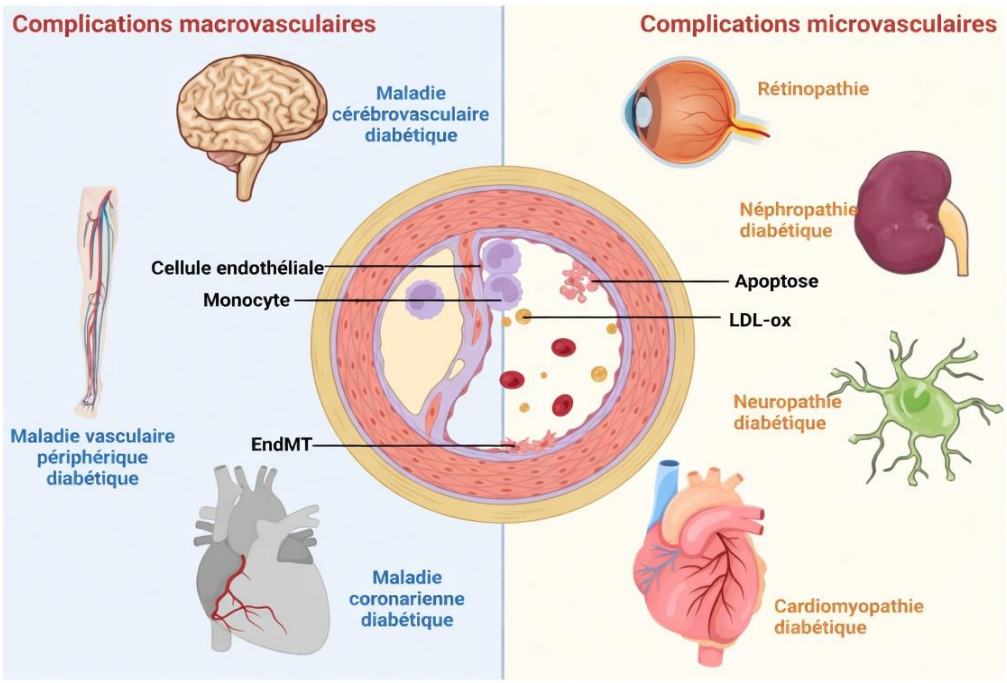


Figure 6: Complications macrovasculaires et microvasculaires du diabète **(Yang *et al.*, 2024)**

6. Traitements actuels du diabète

Le traitement actuel du diabète repose sur trois piliers principaux : le médicament, l'exercice et le régime alimentaire. Le traitement pharmacologique repose principalement sur les antidiabétiques oraux chez les patients diabétiques de type 2, et comprend les classes suivantes : les sulfonylurées (SU) qui stimulent la sécrétion d'insuline (ex: glimépiride), les biguanides qui inhibent la gluconéogenèse hépatique et améliorent la sensibilité à l'insuline (ex: metformine), les thiazolidinediones qui augmentent la sensibilité à l'insuline (ex: pioglitazone), les inhibiteurs de DPP-4 qui stimulent la sécrétion d'insuline et inhibent la sécrétion de glucagon (ex: sitagliptine), les inhibiteurs de SGLT2 qui inhibent la réabsorption du glucose au niveau rénal et favorisent son excrétion urinaire (ex: empagliflozine), et les agonistes des récepteurs GLP-1 qui favorisent la sécrétion postprandiale d'insuline et suppriment l'appétit, entraînant une perte de poids **(Figure 07**). L'insulinothérapie reste obligatoire dans le diabète de type 1 et est utilisée dans le diabète de type 2 en cas de non-réponse aux traitements oraux. Ces traitements innovants, en particulier les inhibiteurs de SGLT2 et les agonistes des récepteurs GLP-1, offrent des bénéfices supplémentaires en plus du contrôle glycémique, tels que la perte de poids et la protection cardiovasculaire **(Nishida & Watada, 2024)**.

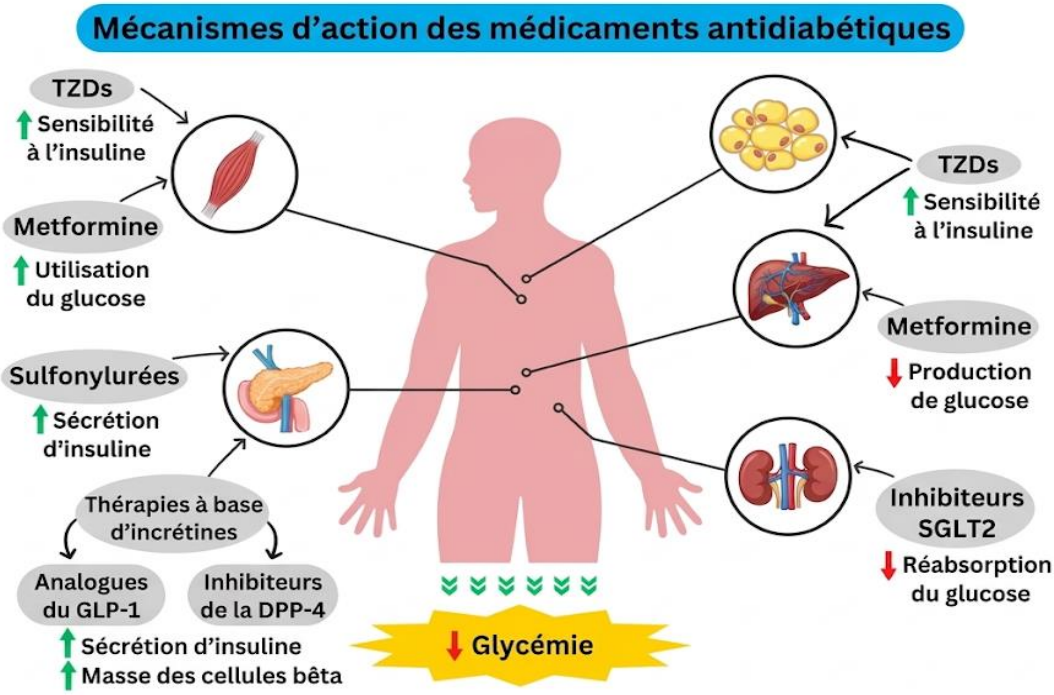


Figure 07: Mécanismes d'action des antidiabétiques actuellement disponibles **(Mahmoud *et al.*, 2024)**

7. Place des plantes médicinales dans le traitement du diabète

Les plantes médicinales occupent une place importante dans la prise en charge du diabète. Elles sont généralement considérées comme accessibles, moins coûteuses et associées à peu d'effets secondaires par rapport aux médicaments synthétiques. D'ailleurs, plusieurs traitements modernes sont issus, directement ou indirectement, de substances végétales. Ces plantes constituent une source riche en composés bioactifs, tels que les flavonoïdes, les terpénoïdes, les saponines, les alcaloïdes et les glycosides, qui sont à l'origine de leurs effets thérapeutiques **(Mahmoud *et al.*, 2024)**.

À l'échelle mondiale, les préparations à base de plantes sont largement utilisées comme alternative dans le traitement du diabète. Elles contribuent au contrôle de la glycémie en agissant par différents mécanismes, notamment l'amélioration de la sécrétion d'insuline, l'augmentation de la sensibilité des tissus à celle-ci, la stimulation de l'absorption du glucose par les cellules, ainsi que la réduction de son absorption intestinale et de sa production hépatique. Enfin, certaines plantes médicinales utilisées dans ce contexte ont fait l'objet d'essais cliniques, mettant en évidence leur intérêt potentiel dans la gestion du diabète **(Mahmoud *et al.*, 2024)**.

8. Modèles *in vitro* pour évaluer l'activité antidiabétique

8.1. Effet inhibiteur de l'α-amylase

L'α-amylase est une enzyme importante dans la digestion des glucides, car elle participe à la dégradation des polysaccharides. Elle est principalement présente dans la salive et le suc pancréatique. L'inhibition de cette enzyme est considérée comme une approche efficace pour limiter l'augmentation de la glycémie après les repas et prévenir l'hyperglycémie postprandiale **(Mechchate *et al.*, 2021)**.

8.2. Effet inhibiteur de l'α-glucosidase

L'α-glucosidase est une enzyme digestive située au niveau de la bordure en brosse de l'intestin grêle. Elle joue un rôle essentiel dans la transformation des glucides complexes en sucres simples absorbables. Son inhibition permet de retarder l'absorption du glucose, de réduire l'élévation de la glycémie postprandiale et ainsi de contribuer au contrôle de la progression du diabète **(Mechchate *et al.*, 2021)**.

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

Objectif

Ce travail a été réalisé au laboratoire de recherche « Antibiotiques, Antifongiques, Physico-chimie, Synthèse et Activités Biologiques (LAPSAB) », au sein de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, des Sciences de la Terre et de l'Univers de l'Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen.

