



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة الشهيد حمى لخضر الوادي

Université Echahid Hamma Lakdhar - EL OUED

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا الخلوية و الجزيئية

Département de Biologie Cellulaire et Moléculaire

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique En Sciences biologiques

Spécialité : Biochimie Appliquée

THEME

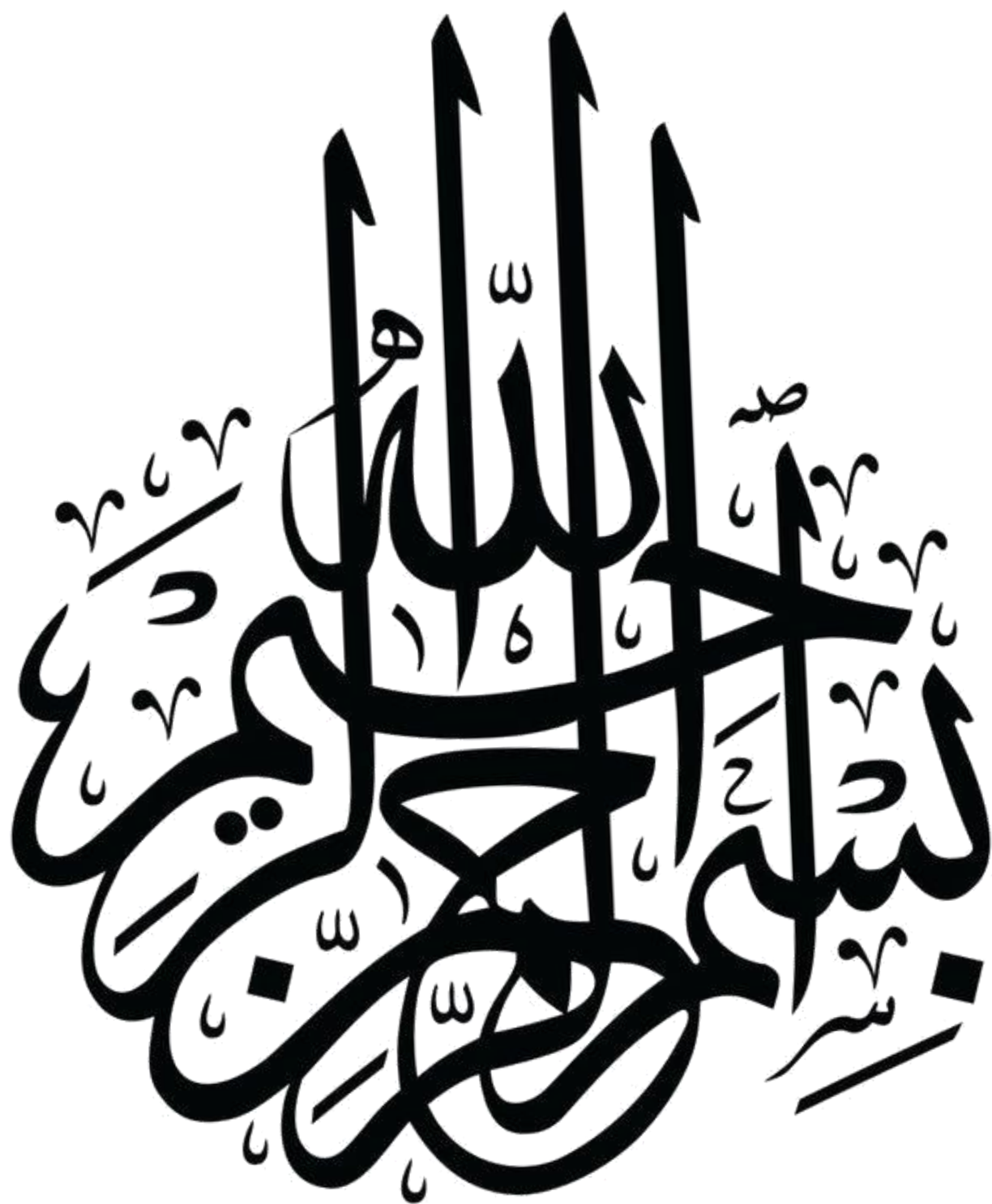
Enquête ethnomédicinale sur les plantes à usage cosmétique dans la région d'El Meghaïer et leur potentiel pour la formulation de nanogels

Présenté par :

- ARIBI Nour el houda
- BELARBI Assala
- GUERGAZI Meriem

Devant le jury composé de	Grade	Université
Président:BOUKHARI Dalal	M.A.A	EchahidHamma Lakhdar-El Oued
Examinatrice:LAIB Ibtiham	M.C.B	EchahidHammaLakhdar-El Oued
Promotrice:RAMDANE Farah	M.C.A	EchahidHamma Lakhdar-El Oued

Année universitaire 2025/2026





Remercie

Avant tout, nous remercions Dieu le Tout-Puissant de nous avoir donné la force, le courage et la patience nécessaires pour accomplir ce travail.

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre dévouée encadrante, **Dr. Ramdane Farah**, pour son suivi précieux, ses conseils avisés, sa patience et sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude aux membres du jury qui ont accepté d'évaluer notre travail et de siéger à cette soutenance.

Un grand merci au Président du jury pour l'honneur qu'il nous fait en présidant cette séance, ainsi qu'aux Examineurs pour le temps qu'ils ont consacré à la lecture de ce mémoire et pour la pertinence de leurs remarques qui enrichiront, sans doute, notre travail.

Nous tenons à exprimer notre profond respect et notre gratitude à tous les professeurs qui nous ont soutenus, guidés et encadrés tout au long de nos études universitaires, et tout particulièrement lors de la rédaction de cette thèse de fin d'études:

Mme Zamouli Nawal et Mr. Khalaf Yahya

Vos précieux conseils, votre rigueur scientifique et votre soutien constant ont été pour nous une source d'inspiration et de motivation. Grâce à votre précieux partage de connaissances et à vos conseils avisés, nous avons pu surmonter les défis et mener à bien ce travail scientifique.

*Nous exprimons notre chaleureuse reconnaissance à **Mme Rahouma Aya** pour son soutien, son aide précieuse et ses encouragements continus.*

Enfin, nous tenons à remercier chaleureusement les personnes suivantes pour leur collaboration, leur accueil et leur soutien technique ou moral qui ont grandement contribué à la réussite de ce projet:

Mr. Omar, Mr. Soltan Abdelhak et Mr. Abd El-Sattar Boukhezza

À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail, nous vous disons

Merci



إِهْدَاء

بكل فخر واعتزاز، باسم الله نبدا، وبحمده ننتهي، والصلاة والسلام على من علمنا أن طلب العلم فريضة وأن الصبر مفتاح الفرج،

اليوم في هذا العام 2026، لا أحتفل بانتهاء مرحلة دراسية فحسب، بل أحتفل بأن الاحلام التي بدت بعيدة يومًا

أصبحت واقعا، فاليوم نقف على عتبات المستقبل، نحمل في قلوبنا حصاد السنين وأمل البدايات الجديدة

فالحمد لله حمدا كثيرا طيبا مباركا فيه، الحمد لله حتى يبلغ الحمد منتهاه والحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات..

فما سلكنا البدايات إلا بتيسيره وما بلغنا النهايات إلا بتوفيقه وما حققنا الغايات إلا بفضلله أهدي تخرجي هذا

إلى من كلل العرق جبينه ومن علمني أن النجاح لا يأتي إلا بالصبر والاصرار، إلى النور الذي أنار دربي، إلى الغالي والنفيس الذي أستمده منه قوتي واعتزازي

والذي العزيز

إلى من جعل الجنة تحت أقدامها وسهلت لي الشدائد بدعائها،

إلى الإنسانية العظيمة التي لطالما تمننت أن تقر عينها لرئيقتي في يوم كهذا

أمي العزيزة

إلى الداعمين والساندين، إلى خيرة أيامي وأمانها، إلى ضلعي الثابت

إخوتي وأختي

إلى عائلة أُمي من أكبرهم جدي وجدتي العزيزين، إلى أخوالي وخالاتي، إلى أصغرفرد بينهم،

إلى عائلة أبي جميعا، إلى جدي وعمي "رحمة الله عليهم"

إلى عائلة بالعربي وعائلة سعدوني كل بإسمه ومقامه

لكم جميعا أصدق الحب والشكر على دعمكم ووجودكم في حياتي.

إلى رفيقة الدرب، وصديقة السراء والضراء، من قاسمتني سهر الليالي وتعب الايام

صديقتي الغالية

إلى من وقف بجاني في السراء والضراء، إلى روح عانقتني بالحب والدعوات، شكرا

لكل من كان في طريقي استندت عليه او مرعابرا.

...وأخيرا أهدي تخرجي إلى نفسي وذاتي، إلى قلبي الذي صبر، وإلى إرادتي التي لم تتراجع أمام الصعاب

وإلى جهدي الذي سعى بلا كلل

مضى التاريخ مفتخرا وبات الحلم ورديا وعانقت طيور الحلم وأصبحت اليوم أجمل خريجة

فمن قال أنالها "نالها" وأنا لها إن ابنت رغما عنها أتيت بها.

أصالة بالعربي

شكرا



إهداء

اللهم لك الحمد والشكر كما ينبغي لجلال وجهك وعظيم سلطانك

الحمد لله قولاً وفعلاً وشكراً ورضاً. الشكر لله الذي أنار لي درب وفتح لي أبواب العلم وأمدني بالصبر والإرادة لإتمام هذه الرسالة اللهم لك الحمد حتى ترضى ولك الحمد إذا رضيت ولك الحمد بعد الرضا

أهدي ثمرة جهدي هذه إلى

إلى والدي الغالي عز الدين، إلى داعمي الأول وعزوتي كنت السند في كل خطوة أباهي فيك أنك والدي فمن الذي سيلوم حين أباهي ، لا رجل كالأب ولا أب كأبي حفظك الله ورعاك وأطال في عمرك. إلى أُمي الحبيبة الزهرة ، يا من دعاؤها يسبق خطاي وحنانها يخفف كل تعب والقلب الذي لم يتعب يوماً من العطاء والملجأ في كل ضعف ، إلى من أبصرت بها طريق حياتي وإعتزلي بذاتي كل عبارات الشكر والإمتنان لن توفيك حقل أطال الله في عمرك دنيتي

إلى أخي الصغير أحمد، الذي كان يرافقني إلى محطة السفر بابتسامة هادئة وكأنه يخفف عني تعب الطريق ويقصر المسافات، وجودك يمنحني قوة لا توصف ودعماً لا يفنى.

إلى جدتي باية رحمها الله ، إلى تلك الروح التي غابت عن العين ولم تغب عن القلب، لمن كانت تفرح لأجلي قبل أن أفرح لنفسي، أهديك هذا النجاح عسى أن يصلك دعائي مع كل سطر.

إلى خالتي الغاليتين نعيمة ولندة، إلى من منحتاني الدعم والكلمة الطيبة في أحلك اللحظات، كل كلمات الشكر لا تكفيكما، أهديكما هذا العمل عربون محبة ووفاء.

إلى أخوالي منير، هشام، فاروق، جموعي، الشافعي إلى من غمروني بمحبتهم الصادقة في كل مرحلة من حياتي، إلى القلوب التي لم تبخل عليّ يوماً بالنصيحة والدعم، أعتز بوجودكم في حياتي وأهديكم هذا العمل تقديراً وإمتناناً وإعتزازاً.

إلى رفيقات الدرب إكرام، خلود، قطر الندى، نسرين، أسماء، إلى من شاركني أجمل اللحظات وأصعبها، نقسم التعب والمشقة ونحلم بالنجاح كنن نعم الأخوات والسند الذي لا يميل، دمتن لي شيئاً جميلاً لا ينتهي.

وفي الختام...

