

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE & BIOCHIMIE

N°:



DOMAINE : SCINCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

FILIERE : SCIENCE BIOLOGIQUE

OPTION : BIOCHIMIE APPLIQUEE

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

Par : Baghdadi Nour

Benmesrouk Zakaria

Douadi Marwa

Hadji Radia

Intitulé

**Etude ethnopharmacologique de
*Ricinus communis L.***

Soutenu devant le jury composé de :

Pr. Boudjelal A

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Présidente

Dr. Benkhaled A

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Rapporteur

Dr. Chabane S

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Examinateur

Année universitaire : 2023 /2024

Dédicaces

Louange à Dieu seul.

Ce modeste travail est dédié spécialement :

*À ma chère maman, ma raison de vivre, en témoignage de ma reconnaissance pour sa
patience, amour et ses sacrifices.*

À mon cher papa pour son amour et son dévouement.

« À vous, mes parents, je dis merci d'avoir fait de moi celui que je suis aujourd'hui.

*Aucune dédicace ne pourra exprimer mes respects, mes considérations et ma grande
admiration pour vous. Puisse ce travail vous témoigner mon affection et mon profond amour*

À mes chères sœurs Khadidja, Safia et Warda

À mon cher frère Ameur, à mon cousin Haouess et mes cousines Maroua et Hiba.

Je sais que ma réussite est très importante pour vous, Que Dieu vous garde pour moi.

*« À vous, mes princesses et mes princes je souhaite une vie pleine de bonheur, de joie et de
réussite »*

*À celui qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant que les self-made-men et les
déterminés finiront toujours par réussir leur vie, à moi-même.*

*À mes amis, mes enseignants et pour ceux qui m'ont donné de l'aide un jour, Que Dieu
vous paye pour tous vos bienfaits.*

Pour finir, à tous ceux que j'aime et qui m'aiment, je dédie ce mémoire.

Nour

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à mes chers parents qui ont été toujours à mes côtés et m'ont toujours soutenu tout au long de ces longues années d'études. En signe de reconnaissance, qu'ils trouvent ici, l'expression de ma profonde gratitude pour tout ce qu'ils ont consenti d'efforts et de moyens pour me voir réussir dans mes études.

À mes chers frères et sœurs,

Merci pour votre soutien constant et vos encouragements inlassables. Vous avez toujours été le pilier qui m'a aidé à accomplir cette réussite.

À toute ma famille et À tous mes amis, surtout B. Fares, B. oussama , D. Mohamed, B. abdesamed et L. fateh pour leur aide, encouragement et soutien moral.

"Que Dieu les bénisse et leur offre une longue vie pleine de prospérité et de bonheur"

Zakaria alias Ayoub....

Dédicaces

Tout d'abord, je tiens à remercier DIEU de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à dédier cet humble travail à :

À ma tendre mère souad

À mon cher père Abde Rahmane

Tu as toujours été pour moi un exemple de père respectueux, honnête et de personne méticuleuse, je tiens à honorer l'homme que tu es.

Grâce à toi, mon père, j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je tiens à vous remercier pour votre amour, votre générosité et votre compréhension. Votre soutien a été une lumière tout au long de mon parcours. Aucune dédicace ne peut exprimer l'amour, l'appréciation et le respect que j'ai toujours pour toi.

Cet humble travail est le résultat de tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation. Je vous aime, maman et papa, et je demande à Dieu Tout-Puissant de vous accorder une bonne santé et une vie longue et heureuse.

À mes sœurs et À mes frères

À mon trinôme : Radia, Nour et Zakaria

À mes amis et ma famille

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce travail soit possible.

Je vous dis Merci.

Maroua....

Dédicaces

Louange à Dieu seul,

Je dédie ce travail

*À ma famille, elle qui m'a doté d'une éducation digne, son amour a fait de moi
ce que je suis aujourd'hui.*

*Particulièrement à mon père, pour le grand effort qu'il a suscité en moi, de par
sa rigueur.*

*À toi ma mère, ceci est ma profonde gratitude pour ton éternel amour, que ce
travail soit le meilleur cadeau que je puisse t'offrir.*

*Chers parents, merci d'avoir fait de moi celui que je suis aujourd'hui, aucune
dédicace ne pourra exprimer mes respects, mes considérations et ma grande
admiration pour vous.*

*À vous mes sœurs Noura Imane Wissam et Rahil et mes amies Khadidja Hiba
et Leila et la petite Hadjer, a mes cousines Rihab et Leila qui m'avez toujours
soutenu et encouragé durant ces années d'études.*

À toi mon fiancé Adel source de joie et de bonheur.

Radia

Remerciements

Nous souhaitons en premier lieu remercier les personnes qui nous ont aidé pour la réalisation de ce modeste travail

Nous remercions M. le Docteur Benkhaled Abderrahim de nous avoir donné l'opportunité de réaliser ce mémoire de Master ainsi que pour ses conseils judicieux qui nous ont permis d'avancer dans notre travail.

Nous remercions Mme le Professeur Boudjelal Amel qui nous a fait l'honneur de présider ce jury.

Nous remercions Mme le Docteur Chabane Sarra, qui nous a fait l'honneur d'accepter de participer à ce jury.

Bien entendu, nous remercions nos parents et toute la famille pour le soutien moral qu'ils nous ont apporté tout au long de ce travail.

Sommaire

Remerciements
Résumé
Abréviations
Listes des figures

Introduction 01

Partie Bibliographique

I. Généralités sur <i>R. communis</i>	02
I.1. Historique	02
I.2. Ethnobotanique	02
I.2.1. Nomenclature vernaculaire et taxonomie	02
I.2.2. Description Botanique	03
I.3. Phytochimie	04
I.4. Activités pharmacologiques	06
I.4.1. Activité antioxydante	06
I.4.2. Activité antinociceptive	06
I.4.3. Activité antiasthmatique	06
I.4.4. Activité immunomodulatrice in vitro	06
I.4.5. Activité anti-inflammatoire	07
I.4.6. Activité antimicrobienne	07
I.4.7. Activité antidiabétique et hépatoprotectrice	07
I.4.8. Activité cicatrisante	08
I.5. Extraction mécanique d'huile de ricin	09

Partie Pratique

II. Matériels et méthodes

II.1. Plante d'étude	10
II.2. Région d'étude	10
II.3. Durée de l'enquête	11
II.4. Objectifs de cette étude	11
II.5. Personnes enquêtées	11
II.5.1. Enquête auprès des herboristes	11
II.5.2. Enquête auprès des guérisseurs	11
II.5.3. Enquête auprès des connaisseurs	12

III. Résultats et discussion

III.1. Distribution des personnes enquêtées selon le profil d'enquêtes	14
III.1.1. Selon le sexe	14
III.1.2. Selon le critère d'âge	14
III.1.3. Selon le niveau d'étude	16
III.1.4. Selon l'origine des connaissances	16
III.1.5. Selon le type de traitement	16
III.1.6. Selon la partie utilisée de <i>R. communis</i>	16
III.1.7. Selon le type de récolte de <i>R. communis</i>	17
III.1.8. Selon la période de récolte de <i>R. communis</i>	17
III.1.9. Selon le mode d'utilisation de <i>R. communis</i>	17