Il a porté sur l'étude phytochimique, le dosage des composés phénoliques ainsi que l'évaluation de l'activité antidiabétique des extraits obtenus à partir des parties aériennes de *Rosmarinus officinalis L.*

1. Matériel végétal et préparations

Notre étude a porté sur la partie aérienne (feuille, tiges) de l'espèce *Rosmarinus officinalis* L . **(Figure 08)** récoltées à la fin du mois de décembre 2025 au niveau de la région de Beni Snous située dans la wilaya de Tlemcen. Après la récolte, le matériel végétal a été soumis à un séchage naturel pendant trois semaines dans un endroit sec, aéré et strictement à l'abri de la lumière. Une fois séchée, la plante a été soigneusement conservé dans des flacons en verre, puis entreposée à l'obscurité afin de préserver l'intégrité de ses principes actifs.



Figure 08: La partie aérienne (feuilles, tiges) séchées de *Rosmarinus officinalis* L. (photo personnelle)

2. Préparation des extraits

Afin de réaliser notre étude expérimentale, la partie aérienne de romarin ont été utilisées pour la préparation de deux types d'extraits. Cette étape repose sur l'utilisation de solvants de polarités différentes pour l'extraction des composés bioactifs à partir de la matière végétale.

2.1. Extrait brut hydro-éthanolique

L'extrait brut hydro-éthanolique a été préparé à partir des feuilles de *Rosmarinus officinalis L* par une extraction solide-liquide selon la méthode suivante :

2.1.1. Macération

• 20 g de la matière végétal séchée ont été pesés et mis en contact avec 200 mL d'un mélange hydro-éthanolique (eau/éthanol, 30/70 v/v).

• La macération a été effectuée à température ambiante et à l'abri de la lumière pendant une durée de 48 heures.

• Le mélange obtenu a ensuite été soumis à une triple filtration successive sur papier filtre afin d'éliminer les résidus solides et d'obtenir un filtrat limpide.

• Le filtrat a été répartie dans des boîtes de Petri puis placée dans une étuve réglée à 37°C pour permettre l'évaporation du solvant et l'obtention de l'extrait sec.

2.2. Fractionnement de l'extrait hydro-éthanolique

Un deuxième extrait brut a été préparé selon le protocole précédent, puis, il a été fractionné par une extraction liquide-liquide en utilisant une ampoule à décanter.

2.2.1. Fractionnement de la phase aqueuse

La phase aqueuse a été fractionnée par l'acétate d'éthyle (v/v) à trois fois successives à l'aide d'une ampoule à décanter. Par la suite, nous avons évaporé la phase organique à l'aide d'un rotavapor, tandis que la phase aqueuse restante a été conservée à l'abri de la lumière dans un flacon en verre.

2.3. Extraits récupérés

A la fin, deux extraits ont été récupérés pour effectuer les analyses phytochimiques et biologiques :

- Extrait brut hydro-éthanolique (EHE)
- Fraction acétate d'éthyle de l'extrait hydro-éthanolique (FAE)

2.4. Le rendement d'extraction

Le rendement R est le rapport entre la masse de l'extrait sec obtenu M1 et la masse du matériel végétale utilisé M0, exprimée en pourcentage. Nous avons calculé le rendement de chaque extrait, selon la formule suivante :

$$\mathbf{R\ (\%) = (M1/MO) \times 100}$$

R (%) : rendement exprimé en pourcentage.

M1 : masse en gramme « g » de l'extrait sec obtenu.

M0 : masse en gramme « g » du matériel végétal.

3. Tests phytochimiques

Pour mettre en évidence la présence ou l'absence des composés spécifiques appartenant aux différentes familles de métabolites secondaires dans nos extraits, nous avons réalisé des analyses qualitatives basées sur des réactions de coloration ou de précipitation. Ces analyses ont été effectuées selon les méthodes et protocoles décrits par **Bruneton (1999) et Harborne (1998).**

3.1. Les composés azotés

3.1.1. Les alcaloïdes

Dans deux tubes à hémolyse, introduire 0,5 ml de l'extrait à analyser. Acidifier le milieu par quelques gouttes d'acide chlorhydrique (1%) et ajouter 0,5 ml de réactif de Mayer dans le premier tube et 0,5 ml de réactif de Wagner dans le second tube. L'apparition d'un précipité blanc ou brun, respectivement, révèle la présence d'alcaloïdes.

3.2. Les composés phénoliques

3.2.1. Les tanins

Dans un tube à hémolyse, introduire 1 ml d'extrait à analyser et ajouter 0,25 ml d'une solution aqueuse de chlorure de fer (1%). Le mélange est incubé pendant 15 min à température ambiante. La présence des tanins est indiquée par une coloration verdâtre ou bleu noirâtre.

3.2.2. Les flavonoïdes

Dans un tube à hémolyse, introduire 1 ml d'extrait à analyser et ajouter 1 ml de d'acide chlorhydrique concentré et quelques copeaux de magnésium. L'apparition d'une coloration rose ou rouge ou jaune démontre la présence des flavonoïdes.

3.2.3. Les quinones libres

Dans un tube à hémolyse, introduire 1 ml d'extrait à analyser et ajouter 0,1 ml d'hydroxyde de sodium (1%). L'apparition d'une couleur qui vire au jaune, rouge ou violet indique la présence des quinones libres.

3.2.4. Anthraquinones

Dans un tube à hémolyse, introduire 1 ml d'extrait à analyser et ajouter 1ml d'ammoniaque (10 %), puis agiter. L'apparition d'une coloration violette indique la présence des anthraquinones.

3.2.5. Les coumarines : Fluorescence UV

Dans deux tubes à hémolyse, introduire 1 ml de l'extrait à analyser, prendre le premier comme témoin et ajouter à l'autre 0,1 ml d'ammoniaque (10 %). Mettre deux taches sur un papier filtre et examiner sous la lumière UV à 366 nm. Une fluorescence intense indique la présence des coumarines.

3.2.6. Les saponines : Test de mousse

Dans un tube à essai, introduire 10 ml de l'extrait à analyser, agiter pendant 15 secondes et laisser le mélange au repos pendant 15 min. Une hauteur persistante supérieure à 1 cm de mousse indique la présence de saponines.

3.3. Les composés terpéniques

3.3.1. Test de Slakowski

Dans un tube à hémolyse, introduire 1 ml de l'extrait à analyser, ajouter 0,4 ml de chloroforme et 0,6 ml d'acide sulfurique concentré. La formation de deux phases et un couleur marron à l'interphase indique la présence des terpénoïdes.

3.3.2. Test de Liebrman-Burchard

Dans un tube à hémolyse, introduire 1 ml d'extrait à analyser et ajouter 0,1 ml d'anhydride acétique et 0,1 ml d'acide sulfurique. Le mélange est incubé pendant 15 min. l'apparition d'une couleur mauve ou violet indique la présence de terpénoïdes.

3.4. Les composés réducteurs

Dans un tube à hémolyse, ajouter 1 ml de liqueur de Fehling (0,5 ml réactif A et 0,5 ml réactif B) à 1 ml d'extrait à analyser et incuber l'ensemble 08 min dans un bain marie bouillant. L'apparition d'un précipité rouge brique indique la présence des composés réducteurs.

4. Dosage des composés phénoliques

4.1.Dosage des polyphénols totaux

La teneur en polyphénols totaux des extraits a été déterminée selon la méthode de **Vermerius et Nicholson (2006),** basée sur le réactif de Folin-Ciocalteu. Le principe de cette méthode repose sur l'oxydation des composés phénoliques présents dans l'extrait, entraînant la réduction du réactif de Folin-Ciocalteu, constitué d'un mélange d'acides phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$), en oxydes bleus de tungstène et de molybdène. L'intensité de la coloration obtenue est proportionnelle à la concentration en polyphénols.

Dans des tubes à essai, 100 µL d'extrait à la concentration de 0,5 mg/mL ont été mélangés avec 2 mL d'une solution de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à 2 %. Parallèlement, une solution standard d'acide gallique à 1 mg/mL a été préparée et traitée dans les mêmes conditions.

Après agitation, les mélanges ont été incubés pendant 5 minutes à température ambiante, puis 100 µL du réactif de Folin-Ciocalteu (1 N) ont été ajoutés. Les tubes ont ensuite été maintenus à l'obscurité pendant 30 minutes afin de permettre le développement de la coloration.

L'absorbance a été mesurée à 700 nm contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre.

Une courbe d'étalonnage a été établie à partir de l'acide gallique, et les résultats ont été exprimés en microgrammes équivalents d'acide gallique par milligramme d'extrait (µg EAG/mg E).

4.2. Dosage des flavonoïdes totaux

La teneur en flavonoïdes totaux a été déterminée selon la méthode colorimétrique de **Zhishen *et al.* (1999),** basée sur la formation d'un complexe coloré entre les flavonoïdes et le chlorure d'aluminium en milieu alcalin.

Dans des tubes à essai, 250 µL d'extrait à la concentration de 0,5 mg/mL ont été mélangés avec 1 mL d'eau distillée et 75 µL d'une solution de nitrite de sodium ($NaNO_2$) à 15 %. Après une incubation de 6 minutes à température ambiante, 75 µL d'une solution de chlorure d'aluminium ($AlCl_3$) à 10 % ont été ajoutés, suivis d'une seconde incubation de 6 minutes.