شكراً



إهداء

إلى من حملتني تسعة أشهر وأرضعتني حباً وعطاءً. مهما كبرتُ، ومهما نجحتُ، سيبقى دعاؤك أول أسباب نجاحي.. إليك أهدي أولى ثمرات تعبك معي فلك يا أمي كل الحب والامتنان ، حفظك الله وأدامك نوراً لحياتي.

إلى أمي الحبيبة

إلى من كان تعبهُ طريقَ نجاحي ، الذي علّمني أن الطموح لا حدود له. وكان دائماً سنداً وقوةً أستمد منها العزم والثقة، أنت القائد الذي أرشدني، والسند الذي لم يخذلني يوماً حفظك الله وأطال في عمرك.

إلى أبي الغالي

إلى من كانوا دائماً سنداً لي وعوناً على الطريق، إلى من شاركوني لحظات الفرح قبل التعب دمتم لي مصدر محبة وفخر.

يعقوب، عبد العزيز، وعبد الله

إلى إخوتي

إلى رفيقة دربي، أنتِ سندي الوحيد في لحظات ضعفي، وقوتي حين تخونني كل الأسباب. شكراً لأنك كنت لي الأخت والأم والصديقة مهما كبرتُ، ستبقى أنتِ طفولتي الأولى.

إلى أختي فراح

إلى الأخت التي لم تنجها أمي السند الذي لم يخذلني يوماً شكراً لأنك كنتِ معي خطوة بخطوة في هذا العمل وقفتِ بجاني حين كنت أحتاج إلى سند، ومددت يدك إليّ حين كنت على وشك السقوط. أنتِ من شاركتني التعب قبل الفرح، ومن كنتِ تفرحين لنجاحي كأنه نجاحكِ أنتِ.

ابنة خالي العزيزة أميمة

شكراً لروحكِ الطيبة وكلماتكِ المشجعة التي كانت تبعث في نفسي الأمل والطاقة

إلى زوجة أخي

تلك التي كانت دعواتها خير رفيق لي في غيابي ، شكراً لك يا من كنتِ ولا زلتِ سنداً لا ينقطع، ودعاء لا ينام. أطال الله في عمرك ورزقك الصحة والعافية وحفظك من كل سوء.

إلى جدتي الغالية

إلى جدي/جدتي الذين رحلوا إلى من كنت أتمنى لو كانوا معي اليوم ليروا فرحتي اللهم ارحمهم واغفر لهم، ووسع مدخلهم، ونور قبورهم اللهم اجمعنا بهم في جنات النعيم نور بيتنا وبهجة قلوبنا أنتم من كانوا ينتظرون عودتي بفرح، ويسألون عن دراستي وكأنهم شركائي في التعب.

ضحكاتكم كانت تمسح عني تعب الأيام، وأحلامكم البريئة كانت تذكرني أن الغد أجمل أتمنى أن أكون قدوة حسنة لكم، وأن تصلوا يوماً إلى ما أنا عليه الآن

إلى صغار البيت

سجود ❀ اسحاق ❀ رحمة ❀ زكريا

إلى من علموني أن العائلة هي أغلى ما نملك في هذه الدنيا إلى أعمامي وأخوالي، إلى عماتي وخالاتي، وإلى أبنائهم جميعاً كالـ باسمه في فحار كنتم السابقين، وفي تعم كنتم الداعمين دعماؤكم كانت ولا زالت

نور الهدى عربي

شكراً

Résumé

Cette étude vise à valoriser la flore locale de la wilaya d'El-Meghaier à travers l'exploitation de sa composition biochimique pour la synthèse verte de nanoparticules d'oxyde de zinc (ZnO NPs), destinées à l'élaboration d'une nano-crème à visée cosméto-thérapeutique. Dans un premier temps, une enquête ethnobotanique a été menée auprès de la population locale afin d'identifier les espèces végétales les plus utilisées en médecine traditionnelle esthétique. Les données recueillies ont été soumises à des analyses statistiques, notamment le calcul de la fréquence de citation (FC), ce qui a permis de sélectionner la menthe verte (*Mentha spicata* L.), l'espèce la plus citée, et la réglisse (*Glycyrrhiza glabra* L.), l'une des espèces les moins citées. Les extraits végétaux ainsi que les nanoparticules synthétisées ont été caractérisés à travers l'évaluation de leurs activités biologiques à l'aide des tests DPPH, FRAP et PPM. La stabilité physique et le pH de la formulation finale ont également été déterminés. Les résultats obtenus ont montré que l'extrait de menthe verte présentait une activité antioxydante importante avec une valeur d'IC₅₀ de 0,68 mg/ml au test DPPH. Les nanoparticules de ZnO ont enregistré le pouvoir réducteur le plus élevé au test FRAP (965 µg EAA/mg), dépassant celui des extraits bruts, ce qui pourrait être attribué à l'interaction entre les composés phénoliques et la surface des nanoparticules. Concernant le test PPM, l'extrait de réglisse a présenté la valeur la plus élevée (450 µg AA/mg). La formulation finale obtenue s'est révélée physiquement stable et a présenté un pH de 5,5, compatible avec la physiologie cutanée. Ces résultats mettent en évidence le potentiel des extraits végétaux locaux et des nanoparticules biosynthétisées dans le développement de formulations à intérêt dermocosmétique. Cette étude contribue ainsi à la valorisation des ressources floristiques de la région et ouvre des perspectives pour leur exploitation dans les domaines cosmétique et pharmaceutique.

Mots-clés : Étude ethnobotanique, *Glycyrrhiza glabra* L, *Mentha spicata* L , ZnO NPs, Activité antioxydante, Nano-crème.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تثمين الغطاء النباتي المحلي لولاية المغير من خلال استغلال تركيبه الكيميائي الحيوي في التخليق الأخضر لجسيمات أكسيد الزنك النانوية (ZnO NPs) ، بهدف تطوير كريم نانوي ذي تطبيقات تجميلية وعلاجية. في المرحلة الأولى، أُجريت دراسة إثنوبوتانية لدى سكان المنطقة بهدف تحديد الأنواع النباتية الأكثر استعمالاً في الطب التقليدي التجميلي. وقد خضعت البيانات المتحصل عليها لتحليلات إحصائية، لا سيما حساب تكرار الاستشهاد (FC) ، مما سمح باختيار النعناع الأخضر (*Mentha spicata* L.) باعتباره النوع الأكثر استعمالاً، والعرقسوس (*Glycyrrhiza glabra* L.) باعتباره من بين الأنواع الأقل استعمالاً. تم تقييم المستخلصات النباتية والجسيمات النانوية المُحضَّرة من خلال دراسة أنشطتها البيولوجية باستعمال اختبارات DPPH و FRAP و PPM، بالإضافة إلى تقييم الاستقرار الفيزيائي ودرجة الحموضة (pH) للتركيبية النهائية. أظهرت النتائج أن مستخلص النعناع الأخضر يمتلك نشاطاً مضاداً للأكسدة مهماً، حيث بلغت قيمة IC_{50} 0.68 ملغ/مل في اختبار DPPH. كما سجلت جسيمات أكسيد الزنك النانوية أعلى قدرة اختزالية في اختبار FRAP بقيمة 965 ميكروغرام مكافئ حمض الأسكوربيك/ملغ (EAA/μg) ، متفوقاً على المستخلصات الخام، وهو ما قد يُعزى إلى التفاعل بين المركبات الفينولية وسطح الجسيمات النانوية. أما في اختبار PPM ، فقد أظهر مستخلص العرقسوس أعلى قيمة بلغت 450 ميكروغرام مكافئ حمض الأسكوربيك/ملغ (AA/μg). قيمة pH بلغت 5.5، وهي قيمة متوافقة مع فسيولوجيا الجلد. وتبرز هذه النتائج الإمكانيات الواعدة للمستخلصات النباتية المحلية والجسيمات النانوية المُصنَّعة حيوياً في تطوير مستحضرات ذات أهمية في مجال العناية الجلدية والتجميل. وعليه، تساهم هذه الدراسة في تثمين الموارد النباتية المحلية للمنطقة وتفتح آفاقاً واعدة لاستغلالها في المجالين التجميلي والصيدلاني، أثبتت التركيبية النهائية المتحصل عليها استقراراً فيزيائياً جيداً، كما أظهرت ان قيمة pH بلغت 5.5، وهي قيمة متوافقة مع فسيولوجيا الجلد. وتبرز هذه النتائج الإمكانيات الواعدة للمستخلصات النباتية المحلية والجسيمات النانوية المُصنَّعة حيوياً في تطوير مستحضرات ذات أهمية في مجال العناية الجلدية والتجميل. وعليه، تساهم هذه الدراسة في تثمين الموارد النباتية المحلية للمنطقة وتفتح آفاقاً واعدة لاستغلالها في المجالين التجميلي والصيدلاني.

الكلمات المفتاحية: دراسة إثنوبوتانية، عرق السوس ، النعناع البري ، جزيئات أكسيد الزنك النانوية، النشاط المضاد للأكسدة، كريم نانوي.

Liste des abréviations

- Å:	Angstrom
- AlCl₃:	Chlorure d'aluminium
- APTS:	3-Aminopropyl) triéthoxysilane)
- C₅H₈:	Isoprène
- DPPH:	Diphenyl pyryl-hydrazyl
- Es:	Ecartype
- EtOH:	Alcool éthylique
- eV:	Électron-volt
- FeCl₃:	Chlorure de fer
- Gpa:	Gigapascal
- IC₅₀:	Concentration inhibitrice de 50% (Inhibitory Concentration of 50%
- IRM:	Imagerie par résonance
- ISO:	L'Organisation internationale de normalisation
- Na₂P₄:	Phosphate de sodium
- NP:	Nanoparticules
- OMS:	Organisation mondiale de la Santé
- PI:	Pourcentage d'inhibition
- PM:	Poids moléculaire
- RIO:	Research Integrity Office
- SDS:	Sodium dodecyl sulfate
- UICN:	Union internationale pour la conservation de la nature
- UV:	Ultra-violet
- ZnO:	L'oxyde de Zinc
- ZnOP:	Nanoparticules d'oxyde de Zinc
- Ω:	Ohm

Liste des Figures

Numéro	Titre	Page
Figure 01	Quelque plantes médicinale	8
Figure 02	Structure chimique du polyphénol	10
Figure 03	Structure d'acide hydroxybenzoïque	11
Figure 04	Structure d'acide hydroxy cinnamique	11
Figure 05	Structure de base des flavonoïdes	11
Figure 06	Structure chimique de lignine	12
Figure 07	Condensation de Pechmann	12
Figure 08	Exemple d'alcaloïde la morphine	13
Figure 09	Gamme de taille des nanoparticules comparées à celles des principales structures chimique et biologique	15
Figure 10	représentation schématique de la structure de ZnO	19
Figure 11	Structure Wurtzite du Zinc	19
Figure 12	Schématisation des démarches « bottom-up » et « top-down » dans la construction de nanomatériaux	21
Figure 13	<i>Glycyrrhiza Glabra L</i> , et leur racines	24
Figure 14	<i>Mentha spicata L</i> (Menthe verte)	26
Figure 15	Situation géographique de la wilaya d'El-Meghaier	31
Figure 16	Carte satellitaire de la région d'étude(El-Meghaier)	32
Figure 17	<i>Glycyrrhiza glabra L</i> et <i>Mentha spicata L</i>	33
Figure 18	Schéma récapitulatif du protocole d'extraction	35
Figure 19	Equation du radical DPPH transformé en DPPH	39
Figure 20	Étapes de la biosynthèse de nanoparticules d'oxyde de zinc (ZnONPs) à l'aide d'extraits végétaux	41
Figure 21	préparation de la base crémeuse par émulsification des phases huileuse et aqueuse	42
Figure 22	Ajout des extraits de <i>Mentha spicata L</i> et <i>Glycyrrhiza glabra L</i> huiles végétales à la formulation finale	43
Figure 23	Utilisation des plantes médicinales selon le sexe	46
Figure 24	Utilisation des plantes médicinales selon l'âge	46
Figure 25	Utilisation des plantes médicinales selon le niveau d'éducation	47
Figure 26	Utilisation des plantes médicinales selon la profession	47
Figure 27	Utilisation des plantes médicinales selon la situation familiale	48
Figure 28	Recours à la médecine traditionnelle vs moderne	48
Figure 29	Source d'information sur les plantes médicinales	49
Figure 30	Efficacité des plantes médicinales	50