III.1.10. Selon le mode médicinal de <i>R. communis</i>	17
III.1.11. Selon le type d'utilisation de <i>R. communis</i>	17
III.1.12. Selon les effets secondaires de l'utilisation de <i>R. communis</i>	18
Conclusion	19
Références bibliographiques	

Résumé

L'étude ethnopharmacologique s'est déroulée dans la région du Hodna, connue par l'utilisation des plantes en tradithérapie. On a spécifiquement examiné *Ricinus communis*, communément appelé ricin, une plante largement utilisée en médecine traditionnelle locale. Sur une période de trois mois, 280 participants, sélectionnés pour leur expertise en plantes médicinales, ont été interrogés. L'objectif principal était de documenter et d'analyser les connaissances locales sur le ricin, couvrant ses diverses utilisations, préparations et indications thérapeutiques. Cette étude vise à valoriser les savoirs traditionnels en pharmacologie et à fournir une base solide pour de futures recherches. Cependant il est important de noter que l'utilisation de *R. communis* peut entraîner des effets secondaires de gravité variable, comme l'intoxication, l'allergie et la diarrhée.

Mots clés : *Ricinus communis*, Étude ethnopharmacologique, Région du Hodna, Utilisations thérapeutiques, Préparations et administrations, Effets secondaires.

Abstract

This ethnopharmacological study was conducted in the Hodna region, known for the use of plants in traditional therapy. The focus of the investigation was *Ricinus communis*, commonly known as the castor plant, which is extensively utilized in local traditional medicine. Over a three-month period, 280 participants, chosen for their expertise in medicinal plants, were interviewed. The primary objective was to document and analyze local knowledge concerning *R. communis*, encompassing its various uses, preparations, and therapeutic indications. However, it is crucial to note that the use of *R. communis* can cause side effects of varying severity, such as poisoning, allergy and diarrhea.

Keywords: *Ricinus communis* (castor), Ethnopharmacological study, Hodna region, Therapeutic uses, Preparations and administrations, Side effects.

ملخص

أُجريت الدراسة الإثنوفارماكولوجية في منطقة الحضنة، المعروفة باستخدام النباتات في العلاج التقليدي. وقد فحصت الدراسة تحديداً نبات *Ricinus communis*، المعروف باسم الخروع، وهو نبات يستخدم على نطاق واسع في الطب التقليدي المحلي. خلال فترة ثلاثة أشهر، تم استجواب 280 مشاركاً، تم اختيارهم بناءً على خبرتهم في النباتات الطبية. كان الهدف الرئيسي هو توثيق وتحليل المعرفة المحلية حول نبات الخروع، بما في ذلك استخداماته المختلفة، وطرق تحضيره، ودلالاته العلاجية. تهدف هذه الدراسة إلى إبراز المعارف التقليدية في الفارماكولوجيا وتوفير أساس قوي لأبحاث مستقبلية أظهرت النتائج أن نبات *Ricinus communis* يستخدم على نطاق واسع لخصائصه العلاجية ومع ذلك، من المهم ملاحظة أن استخدام نبات الخروع يمكن أن يؤدي إلى آثار جانبية تتفاوت في خطورتها، من بينها الوفاة، التسمم، الحساسية، والإسهال.

الكلمات المفتاحية: نبات الخروع (*Ricinus communis*)، الدراسة الإثنوفارماكولوجية، منطقة الحضنة، الاستخدامات العلاجية، طرق التحضير والإعطاء، الآثار الجانبية.

Abréviations

AGF: Acides Gras Libres (Free Fatty Acids)

DPPH: 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyle

Fig : Figure

FSH: Hormone Folliculo-Stimulante

FSS : Fraction Stéroïdienne Saponiable

LH : Hormone Lutéinisante

***R.communis* :** *Ricinus communis*

RCRE : L'extrait de racine de *R. communis*

Introduction

INTRODUCTION

Les produits naturels suscitent un grand intérêt en tant que matières premières pour divers secteurs d'activité tels que la cosmétique, la pharmacie, l'agroalimentaire, le phytosanitaire et l'industrie (Selles, 2012).

Ainsi, l'utilisation de remèdes à base de plantes connaît récemment un engouement sans précédent. De plus en plus de personnes recherchent des médicaments "naturels", et il semble que les cosmétiques et les produits d'entretien à base de plantes soient aujourd'hui de plus en plus populaires (Adossides, 2003).

Cette tendance est marquée en Algérie et plus particulièrement dans la région du Hodna où la diversité des plantes médicinales aux grands pouvoirs thérapeutiques encourage la population à adopter la médication par les plantes pour diverses pathologies (Svetaz, 2010).

Parmi les disciplines scientifiques intéressées par la phytothérapie traditionnelle, l'ethnobotanique se distingue comme une science capable de traduire le savoir-faire populaire en connaissances scientifiques

La grande famille des *Euphorbiaceae* contient près de 300 genres et 7 500 espèces. Il s'agit généralement de plantes à fleurs (Jitendra et Ashish, 2012).

Dans ce but, nous avons mené une étude ethnobotanique sur *R. communis* dans la région de l'Hodna, caractérisée par une diversité lithologique, structurale et floristique significative. Cette étude comprend l'élaboration et l'analyse d'une série d'enquêtes ethnobotaniques visant à recueillir le maximum d'informations concernant les usages thérapeutiques pratiqués de *R. communis* dans cette région.

Partie Bibliographique

Chapitre 9 : Généralités sur

R. communis

Chapitre I. Généralités sur *R. communis*

I.1. Historique

L'utilisation du ricin est attestée en Égypte à partir de 4 000 ans avant JC. À cette époque, l'huile était essentiellement destinée à l'alimentation de lampes. On rapporte également que Cléopâtre utilisait une goutte de ricin pour faire briller le blanc de ses yeux et s'en servait également comme démaquillant. On connaissait déjà ses vertus laxatives dans l'Égypte ancienne, car elles sont également décrites dans l'Ebers Papyrus, l'un des plus anciens traités médicaux jamais enregistrés, daté d'environ 1550 avant JC. Il existe également des traces d'utilisations similaires de l'huile de de ricin en Inde, à partir de 2 000 ans avant JC, comme combustible dans les lampes à huile, en médecine comme analgésique, ainsi que comme composé de choix pour la guérison des arthroses selon la médecine ayurvédique. La Chine s'intéresse également, semble-t-il un peu plus tard, au ricin dont elle a apporté la culture depuis l'Inde il y a environ 1400 ans. À l'époque, il était utilisé pour des raisons médicales et culinaires (Franck,2012).