Ensuite, 1 mL d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 4 % a été ajouté, puis le volume final a été ajusté à 2,5 mL avec de l'eau distillée. Après agitation, les mélanges ont été incubés pendant 15 minutes à température ambiante et à l'abri de la lumière.

L'absorbance a été mesurée à 510 nm contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre.

Une courbe d'étalonnage a été établie en utilisant la catéchine comme standard à une concentration initiale de 1 mg/mL, préparée dans les mêmes conditions expérimentales. Les résultats ont été exprimés en microgrammes équivalents de catéchine par milligramme d'extrait (µg EC/mg E).

5. Protocole de l'évaluation de l'activité anti-diabétique *in vitro* (Inhibition de l'α-amylase)

L'activité inhibitrice de l'enzyme α-amylase par l'extrait de *Rosmarinus officinalis* a été déterminée selon la méthode au DNSA (acide 3,5-dinitrosalicylique), en suivant les étapes ci-dessous :

5.1.Préparation des solutions

5.1.1. Préparation de la solution tampon phosphate (0,02 M ; pH 6,9)

La solution tampon phosphate a été préparée à partir de deux solutions mères : la solution A (forme monobasique) contenant 3,11 mg/mL de phosphate de sodium monobasique ($NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$) et la solution B (forme dibasique) contenant 2,83 mg/mL de phosphate de sodium dibasique (Na_2HPO_4), préparées dans l'eau distillée.

Les solutions A et B ont ensuite été mélangées afin d'obtenir une solution tampon phosphate de concentration finale 0,02 M. Le pH du mélange a été ajusté à 6,9, puis du chlorure de sodium (NaCl) a été ajouté pour atteindre une concentration finale de 6,7 mM.

5.1.2. Préparation de la solution d'amidon soluble (substrat)

La solution d'amidon soluble a été préparée à une concentration de 1% dans le tampon phosphate (0,02 M ; pH 6,9). L'amidon a d'abord été dissous dans le tampon, puis la solution a été placée sur une plaque chauffante agitatrice jusqu'à atteindre 60 °C, sous agitation continue.

La préparation a ensuite été maintenue à cette température pendant environ 15 minutes afin d'assurer une dissolution complète de l'amidon. Enfin, la solution a été conservée sous agitation jusqu'à son utilisation afin de garantir son homogénéité.

5.1.3. Réactif de l'acide 3,5-dinitrosalicylique DNSA

a. Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH, 2 M)

La solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) a été préparée à une concentration de 2 M dans de l'eau distillée. La dissolution a été réalisée sous agitation jusqu'à obtention d'une solution homogène.

b. Solution d'acide 3,5-dinitrosalicylique (DNSA)

La solution d'acide 3,5-dinitrosalicylique (DNSA) est préparée à une concentration de 96 mM dans de l'eau distillée. Le DNSA est dissous sous agitation continue, avec chauffage sur une plaque chauffante agitatrice jusqu'à dissolution complète.

c. Réactif DNSA

Le réactif DNSA est préparé en dissolvant l'acide 3,5-dinitrosalicylique dans de l'eau distillée sous agitation sur une plaque chauffante agitatrice. Ensuite, 30 g de tartrate de sodium et de potassium sont ajoutés progressivement jusqu'à saturation, sous agitation continue et chauffage. Puis, 20 mL de solution de NaOH sont ajoutés progressivement, ce qui entraîne l'apparition d'une coloration orange. Enfin, le volume est complété à 100 mL avec de l'eau distillée. Le réactif obtenu est conservé à +4 °C, à l'abri de la lumière, et reste stable pendant environ 6 mois.

5.1.4. Solution échantillon d' α-amylase

L'enzyme α-amylase d'origine porcine (E.C. 3.2.1.1 ; Sigma-Aldrich, A3176) a été utilisée dans cette étude. Fournie sous forme lyophilisée, elle présente un poids moléculaire de 13 000 Da et une activité spécifique de 13 UI/mg. En raison de sa forte similitude structurale et cinétique avec l'α-amylase humaine, cette enzyme constitue un modèle expérimental approprié pour les études d'inhibition enzymatique. La solution enzymatique a été préparée le jour même de l'expérimentation par dissolution de l'enzyme dans un tampon phosphate 0,02 M à pH 6,9, puis maintenue à 25 °C jusqu'à son utilisation dans les essais enzymatiques.

5.1.5. Solution d'extrais

Les solutions mères des extraits hydro-éthanolique (40 mg /mL) et la fraction d'acétate d'éthyle (20 mg/ mL) de *Rosmarinus officinalis* sont dissous dans la solution tampon phosphate. Les concentrations testées ont été obtenues par des dilutions au ½ à partir des solutions mères.

5.1.6. Solution d'acarbose

L'acarbose (LARIMEL®50) est un pseudo-tétrasaccharide d'origine microbienne. Il est utilisé dans cette étude comme contrôle positif (molécule de référence) afin de comparer son activité inhibitrice de l'α-amylase à celle des extraits végétaux. L'acarbose est dissous dans la solution tampon phosphate, et une série de solutions de concentrations décroissantes a été préparée, allant de 1 à 0,0625 mg/mL.

5.2. Préparation des tubes (Mélange réactionnel)

Dans une série de tubes à essai, le mélange a été préparé comme suit :

a. Tubes Essais / Standard : 200 µl de l'extrait (à différentes concentrations) ou de l'Acarbose (témoin positif) ont été mélangés avec 200 µl de la solution enzymatique (α-amylase).

b. Tubes Blancs (Blancs échantillons) : Pour corriger l'interférence de la couleur naturelle de l'extrait, des tubes "Blanc" ont été préparés en remplaçant l'enzyme par 200 µl de tampon .

c. Tubes Contrôle : 200 µl de tampon + 200 µl de la solution enzymatique (représentent l'activité totale de l'enzyme sans inhibiteur).

d. Tube Blanc Contrôle : 400 µl de tampon (pour calibrer le spectrophotomètre).

5.3. Procédure de l'expérimentation (Étapes de la réaction)

Le protocole suit un enchaînement rigoureux de température et de temps :

a. Pré-incubation : Après agitation, tous les tubes sont incubés à 37°C pendant 10 minutes pour permettre l'interaction entre l'inhibiteur (extrait) et l'enzyme.

b. Réaction enzymatique : Un volume de 200 µl de la solution d'amidon (substrat) est ajouté à tous les tubes. Après agitation, le mélange est incubé à nouveau à 37°C pendant 15 minutes.

c. Révélation de la réaction : Après l'incubation, 200 µL de réactif DNSA sont ajoutés à chaque tube. Ce réactif réagit avec les sucres réducteurs libérés lors de l'hydrolyse de l'amidon par l'α-amylase.

d. Développement de la coloration : Les tubes sont ensuite placés dans un bain-marie bouillant (100 °C) pendant 10 minutes. Sous l'effet de la chaleur, le DNSA est réduit en acide 3-amino-5-nitrosalicylique (ANS), produisant une coloration rouge-orangé dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de sucres réducteurs formés.

e. Choc thermique et dilution : Pour stabiliser la couleur, les tubes subissent un choc thermique dans de l'eau très froide, puis on ajoute 1 ml d'eau distillée dans chaque tube pour diluer le mélange avant la lecture.

f. Lecture de l'absorbance

La densité optique (DO) est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 540 nm.

Le pouvoir inhibiteur de l'α-amylase est exprimé en pourcentage d'inhibition, calculé selon la formule suivante :

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{AC - AE}{AC} \times 100$$

AC : Absorbance du contrôle négative.

AE : Absorbance de l'échantillon.

Résultats et discussion

1. Caractéristiques des extraits obtenus

L'extraction a été réalisée à partir de la partie aérienne de *Rosmarinus officinalis* L. par macération dans un mélange hydro-éthanolique (eau/éthanol, 30/70) pendant 48 heures. Ensuite, un fractionnement avec l'acétate d'éthyle a permis d'obtenir deux extraits distincts : l'extrait hydro-éthanolique brut (EHE) et la fraction acétate d'éthyle (FAE).

Les caractéristiques ainsi que le rendement des différents extraits obtenus à partir de *Rosmarinus officinalis* L. sont présentés dans le **tableau 05** ci-dessous.

Tableau 05 : Rendement et caractéristiques des extraits de *Rosmarinus officinalis* L .

Extraits	Rendement (%)	Couleur	Aspect	Solubilisation
Hydro-éthanolique	12,39 %	Vert intense	Poudre	DMSO
Fraction acetate d'éthyle	3,08 %	Vert olive	Poudre	DMSO

Les résultats montrent que l'extrait hydro-éthanolique a présenté le rendement le plus élevé (12,39 %) avec une couleur vert intense, contrairement à la fraction acétate d'éthyle qui a donné un rendement plus faible (3,08 %) et une couleur vert olive. Les deux extraits avaient un aspect poudreux et sont solubles dans le DMSO.