Figure 31	Source des plantes	50
Figure 32	Répartition les parties utilisées	51
Figure 33	Domaine d'utilisation des plantes	51
Figure 34	Utilisation dans le domaine cosmétique	52
Figure 35	Mode de préparation des plantes	52
Figure 36	Mode d'administration des plantes	53
Figure 37	Durée d'utilisation des plantes	53
Figure 38	Existence d'effets secondaires	54
Figure 39	Valeur IC50 <i>Glycyrrhiza glabra L</i> et <i>Mentha spicata L</i> et acide Ascorbique	61
Figure 40	Pouvoir réducteur de <i>Glycyrrhiza glabra L</i> et <i>Mentha spicata L</i> (FRAP)	62
Figure 41	Pouvoir réducteur de <i>Glycyrrhiza glabra L</i> et <i>Mentha spicata L</i> (PPM)	63
Figure 42	Valeur IC50 <i>Glycyrrhiza glabra L</i> et <i>Mentha spicata L</i> et ZnONPs	63
Figure 43	Pouvoir réducteur de <i>Glycyrrhiza glabra L</i> , <i>Mentha spicata L</i> et ZnO NPs (FRAP)	64
Figure 44	Pouvoir réducteur de <i>Glycyrrhiza glabra L</i> , <i>Mentha spicata L</i> et ZnONPs (PPM)	65
Figure 45	spectres d'absorption UV-Visible des (ZnONPs) avant et après le calcination	66
Figure 46	Spectre d'absorption FTIR des Zn ONPs biosynthétisées	67

Liste des Tableaux

Numéro	Titre	Page
Tableau 01	Classification botanique de <i>Glycyrrhiza Glabra L</i>	23
Tableau 02	Classification botanique de <i>Mentha Spicata L</i>	26
Tableau 03	Liste des espèces utilisées et les indices ethnobotaniques	54
Tableau 04	Niveau de fidélité (en %) de chaque espèce végétale dans différents domaines d'utilisation	56
Tableau 05	Rendement et caractéristiques de l'extrait de la plante étudiée	59
Tableau 06	Résultats de screening phytochimique de l'extrait sec	59
Tableau 07	Teneurs en Polyphénols, flavonoïdes et tannins totaux de <i>Glycyrrhiza glabra L</i> et <i>Mentha spicata L</i>	60
Tableau 08	Résultats des paramètres organoleptiques du crème	67

Sommaire

Remerciements		
Dédicaces		
Résumés		
Liste des abreviations		
Liste des figures		
Liste des tableaux		
Introduction		01
PARTIE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE		
Chapitre I : Généralités sur la Médecine traditionnelle		
Numéro	Titre	Page
I.1	Médecine traditionnelle	6
I.1.1	Définition de la médecine traditionnelle	6
I.1.2	Importance de la médecine traditionnelle	6
I.1.3	Ethnopharmacologie	7
I.1.4	Ethnobotanique	7
I.2	Plantes médicinales	8
Chapitre II :Nanoparticules d'oxyde métallique		
II.1	Généralités sur la nanotechnologie	15
II.1.1	Définition des nanoparticules	15
II.2	Nanoparticules d’oxyde de zinc	18
Chapitre III : Description des plantes étudiées		
III.1	<i>Glycyrrhiza Glabra L</i>	23
III.1.1	Présentation de la plante	23
III.1.2	Classification botanique	23
III.1.3	Description botanique	23
III.1.4	Répartition géographique	24
III.1.5	Composition chimique	24
III.1.6	Utilisations thérapeutiques	25
III.2	<i>Mentha Spicata L</i>	25
III.2.1	Présentation de la plante	25
III.2.2	Classification botanique	26
III.2.3	Description botanique	26
III.2.4	Répartition géographique	27
III.2.5	Composition chimique	27
III.2.6	Utilisations thérapeutiques	28
PARTIE II : PARTIE PRATIQUE		
Chapitre I: Matériels et méthodes		
I.1	Matériels	31
I.1.1	Enquête ethnobotanique	31

I.1.2	Produits chimique et réactifs	32
I.1.3	Recolte du matériel végétale	32
I.1.4	Indices quantitatifs	33
I.2	Méthodes	34
I.2.1	Préparation du matériel végétal	34
I.2.2	Extraction	34
I.2.3	Screening phytochimique	35
I.2.4	Dosage des composées phénoliques par la méthode colorimétrique	37
I.2.5	Evaluation de l'activité antioxydante	38
I.2.6	Synthés de ZnONPs	40
I.2.7	Technique de caractérisations	42
I.2.8	Préparation d'une crème cosméto-thérapeutique enrichie en nanoparticules d'oxyde de zinc (ZnONPs) et en extraits végétaux de <i>Glycyrrhiza glabra L</i> et <i>Mentha spicata L</i>	42
I.2.9	Contrôle de qualité de la crème préparée	43
Chapitre II: Résultats et discussions		
II.1	Résultats	47
II.1.1	Analyse du profil des enquêtés	47
II.1.2	Analyse des plantes médicinales utilisées	51
II.1.3	Analyse des familles botaniques	55
II.1.4	Rendement de l'extrait aqueux de <i>Glycyrrhiza glabra L</i> et <i>Mentha spicataL</i>	60
II.1.5	Screening phytochimique	60
II.1.6	Analyse quantitative des composés phénoliques par méthode colorimétrique	61
II.1.7	Évaluation de l'activité biologique in vitro	62
II.1.8	Évaluation de l'activité antioxydante de ZnONPs	65
II.1.9	Analyses et Caractéristiques du nanoparticulesd'oxyde de zinc (ZnONPs)	67
II.1.10	Caractérisation organoleptique de la crème préparée	69
II.2	Discussion	69
Conclusion		86
Références bibliographiques		89
Annexes		99

Introduction

Générale

Introduction générale

La relation qui unit les sociétés humaines et le règne végétal plonge ses racines dans les profondeurs de l'histoire ancienne, où les plantes constituaient un pilier essentiel à la survie de l'humanité et à la sécurité alimentaire. Ce lien ne s'est pas limité à l'aspect nutritionnel, mais s'est étendu à la dimension thérapeutique; en effet, les ressources naturelles ont été considérées à travers les âges comme la première ligne de défense et la pharmacie centrale pour le traitement de diverses maladies et inflammations complexes. Aujourd'hui encore, ces ressources vitales constituent la source principale et la référence pour l'extraction et la découverte de molécules bioactives et de composés innovants dans les industries pharmaceutiques et thérapeutiques modernes **(Kemassi *et al.*, 2014 ; Newman et Cragg, 2020)**.

Les plantes médicinales et les médicaments d'origine végétale jouent un rôle déterminant et central dans la préservation de la santé publique, ainsi que dans la protection du cheptel en médecine vétérinaire. Elles se sont ainsi imposées comme un outil incontournable, tant auprès des praticiens de la médecine moderne que de la médecine traditionnelle, pour sauver des vies et lutter contre des épidémies tenaces depuis des millénaires **(Adjanohoun, 1982 ; Yuan *et al.*, 2016)**. Cet effet thérapeutique unique et les multiples propriétés biologiques des plantes sont attribués à leur richesse en composés phénoliques, classés parmi les métabolites secondaires les plus importants et les plus répandus dans la nature, et qui se distinguent par leurs capacités exceptionnelles et leurs multiples avantages dans les domaines thérapeutiques, pharmaceutiques, alimentaires et cosmétiques **(Cheynier, 2012; Lebcir *etal.*,2020)**.

Au cours de la dernière décennie, l'industrie cosmétique a connu une transformation radicale vers ce que l'on appelle la « cosmétique verte » ou les produits biologiques, avec une demande mondiale croissante pour l'intégration d'extraits végétaux comme alternatives sûres aux composés chimiques de synthèse susceptibles de provoquer des effets secondaires tels que des allergies ou une toxicité cellulaire **(Guan *et al.*, 2021)**. L'importance capitale des plantes médicinales dans le domaine de la cosmétique réside dans la capacité de leurs composés actifs (tels que les flavonoïdes, les tanins et les Terpènes) à apporter des solutions complètes aux problèmes de la peau et des cheveux. Elles agissent comme de puissants antioxydants, souvent plus efficaces que les antioxydants de synthèse, ce qui leur confère la capacité d'inhiber les radicaux libres responsables du vieillissement prématuré et des dommages cellulaires cutanés **(Zillich *et al.*, 2015)**. De plus, de nombreux extraits végétaux possèdent des propriétés anti-inflammatoires et antimicrobiennes, ce qui les rend idéaux pour traiter l'acné et protéger la peau contre les facteurs environnementaux nocifs, sans oublier leur rôle efficace dans l'inhibition de

l'enzyme tyrosinase afin de réduire la pigmentation et d'éclaircir le teint de manière sûre et naturelle (**Mukherjee et al.,2011**).

Dans le cadre de la valorisation de la flore locale de la wilaya d'El-Meghaier, et plus précisément dans le cadre de la recherche d'alternatives naturelles hautement efficaces au service du secteur de la cosmétique et des soins de la peau, nous nous sommes intéressés dans cette étude à deux espèces végétales distinctes qui occupent une place importante dans la médecine traditionnelle et présentent des perspectives prometteuses dans les applications cosmétiques ; à savoir : la réglisse (*Glycyrrhiza glabra L*), appartenant à la famille des Fabacées (Fabaceae), et la menthe verte (*Mentha spicata L*), appartenant à la famille des Lamiacées (Lamiaceae).

L'objectif principal et ontologique de cette recherche consiste à valoriser ces deux plantes (la réglisse et la menthe) et à exploiter leur riche composition biochimique afin de créer et de développer une formule cosmétique naturelle, sûre et dotée d'une grande efficacité thérapeutique et cosmétique.

Ce travail de recherche est structuré et divisé en plusieurs chapitres successifs:

Première partie (partie théorique) : cette partie est consacrée à la présentation et à l'analyse d'informations et de contextes généraux sur la médecine traditionnelle, les plantes médicinales, la nanotechnologie et le rôle pionnier qu'elle joue dans divers aspects de la vie quotidienne. Elle met également en lumière de manière détaillée les nanoparticules d'oxyde de zinc (ZnO NPs) et leur rôle fonctionnel révolutionnaire dans le domaine des cosmétiques et des produits de soins de la peau. Cette partie se termine par une fiche descriptive complète des deux espèces végétales étudiées.

Deuxième partie (partie expérimental) : ce chapitre passe en revue la matière végétale utilisée et détaille les protocoles et méthodologies adoptés dans l'étude ethnobotanique et l'étude phytochimique, ainsi que les méthodes de mesure des activités antioxydantes. Cette partie comprend également le mécanisme de préparation écologique des nanoparticules d'oxyde de zinc à l'aide d'extraits végétaux (de réglisse et de menthe), ainsi que la manière de les incorporer pour former un nanogel ou une crème contenant ces particules. Enfin, tous les résultats obtenus sont présentés, discutés et interprétés par rapport à ce qui est rapporté dans la littérature et les études scientifiques antérieures.

Ce plan scientifique se termine par une conclusion générale qui résume les principales conclusions, tout en ouvrant de nouvelles perspectives pour la recherche future.