I.2. Ethnobotanique

I.2.1. Nomenclature vernaculaire et taxonomie :

Le ricin (*Ricinus communis*), également connu sous le nom de "castor oil plant" en anglais et خروع en arabe, est une plante appartenant à la famille des Euphorbiacées. Cette grande famille contient près de 300 genres et 7 500 espèces. Il s'agit généralement de plantes à fleurs. La taxonomie de *R. communis* est décrite en ci-dessous.

Règne : Plantae

Ordre : Malpighiales

Famille : Euphorbiaceae

Sous-famille : *Acalyphoideae*

Tribu : *Acalypheae*

Sous-tribu : Ricininae

Genre : *Ricinus*

Espèce : *R. Communis* (Jena et Gupta.,2012).

I.2.2. Description Botanique

Le ricin commun est répandu dans le monde entier, il se trouve fréquemment en tant que plante de remblai près des villages en zone urbaine et au bord des rivières temporaires. Au nord-est de la région africaine (Maroyi, 2007)

La taille, la longévité, la forme et la taille du fruit et de la graine, ainsi que les motifs et la couleur du tégument sont des caractéristiques importantes (Maroyi, 2007). Selon les conditions climatiques de la région, cette plante peut adopter la forme d'un arbre ou d'un arbrisseau (Fig. 1 A). Elle peut atteindre une hauteur de 10 à 13 mètres sous les tropiques, avec une tige de 7 à 15 cm de diamètre, mais adopte souvent une morphologie annuelle dans les régions tempérées avec une hauteur de 1 à 3 mètres (Reed,1976). Feuilles alternes, oblongues, glabres, palmées, larges de 1 à 6 dm et avec 6 à 11 lobes dentés (Fig. 1 B).

Cette plante a une multitude de fleurs. Elles sont regroupées en inflorescences racémeuses, à base mâle (Fig. 1 D) et à extrémité femelle (Fig. 1 C). Chez les deux sexes, elles sont apétales, avec trois à cinq sépales verdâtres. Les fleurs mâles ont cinq à dix étamines, tandis que les fleurs femelles ont un ovaire supère, tricarPELLAIRE à style court et trois stigmates.

Le fruit se présente sous la forme d'une capsule sphérique de 2,5 cm de diamètre, fréquemment épineuse, d'un vert brunâtre à la maturation (Fig. 1 E). Il s'agit d'un fruit déhiscent sec (Fig. 1F). En général, il contient trois graines de forme ovoïde, brillantes, de 0,5 à 1,5 cm de long, avec une caroncule blanche.

Les graines (Fig. 1G) sont d'un gris, d'un brun, d'un jaune, d'un marron, d'un rouge ou d'un noir, pointillées ou pointillées (Reed,1976). Il s'agit d'une plantule épigée à cotylédons minces pétiolés, largement oblongs, surmontés de 7 cm de long (Maroyi, 2007).

L'adaptation du ricin aux conditions pédoclimatiques et biotiques extrêmes est connue (Duke, 1978).



Figure 01 : Appareils végétatif et reproducteur du ricin. A. Port général de l'arbuste. B. Feuilles composées palmées. C. Fleurs femelles. D. Fleur mâle. E. Fruits immatures. F. Fruit mature. G. Graines (Makhlouf et *al.*, 2010).

I.3. Phytochimie

Selon les recherches menées sur cette plante, les graines de ricin renferment 40 % d'huile, 1 à 5 % de ricine, une toxalbumine (lectine) (Sawhney et *al.*,1978), et 0,3 à 0,8 % de ricinine respectivement (Fig. 2).

Les analyses phytochimiques ont mis en évidence la présence de flavonoïdes kaempferol-3-O-bêta-D-rutinoside et kaempferol-3-O-bêta-D-xylopyranoïde (Kang S et *al.*,1985), de tanins (Khogali,A et *al.*,1992).

On trouve également de composés phénoliques antioxydants extraits des feuilles comme l'acide gallique, la quercétine, l'acide gentsique, la rutine, l'épicatéchine et l'acide ellagique (D'Silva et al.,1993 ; Singh et Chauhan, 2009).

Les racines ont été extraites et ont montré la présence d'acide indole-3 acétique (Hall et Medlow,1974). Les graines de ricin contiennent également des acides gras, tels que les acides ricinoléique (85 à 92 %), palmitique, stéarique (2 %), oléique (2,5 à 6 %), linoléique (2,5 à 7 %), linoléique (1 %) et eicosénoïque (1 %) (Olvea, 2008).