Des résultats proches ont été rapportés par **Musolino *et al.*, (2023)**, qui ont obtenu un rendement de 13,1 % à partir des parties aériennes de *Rosmarinus officinalis* par macération avec un mélange hydroalcoolique éthanol/eau (75:25). En revanche, **Francolino *et al.*, (2023)** ont enregistré des rendements plus faibles (7 % pour le romarin sauvage et 10 % pour le romarin cultivé) en utilisant les parties aériennes de la plante et un extrait hydroalcoolique à base d'éthanol 70 % obtenu par macération. Concernant la fraction à l'acétate d'éthyle, **Esati *et al.*, (2024)** ont rapporté un rendement plus élevé de 15,3 % à partir des feuilles *de Rosmarin us officinalis* extraites à l'éthanol 96 %, suivi d'un fractionnement liquide-liquide par n-hexane et acétate d'éthyle.

Le rendement d'extraction ainsi que la composition des extraits sont fortement influencés par plusieurs paramètres, notamment la nature et la concentration du solvant, la méthode d'extraction

utilisée, les caractéristiques du matériel végétal (origine géographique, saison de récolte, conditions de séchage), la taille des particules, le rapport plante/solvant, la température, la durée d'extraction ainsi que le nombre de cycles d'extraction.

2. Tests phytochimiques

Les analyses phytochimiques qualitatives effectuées sur les extraits hydro-éthanoliques ainsi que sur la fraction d'acétate d'éthyle de *Rosmarinus officinalis L* ont mis en évidence la présence ou l'absence de divers métabolites secondaires présentés dans le **tableau 06** ci-dessous.

Tableau 06 : Résultats des tests phytochimiques qualitatifs des extraits de *Rosmarinus officinalis* L.

Tests phytochimiques		**Observation**	
Composés chimiques	**Réactifs**	**Extrait hydro-éthanolique**	**Fraction acétate d'éthyle**
Alcaloïdes	Mayer	+	-
	Wagner	+	+
Tanins	$FeCl_3$	+	+
Flavonoïdes	$HCl + Mg^{2+}$	-	-
Quinones libres	NaOH	-	-
Anthraquinones	NH_4OH	-	-
Coumarines	UV à 366 nm	+	+
Terpénoïdes	Test de Slakowski	+	+
	T. Lieberman Burchard	-	-
Composés réducteurs	Liqueur de Fehling	+	+
Saponines	Test de mousse	-	-

D'après les résultats des tests phytochimiques effectués sur les extraits préparés de *Rosmarinus officinalis* L., nous avons noté la présence des alcaloïdes (test de Wagner), des tanins, des coumarines, des terpénoïdes (test de Salkowski), ainsi que des composés réducteurs. De plus, la présence des alcaloïdes (test de Mayer) a également été mise en évidence pour l'extrait brut.

Par contre, les essais réalisés sur les flavonoïdes, les quinones libres, les anthraquinones, les terpénoïdes (test de Liebermann-Burchard) et les saponines ont donné des résultats négatifs pour les deux extraits, ce qui indique leur absence totale.

Elsherif *et al.*, (2023), à partir d'extraits de feuilles de *Rosmarinus officinalis* L. obtenus par macération pendant 72 h avec l'eau, l'éthanol, l'acétate d'éthyle et le chloroforme, ont mis en évidence la présence des coumarines, des flavonoïdes, des alcaloïdes, des tanins et des saponines.

Benattouche *et al.*, (2024), utilisant un extrait hydroalcoolique (éthanol 70 %) des parties aériennes obtenu par macération, ont rapporté la présence des alcaloïdes, des flavonoïdes, des quinones, des saponines, des composés réducteurs, des tanins et des terpénoïdes.

Al-Tayawi *et al.*, (2024), dans un extrait de feuilles obtenu par macération à l'éthanol absolu pendant 24 h, ont identifié des alcaloïdes, des terpénoïdes, des tanins, des coumarines et des flavonoïdes, tandis que les saponines étaient absentes.

Nsanzamahoro *et al.*, (2024), à partir d'extraits de feuilles obtenus par macération au méthanol, au n-hexane et à l'acétate d'éthyle, ont signalé la présence des anthraquinones, des alcaloïdes, des terpénoïdes, des flavonoïdes, des saponines, des composés réducteurs, des coumarines et des quinones, avec absence des tanins.

Atiya *et al.*, (2024), utilisant un extrait de feuilles obtenu par macération au méthanol à 80 %, ont rapporté la présence des alcaloïdes, des flavonoïdes, des tanins et des saponines.

Les différences observées dans les résultats phytochimiques peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs, notamment la méthode d'extraction, la concentration du solvant, ainsi que l'origine et les conditions de récolte et de séchage de la plante. De plus, les variations de concentration en métabolites secondaires peuvent influencer les résultats des tests qualitatifs entre les différentes études.

3. Dosage des composés phénoliques

Les composés phénoliques de l'extrait hydro-éthanolique ainsi que de la fraction à l'acétate d'éthyle issus de la partie aérienne de *Rosmarinus officinalis* L. ont été quantifiés par des méthodes spectrophotométriques.

3.1 Dosage des polyphénols totaux

La teneur en polyphénols totaux a été déterminée par la méthode de Folin-Ciocalteu à partir de l'équation de régression linéaire de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique ($y = 0{,}0012x - 0{,}0251$; $R^2 = 0{,}9623$). Les résultats ont été exprimés en microgrammes équivalents d'acide gallique par milligramme d'extrait (µg Eq AG/mg E) **(Figure 09).**

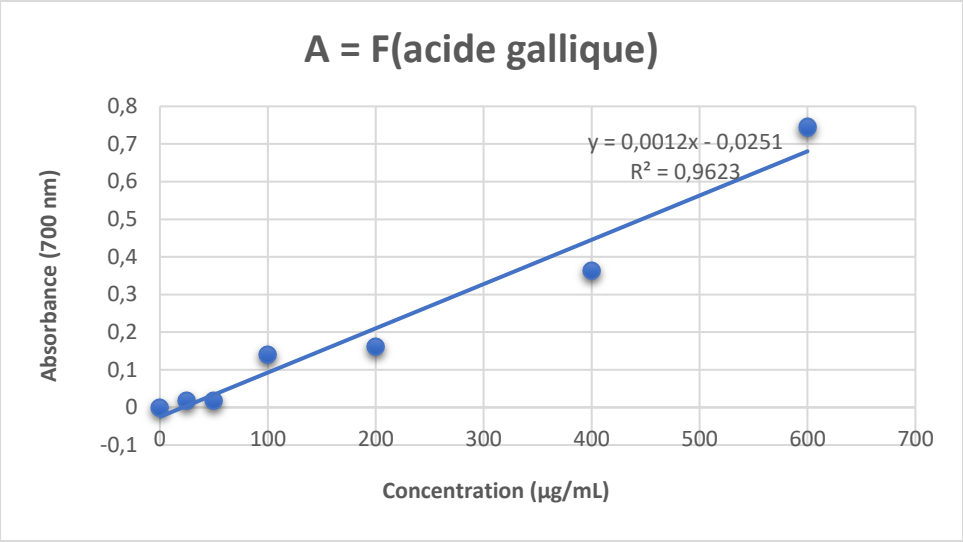


Figure 09: Courbe d'étalonnage d'acide gallique

Les résultats obtenus indiquent que la teneur en polyphénols totaux de la fraction à l'acétate d'éthyle (939,33 ± 0,184 µg Eq AG/mg d'extrait) est supérieure à celle de l'extrait hydro-éthanolique, qui est de (613 ± 0,022 µg Eq AG/mg d'extrait).

Dans l'étude de **Musolino *et al.*, (2023)**, réalisée sur les parties aériennes de *Rosmarinus officinalis* L., un extrait hydroalcoolique (éthanol/eau 75:25) obtenu par macération suivie d'ultrasonication a montré une teneur de 255,6 ± 10,98 mg EAG/g dans l'extrait enrichi en polyphénols, valeur inférieure à celle obtenue dans notre étude.

Concernant **Francolino *et al.*, (2023)**, des extraits issus des parties aériennes de romarin sauvage et cultivé, préparés par macération dans l'éthanol 70 %, ont révélé des teneurs de 129,36 ± 9,23 mg EAG/g et 175,64 ± 42,61 mg GAE/g respectivement, restant inférieures à nos résultats.

Lamponi *et al.*, (2021), à partir de feuilles de *Rosmarinus officinalis* L.extraites par macération hydroalcoolique (éthanol/eau ~70 %), rapportent une teneur de 95,8 ± 1,1 mg EAG/g d'extrait sec, nettement plus faible par rapport à notre étude.

Pour **Sahlabgi *et al.*, (2025)**, des parties aériennes extraites par macération dans un mélange hydroalcoolique à 70 % d'éthanol mettent en évidence une teneur de 21,55 mg EAG/g de matière fraîche, largement inférieure aux résultats obtenus dans notre travail.