PARTIE I
SYNTHÈSE
BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I
Généralités sur La
Médecine traditionnelle

I.1. Médecine traditionnelle

I.1. 1. Définition de la médecine traditionnelle

Elle peut être définie comme « la somme de toutes les connaissances, compétences et pratiques reposant sur les théories, croyances et expériences propres à différentes cultures, qu'elles soient explicables ou non, et qui sont utilisées dans la préservation de la santé, ainsi que dans la prévention, le diagnostic, l'amélioration ou le traitement de maladies physiques ou mentales **(Murielle, 2020)**. Aussi C'est une thérapie de substitution qui a pour but de traiter les symptômes d'une affection. Ses origines peuvent parfois être très anciennes et elle se base sur l'utilisation de plantes selon les vertus découvertes empiriquement **(Messadi et Larbi, 2022)**.

I.1.2.Importance de la médecine traditionnelle

La médecine traditionnelle prend également de l'importance en tant que forme de médecine alternative, partageant de nombreuses caractéristiques qui la distinguent de la médecine moderne. Pratiquée depuis longtemps, elle considère le corps humain comme une entité holistique, englobant les dimensions spirituelle, sociale, mentale et physique. Elle est également étroitement liée à la vie et aux cultures de groupes de population spécifiques **(Ghafour, 2012)**.

Le rôle que la médecine traditionnelle et les tradipraticiens peuvent jouer pour réaliser l'objectif de la santé pour tous a été reconnu dans la Déclaration d'Alma-Ata de 1978.

Dans le monde arabo-islamique, la médecine traditionnelle est liée à ce que l'on appelle la «médecine prophétique », qui englobe les pratiques médicales et les méthodes préventives et thérapeutiques pour divers maux spirituels, établies dans les enseignements du Prophète Mohammed (que la paix soit sur lui). Ces méthodes incluent notamment le traitement par les plantes médicinales, la ventousothérapie , la cautérisation et les incantations **(Ghafour, 2012)**.

En Algérie les plantes occupent une place importante dans la médecine traditionnelle, qui, elle-même est largement employée dans divers domaines de la santé. Dans les dernières années, la phytothérapie est très répandue, des herboristes sont partout et sans aucune formation spécialisée ou connaissance scientifique sur la phytothérapie, ils prescrivent des plantes et des mélanges pour toutes les maladies : diabète, rhumatisme, minceur et même les maladies incurables.

Des chiffres recueillis auprès du Centre national du registre de commerce, montrent qu'à la fin 2009, l'Algérie comptait 1926 vendeurs spécialisés dans la vente d'herbes médicinales, dont

1393 sédentaires et 533 ambulants. La capitale en abritait, à elle seule, le plus grand nombre avec 199 magasins, suivie de la wilaya de Sétif (107), Bechar (100) et El Oued avec 60 magasins (Souati et Ajaila, 2022).

I.1.3. Ethnopharmacologie

I.1.3.1. Définition

Aborde l'étude des médecines traditionnelles et de leurs pharmacopées sous un éclairage nouveau, celui apporté par la richesse et la diversité des nombreuses disciplines qui la composent. L'ethnopharmacologie met en relation les savoirs ancestraux des médecines traditionnelles et les connaissances scientifiques actuelles (Fleurentin et Balansard ,2002).

L'ethnopharmacologie est les études scientifiques interdisciplinaire de l'ensemble des matières d'origine animale, végétale, ou minérale, et des savoirs ou des pratiques s'y rattachant, que les cultures vernaculaires mettent en œuvre pour modifier les états des organismes vivants à des fins thérapeutiques, préventives, curatives ou diagnostiques (Ben zana et Dahma ,2022).

I .1.3.2.Intérêt de l'ethnopharmacologie

Cette discipline originale couvre des domaines d'études vastes, les plantes médicinales ainsi que leur mode de récolte et la recherche des principes actifs qu'elles renferment pour confirmer leur effet intéressant, en plus des minéraux et des produits animaux utilisée en thérapeutique et la préparation des médicaments, la posologie, mais aussi les rituels qui accompagnent les traitement (Houacinou et Heroual, 2024).

I.1.4.Ethnobotanique

I.1.4.1. Définition

L'ethnobotanique se réfère à la contraction de l'ethnologie et de la botanique, la discipline qui examine les relations complexes que l'homme entretient avec le monde des plantes et leur classement conformément aux systèmes culturels (Ben zana et Dahma, 2022). Cette discipline explore ainsi les liens entre les sociétés humaines, leur environnement et les plantes, en s'intéressant notamment aux usages et à l'évolution des végétaux à travers divers contextes culturels et périodes historiques (Laouar, 2025).

L'ethnobotanique, contraction de l'ethnologie et de la botanique, se concentre sur la compréhension des relations entre les plantes et les êtres humains (Abimouloud et Berramdane, 2024).

I.1.4.2. Intérêt de l'ethnobotanique

L'étude ethnobotanique permet l'évaluation du savoir des populations locales et leurs relations avec les plantes, elle fournit des éléments qui permettent de mieux comprendre comment les sociétés anciennes ont inséré le savoir médicinal par les plantes dans leur milieu naturel. Pour **(Lucie,2010)**, le but de l'ethnobotanique est d'éviter la perte des savoirs traditionnels. C'est grâce au contexte international marqué par le sommet de RIO, et les recommandations, surtout de l'UICN et l'OMS **(Sadoud et Latreche ,2017)**.

I.2. Plantes médicinales

I.2.1. Définition d'une plante médicinale

Une plante médicinale est une plante utilisée pour prévenir, traiter ou soulager diverses maladies **(Zardomi ,2015)**. Sont utilisées en médecine traditionnelle, et au moins certaines d'entre elles ont une valeur médicinale. Leur effet provient de leurs composés (métabolites primaires ou secondaires) ou de la synergie entre les différents composés existant **(Ouled cheikh et Triki, 2021)**.

Elles sont des drogues végétales dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses **(Lalmi et Laouri, 2021)**. Cette drogue végétale se caractérisent principalement par des plantes ou des parties de plantes complètes, fragmentées, ou brisées, utilisées soit à l'état naturel, le plus fréquemment sous forme desséchée, soit à l'état frais **(Abbas, 2024)**. Les plantes médicinales sont utilisées sous deux formes :

- La forme brute: qui se présente sous diverses formes (infusions, huiles essentielles, extraits, colorants, etc.).
- La forme pure : sous cette forme, le principe actif (la substance active) responsable de l'effet thérapeutique est identifié et défini chimiquement. Les composés purs sont généralement utilisés lorsque les principes actifs ont un effet puissant **(Zardomi,2015)**.



Figure01:Quelque plantes médicinale **(GOOGLE,2026)**

I.2.2. Origine des plantes médicinales

Elle porte sur deux origines. En premier lieu les plantes spontanées dites "sauvages" ou cueillette, puis en second les plantes cultivées (**Laib et al., 2021**).

A- Plantes spontanées

Est définie comme la flore qui pousse naturellement sans intervention humaine et qui maintient ainsi un processus naturel de colonisation, leur répartition dépend du sol et surtout du climat. Un autre terme est parfois utilisé pour désigner ces plantes, celui de plante adventice, étymologiquement, est une plante qui est venue d'ailleurs « advinere ». Elle désigne en agronomie une plante indésirable au lieu où elle se trouve. Elles furent les seules utilisées autrefois et représentent encore aujourd'hui un pourcentage notable du marché européen (**Messadi et Larbi, 2022**).

B- Plantes cultivées

Pour l'approvisionnement de marché des plantes médicinales et la protection de la biodiversité floristique, le reboisement des plantes médicinales est indispensable :

- ❖ Disponibilité des plantes sans besoin d'aller dans la forêt pour détruire les espèces sauvages.
- ❖ Apports substantiels de revenus pour les paysans qui les cultivent.
- ❖ Disponibilité prévisible des plantes médicinales au moment voulu et en quantité voulue.
- ❖ Disponibilité et protection des plantes actuellement rares ou en voie de disparition dans la nature.
- ❖ Contrôle plus facile de la qualité, de la sécurité et de la propreté des plantes.
- ❖ La teneur en principes actifs d'une plante médicinale varie avec l'organe considéré, mais aussi avec l'âge de la plante, l'époque de l'année et l'heure de la journée. Il y a donc une grande variabilité dont il faut tenir compte pour récolter au moment le plus opportun (**Souati et Ajaila, 2022**).

I.2.3. Domaine d'application des plantes médicinales

Les substances naturelles issues des végétaux ont des intérêts multiples dans l'industrie, en alimentation, en cosmétologie et en pharmacie (**Bensassi, 2020**).

I.2.3.1. Utilisation dans les fabrications des produits médicaux

Les plantes médicinales sont importantes pour la recherche pharmacologique et l'élaboration des médicaments, non seulement lorsque les constituants des plantes sont utilisés directement comme agents thérapeutiques, mais aussi comme matières premières pour la synthèse de médicaments ou comme modèles pour les composés pharmacologiquement actifs (**Massadi et Larbi, 2022**).

I.2.3.2. Utilisation dans les fabrications des produits cosmétiques

Les cosmétiques tels que les savons, les crèmes, les aérosols et les déodorants sont de nouvelles connaissances dérivées des connaissances traditionnelles à base de plantes et sont généralement appliquées à l'extérieur du corps. De même, Beylier-Maurel (1976) a prouvé la grande activité de l'huile sur le microbiote cutané, elle est donc utilisée en cosmétique. De plus, l'utilisation d'onguents et de gels botaniques permet de protéger ces cosmétiques en raison de leur activité antiseptique et antioxydante, tout en assurant leur odeur agréable (**Ouled cheikh et Triki, 2021**).

I.2.3.3. Utilisation dans les fabrications des produits alimentaires

L'homme est habitué à consommer et digérer différentes espèces de plantes, qui sont bien souvent appréciées par leurs qualités médicales et nutritives. Certaines plantes médicinales sont utiles aux soins et à l'alimentation, ce sont les plantes alimentaires médicinales, comme le céleri (*Apium graveolens*) qui est utilisée comme condiment et légume, mais en phytothérapie, c'est un diurétique, dépuratif, tonique et aphrodisiaque (**Lalmi et Louri, 2021**).

I.2.4. Principes actifs des plantes médicinales

Le principe actif est une molécule possédant des propriétés thérapeutiques, qu'elles soient curatives ou préventives, pour l'être humain ou l'animal (**Laouar, 2025**).

Les plantes contiennent des métabolites secondaires peuvent être considérées comme des substances indirectement essentiels à la vie des plantes par contre aux métabolites primaires qu'ils sont les principales dans le développement et la croissance de la plante, les métabolites secondaires participent à l'adaptation de la plante avec l'environnement, ainsi à la tolérance contre les chocs (lumière UV), les insectes nocifs, variation de la température (**Lalmi et Laouri, 2021**).

Les métabolites secondaires peuvent être divisés en trois classes:

- ✓ Les polyphénols.
- ✓ Les terpénoïdes.
- ✓ Les stéroïdes et alcaloïdes (**Zeghlache et Zid elkhir, 2022**).

I.2.4.1. Polyphénols

Les composés phénoliques, constituent une vaste catégorie de substances chimiques présentes dans les plantes, principalement au niveau des tissus superficiels. Ce sont des composés phytochimiques polyhydroxylés caractérisés par la présence d'au moins un noyau aromatique à 6

carbones. Ils se divisent en plusieurs sous classes principales, notamment les acides phénoliques, les flavonoïdes, les lignines, les tanins, entre autres (Gasmi *et al.*, 2025).

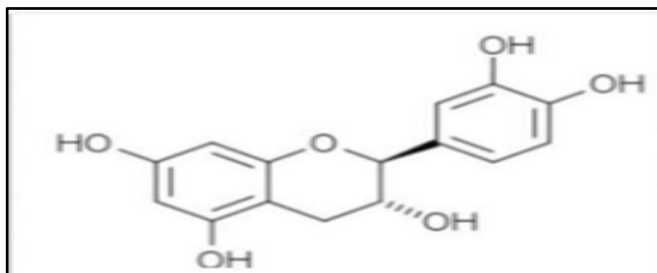


Figure02 : Structure chimique du polyphénol (Gasmi *et al.*, 2025)

A. Acides phénoliques

Les phénols ou les acides phénoliques sont des petites molécules constituées d'un noyau benzénique et au moins d'un groupe hydroxyle, elles peuvent être estérifiées, étherifiées et liées à des sucres sous forme d'hétérosides, ces phénols sont solubles dans les solvants polaires, leur biosynthèse dérive de l'acide benzoïque et de l'acide cinnamique (Zeghlache et Zid elkhir, 2022).