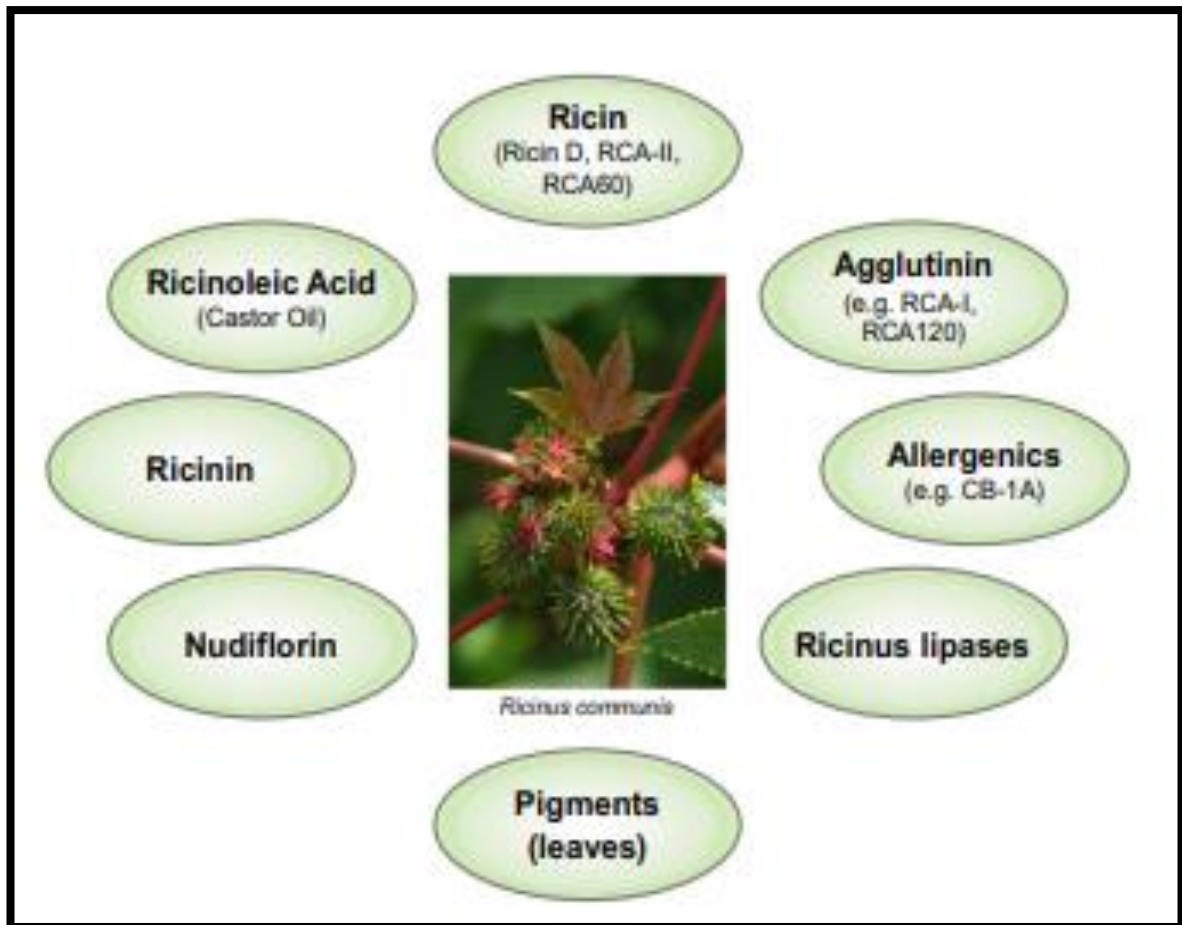


Figure 02 : Aperçu schématisé des principaux composants de la plante *R. communis* (Franke, 2019).

I.4. Activités pharmacologiques

I.4.1. Activité antioxydante

Les extraits de graines de *R. communis* produisaient une activité antioxydante en utilisant plusieurs tests tels que l'oxydation des lipides par la méthode du thiocyanate ferrique, l'effet de piégeage des radicaux libres sur le radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) et le radical hydroxyle généré à partir du peroxyde d'hydrogène. L'activité antioxydante élevée des graines de *R. communis* à faible concentration montre qu'elles pourraient être très utiles pour le traitement des maladies résultant du stress oxydatif.

Les composants chimiques responsables de l'activité antioxydante de *R. communis* sont le ricinoléate de méthyle, l'acide ricinoléique, l'acide 12-octadécadiénoïque et l'ester méthylique. Les extraits de tige et de feuille de *R. communis* produisent également une activité antioxydante en raison de la présence de flavonoïdes dans leurs extraits (Singh et al.,2010 ; Gupta et al.,2006).

I.4.2. Activité antinociceptive

L'extrait méthanolique de feuilles de *R. communis* possède une activité antinociceptive significative contre le test de torsion induit par l'acide acétique chez les souris. L'activité antinociceptive est due à la présence de phytoconstituants préliminaires tels que les saponines, les stéroïdes et les alcaloïdes (Taur et al.,2011).

I.4.3. Activité antiasthmatique

L'extrait éthanolique de racine de *R. communis* est efficace dans le traitement de l'asthme en raison de son potentiel antiallergique et de stabilisation des mastocytes. Les saponines ont un effet stabilisateur sur les mastocytes et les flavonoïdes possèdent une activité myorelaxante et bronchodilatatrice. En effet, l'apigénine et la lutéoline inhibent généralement la libération d'histamine par les basophiles et de bêta-glucuronidase par les neutrophiles (Taur et al.,2011).

I.4.4. Activité immunomodulatrice *in vitro*

Les agents immunomodulateurs d'origine végétale et animale augmentent généralement la réactivité immunitaire du corps humain contre les pathogènes en activant le système immunitaire non spécifique. La présence de tanins dans les feuilles de *R. communis* a augmenté de manière significative la fonction phagocytaire des neutrophiles humains et produit un effet immunomodulateur possible (Kumar et Samanta, 2023).

I.4.5. Activité anti-inflammatoire

Les activités anti-inflammatoires des extraits de feuilles et de racines ont été étudiées chez des rats *Wistar albinos* dans des modèles inflammatoires aiguës et chroniques. Les doses de 250 et 500 mg/kg de l'extrait méthanolique de feuilles de *R. communis* possèdent un effet protecteur dans la prévention des événements cellulaires au cours de la formation de l'œdème et dans toutes les étapes de l'inflammation aiguë. L'activité anti-inflammatoire de l'extrait méthanolique de *R. communis* est due à la présence de flavonoïdes. Ces derniers ont un effet protecteur contre l'œdème de la patte induit par le carragénine chez les rats (Valderramas et al., 2008 ; Saini et al., 2010 ; Hussain et al., 2021).

I.4.6. Activité antimicrobienne

Les activités antimicrobiennes de *R. communis* étaient bonnes contre les souches bactériennes dermatophytiques et pathogènes *Streptococcus progenies*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumonia* et *Escherichia coli*.

Les résultats montrent que les extraits d'éther de pétrole et d'acétone possèdent une bonne zone d'inhibition alors que l'extrait éthanolique n'ayant une activité antibactérienne qu'à une concentration plus élevée (Islam et al., 2010).

Les différents extraits de solvant des racines de *R. communis* (200 mg/mL) possèdent une activité antimicrobienne par la méthode de diffusion par puits contre des micro-organismes pathogènes tels que *Escherichia.coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Proteus vulgaris*, *Bacillus subtilis*, *Candida albicans* et *Aspergillus niger*.

Les extraits d'hexane et de méthanol ont montré une activité antimicrobienne maximale, tandis que les extraits aqueux n'ont pas de propriétés antimicrobiennes significatives (Abhishek Mathur et al., 2011).

I.4.7. Activité antidiabétique et hépatoprotectrice

L'extrait de racine de *R. communis* (RCRE) a été étudié ainsi que sa purification guidée par des essais biologiques. L'administration de la dose efficace de RCRE à des rats diabétiques pendant 20 jours a montré des effets favorables non seulement sur la glycémie à jeun, mais aussi sur le profil lipidique total et les fonctions hépatiques et rénales. Ainsi, *R. communis* semble avoir une valeur prometteuse pour le développement d'un phytomédicament puissant contre le diabète (Shokeen et al., 2008).

L'extrait de feuilles de la plante a été évalué pour son activité hépatoprotectrice. Lors d'un test préliminaire sur des rats albinos, l'extrait a montré une action hépatoprotectrice significative contre les dommages hépatiques induits par la galactosamine et un effet hépatoprotecteur sur des hépatocytes isolés de rats traités à la paracétamol (Visen et al., 1992).

I.4.8. Activité cicatrisante

R. communis possède une activité de cicatrisante des plaies grâce au composant actif de l'huile de ricin qui produit une activité antioxydante et inhibent l'oxydation des lipides. Les agents qui inhibent la peroxydation des lipides sont censés d'augmenter la viabilité des fibrilles de collagène en augmentant la résistance des fibres de collagène en amplifiant la circulation, en prévenant les dommages cellulaires et en favorisant la synthèse de l'ADN.

En raison de leurs propriétés astringentes et antimicrobiennes, les tanins, les flavonoïdes, les triterpénoïdes et les sesquiterpènes favorisent le processus de cicatrisation. L'étude a montré que l'huile de ricin a une activité de cicatrisation en réduisant la zone cicatricielle ainsi que le temps d'épithélialisation dans les cas suivants dans le modèle de la plaie d'excision (Kore et al., 2011).