3.2 Dosage des flavonoïdes totaux

La teneur en flavonoïdes totaux a été déterminée par la méthode colorimétrique au chlorure d'aluminium ($AlCl_3$) en milieu alcalin, en utilisant la catéchine comme standard de référence ($y = 0,0028x + 0,0398$; $R^2 = 0,9851$). Les résultats ont été exprimés en microgrammes équivalents catéchine par milligramme d'extrait (µg Eq C/mg E) **(Figure 10).**

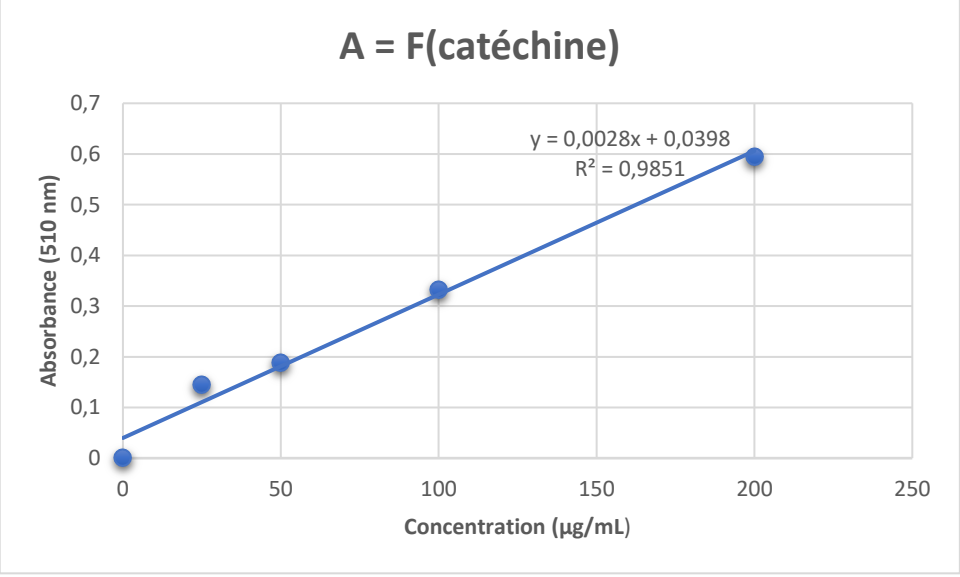


Figure 10 : Courbe d'étalonnage de la catéchine

Les résultats du dosage des flavonoïdes totaux indiquent que la fraction à l'acétate d'éthyle est plus riche en flavonoïdes (227,43 ± 0,09 µg Eq C/mg d'extrait) comparativement à l'extrait hydro-éthanolique, qui contient 175,79 ± 0,05 µg Eq C/mg d'extrait.

Dans l'étude de **Musolino *et al.*, (2023)**, réalisée sur les parties aériennes de *Rosmarinus officinalis* L., un extrait hydroalcoolique (éthanol/eau 75:25) obtenu par macération suivie d'ultrasonication a montré une teneur en flavonoïdes de 1065 ± 18,83 mg ER/g dans un extrait enrichi en polyphénols. Malgré cette valeur élevée liée au processus d'enrichissement, nos résultats restent pertinents pour un extrait brut et une fraction non enrichie.

Francolino *et al.*, (2023), utilisant des extraits hydroalcooliques des parties aériennes de romarin sauvage et cultivé obtenus par macération dans l'éthanol 70 %, ont rapporté des teneurs en flavonoïdes de 61,67 ± 2,33 mg EQ/g et 49,47 ± 6,35 mg EQ/g respectivement, des valeurs inférieures à celles obtenues dans notre étude.

Selon **Lamponi *et al.*, (2021)**, les feuilles de *Rosmarinus officinalis* L. extraites par macération hydroalcoolique (éthanol/eau ~70 %) présentent une teneur en flavonoïdes totaux de 6,5 ± 0,7 mg/g d'extrait (équivalents hypéroside), nettement plus faible que nos résultats.

Dans l'étude **Esati *et al.*, (2024)**, la fraction à l'acétate d'éthyle issue des feuilles de *Rosmarinus officinalis* L., obtenue après extraction éthanolique et fractionnement liquide-liquide, a présenté une teneur en flavonoïdes totaux de 474,37 ± 19,48 mg EQ/g d'extrait, supérieure à celle de notre étude, tout en confirmant la richesse de cette fraction en composés flavonoïdiques.

- Les différences observées entre nos résultats et ceux des études précédentes peuvent être attribuées à plusieurs facteurs, notamment le type de solvant utilisé et la méthode d'extraction, puisque l'utilisation de l'acétate d'éthyle associée à la technique de fractionnement permet de mieux cibler et concentrer les composés actifs. De plus, les conditions environnementales de la plante, telles que le climat, la nature du sol et la période de récolte, influencent fortement la teneur en polyphénols et en flavonoïdes. Enfin, certains paramètres méthodologiques, comme le mode de

séchage de la plante ainsi que le type de standard utilisé pour le dosage, notamment l'acide gallique ou la catéchine, peuvent également entraîner des variations dans les valeurs finales obtenues.

4. Étude de l'activité antidiabétique des extraits de *Rosmarinus officinalis* L

4.1 Résultats de l'effet inhibiteur des extraits sur l'α-amylase

L'activité antidiabétique *in vitro* de l'extrait hydro-éthanolique (EHE) **(Figure 12)** et de la fraction acétate d'éthyle (FAE) **(Figure 13)** de la partie aérienne de *Rosmarinus officinalis* L. a été évaluée à travers leur capacité à inhiber l'activité de l'enzyme α-amylase. L'Acarbose a servi de témoin positif **(Figure 11)**. Les pourcentages d'inhibition obtenus aux différentes concentrations testées ont permis de tracer les courbes logarithmiques correspondantes et de déterminer les valeurs de CI_{50} , présentées dans le **tableau 07**.

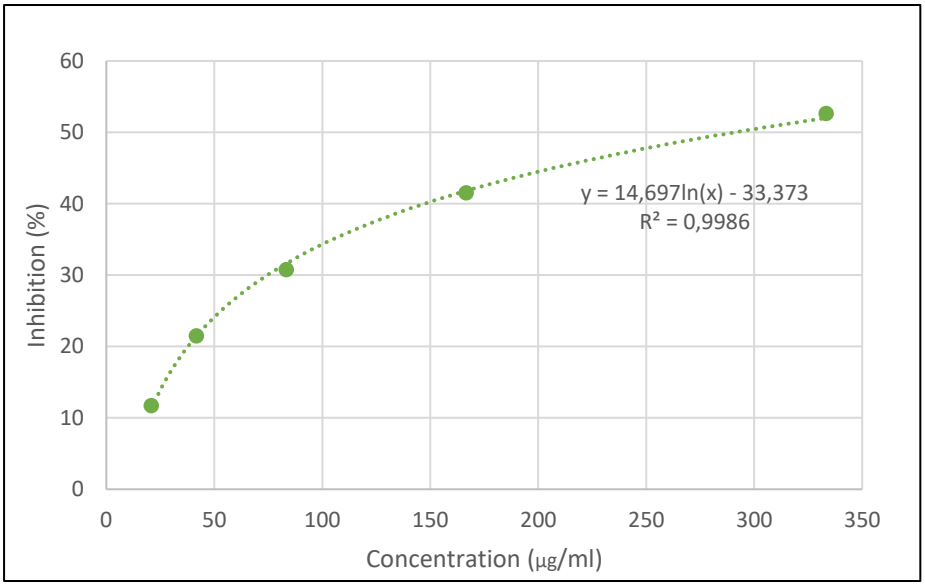


Figure 11: Pourcentage d'inhibition du l' α-amylase en fonction des différentes concentrations de l'Acarbose.

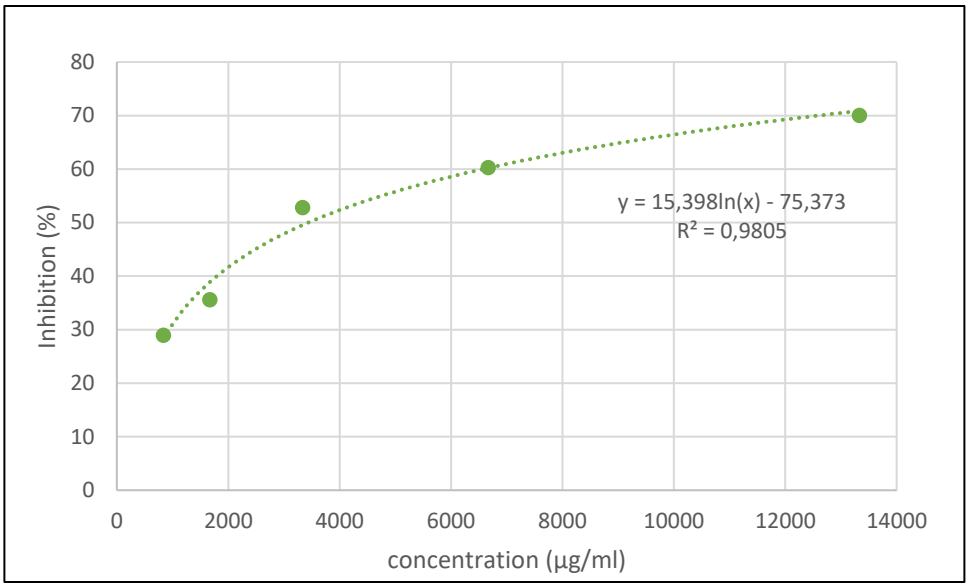


Figure 12: Pourcentage d'inhibition de l' α-amylase en fonction des différentes concentrations de l'extrait hydro-éthanolique (EHE)