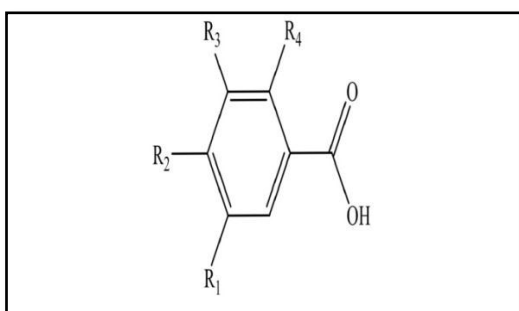


Figure 03 : Structure d'acide hydroxybenzoïque

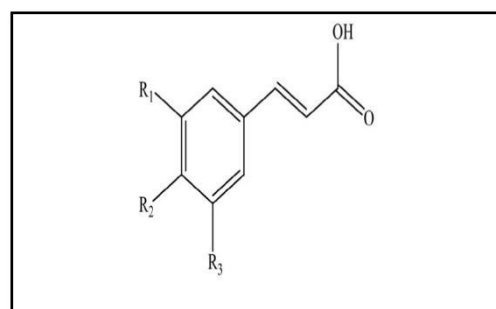


Figure 04: Structure d'acide hydroxy cinnamique (Annani et Teboub, 2023).

B. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des substances phénoliques qui représentent un large groupe des métabolismes secondaires des plantes, ils sont produits dans toutes les parties de la plante et sont largement distribués dans les aliments et les boissons de la plante. Ils sont des pigments végétaux solubles dans l'eau responsables de la coloration des fleurs, des fruits, parfois des feuilles. La coloration due à la présence de flavonoïdes est généralement la coloration jaune, sont synthétisés au niveau des chloroplastes puis migrent et se dissolvent dans les vacuoles (Abed et Oius, 2015).

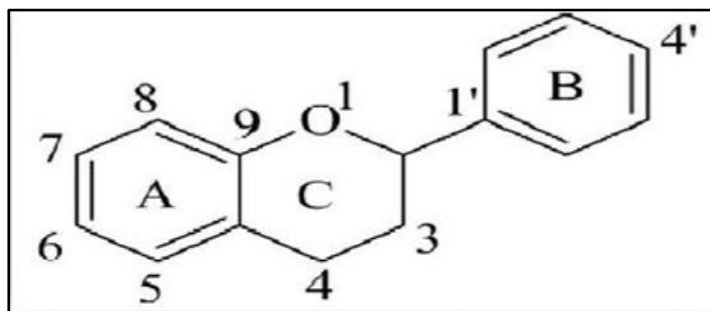


Figure 05: Structure de base des flavonoïdes (Abed et Ouis, 2015)

C. Lignine

Composés qui s'accumulent au niveau des parois cellulaires (tissus sclérenchymes ou le noyau des fruits), au niveau de sève brute qu'ils permettent la rigidité des fibres, ils sont le résultat d'association de trois unités phénoliques de base dénommées monolignols de caractère hydrophobe (Souati et Ajaila, 2022).

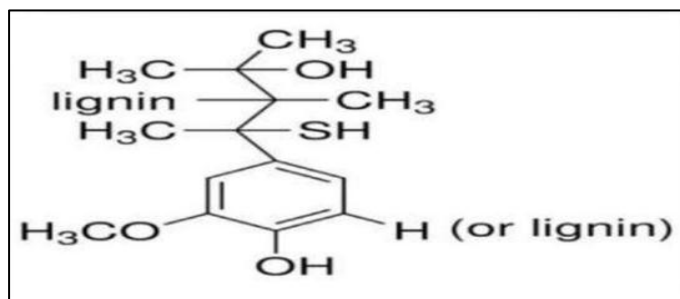


Figure 06: Structure chimique de lignine (Gasmi *et al.*, 2025)

D. Tanins

Sont des métabolites secondaires de certaines plantes terrestres vasculaires. On les rencontre dans toutes les parties du végétal (racine, écorce, feuilles, enveloppe des graines, liège, fruits non mûrs, galls, etc.). Ce sont des molécules de nature phénolique (polyphénols hydrosolubles de masse moléculaire comprise entre 500 et 3000 kDa) dont L'un des rôles est de protéger les plantes de l'attaque de certains parasites et des herbivores (Brillout *et al.*, 2013).

E. Coumarines

Les coumarines présentent toutes une structure composée d'un cycle benzène et d'un noyau lactone (benzo- α -pyrone) formant alors un noyau coumarine simple. À ce noyau peuvent s'ajouter différents groupements chimiques à l'origine de quatre types de coumarines différentes rencontrées chez les plantes supérieures (Audray, 2018). Les dérivés de la coumarine sont des

composés ayant des propriétés anticoagulantes. La réaction de Pechmann permet d'accéder à de nombreux composés possédant cette structure. Ainsi, le traitement du benzène-1,3-diol (ou résorcinol) par le 3-oxobutanoate d'éthyle (ou acétyl acétate d'éthyle) en présence d'acide 4-méthylbenzène-sulfonique (ou acide paratoluène sulfonique, APTS) conduit à la 7-hydroxy-4-méthylcoumarine A (Julien et Arnaud, 2003).

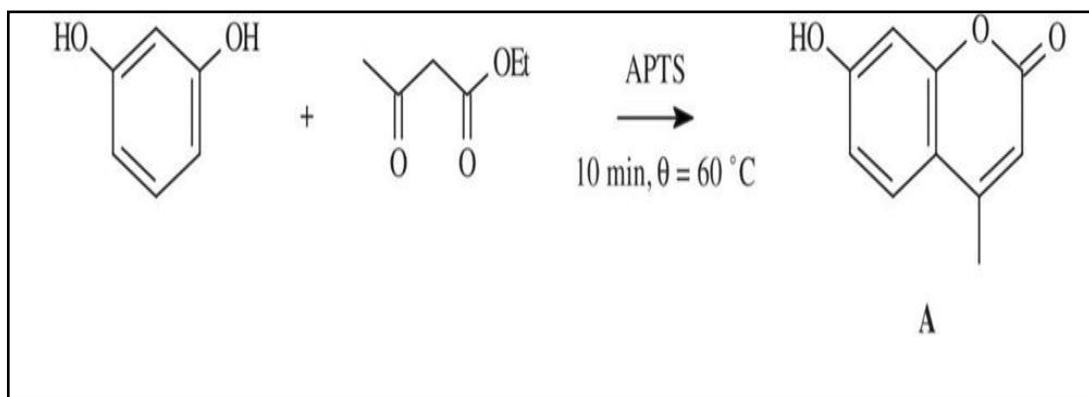


Figure 07 : Condensation de Pechmann (Julien et Arnaud, 2003)

I.2.4.2. Alcaloïdes

Sont des substances naturelles et organiques provenant essentiellement des plantes et qui contiennent au moins un atome d'azote dans leur structure chimique, avec un degré variable de caractère basique. Depuis l'identification du premier alcaloïde - à savoir la morphine - à partir de l'opium en 1806, plus de dix mille alcaloïdes ont été isolés des plantes (Mauro, 2007).

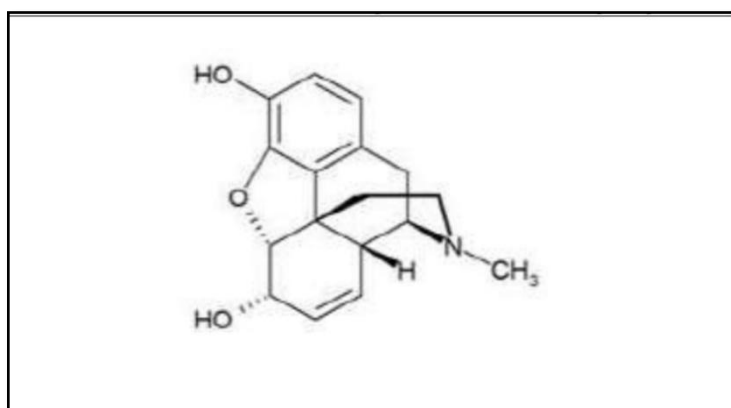


Figure08 : Exemple d'alcaloïde la morphine (Guelmine, 2018).

I.2.4.3. Terpènes et stéroïdes

Les terpénoïdes sont une vaste famille de composés naturels près de 15000 de molécules différentes et de caractère généralement lipophiles, leurs grandes diversités due au nombre de base qui constituent la chaîne principale de formule $(C_5H_8)_n$ selon la variation de nombre n , dont les composés monoterpènes, sesquiterpènes, diterpènes, triterpènes, . Ces molécules présentent en forme des huiles essentielles ; parfums et goût des plants, pigments (carotène), hormones (acide abscissique), des stérols (cholestérol) (Guelmine, 2018).

Chapiter II

Nanoparticules

d'oxyde méthallique

II.1. Généralités sur la nanotechnologie

La nanotechnologie se développe à plusieurs niveaux : matériaux, dispositifs et systèmes. Le niveau des nanomatériaux est actuellement le plus avancé, tant dans les connaissances scientifiques que dans les applications commerciales. Les nanoparticules sont inférieures à quelques centaines de 100 nm. Cette réduction de taille entraîne des modifications importantes de leurs propriétés physiques par rapport à celles observées dans les matériaux en vrac. Ils peuvent être métalliques, minéraux, à base de polymères ou une combinaison de matériaux. La plupart de ces changements sont liés à l'apparition d'effets quantiques lorsque la taille diminue et sont à l'origine de phénomènes tels que le super paramagnétisme, le blocage de Coulomb, la résonance plasmonique de surface...etc.

L'augmentation du rapport surface / volume est également une conséquence de la réduction de la taille. Il conduit à l'apparition d'effets de surface liés au nombre élevé d'atomes de surface, ainsi qu'à une zone spécifique élevée, qui sont importants du point de vue pratique (**Zid et Guessoum, 2021**).

II.1.1. Définition des nanoparticules

L'Organisation internationale de normalisation (ISO) définit les nanoparticules comme des nano-objets dont toutes les dimensions externes sont à l'échelle nanométrique, et dont les longueurs des axes les plus longs et les plus courts ne diffèrent pas de manière significative. Si les dimensions diffèrent de manière significative (généralement de plus de trois fois), des termes tels que nanofibres ou nanoplaques peuvent être préférés au terme NP (**Nadeem et Dirk, 2022**).

Une nanoparticule est un agglomérat des millions d'atomes qui forment une molécule dont la dimension est comprise entre 5 et 200 nm ou plus globalement inférieure à 1 µm. La taille nanométrique augmente la surface de contacts entre les matériaux, ce qui leur confère une plus grande réactivité (fig n°09). Les tailles des nanoparticules sont donc du même ordre que les protéines et les virus (**Khemissat et aloune, 2021**).