I.5. Extraction mécanique d'huile de ricin

Les graines de ricin contiennent de 30 à 50% d'huile (m/m). L'huile de ricin peut être extraite des graines de ricin par pressage mécanique et par extraction au solvant. L'huile de ricin est issue uniquement de la première pression à froid des graines (Fig. 3) et aucun solvant n'est utilisé. Le procédé d'extraction se déroule comme suit :

1. Les coques du *R. communis* sont récoltées et nettoyées avant d'être décortiquées pour en extraire les graines ;
2. Les graines sont broyées et pressées à l'aide d'une presse à vis sans fin. Bien que ce processus puisse se faire à basse température, le pressage mécanique n'entraîne qu'une récupération d'environ 45% de l'huile des graines de ricin. Des températures plus élevées peuvent augmenter l'efficacité de l'extraction. On peut obtenir des rendements allant jusqu'à 80% de l'huile disponible en utilisant le pressage hydraulique à haute température dans le processus d'extraction ;
3. Afin de séparer l'huile des composés hydrophiles, des centrifugations sont réalisées. On

obtient alors l'huile brute de ricin ;

4. Au cours du processus de raffinage, les impuretés telles que la matière colloïdale, les phospholipides, l'excès d'acides gras libres (AGF) et les agents colorants sont retirés de l'huile. L'élimination de ces impuretés permet de ne pas détériorer l'huile pendant le stockage prolongé. Les étapes du processus de raffinage comprennent le dégazage, la neutralisation par une base forte comme l'hydroxyde de sodium, le blanchiment et la désodorisation.

À l'issue de ces étapes, l'huile de ricin est sans danger et peut être adoptée en cosmétologie. En effet, elle est débarrassée d'une enzyme toxique présente à la base dans les graines appelée ricine. C'est d'ailleurs cette toxine qui empêche l'usage de cette plante à des fins alimentaires (Patel et *al.*,2016).



Figure 03 : Assemblage d'une presse à vis continue commerciale (Patel et *al.*,2016).

Partie pratique

*Chapitre 99 : Matériels et
méthodes*

II.1. Plante d'étude

L'étude s'est particulièrement concentrée sur la plante *R. communis*. Cette plante, communément connue sous le nom de ricin, est largement utilisée dans la médecine traditionnelle de la région. Le questionnaire a exploré divers aspects de son utilisation, incluant les parties de la plante utilisées, les préparations traditionnelles, et les indications thérapeutiques.

II.2. Région d'étude

L'étude a été menée dans la région du Hodna, choisie pour sa richesse en pratiques traditionnelles et en biodiversité. Cette région est réputée pour ses connaissances locales sur les plantes médicinales, ce qui en fait un terrain propice pour une enquête ethnopharmacologique approfondie.

La zone d'étude (figure 4) se trouve dans la wilaya de M'Sila qui est située au sud de la wilaya de Bordj Bou Arreridj. Elle est limitée à l'est par Médéa, à l'ouest par la wilaya de Batna et au sud par celle de Biskra.

L'enquête ethnopharmacologique a été menée dans la région de Hodna et a ciblé les communes suivantes : M'sila, Hammam Dalaa, Ouled Derradj, Bou Saâda, Ben Srour, Sidi Ameur, Sidi aissa et Ain el-Hadjel.

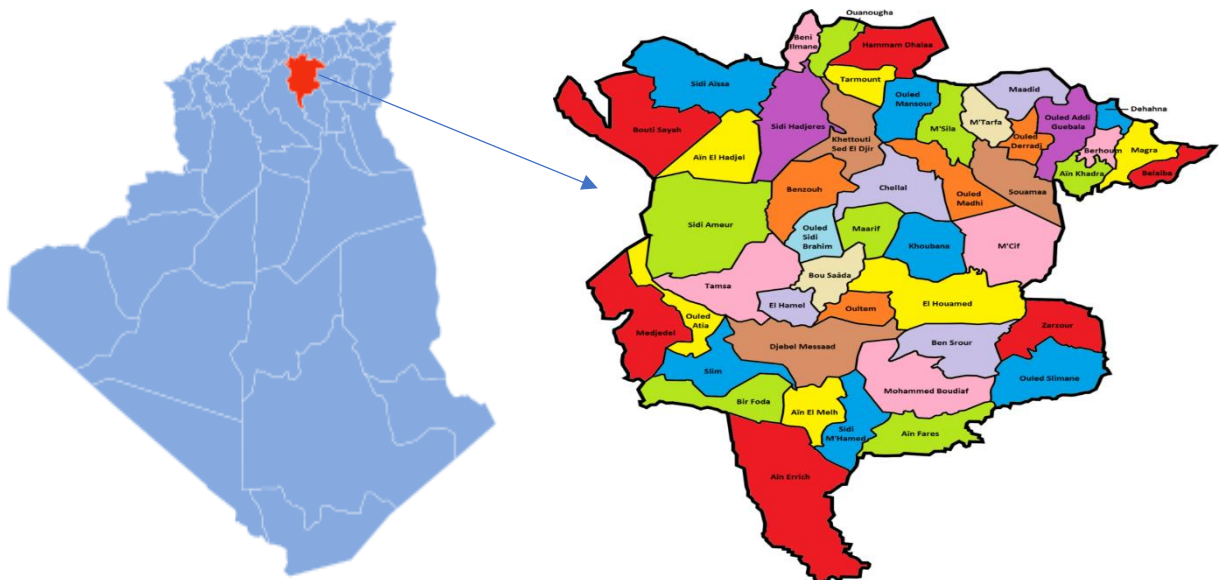


Figure 04 : Localisation de la région du Hodna

II.3. Durée de l'enquête

La collecte des données a duré trois mois. Cette période a été jugée suffisante pour interroger un nombre représentatif de participants et pour observer les pratiques ethnopharmacologiques de *R. communis*.

II.4. Objectifs de cette étude

Ce travail se veut comme objectifs de documenter et d'analyser les connaissances locales sur *R. communis*, afin de mieux comprendre son rôle dans la médecine traditionnelle de la région du Hodna. Les données recueillies fournissent une base solide pour des recherches futures et pour la valorisation des savoirs traditionnels en pharmacologie.

II.5. Personnes enquêtées

L'enquête ethnopharmacologique a été réalisée auprès de diverses personnes ayant une connaissance approfondie des plantes médicinales. Cette enquête inclus trois types de personnes des herboristes, des guérisseurs et des connaisseurs. Un total de 280 personnes ont été interrogées *via* une fiche questionnaire. Ces participants ont été sélectionnés pour leur connaissance des plantes médicinales et de leurs usages traditionnels. La diversité de l'échantillon permet de garantir la représentativité des données collectées.