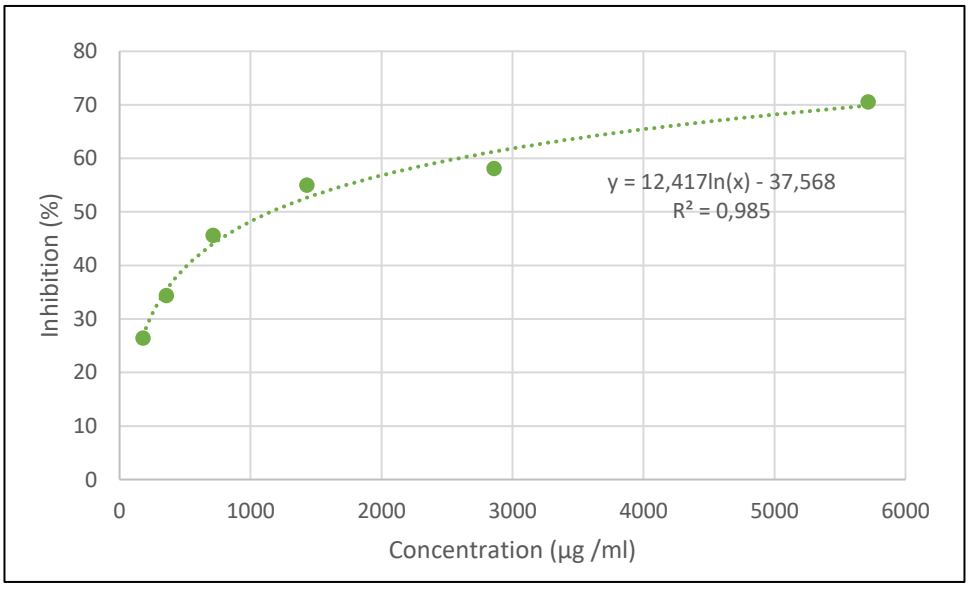


Figure 13: Pourcentage d'inhibition de l' α-amylase en fonction des différentes concentrations de la fraction acétate d'éthyle (FAE)

Tableau 07 : Valeurs des CI_{50} des extraits de *Rosmarinus officinalis* L. et de l'Acarbose

		CI_{50} (µg /ml)
Extraits	EHE	3435,8 ± 0,18
	FAE	1155,42 ± 0,08
Standard	Acarbose	290,84 ± 0,01

EHE : Extrait hydro-éthanolique ; **FAE :** Fraction acétate d'éthyle

Les résultats de l'activité antidiabétique ont montré que l'Acarbose, utilisée comme contrôle positif, présente la meilleure activité inhibitrice avec une valeur de CI_{50} de 290,84 ± 0,01 µg/mL. De plus, la fraction acétate d'éthyle (FAE) a révélé une activité inhibitrice plus importante que l'extrait hydro-éthanolique (EHE), avec des valeurs de CI_{50} respectives de 1155,42 ± 0,08 µg/mL et 3435,8 ± 0,18 µg/mL. Cette différence indique un enrichissement de la fraction acétate d'éthyle en composés bioactifs capables d'inhiber l'enzyme étudiée. Toutefois, les deux extraits restent moins actifs que l'Acarbose, qui demeure le composé de référence le plus efficace.

Ces résultats sont comparables à ceux rapportés par **Kherraz *et al.*, (2026)**, qui ont évalué l'activité inhibitrice de l'α-amylase d'extraits éthanoliques des parties aériennes de *Rosmarinus officinalis* L. récoltées à différentes saisons. Les extraits, obtenus par macération hydroalcoolique, ont présenté des valeurs de CI_{50} de 1142,04 ± 11,32 µg/mL pour la saison d'automne et de 1171,73 ± 19,25 µg/mL pour la saison de printemps, des valeurs proches de celles observées pour notre fraction à l'acétate d'éthyle.

Par ailleurs, **Alaboudi *et al.*, (2025)** ont étudié des extraits de feuilles de *Rosmarinus officinalis* L.obtenus par macération dans le méthanol ainsi que l'huile essentielle extraite par hydrodistillation. Les résultats ont montré une activité inhibitrice plus marquée, avec des CI_{50} de 174 ± 2,14 µg/mL pour l'huile essentielle et de 243 ± 0,24 µg/mL pour l'extrait méthanolique, indiquant une meilleure inhibition de l'α-amylase par rapport à notre étude.

De même, **Francolino *et al.*, (2023)** à partir d'extraits hydroalcooliques des parties aériennes de romarin sauvage et cultivé obtenus par macération dans l'éthanol 70 %, ont rapporté des activités inhibitrices importantes avec des CI_{50} de 40,52 ± 3,57 µg/mL et 52,68 ± 4,38 µg/mL respectivement , montrant une activité meilleure que celle observée dans notre travail.

Enfin, **Ben Ali *et al.*, (2014)** utilisant des feuilles de *Rosmarinus officinalis* L.extraites par macération méthanolique ainsi que des fractions à l'acétate d'éthyle et l'huile essentielle, ont obtenu des CI_{50} de 30,39 µg/mL, 34,11 µg/mL et 28,36 µg/mL respectivement, confirmant une activité inhibitrice plus élevée que celle de notre étude.

Les différences observées entre les résultats des différentes études peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs, notamment la nature du solvant d'extraction, la méthode d'extraction utilisée, la variabilité géographique et saisonnière du matériel végétal, ainsi que les conditions environnementales influençant la biosynthèse et l'accumulation des métabolites secondaires. De plus, les différences dans les protocoles expérimentaux et les concentrations testées peuvent également contribuer à la variabilité des valeurs de CI_{50}.

Conclusion

Conclusion

Les plantes médicinales constituent depuis longtemps une source importante de molécules bioactives utilisées dans la prévention et le traitement de nombreuses maladies. Parmi elles, *Rosmarinus officinalis* L. suscite un intérêt croissant en raison de sa richesse en métabolites secondaires et de ses nombreuses propriétés biologiques.

Dans le cadre de cette étude, l'extraction hydro-éthanolique suivie d'un fractionnement à l'acétate d'éthyle des parties aériennes de *Rosmarinus officinalis* L. récoltées dans la région de Beni Snous (Tlemcen) a permis d'obtenir deux extraits distincts : l'extrait hydro-éthanolique et la fraction acétate d'éthyle. Les résultats ont montré que l'extrait hydro-éthanolique présente le rendement d'extraction le plus élevé.

Le criblage phytochimique a révélé la présence de plusieurs familles de composés bioactifs, notamment les alcaloïdes, les tanins, les coumarines, les terpènoïdes et les composés réducteurs, confirmant ainsi la richesse chimique du romarin. Par ailleurs, les dosages des polyphénols totaux et des flavonoïdes ont mis en évidence une concentration plus importante de ces composés dans la fraction acétate d'éthyle.

L'évaluation de l'activité antidiabétique *in vitro* par inhibition de l'α-amylase a montré que la fraction acétate d'éthyle possède une activité inhibitrice plus importante que l'extrait hydro-éthanolique. Cette activité pourrait être liée à sa richesse en composés phénoliques, reconnus pour leurs effets biologiques bénéfiques.

Ainsi, les résultats obtenus mettent en évidence l'intérêt de *Rosmarinus officinalis* L. comme source naturelle de composés bioactifs à potentiel antidiabétique. Bien que son activité reste inférieure à celle de l'acarbose, les effets observés demeurent encourageants et justifient la poursuite des recherches visant à mieux valoriser cette plante dans le domaine de la phytothérapie.

Afin de compléter et d'approfondir les résultats obtenus, il serait intéressant de :

- Identifier et caractériser les composés responsables de l'activité antidiabétique des extraits.
- Évaluer l'activité inhibitrice de ces extraits sur d'autres enzymes impliquées dans le métabolisme des glucides, notamment l'α-glucosidase.
- Réaliser des études *in vivo* afin de confirmer l'efficacité antidiabétique observée *in vitro*.

- Effectuer des études toxicologiques pour évaluer l'innocuité des extraits avant toute application thérapeutique.

Références bibligraphique

• Alaboudi, K. A., Aziz, I. M., Almosa, A. A., Farrag, M. A., Abalkhail, T., Alshalan, R. M., & Almuqrin, A. M. (2025). *In vitro* and *in silico* pharmacological effects of *Rosmarinus officinalis* leaf methanolic extracts and essential oils. *Scientific Reports,* 15(1), 10699. https://doi.org/10.1038/s41598-025-93504-5

• Al-Tayawi, T. S., Ade, E. M., & Omer, F. H. (2024). Phytochemical screening and antioxidant properties of alcoholic extract and antibacterial activity of *Rosmarinus officinalis* L., *Leaves. Plant Science Today.* https://doi.org/10.14719/pst.3897

• American Diabetes Association Professional Practice Committee. 2. Diagnosis and Classification of Diabetes: Standards of Care in Diabetes—2024. *Diabetes Care.* 2024;47(Suppl 1):S20-S42.