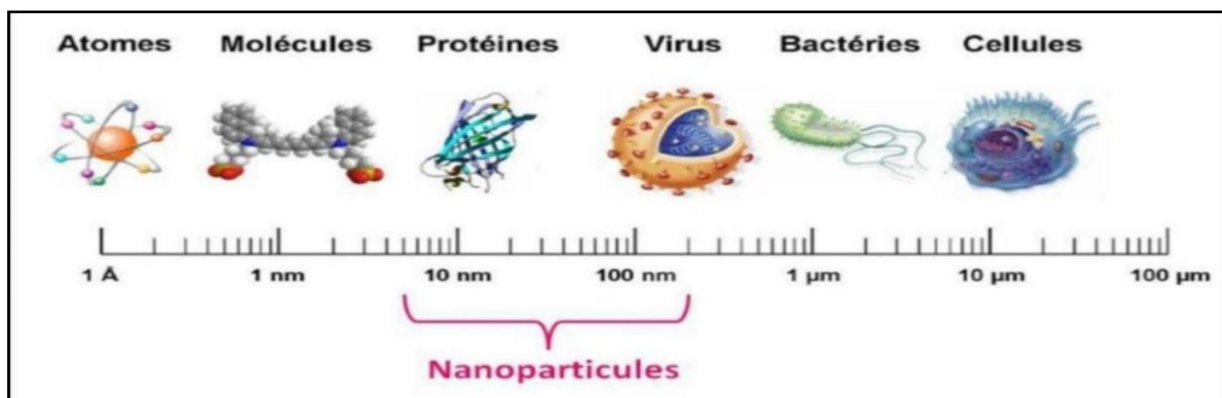


Figure 09: Gamme de taille des nanoparticules comparées à celles des principales structures chimique et biologique (**Zid et Guessoum, 2021**).

II.1.2. Classes des nanoparticules

La classification des nanoparticules dépend du contexte d'application ou de recherche dans lequel elles sont utilisées. De nombreux critères ont été pris en considération par les chercheurs, tels que l'origine, la morphologie, la géométrie, la dimensionnalité, les composants chimiques... etc (Khan et Hossain ,2022).

II.1.2.1. Classification des nanoparticules selon leurs origine

II. 1.2.1.1. Origine naturelle

- **Biologique** (dont l'ADN - diamètre de l'ordre de 2,5 nm, plusieurs bactéries – 30 nm à 10 mm, plusieurs virus 10 à 60 nm).
- **Minérale ou environnementale** (la fraction fine du sable de désert, les fumées originaires d'activité volcanique ou de feux de forêt et certaines poussières atmosphériques) (Kohan et al,2000).

II.1.2.1.2. Origine humaine

Les nanoparticules manufacturées sont les nanomatériaux fabriqués dans un but d'application technologique. Comme les particules ultrafines d'oxyde de titane et des métaux ultrafins, les pigments de peinture, etc. Les « bulknanoparticules » : le noir de carbone, la fumée de silice, la fumée d'huile, le « smog » et les particules diesel...etc (Khemissat et aloune ,2021).

II.1.2.2. Classification de nanoparticules selon leurs dimensionnalités

- **Matériaux de dimension 0:** Matériaux sous forme dispersée, aléatoire ou organisée, comme dans les cristaux colloïdaux pour l'optique ou les fluides magnétiques (Afsset ,2010).
- **Matériaux de dimension 1:** Matériaux sous forme de nano-fils ou de nanotubes (Afsset ,2010).
- **Matériaux de dimension 2:** Matériaux sous forme de couche mince, comme dans les dépôts d'agrégats ou de revêtements épais obtenus par projection plasma ou voie électrochimique (Afsset ,2010).
- **Matériaux de dimension 3:** Matériaux sous forme compacte comme dans les céramiques et les métaux nanostructures (Afsset,2010).

II.1.2.3. Classification de nanoparticules selon leurs composants chimiques

II.1.2.3.1. Nanoparticules métalliques et d'oxydes métalliques

Elles englobent des particules telles que l'or, l'argent, le dioxyde de titane et l'oxyde de zinc. Elles se distinguent par leurs capacités conductrices et catalytiques et sont largement utilisées dans les secteurs médical et industriel (Bhatt ,2023).

II.1.2.3.2. Nanoparticules à base de carbone

Les nanotubes de carbone et les fullerènes sont des exemples typiques de cette catégorie. Ils sont reconnus pour leurs propriétés mécaniques, électriques et thermiques inégalées (Bhatt ,2023).

II.1.2.3.3. Nanoparticules polymères

Constituées de polymères, ces nanoparticules ont le potentiel d'enfermer des médicaments pour une libération ciblée et contrôlée (Bhatt ,2023).

II.1.2.3.4. Nanoparticules à base de lipides

Ce groupe, qui comprend les liposomes et les nanoparticules lipidiques solides, est réputé dans les systèmes d'administration de médicaments et les formulations cosmétiques (Bhatt ,2023).

II.1.3. Domaines d'applications des nanoparticules

Les caractéristiques distinctives des nanoparticules ont favorisé leur intégration dans de multiples secteurs :

Médecine : dans le domaine médical, les nanoparticules ont permis de nombreuses avancées. Elles peuvent être méticuleusement conçues pour administrer des médicaments de manière ciblée, garantissant ainsi que des cellules ou des tissus spécifiques reçoivent des quantités précises. Cette précision renforce non seulement l'efficacité du traitement, mais minimise également les effets secondaires potentiels (Farokhzad et Langer, 2009). De plus, certains médicaments ne sont pas facilement absorbés par l'organisme. Dans ces cas, les nanoparticules jouent un rôle crucial en améliorant à la fois la solubilité et la stabilité de ces médicaments, amplifiant ainsi leur efficacité (Kumar *et al* ,2017). Au-delà des traitements, les nanoparticules ont également trouvé une utilisation dans l'imagerie diagnostique. Agissant comme agents de contraste, elles augmentent la clarté et le niveau de détail des techniques d'imagerie médicale telles que l'IRM et le scanner (Farokhzad et Langer, 2009).

Électronique : les nanoparticules ont largement contribué à la tendance à la miniaturisation. Leur intégration a permis de concevoir des composants électroniques plus petits mais plus efficaces, jetant ainsi les bases de dispositifs compacts dotés de fonctionnalités supérieures. Une avancée passionnante rendue possible par les nanoparticules est la création d'écrans électroniques flexibles. Ces écrans innovants ont transformé les paradigmes de conception de divers gadgets et technologies portables (Bhatt, 2023).

Énergie : dans le domaine de l'énergie solaire, les nanoparticules améliorent l'absorption de la lumière solaire, ce qui rend les cellules solaires nettement plus efficaces. Cette avancée s'inscrit parfaitement dans la tendance mondiale vers des solutions énergétiques plus durables. Dans le même ordre d'idées, le secteur des batteries a également connu des améliorations significatives grâce à la nanotechnologie. Les batteries fabriquées à l'aide de ces techniques de pointe offrent des capacités de stockage plus élevées et des durées de charge réduites. Dans le même ordre d'idées, le secteur des batteries a également connu des améliorations significatives grâce à la Nanotechnologie. Les batteries fabriquées à l'aide de ces techniques avancées offrent des capacités de stockage plus élevées et des durées de charge réduites (Grätzel, 2001).

Environnement : L'une des principales applications des nanoparticules est la purification de l'eau. Elles ont démontré leur capacité à extraire les contaminants de l'eau, ouvrant la voie à des sources d'eau potable plus pures et plus sûres. De plus, certaines nanoparticules ont la propriété unique de neutraliser, voire de décomposer les polluants environnementaux. Cette fonction est indispensable à la préservation de l'équilibre écologique de notre planète (Bhatt, 2023).

Cosmétiques : L'industrie cosmétique a manifesté un intérêt considérable pour les nanotechnologies. Les nanotechnologies sont utilisées dans la production, le conditionnement et la formulation des cosmétiques. Les formulations cosmétiques comprennent une grande variété de nanoparticules. Elles sont transparentes ou translucides, ont une grande surface spécifique, un nombre élevé de particules par unité de poids, sont facilement solubles et ont de bonnes qualités de pénétration cutanée. De plus, plusieurs d'entre elles possèdent des qualités antibactériennes, antioxydantes et de protection contre les UV exceptionnelles. Dans diverses compositions cosmétiques, elles servent de transporteurs, d'agents actifs, d'hydratants pour la peau, de filtres UV et de piègeurs de radicaux libres. Elles peuvent considérablement améliorer la pénétration cutanée, la stabilité, la libération contrôlée des ingrédients actifs et la solubilité des substances peu solubles (Achour et Herouini, 2025).

II.2. Nanoparticules d'oxyde de zinc

II.2.1. Définition d'oxyde de zinc

L'oxyde de Zinc est un composé chimique de formule «ZnO», Il est présent dans la nature sous forme de zincite, minéral comportant souvent du manganèse et ayant une coloration jaune à rouge de ce fait. Il n'absorbe donc pas la lumière visible ce qui explique sa transparence. Il se caractérise aussi par un coefficient de transmission environ 80 % dans le spectre visible (Zid et Guessoum, 2021).

L'oxyde de Zinc se présente sous la forme d'une poudre inodore, de couleur blanche habituellement appelée « blanc de zinc » non soluble dans l'eau. Les principales applications de l'oxyde de zinc étaient dirigées vers les domaines de l'industrie chimique et pharmaceutique, pendant de nombreuses années (Zid et Guessoum, 2021).

II.2.2. Propriétés des nanoparticules d'oxyde de zinc

II.2.2.1. Propriétés structurales

Le zinc est un semi-conducteur qui se cristallise sous trois structures: Wurtzite, Zinc blende et Rocksalt (fig n°10) (Ozgur *et al.*, 2005).

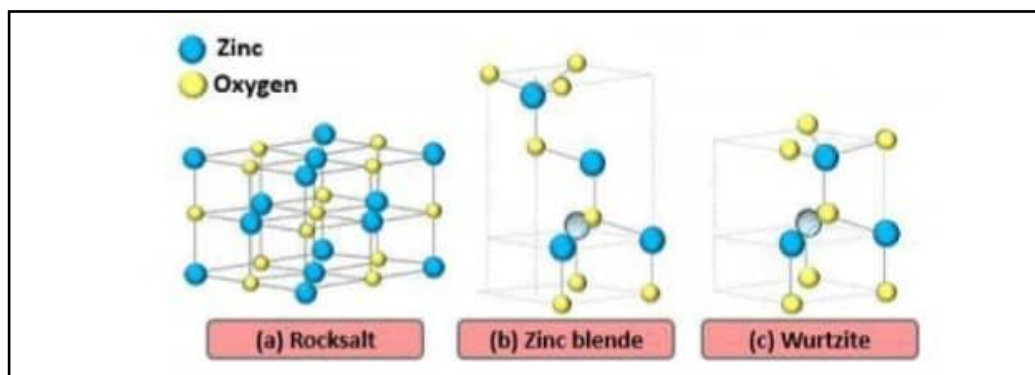


Figure 10 : Représentation schématisée de la structure de ZnO (Mokdad et Hassani, 2023).

Cependant la structure la plus stable thermodynamiquement est l'hexagonal de type Wurtzite (fig n°11) (Sorya et Cylia, 2020). Elle possède une maille élémentaire avec des paramètres $a=b= 3,2499 \text{ \AA}$ séparés par un angle de 120° et l'axe $c=5,2060 \text{ \AA}$ qui est perpendiculaire au plan formé par a et b (Bensouyad, 2011).

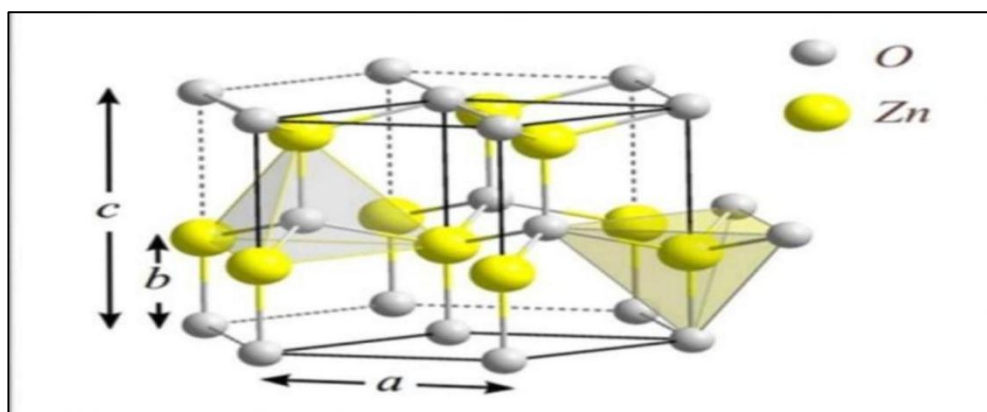


Figure 11: Structure Wurtzite du Zinc(Khemissat et aloune, 2021).