II.5.1. Enquête auprès des herboristes

Un herboriste est un spécialiste dans la vente des plantes médicinales. Il possède des connaissances sur les propriétés thérapeutiques des plantes, leur identification, leur récolte, leur préparation et leur utilisation pour traiter diverses affections. Les herboristes conseillent souvent les gens sur l'utilisation des plantes pour améliorer leur santé et leur bien-être, et ils peuvent préparer des remèdes à base de plantes sous forme de tisanes, de teintures, de pommades, et autres préparations. Ils jouent un rôle important dans la médecine traditionnelle et complémentaire.

II.5.2. Enquête auprès des guérisseurs

Un guérisseur est une personne qui utilise des méthodes traditionnelles et naturelles pour traiter et soigner diverses maladies et affections à l'aide des plantes médicinales.

II.5.3. Enquête auprès des connaisseurs

Un connaisseur est une personne qui possède une connaissance approfondie et un jugement avisé dans le domaine de la phytothérapie. En effet, 48 hommes et 49 femmes ont été capables d'apprécier et d'évaluer l'effet de *R. communis*.

*Chapitre 999 : Résultats
Et Discussion*

III. Résultats et discussion

III.1. Distribution des personnes enquêtées selon le profil d'enquêtes

III.1.1. Selon le sexe

La figure illustre la répartition des individus de l'échantillon étudié en fonction du sexe. Dans cette étude, la majorité des participants sont des hommes, tandis que le reste sont des femmes.

Ces résultats concordent à ceux obtenus par Gnagne et *al.* (2017) dans le département de Zuénoula (côte d'Ivoire), démontrant que les hommes sont les plus nombreux, avec une proportion de 65%, contre une proportion de 35% de femmes.

III.1.2. Selon le critère d'âge

L'analyse des données a permis de générer un graphique illustrant les résultats par tranches d'âge. Les individus âgés de 40 à 50 ans et ceux âgés de 30 à 40 ans, tous sexes confondus, sont les principaux utilisateurs de la plante médicinale. Les tranches d'âge suivantes, 20 à 30 ans, 50 à 60 ans et les individus de plus de 60 ans, affichent des pourcentages faibles.

Ces résultats corroborent ceux de plusieurs études, notamment celles de Mehdioui et Kahouadji (2007) (Rabat, Maroc) et de Benkhiguel et Fadli (2011), qui ont montré que les jeunes manifestent peu d'intérêt pour l'utilisation des plantes médicinales, tandis que les personnes plus âgées en sont les principaux utilisateurs.

III.1.3. Selon le niveau d'étude

La plupart des personnes interrogées ont un niveau secondaire, tandis que les autres se répartissent entre une scolarisation primaire et universitaire. Les informateurs analphabètes représentent un faible pourcentage. Ces résultats indiquent que le niveau académique n'a pas d'influence sur l'attachement de la société aux soins traditionnels.

Nos résultats contredisent ceux de Benkhniq et Fadli (2011), qui ont montré que les analphabètes représentaient plus de 60 % de la population utilisant la phytothérapie, tandis que les universitaires n'en faisaient usage qu'à un taux inférieur à 6 %.

III.1.4. Selon l'origine des connaissances

Les résultats montrent qu'un bon pourcentage des participants obtiennent leurs informations par des connaissances ancestrales, soulignant l'importance des savoirs traditionnels transmis de génération en génération et l'influence des pratiques culturelles dans la phytothérapie.

Cette observation confirme les recherches menées par Klotoé et *al.* (2013) et Benlamdini (2014), qui soutiennent que les connaissances ancestrales sur les plantes sont transmises de génération en génération.

III.1.5. Selon le type de traitement

La figure ci-dessous illustre la répartition des méthodes de traitement entre la phytothérapie et les traitements médicaux.

En revanche, beaucoup d'informateurs optent pour des traitements médicaux conventionnels. D'après Hamel et Boulemtafes (2017), la phytothérapie est largement répandue dans la société algérienne, où de nombreuses plantes et extraits végétaux sont utilisés en thérapeutique traditionnelle.

III.1.6. Selon la partie utilisée de *R. communis*

La majorité utilise uniquement les graines qui sont particulièrement riches en huile de ricin ce dernier est connu pour ses nombreuses applications médicales et industrielles, ce qui explique leur prépondérance dans l'utilisation.

En résumé, l'interprétation de cette répartition montre que les graines de ricin sont la partie la plus couramment utilisée, principalement en raison de leur richesse en huile de ricin. Les combinaisons avec d'autres parties de la plante sont moins fréquentes, mais elles peuvent offrir des avantages thérapeutiques supplémentaires en fonction des besoins spécifiques.

III.1.7. Selon le type de récolte de *R. communis*

Les plantes cultivées représentent la majorité des récoltes. Cela peut s'expliquer par le contrôle accru que les cultivateurs ont sur la croissance et la qualité du ricin, garantissant ainsi une disponibilité stable et une efficacité thérapeutique.

III.1.8. Selon la période de récolte de *R. communis*

En hiver, aucune récolte n'est effectuée, probablement en raison des conditions climatiques défavorables et de la dormance de nombreuses plantes durant cette période. En été, la majorité des récoltes de plantes médicinales ont lieu. Les conditions climatiques favorables et la croissance optimale des plantes rendent cette saison particulièrement propice à la récolte.

III.1.9. Selon le mode d'utilisation de *R. communis*

Les résultats des modes d'utilisation de *R. communis* (figure 14) révèlent des préférences marquées et variées pour différentes préparations et formes d'administration.

L'huile de ricin, représentant la majorité des utilisations, est la forme la plus populaire. Cette prépondérance s'explique par les multiples propriétés bénéfiques de l'huile de ricin

III.1.10. Selon le mode médicinaux de *R. communis*

Les maladies de la peau représentent un pourcentage non négligeable des cas, où le ricin (huile, lotion, pommade...) est utilisé pour traiter l'acné, l'eczéma et le psoriasis, bien que des irritations cutanées puissent survenir.

III.1.11. Selon le type d'utilisation de *R. communis*

Les résultats montrent que *R. communis* peut être utilisée seule ou associée à d'autres plantes. Lorsqu'elle est associée à d'autres plantes, le ricin peut être utilisé dans des mélanges ou des préparations combinées pour renforcer ses effets ou pour bénéficier des propriétés complémentaires d'autres plantes. D'autre part, l'utilisation seule de ricin suggère qu'elle est suffisamment efficace en tant que remède autonome pour de nombreuses applications médicinales et thérapeutiques.

III.1.12. Selon les effets secondaires de l'utilisation de *R. communis*

Les résultats des effets secondaires de *R. communis* montre une variété de réactions indésirables, avec des cas d'intoxication. L'intoxication survient principalement en raison de la consommation de grandes quantités de ricine, une toxine présente dans les graines de ricin, pouvant entraîner ce problème. Les résultats de l'étude menée par Djermouni et *al.* (2023) sont plus au moins similaires aux nôtres. Ils ont constaté que l'intoxication et la contre-indication la plus fréquente.