• American Diabetes Association Professional Practice Committee. Diagnosis and Classification of Diabetes: Standards of Care in Diabetes—2025. *Diabetes Care.* 2025;48(Suppl 1):S27-S49.

• Arajyan, G., Sargsyan, S., Hovsepyan, V., Pahutyan, N., Navoyan, Q., Shahinyan, M., Melyan, G., & Gabrielyan, I. (2025). Functional food applications of *Rosmarinus officinalis* : Antioxidant, anti-inflammatory, and metabolic health perspectives. *Functional Food Science* , 5(10), 496-512. https://doi.org/10.31989/ffs.v5i10.1756

• Atiya, R. M., Elsherif, K. M., Alkherraz, A. M., & Mohamed, G. A.-S. (2024). A Comparative Study on the Chemical Constituents of Four Libyan Herbs : *Mentha Piperita*, *Matricaria Chamomile* L, *Rosmarinus Officinalis* L, and *Thymus Vulgaris*. *Scientific Journal for Faculty of Science-Sirte University*, 4(2), 33-40. https://doi.org/10.37375/sjfssu.v4i2.2810

• Ayenew, K. D., Wondmkun, Y. T., Endalifer, B. L., Seyfu, A., Gebeyehu, B. T., Tsige, A. W., & Sewale Bizu, Y. (2026). The therapeutic role of medicinal plants in the management of diabetes. *Clinical Phytoscience,* 12(1), 2. https://doi.org/10.1186/s40816-026-00418-4

• Aziz, E., Batool, R., Akhtar, W., Shahzad, T., Malik, A., Shah, M. A., Iqbal, S., Rauf, A., Zengin, G., Bouyahya, A., Rebezov, M., Dutta, N., Khan, M. U., Khayrullin, M., Babaeva, M., Goncharov, A., Shariati, M. A., & Thiruvengadam, M. (2022). Rosemary species : A review of phytochemicals, bioactivities and industrial applications. *South African Journal of Botany*, 151, 3-18. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.09.026

• Baptista, A., Menicucci, F., Brunetti, C., Dos Santos Nascimento, L. B., Pasquini, D., Alderotti, F., Detti, C., Ferrini, F., & Gori, A. (2024). Unlocking the Hidden Potential of Rosemary (*Salvia rosmarinus Spenn*.) : New Insights into Phenolics, Terpenes, and Antioxidants of Mediterranean Cultivars. *Plants*, 13(23), 3395. https://doi.org/10.3390/plants13233395

• Ben Ali, M. B., Mnafgui, K., Feki, A., Damak, M., & Allouche, N. (2014). In vitro Antidiabetic, anti-obesity and antioxidant properties of Rosemary extracts. *journal of advances in chemistry*, 10(2), 2305-2316. https://doi.org/10.24297/jac.v10i2.5497

• Benattouche, Z., Bouhadi, D., & Alioui, A. (2024). Phytochemical screening, antioxidant and anti-inflammatory activities of *Rosmarinus officinalis* medicinal plant from Algeria. *Brazilian Journal of Health Review*, 7(9), e75652. https://doi.org/10.34119/bjhrv7n9-337

• Benrebiha, F. (2018). Bio-décontamination en agro-alimentaire par des molécules bio-actives naturelles d'une plante médicinale : *Rosmarinus officinalis* [Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba].

• Brahima, K. K. R. (2024). Effets préventifs et curatifs des extraits d'écorces de *Carapa procera* et de la plante entière de *Corchorus olitorius* sur des rates wistar rendues diabétiques par un régime hypercalorique [Thèse de doctorat, Mention : Biologie-Santé]. Université Jean Lorougnon Guédé.

• Bruneton, J. (1999). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (3ème éd.). France.

• Cheng, L.-T., Wang, Z.-L., Zhu, Q.-H., Ye, M., & Ye, C.-Y. (2025). A long road ahead to reliable and complete medicinal plant genomes. *Nature Communications*, 16(1), 2150. https://doi.org/10.1038/s41467-025-57448-8

• De Macedo, L. M., Santos, É. M. D., Militão, L., Tundisi, L. L., Ataide, J. A., Souto, E. B., & Mazzola, P. G. (2020). Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L., syn *Salvia rosmarinus Spenn*.) and Its Topical Applications : A Review. *Plants*, 9(5), 651. https://doi.org/10.3390/plants9050651

• Drew, B. T., González-Gallegos, J. G., Xiang, C.-L., Kriebel, R., & Et., A. (2017). Salvia united : The greatest good for the greatest number. *TAXON*. https://doi.org/10.12705/661.7

• EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP), Villa, R. E., Azimonti, G., Bonos, E., Christensen, H., Durjava, M., Dusemund, B., Gehring, R., Glandorf, B., Kouba, M., López-Alonso, M., Marcon, F., Nebbia, C., Pechová, A., Prieto-Maradona, M.,

Röhe, I., Theodoridou, K., Bastos, M. de L., Benfenati, E., … Manini, P. (2025). Safety and efficacy of a feed additive consisting of an essential oil derived from the flowering aerial parts of *Salvia rosmarinus Spenn.* (Rosemary oil) for use in all animal species (FEFANA asbl). *EFSA Journal*, 23(10). https://doi.org/10.2903/j.efsa.2025.9685

• Elsherif, K. M., Alhlbad, E. A. A., & Ewlad-Ahmed, A. M. (2023). Phytochemical Screening, antioxidant activity, and Mineral Profiling of *Rosmarinus Officinalis* L. from Msallata Region (Libya). *Scientific Journal for Faculty of Science-Sirte University*, 3(2), 9-17. https://doi.org/10.37375/sjfssu.v3i2.1543

• Esati, N. K., La, E. O. J., Sudiasih, N. P., & Saniasih, N. N. D. (2024). Total Flavonoid Levels in n-hexane and Ethyl Acetate Fractions of *Rosmarinus officinalis* L. Leaves and Their Antibacterial and Antioxidant Activities. *Borneo Journal of Pharmacy*, 7(1), 51-62. https://doi.org/10.33084/bjop.v7i1.4034

• Fareed, S. A., Yousef, E. M., & El-Moneam, S. M. A. (2023). Assessment of Effects of Rosemary Essential Oil on the Kidney Pathology of Diabetic Adult Male Albino Rats. *Cureus*, 15(3), e35736. https://doi.org/10.7759/cureus.35736

• Ferrat Yanis. (2024). Diabète et activité physique : Impact de l'activité physique sur le diabète et sa prise en charge [Thèse de docteur en pharmacie, Université de Lille]. https://pepite-depot.univ-lille.fr/LIBRE/Th_Pharma/2024/2024ULILE179.pdf

• Fotedar S. A systematic review on therapeutic & cosmetic uses of rosemary. *International Journal of Research Culture Society.* 2024;8(2). doi:10.2017/IJRCS/202402010.

• Francolino, R., Martino, M., Caputo, L., Amato, G., Chianese, G., Gargiulo, E., Formisano, C., Romano, B., Ercolano, G., Ianaro, A., De Martino, L., & Feo, V. D. (2023a). Phytochemical Constituents and Biological Activity of Wild and Cultivated *Rosmarinus officinalis* Hydroalcoholic Extracts. *Antioxidants,* 12(8), 1633. https://doi.org/10.3390/antiox12081633

• Ghasemzadeh Rahbardar, M., & Hosseinzadeh, H. (2025). Toxicity and safety of rosemary (Rosmarinus officinalis) : A comprehensive review. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 398(1), 9-23. https://doi.org/10.1007/s00210-024-03336-9

• González-Minero, F. J., Bravo-Díaz, L., & Ayala-Gómez, A. (2020). *Rosmarinus officinalis* L. (Rosemary) : An Ancient Plant with Uses in Personal Healthcare and Cosmetics. *Cosmetics*, 7(4), 77. https://doi.org/10.3390/cosmetics7040077

• Guimarães, N. S. S., Ramos, V. S., Prado-Souza, L. F. L., Lopes, R. M., Arini, G. S., Feitosa, L. G. P., Silva, R. R., Nantes, I. L., Damasceno, D. C., Lopes, N. P., & Rodrigues, T. (2023). Rosemary *(Rosmarinus officinalis* L.) Glycolic Extract Protects Liver Mitochondria from Oxidative Damage and Prevents Acetaminophen-Induced Hepatotoxicity. *Antioxidants*, 12(3), 628. https://doi.org/10.3390/antiox12030628

• Harborne, J. B. (1998). Textbook of phytochemical methods: A guide to modern techniques of plant analysis (3rd ed.). Chapman & Hall.