Chaque atome de zinc est entouré de quatre atomes d'oxygène situés aux sommets d'un tétraèdre. En fait, l'atome de zinc n'est pas exactement au centre du tétraèdre mais déplacé de 0,11 Å dans une direction parallèle à l'axe c. La structure wurtzite est connue comme la structure thermodynamiquement stable à la température ambiante. Tandis que le cubique zinc blende n'est obtenue que dans le cas de croissance sur substrats cubiques et la structure rocksalt n'est obtenue que sous des pressions relativement élevées (~10-15GPa) est appliquée sur la structure (Amara, 2015).

II.2.2.2. Propriété optique

La propriété d'émission des nanoparticules de ZnO dépend de la méthode de synthèse employée. Lors de la préparation des nanoparticules de ZnO cristallines par la méthode de synthèse organométallique à température ambiante il-y-a émission de la couleur jaune, bleu ou blanche (Bekkouche et Bourouis, 2022).

II.2.2.3. Propriétés électriques et électroniques

Les propriétés électriques et électroniques des ZnONPs dépendent de la taille et de la forme de l'état de surface des nanomatériaux. Les nanoparticules de ZnO sont semi-conductrices (3,37 eV à température ambiantes) grâce à la très faible taille des nanocristaux. Présentent une résistance supérieure à 20Ω (Bekkouche et Bourouis, 2022).

II.2.2.4. Propriétés catalytiques

La photocatalyse est utilisée en général pour la purification de l'air et le traitement de l'eau. Elle est aussi utilisée dans la décoloration d'effluents aqueux colorés (industries textiles), l'élimination des odeurs et le revêtement auto-nettoyant de surfaces (verre, métaux, bétons, ciments). La capacité d'une substance d'être un catalyseur dans un système spécifique dépend des natures chimiques et de ses propriétés de surface. Le ZnO Possède des propriétés chimiques intéressantes, notamment des propriétés d'absorption en surface. Une des applications possibles concerne la captation et le piégeage chimique de gaz ou d'humidité. Le ZnO possède également des propriétés catalytiques très prometteuses du fait de l'efficacité du processus d'oxydoréduction. Tous catalyseurs confondus, l'efficacité du ZnO dans un système dépend principalement de son mode d'élaboration, de ses propriétés structurales, de ses propriétés de surface, de ses propriétés chimiques et de son dopage (Mokdad et Hassani, 2023).

II.2.3. Procédés de synthèse de l'oxyde de zinc

Dans la littérature, il existe de nombreuses stratégies permettant d'élaborer des nanoparticules d'oxyde de zinc. Les nanoparticules de ZnO sont généralement synthétisées selon deux méthodes : la première dite "chimique", qui a généralement lieu en milieu liquide, et la deuxième dite "physique" qui concerne des synthèses sous vide. Plusieurs paramètres doivent être maîtrisés, à savoir la taille, la structure cristalline et la forme, pour obtenir des nanoparticules conformes. Aujourd'hui, deux grandes approches ont été développées dans la littérature scientifique pour élaborer des nanomatériaux : La première approche est la « Top-Down » dite descendante qui regroupe les méthodes physiques consistant à découper un matériau massif jusqu'à la taille nanométrique. Les nanoparticules synthétisées sont miniaturisées par réduction de taille de métaux ou d'oxyde métallique. Ces méthodes ne permettent pas le contrôle de la composition chimique. La seconde approche est le « Bottom-up », dite ascendante, Elle utilise des processus physico-chimiques à l'échelle atomique ou moléculaire (fig n°12). Ces méthodes construisent les nanomatériaux atome par atome, molécule par molécule et sont généralement assez faciles à mettre en œuvre. Ces méthodes sont également moins exigeantes en énergie que les précédentes et permettent un meilleur contrôle de la taille, de la composition et de la forme (Babani,2020).

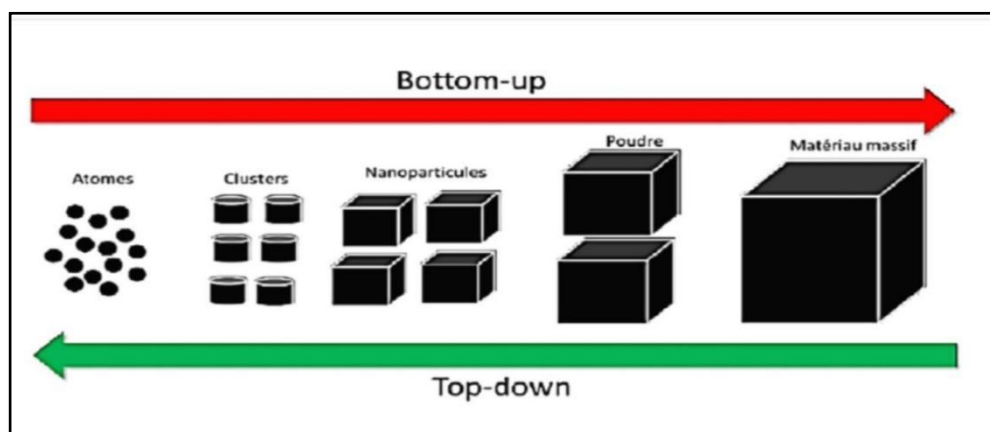


Figure12:Schématisation des démarches « bottom-up » et « top-down » dans la construction de nanomatériaux(Babani,2020)

CHAPITRE III
Description des plantes
étudiée

III.1. *Glycyrrhiza Glabra L*

III.1.1. Présentation de la plante

La réglisse (Bois doux, Bois sucré, racine douce) est une plante herbacée glabre, de 30 cm à 2 m de hauteur, sauvage ou cultivée (**Hammadou et Ourouba ,2019**). Elle pousse dans un sol riche et humide et elle a besoin d'un climat chaud (sud des USA, Moyen-Orient, Afrique du Nord et Méditerranée) (**Dilekh et Messaoudi ,2020**). En outre, elle est jaune à l'intérieur et a un goût sucré et amer. De plus, elles donnent des gousses avec 3 ou 4 graines brunes (**Bakouret al., 2023**).

III.1.2. Classification botanique

La classification botanique de la plante *Glycyrrhiza Glabra L* est représenté dans le tableau suivant:

Tableau 01 :Classification botanique de *Glycyrrhiza Glabra L*(**Barek Saïd,2020**).

<i>Règne</i>	<i>Plantae</i>
Sous-règne	Tracheobionta
Embranchement	Magnoliophyta
Sous-embranchement	Magnoliophytina
Classe	Magnoliopsida (dicotylédones)
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Fabales
Famille	Fabaceae (Légumineuse)
Genre	<i>Glycyrrhiza</i>
Espèce	<i>Glycyrrhiza Glabra L</i>

III.1.3. Description botanique

A. Fleurs

Les fleurs, normalement de coloris bleu, peuvent être plus ou moins violacées. Celles-ci sont relativement petites (10 à 13 mm de longueur) et groupées en grand nombre (20 à 30 fleurs), en grappes allongées (**Dilekh et Messaoudi, 2020**).

B. Feuilles

Alternes se composent de plusieurs paires de folioles ovales, obtuses et pétiolées (**Dilekh et Messaoudi, 2020**).

C. Fruits

Gousses très plates avec des graines bosselées, Ces gousses deviennent brun à maturité. Les gousses contiennent généralement de 1 à 7 graines brunes (**Bakour et al., 2023**).

D. Raciness

Vivace rampantes, atteignant 1à2 m. brunes à l'extérieur, jaunes à l'intérieur, à saveursucrée et agréable (**Hammadou et Ourouba ,2019**).



Figure13:*Glycyrrhiza Glabra L*, et leur racines (**Ahmed Yahya et Fartas ,2020**)

III.1.4.Répartition géographique

Elle est originaire essentiellement du Sud de l'Europe et du centre, du Sud de la Russie, de l'Anatolie, de l'Iran, du Turkestan, de la Syrie et du sud-ouest de l'Asie. En Europe, on la trouve plus particulièrement le long des côtes espagnoles, en Calabre et en Sicile, en Angleterre (Yorkshire), en France et en Allemagne. On en trouve également aux Etats-Uni(**Dib et Belbachir ,2023**).

En Algérie, *Glycyrrhiza Glabra L* est présente principalement dans les zones steppiques et semi-arides du nord et du centre du pays. Elle a été identifiée notamment dans les régions de la Mitidja, de Chlef et de certaines zones sahariennes périphériques. Sa présence est favorisée par les sols riches en limons et les conditions climatiques modérées à arides, typiques de ces régions (**Oudjida et Hafsa ,2025**).

III.1.5.Composition chimique

De nombreux composants de *Glycyrrhiza GlabraL* peuvent être extraits de ses racines et de sa tige, qui sont de l'eau active soluble et biologique. La pectine, les sucres simples, les saponines, les flavonoïdes, les polysaccharides, les triterpènes, l'huile essentielle, la graisse, l'hormone féminine œstrogène, la gomme, les résines, les amidons, les stérols et les acides aminés glycyrrhizine est un triterpénoïde proéminent présent dans *Glycyrrhiza Glabra L* qui est responsable du goût sucré de ses racines. Ce composé est constitué de sels de potassium calcium-

magnésium qui varient entre 2 et 25%. Flavonoïdes le contenu qui comprend une chalcone, une liquiritine et une isoliquiritine donne la couleur jaune à la plante. L'acide glycyrrhizique est une saponine naturelle composée d'une partie hydrophile, d'un fragment hydrophobe, de deux molécules d'acide glucuronique et acide glycyrrhétique. La glabridine et les hispaglabridines A et B sont des flavones qui ont une activité antioxydante significative et la glabridine et la glabrène possèdent toutes deux une activité de type œstrogène (**Bakouret al.,2023**).

Autres composés

- Coumarines : ce sont des composés phénoliques dérivés de la 2H-1-benzopyrane-2-one comme par exemple la glabrocoumarine et la glycy coumarine. La glycy coumarine est spécifique à *Glycyrrhiza uralensis*.
- Sucres : glucose, saccharose, amidon - Les polysaccharides (10% de la drogue) : glycyrrhizane
- Composés Volatils (0,04 à 0,06% de la drogue) : anéthole, estragole, géraniol (**Bouriquat, 2020**).

III.1.6.Utilisationsthérapeutiques

Glycyrrhiza Glabra L est largement utilisée comme boisson fraîche, dans la préparation de certains produits pharmaceutiques tels que les comprimés hématiniques, et pour masquer le goût amer d'autres remèdes. En effet, elleest l'une des plantes les plus utilisées dans l'histoire de la médecine ayurvédique, à la fois comme remède et comme plante aromatique (**Bayati Zadeh et al., 2013**).

De plus *Glycyrrhiza GlabraL* est l'une des plantes médicinales les plus utilisées dans l'alimentation et en médecine, et fait l'objet de nombreuses recherches à l'échelle mondiale. Elle est employée en médecine traditionnelle et complémentaire pour traiter d'innombrables affections, notamment les allergies, la toxicité hépatique, l'ulcère gastrique, les maladiespulmonaires, les troubles cutanés, les problèmes de santé bucco-dentaire, y compris la carie dentaire, et l'inflammation (**Noreen et al., 2021**).

III.2.Mentha Spicata L

III.2.1.Présentation de la plante

Mentha Spicata L (famille des Lamiacées), communément appelée menthe verte ou menthe douce, est une plante herbacée vivace cultivée et présente à l'état sauvage dans le monde entier (**Boucherite et Bousmid, 2025**). L'origine de la menthe verte est inconnue mais il s'agit probablement d'un hybride issu de *M. Longifolia* et de *M. Suaveolenselle* est cultivées exclusivement aux USA, en Angleterre, en Hollande ainsi qu'en Afrique du nord (Algérie,

Maroc...) (**Benazouz ,2012**) . Les feuilles séchées sont largement utilisées comme remède contre les maux d'estomac, comme antispasmodique, comme aide à la digestion et comme carminatif (**Bayani et al.,2015**).