Conclusion

CONCLUSION

Cette étude ethnopharmacologique sur la plante médicinale *R. communis* a été menée dans la région du Hodna, une région connue pour sa richesse en pratiques traditionnelles et réputée pour ses connaissances locales sur les plantes médicinales, ce qui en fait un terrain propice pour une enquête ethnopharmacologique approfondie.

Cette plante, communément connue sous le nom de ricin, est largement utilisée dans la médecine traditionnelle de la région. Le questionnaire a exploré les informations sur la personne enquêtée ainsi que les divers aspects de son utilisation, incluant les parties de la plante utilisées, les préparations traditionnelles, les indications thérapeutiques et les contre-indications.

L'enquête ethnopharmacologique a été réalisée auprès de diverses personnes (280 au total) ayant une connaissance approfondie des plantes médicinales. Cette enquête inclus trois types de personnes herboristes, guérisseurs et connaisseurs. La diversité de l'échantillon permet de garantir la représentativité des données collectées.

L'enquête ethnopharmacologique a donc permis de révéler les nombreuses utilisations traditionnelles de cette plante. À l'aide d'une série d'enquêtes ethnobotaniques menées dans la région du Hodna, nous avons pu identifier les pratiques médicinales traditionnelles caractéristiques, recueillir des données précises sur les parties de la plante utilisée, les méthodes de faire et les maladies traitées avec une connaissance de ses effets secondaires.

Les résultats obtenus confirment une corrélation notable entre le savoir-faire local d'origine à base de plantes et les propriétés pharmacologiques de cette plante telles qu'elles ont été étudiées et documentées. Il ressort de manière prononcée que *R. communis* est d'une importance et d'une diversification variée dans le domaine de la médecine traditionnelle voir même culturel.

Pour conclure, la présente étude a non seulement démontré l'efficacité thérapeutique de *R. communis*, mais aussi a contribué à préserver et à promouvoir les connaissances traditionnelles liées à cette plante dont l'importance est primordiale. En outre, les données collectées pourraient être utilisées comme préalables à d'autres études pharmacologiques approfondies et susciter l'intégration de cette plante dans les systèmes de santé moderne.

Références

Bibliographiques

Références bibliographiques

- Abhishek Mathur, A. M., Verma, S. K., Sajad Yousuf, S. Y., Singh, S. K., Prasad, G. B. K. S., & Dua, V. K. (2011). Antimicrobial potential of roots of *R. communis* against pathogenic microorganisms.
- Benchaâbane, A., & Abbad, A. (1997). Les plantes médicinales commercialisées à Marrakech. Traces du présent.
- Bentabet, N., Rajaa, R., & Sakina, N. (2022). Enquête ethnobotanique et inventaire des plantes médicinales utilisées dans le traitement des maladies dermatologiques dans la ville d'Ain Temouchent. *Journal of applied Biosciences*, 170(1), 17704-17719.
- Darmanin, T., & Guittard, F. (2009). Molecular design of conductive polymers to modulate superoleophobic properties. *Journal of the American Chemical Society*, 131(22), 7928-7933.
- D'Silva, I., Vaidyanathan, C. S., & Podder, S. K. (1993). Ribosome-inactivating proteins and agglutinins from callus and suspension cultures of *Ricinus communis* L. and *Abrus precatorius* L. *Plant Science*, 94(1-2), 161-172.
- Duke JA (1978) The quest for tolerant germplasm. In: ASA Special Symposium 32, Crop tolerance to suboptimal land conditions. Am Soc Agron Madison, WI, pp. 1–61
- Dumeignil, F. (2012). Propriétés et utilisation de l'huile de ricin. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 19(1), 10-15.
- El Rhaffari, L., & Zaid, A. (2002). Pratique de la phytothérapie dans le sud-est du Maroc (Tafilalet): Un savoir empirique pour une pharmacopée rénovée. *Des sources du savoir aux médicaments du futur*, 1, 293-318.
- Franke, H., Scholl, R., & Aigner, A. (2019). Ricin and *Ricinus communis* in pharmacology and toxicology—from ancient use and “Papyrus Ebers” to modern perspectives and “poisonous plant of the year 2018”. *Naunyn-Schmiedeberg's archives of pharmacology*, 392, 1181-1208.
- Gupta, M. K., Sharma, P. K., & Ansari, S. H. (2006). In-vitro antioxidant activity of the successive extracts of *Ricinus communis* leaves.
- Hall, S. M., & Medlow, G. C. (1974). Identification of IAA in phloem and root pressure saps of *Ricinus communis* L. by mass spectrometry. *Planta*, 119, 257-261.
- Hmamouchi, M. (1999). Les plantes médicinales et aromatiques marocaines : utilisation, biologie, écologie, chimie, pharmacologie, toxicologie, lexiques. *Bibliographie du patrimoine culturel immatériel*, 1999.
- Hussain, A., Aslam, B., Muhammad, F., & Faisal, M. N. (2021). In vitro antioxidant activity and in vivo anti-inflammatory effect of *Ricinus communis* (L.) and *Withania somnifera* (L.) hydroalcoholic extracts in rats. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 64, e21200783.

- Islam, T., Bakshi, H., Sam, S., Sharma, E., Hameed, B., Rathore, B., ... & Sharma, M. (2010). Assessment of antibacterial potential of leaves of *Ricinus communis* against pathogenic and dermatophytic bacteria. *International Journal of Pharma Research and Development*, 1(12), 1-7.
- Jena, J., & Gupta, A. K. (2012). *Ricinus communis* Linn: a phytopharmacological review. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 4(4), 25-29.
- Kahouadji, M. S. (1995). Contribution à une étude ethnobotanique des plantes médicinales dans le Maroc oriental. Diplôme d'études supérieures de 3ème cycle. Université Mohamed Ier.
- Kang, S. S., Cordell, G. A., Soejarto, D. D., & Fong, H. H. (1985). Alkaloids and flavonoids from *Ricinus communis*. *Journal of natural products*, 48(1), 155-156.
- Khogali A, Barakat S, Abou-Zeid H (1992) Isolation and identification of the phenolics from *Ricinus communis* L. *Delta J Sci* 16: 198–211
- Kore, K. J., Kabra, M. P., Rachhadiya, R. M., Shete, R. V., Bawane, R. R., & Bhusale, S. P. (2011). Pharmacological investigation on the wound healing effects of glycyrrhizic acid ammonium salt in rats.
- Kumar, A., & Samanta, K. (2023). A review on phytochemical and pharmacological activity of *Ricinus communis* (castor) plant.
- Makhlouf, K., Hamrouni, L., Khouja, M. L., & Hanana, M. (2010). Notes ethnobotanique et phytopharmacologique sur *Ricinus communis* L. *Phytothérapie*, 8(6), 374-376.
- Maroyi A (2007) *Ricinus communis* L. In: van der Vossen HAM, Mkamilo GS (eds) PROTA 14: vegetable oils/oléagineux (CD-ROM). PROTA, Wageningen, The Netherlands
- Natu, M. V., AGARWAL, S., Agarwal, S. L., & Agarwal, S. (1977). Protective effect of *Ricinus communis* leaves in experimental liver injury. *Indian Journal of Pharmacology*, 9(4), 265-268.
- Ogunniyi, D. S. (2006). Castor oil: a vital industrial raw material. *Bioresource technology*, 97(9), 1086-1091.
- Olvea (2008) Fiche technique : huile de ricin pharmaceutique, Siège social : 41, boulevard de la République, F-76400 Fécamp, France. http://www.olvea.fr/Data/File/Upload-Docs/rip-ft-02-10_48.pdf
- Onwuliri, V. A., & Anekwe, G. E. (2001). Amino acids and other biochemical components of *Ricinus communis* (variety minor), an anticonceptive seed. *Pak J Biol Sci*, 4(7), 866-868.
- Patel, V. R., Dumancas, G. G., Viswanath, L. C. K., Maples, R., & Subong, B. J. J. (2016). Castor oil: properties, uses, and optimization of processing parameters in commercial production. *Lipid insights*, 9, LPI-S40233.
- Ramos-López, M. A., Pérez, S., Rodríguez-Hernández, G. C., Guevara-Fefer, P., & Zavala-Sanchez, M. A. (2010). Activity of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *African Journal of Biotechnology*, 9(9).