• Hassani, F. V., Shirani, K., & Hosseinzadeh, H. (2016). Rosemary *(Rosmarinus officinalis*) as a potential therapeutic plant in metabolic syndrome : A review. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*. https://doi.org/10.1007/s00210-016-1256-0

• International Diabetes Federation. (2025). *IDF Diabetes Atlas* (11th ed.). Brussels, Belgium: International Diabetes Federation. https://diabetesatlas.org/resources/idf-diabetes-atlas-2025/

• Ielciu, I., Filip, G. A., Sevastre-Berghian, A. C., Bâldea, I., Olah, N.-K., Burtescu, R. F., Toma, V. A., Moldovan, R., Oniga, I., & Hanganu, D. (2024). Effects of a *Rosmarinus officinalis* L. Extract and Rosmarinic Acid in Improving Streptozotocin-Induced Aortic Tissue Damages in Rats. *Nutrients*, 17(1), 158. https://doi.org/10.3390/nu17010158

• Jefroykin, J. (2025). Évolution de l'HbA1c et des complications chroniques chez des patients vivants avec un diabète de type 1 avec ou sans rétinopathie diabétique floride : Une étude cas-témoins [Thèse d'exercice en médicine (Spécialité Endocrinologie)]. Université Amiens Picardie Jules Verne.

• Kabubii, Z. N., Mbaria, J. M., Mathiu, P. M., Wanjohi, J. M., & Nyaboga, E. N. (2024). Diet Supplementation with Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) Leaf Powder Exhibits an Antidiabetic Property in Streptozotocin-Induced Diabetic Male Wistar Rats. *Diabetology,* 5(1), 12-25. https://doi.org/10.3390/diabetology5010002

• Kherraz, K., Guelifet, K., Benmohamed, M., Rastrelli, L., Khattabi, L., Bendrihem, A. K., Ferhat, A., Ferhat, M. A., Aggoun, K., Jafari, D. A., Sawicka, B., Harchaoui, L., Zahnit, W., Zeraib, A., & Messaoudi, M. (2026). Seasonal Variation in Wild Rosmarinus officinalis L. : *Phytochemicals and Their Multifunctional Potential Against Metabolic Disorders. Molecules,* 31(2), 220. https://doi.org/10.3390/molecules31020220

• Lamponi, S., Baratto, M. C., Miraldi, E., Baini, G., & Biagi, M. (2021). Chemical Profile, Antioxidant, Anti-Proliferative, Anticoagulant and Mutagenic Effects of a Hydroalcoholic Extract of Tuscan Rosmarinus officinalis. *Plants,* 10(1), 97. https://doi.org/10.3390/plants10010097

• Lebon, A. (2020). Guide à l'usage des huiles essentielles dans l'industrie cosmétique : Comprendre les huiles essentielles de la plante au flacon, l'évaluation de leur sécurité et analyse des dispositions réglementaires [Thèse de doctorat en pharmacie]. Université Toulouse III Paul Sabatier.

• Lu, X., Xie, Q., Pan, X., Zhang, R., Zhang, X., Peng, G., Zhang, Y., Shen, S., & Tong, N. (2024). Type 2 diabetes mellitus in adults : Pathogenesis, prevention and therapy. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 9, 262. https://doi.org/10.1038/s41392-024-01951-9

• Mahmoud, V. L., Shayesteh, R., Foong Yun Loh, T. K., Chan, S. W., Sethi, G., Burgess, K., Lee, S. H., Wong, W. F., & Looi, C. Y. (2024). Comprehensive review of opportunities and challenges of ethnomedicinal plants for managing type 2 diabetes. *Heliyon*, 10(23), e39699. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39699

• Marrelli, M. (2021). Medicinal plants. *Plants,* 10(7), 1355. https://doi.org/10.3390/plants10071355

• Martirosyan, D., & Christopher, S. (2024). The benefits of terpenoids as functional foods for the management of type 2 diabetes mellitus. Bioactive Compounds in Health and Disease, 7(7), 345–347. https://doi.org/10.31989/bchd.v7i7.1426

• Mechchate, H., Es-safi, I., Louba, A., Alqahtani, A. S., Nasr, F. A., Noman, O. M., Farooq, M., Alharbi, M. S., Alqahtani, A., Bari, A., Bekkari, H., & Bousta, D. (2021). *In Vitro* Alpha-Amylase and Alpha-Glucosidase Inhibitory Activity and *In Vivo* Antidiabetic Activity of Withania frutescens L. *Foliar Extract. Molecules*, 26(2), 293. https://doi.org/10.3390/molecules26020293

• Meziane, H., Zraibi, L., Albusayr, R., Bitari, A., Oussaid, A., Hammouti, B., & Touzani, R. (2025). *Rosmarinus officinalis Linn.* : Unveiling its multifaceted nature in nutrition, diverse applications, and advanced extraction methods. *Journal of Umm Al-Qura University for Applied Sciences,* 11(1), 9-37. https://doi.org/10.1007/s43994-024-00144-y

• Musolino, V., Macrì, R., Cardamone, A., Tucci, L., Serra, M., Lupia, C., Maurotti, S., Mare, R., Nucera, S., Guarnieri, L., Marrelli, M., Coppoletta, A. R., Carresi, C., Gliozzi, M., & Mollace, V. (2023). *Salvia rosmarinus Spenn.* (Lamiaceae) Hydroalcoholic Extract : Phytochemical Analysis, Antioxidant Activity and *In Vitro* Evaluation of Fatty Acid Accumulation. *Plants*, 12(18), 3306. https://doi.org/10.3390/plants12183306

• Nieto, G., Ros, G., & Castillo, J. (2018). Antioxidant and Antimicrobial Properties of Rosemary *(Rosmarinus officinalis,* L.) : A Review. *Medicines,* 5(3), 98. https://doi.org/10.3390/medicines5030098

• Nishida, Y., & Watada, H. (2024). The Up-to-date Treatment for Diabetes and Prevention of its Complications. *Juntendo Medical Journal*, 70(6), 400-407. https://doi.org/10.14789/ejmj.JMJ24-0030-R

• Nsanzamahoro, C., Gatozi, E., Urimubenshi, J. D., & Ntaganda, J. (2024). Phytochemical screening and in vitro antimicrobial activity of *Rosmarinus officinalis* leaves. *Journal of Bioresources and Environmental Sciences,* 3(3), 142-154. https://doi.org/10.61435/jbes.2024.19934

• Rafya, M., Zehhar, N., Hafidi, A., & Benkhalti, F. (2024). Review of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil, hydrosol, and residues analysis : Composition, bioactivities, and valorization. *Industrial Crops and Products*, 221, 119392. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.119392

• Sahlabgi, A., Lupuliasa, D., Stanciu, G., Lupșor, S., Vlaia, L. L., Rotariu, R., Predescu, N. C., Rădulescu, C., Olteanu, R.-L., Stănescu, S.-G., Hîncu, L., & Mititelu, M. (2025). The Development and Comparative Evaluation of Rosemary Hydroalcoholic Macerate-Based Dermatocosmetic Preparations : A Study on Antioxidant, Antimicrobial, and Anti-Inflammatory Properties. *Gels*, 11(3), 149. https://doi.org/10.3390/gels11030149

• Sknepnek, A., Miletić, D., Stupar, A., Salević-Jelić, A., Nedović, V., & Kljakić, A. C. (2025). Natural solutions for diabetes : The therapeutic potential of plants and mushrooms. *Frontiers in Nutrition,* 12, 1511049. https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1511049

• Theyyathel, A. M., Sofi, M. A., Nanda, A., Sofi, M. A., & Nayak, B. K. (2025). Exploring the Therapeutic Potential of *Rosmarinus officinalis* : A Review Study. *Journal of Natural Remedies,* 33-48. https://doi.org/10.18311/jnr/2025/45190

• Ugwu OP, Anyanwu CN, Ugwu MN, Onohuean H. Harnessing plant metabolic pathways for innovative diabetes management: unlocking the therapeutic potential of medicinal plants. *Plant Signal Behav*. 2025;20(1):2486076. doi:10.1080/15592324.2025.2486076.

• Vermerris, W, & Nicholson, R. (2006). Isolation and identification of phenolic compounds, phenolic compound biochemistry. Dordrecht : Springer. Science & Business Media.

• Yameny, A. A. (2024). Diabetes Mellitus Overview 2024. *Journal of Bioscience and Applied Research.* https://doi.org/10.21608/jbaar.2024.382794

• Yameny, A. A. (2025). Diabetes Mellitus : A Comprehensive Review of Types, Pathophysiology, Complications, and Standards of Care in Diabetes 2025. *Journal of Medical and Life Science*. https://doi.org/10.21608/jmals.2025.424001

• Yang, D.-R., Wang, M.-Y., Zhang, C.-L., & Wang, Y. (2024). Endothelial dysfunction in vascular complications of diabetes : A comprehensive review of mechanisms and implications. *Frontiers in Endocrinology,* 15, 1359255. https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1359255

• Zakir, M., Ahuja, N., Surksha, M. A., Sachdev, R., Kalariya, Y., Nasir, M., Kashif, M., Shahzeen, F., Tayyab, A., Khan, M. S. M., Junejo, M., Manoj Kumar, F., Varrassi, G., Kumar, S., Khatri, M., & Mohamad, T. (2023). Cardiovascular Complications of Diabetes : From Microvascular to Macrovascular Pathways. *Cureus.* https://doi.org/10.7759/cureus.45835

• Zhishen, J, Mengcheng, T, & JianMing, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *food chemistry*.