- Ramos-López, M. A., Pérez, S., Rodríguez-Hernández, G. C., Guevara-Fefer, P., & Zavala-Sanchez, M. A. (2010). Activity of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *African Journal of Biotechnology*, 9(9).
- Reed CF (1976) Information summaries on 1,000 economic plants. USDA transcripts
- Rejeb MN, Khouja ML, Ghrabi Z, et al. (2006) Guide des plantes aromatiques médicinales. INRGREF, APIA, p. 26
- Ross, F. C. (2003). On having voice and being heard: some after-effects of testifying before the South African Truth and Reconciliation Commission. *Anthropological Theory*, 3(3), 325-341.
- Saini, A. K., Goyal, R., Gauttam, V. K., & Kalia, A. N. (2010). Evaluation of anti-inflammatory potential of *Ricinus communis* Linn leaves extracts and its flavonoids content in Wistar rats. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 2(5), 690-695.
- Salimon, J., Noor, D. A. M., Nazrizawati, A., & Noraishah, A. (2010). Fatty acid composition and physicochemical properties of Malaysian castor bean *Ricinus communis* L. seed oil. *Sains Malaysiana*, 39.
- Sandhyakumary, K., Bobby, R. G., & Indira, M. (2003). Antifertility effects of *Ricinus communis* (Linn) on rats. *Phytotherapy Research*, 17(5), 508-511.
- Sani, U. M., & Sule, M. I. (2007). Anti-fertility activity of methanol extracts of three different seed varieties of *Ricinus communis* Linn (Euphorbiaceae). *Nigerian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 6(2), 78-83.
- Sawhney, A. N., Khan, M. R., Ndaalio, G., Nkunya, M. H. H., & Wavers, H. (1978). Studies on the rationale of African traditional medicine. *Pak. J. Sci. Ind. Res.*, 215/6, 193, 196.
- Selles, C. (2012). Valorisation d'une plante médicinale à activité antidiabétique de la région de Tlemcen: *Anacyclus pyrethrum* L. Application de l'extrait aqueux à l'inhibition de corrosion d'un acier doux dans H₂SO₄ 0.5 M (Doctoral dissertation).
- Sharma, S., Singh, T., & Vijayvergia, R. (2009). Molluscicidal activity of some medicinal plants. *Journal of Herbal Medicine and Toxicology*, 3(2), 155-157.
- Shokeen, P., Anand, P., Murali, Y. K., & Tandon, V. (2008). Antidiabetic activity of 50% ethanolic extract of *Ricinus communis* and its purified fractions. *Food and chemical toxicology*, 46(11), 3458-3466.
- Shokeen, P., Anand, P., Murali, Y. K., & Tandon, V. (2008). Antidiabetic activity of 50% ethanolic extract of *Ricinus communis* and its purified fractions. *Food and chemical toxicology*, 46(11), 3458-3466.
- Shukla, B., Visen, P. K. S., Patnaik, G. K., & Dhawan, B. N. (1992). Choleric effect of andrographolide in rats and guinea pigs. *Planta medica*, 58(02), 146-149

- Shukla, B., Visen, P. K. S., Patnaik, G. K., Kapoor, N. K., & Dhawan, B. N. (1992). Hepatoprotective effect of an active constituent isolated from the leaves of *Ricinus communis* Linn. *Drug Development Research*, 26(2), 183-193.
- Singh, P. P., & Chauhan, S. M. S. (2009). Activity guided isolation of antioxidants from the leaves of *Ricinus communis* L. *Food chemistry*, 114(3), 1069-1072.
- Singh, R. K., Gupta, M. K., Katiyar, D., Srivastava, A., & Singh, P. (2010). In-vitro antioxidant activity of the successive extracts of *Ricinus communis* stems. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 1(8), 100-103.
- Tahri, N., El Basti, A., Zidane, L., Rochdi, A., & Douira, A. (2012). Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la province de Settat (Maroc). *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 12(2), 192-208.
- Taur, D. J., Waghmare, M. G., Bandal, R. S., & Patil, R. Y. (2011). Antinociceptive activity of *Ricinus communis* L. leaves. *Asian Pacific journal of tropical biomedicine*, 1(2), 139-141.
- Upasani, S. M., Kotkar, H. M., Mendki, P. S., & Maheshwari, V. L. (2003). Partial characterization and insecticidal properties of *Ricinus communis* L foliage flavonoids. *Pest Management Science: Formerly Pesticide Science*, 59(12), 1349-1354.
- Valderramas, A. C., Moura, S. H. P., Couto, M., Pasetto, S., Chierice, G. O., Guimarães, S. A. C., & de Paula Zurrón, A. C. B. (2008). Antiinflammatory activity of *Ricinus communis* derived polymer. *Brazilian Journal of Oral Sciences*, 7(27), 1666-1672.
- Visen, P. K. S., Shukla, B., Patnaik, G. K., Tripathi, S. C., Kulshreshtha, D. K., Srimal, R. C., & Dhawan, B. N. (1992). Hepatoprotective activity of *Ricinus communis* leaves. *International journal of pharmacognosy*, 30(4), 241-250.
- Yuldasheva, N. K., Ul'Chenko, N. T., & Glushenkova, A. I. (2002). Lipids of *Ricinus communis* seeds. *Chemistry of Natural Compounds*, 38, 413-415.
- Zhang, X., Shyy, W., & Sastry, A. M. (2007). Numerical simulation of intercalation-induced stress in Li-ion battery electrode particles. *Journal of the Electrochemical Society*, 154(10), A910.