III.2.2.Classification botanique

La classification botanique de la plante *Mentha Spicata* est représenté dans le tableau suivant:

Tableau 02 : Classification botanique de *Mentha Spicata* L (**Boucherite et Bousmid ,2025**)

Régne	Plantae
Sous-règne	Viridiplantae
Division	Magnolioph
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Astériidées
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiacées
Genre	<i>Mentha</i>
Espèce	<i>Mentha Spicata</i> L

III.2.3.Description botanique

Cette espèce est une plante herbacée vivace de 25 à 75 cm de long, à tige rameuses quadrangulaires droites, munies de feuilles lancéolées de 3 à 5 cm de long et de 1 à 2 cm de large presque sessiles, vert sombre. Les fleurs en verticilles sont rosées ou lilas ; groupées en étroits ; allongés aigus. Ses stolons sont souterrains (**Benazouz ,2013**).



Figure 14: *Mentha spicata* L (Menthe verte) (**Ait-Ouahioune, 2005**).

III.2.4.Répartition géographique

La plupart des menthes sont originaires de l'Europe et de l'Asie. Cependant, en suivant les flux de migration, les menthes sont présentes sur la quasi-totalité des continents. Elles sont cultivées en Europe (France, Italie, ...), en Asie (Chine, Turquie, Japon, Inde, Pakistan, ...), en Afrique du Nord (Algérie, Maroc, ...), en Amérique du Nord (États-Unis, Canada), en Australie, en Nouvelle-Zélande et en Russie (**Koubi et Ghezali ,2022**).

En Algérie La menthe verte (*Mentha Spicata L*) est largement répandue en Algérie, s'adaptant à divers climats et régions du pays. Sa présence a été documentée dans plusieurs zones, notamment (**Berkane et Ghodbane ,2025**) :

- **Ghardaïa** : Située dans le nord du Sahara algérien, cette région abrite des cultures de menthe verte.
- **El Bayadh**: Dans l'ouest de l'Algérie, des spécimens de *Mentha Spicata* ont été récoltés pour étudier leur rendement en huile essentielle et leur composition chimique.
- **Béjaïa**: Située sur la côte méditerranéenne, cette région a vu des études sur les feuilles de *Mentha Spicata*, mettant en évidence des composés tels que le carvone (48,5%), le limonène (20,7 %) et le 1,8-cinéole (5,4%).
- **Bouira**: Dans le nord du pays, des échantillons de menthe verte ont été collectés dans la région montagneuse de Bir Ghebalou pour des études biologiques.
- **Tébessa et El Tarf**: Ces régions de l'est de l'Algérie ont fourni des spécimens de *MenthaSpicata L* pour des recherches sur leurs activités anti-inflammatoires.

Certaines études démontrent que *Mentha SpicataL* est présente dans diverses régions algériennes, s'adaptant à des conditions climatiques variées. Sa répartition géographique étendue reflète sa capacité d'adaptation et son importance dans la flore médicinale du pays (**Berkane et Ghodbane ,2025**).

III.2.5.Composition chimique

La composition chimique de la plante comprend plusieurs classes de constituants. Parmi les polyphénols, on trouve l'acide gallique, l'acide 3,4 dihydroxybenzoïque, l'acide vanillique, l'acide caféique, l'acide férulique et l'acide rosmarinique. Les flavonoïdes présents incluent la catéchine, l'epi catéchine, la rutine, la myricétine, la lutéoline, l'apigénine et la naringénine. L'huile essentielle de la plante contient principalement la carvone, le limonène, le dipentène, le dihydrocarvéole, le dihydrocarvéole acétate, le 1,8-cineole et le β -pinène. D'autres constituants importants comprennent la chlorophylle a et b, les caroténoïdes, ainsi que les xanthophylles telles que la néoxanthine, la violaxanthine, la lutéine et la zéaxanthine. Enfin, la plante renferme

également des stéroïdes, des saponines, des alcaloïdes, des anthraquinones et des quinine (Berixi Gormate, 2020).

III.2.6.Utilisations thérapeutiques

D'après Laurent Bourgeois la menthe verte rentre dans la cuisine traditionnelle et moderne de plusieurs pays (France, les pays d'Asie...etc). Au moyen orient ou en Afrique du Nord les feuilles fraîches sont ajoutées au thé, pour élaborer le célèbre thé à la menthe. On retrouve la menthe dans de nombreux produits cosmétiques, des crèmes, des shampoings, des lotions, du dentifrice... elle entre également dans la composition de nombreux parfums célèbres comme « Dune », «Yvresse», « Polo ». La menthe verte, est également intéressante au niveau médicinal. Elle procède des vertus digestives, tonifiantes, carminatives, antispasmodique, antiseptique, et également riche en manganèse. En pharmacie, on trouve les menthes en feuilles séchées, en poudre sous forme de gélules, en huile essentielle (crèmes, lotions...). Elles occupent une large place dans les utilisations thérapeutiques. Elles fortifient tout le système des nerfs et sont utilisée contre la fièvre, la faiblesse, la toux, les nausées, les maux de l'estomac, la mélancolie, l'hystérie et les troubles de la vue, présentent aussi des propriétés stimulantes diffusibles et sédatives diffusibles. On l'utilise aussi contre les parasites: les tiges et les fleurs sont brûlées pour chasser les puces des matelas et des animaux domestiques. On peut aussi placer les sachets de menthe auprès des sacs de grains et de fromage pour chasser les rongeurs (Koubi et Ghezali ,2022).

Deuxième Partie

Partie Pratique

CHAPITRE I

Matériels et Méthode

I.1. Matériels

I.1.1. Enquête ethnobotanique

I.1.1.1. Présentation de la région d'étude

Wilaya d'El-Meghaier

La région d'El-Meghaier est située au Sud-Est de l'Algérie, Elle est bordée au Nord par la Wilaya de Biskra, à l'est par la Wilaya d'El-Oued, à l'Ouest par la Wilaya d'Oued Jellal, et au Sud par la Wilaya de Tougourt et Ouargla (الديوان الوطني للإحصائيات الجزائرية, 2018). El-Meghaier fait partie de la région du Wadi Righ et s'étend depuis sa limite nord. On y trouve des sites préhistoriques témoignant d'une occupation humaine depuis l'Antiquité. Depuis sa fondation, El-Meghaier a porté plusieurs noms au cours de son histoire, et l'origine précise de ces noms fait débat. On l'appelait « Timidount », une région proche de l'actuelle El-Meghaier, non loin du village d'Ansigha. On l'appelait aussi « Riyadh al-Nakheel » (Jardins des Palmiers), « Al-Ziban al-Sughra » (Petit Ziban) et « Joyau du Wadi Righ ». D'une superficie de 8 835 km² et comptant environ 224 000 habitants, El-Meghaier est devenue une wilaya à part entière en février 2021, et le premier wali de la nouvelle wilaya a été investi le 3 mars 2021 (مديرية السياحة والصناعة 2025) (التقليدية المغير).

La wilaya d'El-Meghaier se distingue par une topographie variée, alliant plaines agricoles et zones humides protégées. Son site majeur, le Chott Merouane, constitue le point le plus bas d'Algérie (-40 m) et représente un pôle stratégique pour la recherche scientifique ainsi qu'une ressource clé pour la production nationale de sel (مديرية السياحة والصناعة 2025) (التقليدية المغير).

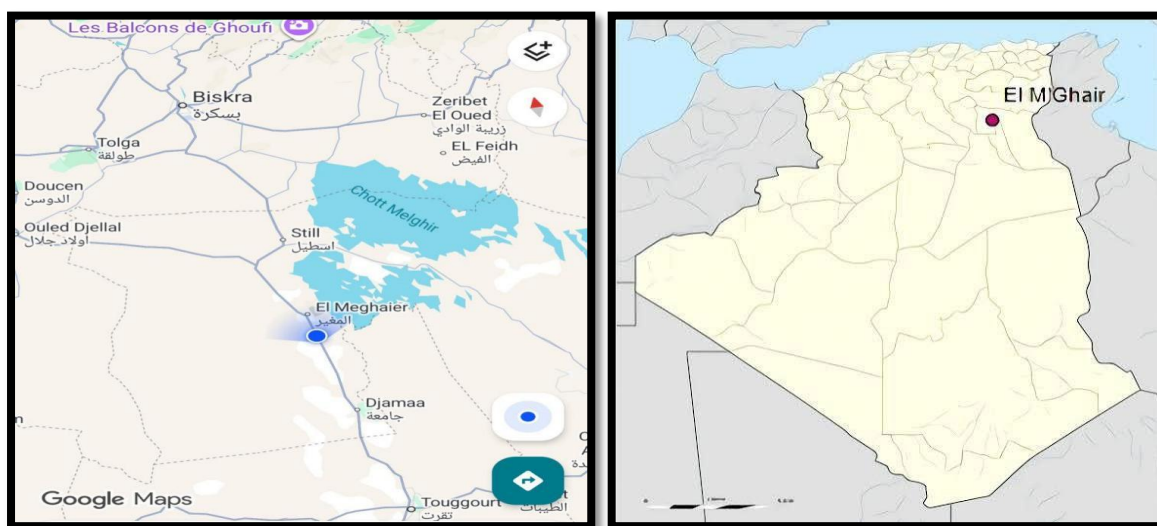


Figure 15 : Situation géographique de la wilaya d'El-Meghaier (Google maps, 2026)



Figure 16: Carte satellitaire de la région d'étude (El-Meghaier) (Google Earth, 2026)

I.1.1.2. Présentation d'enquête

Dans l'objectif d'identifier les espèces végétales utilisées localement dans la wilaya d'El-Meghaier, une enquête ethnobotanique a été réalisée à l'aide d'un questionnaire durant la période allant de novembre 2025 jusqu'à janvier 2026. Cette étude a été menée auprès d'un échantillon de 130 personnes, lesquelles ont été préalablement informées des objectifs et de la portée de cette recherche scientifique.

A. Critère d'inclusion

Les critères d'inclusion de cette étude englobent l'ensemble des catégories socio-professionnelles de la région, incluant des praticiens de santé, des herboristes ainsi que des usagers issus de divers horizons (secteur éducatif, artisanal, étudiants et femmes au foyer). L'échantillonnage a été réalisé sans distinction d'âge, de situation matrimoniale, de niveau d'études, afin de garantir une représentativité globale de la population étudiée.

B. Questionnaire

Le questionnaire utilisé pour la collecte des données (annexe) est structuré en deux sections distinctes: la première est consacrée aux informations sociodémographiques et personnelles des participants, tandis que la seconde traite des connaissances et des pratiques relatives à l'utilisation des plantes médicinales par la population enquêtée.

C. Fiche questionnaire

Profil sociodémographique : Identification de l'informateur (âge, sexe, niveau d'étude et profession).

Données ethnobotaniques : Inventaire des espèces, parties végétales utilisées et formes d'usage.

Paramètres ethnopharmacologiques : Protocoles de préparation (décoction, infusion, etc.)

D. Choix des plantes

Suite à l'analyse des résultats de l'enquête et à une revue approfondie de la littérature, deux plantes médicinales ont été sélectionnées pour faire l'objet de notre étude expérimentale : *Mentha spicata* L. car sa forte fréquence d'utilisation par la population locale, et *Glycyrrhiza glabra* L. tandis que moins exploité et demeure peu documenté dans la bibliographie consultée.

I.1.2. Produits chimique et réactifs

Acide acétique ; Acide ascorbique ; Acide chlorhydrique ; Acide gallique ; Acide sulfurique (H_2SO_4) ; AlCl_3 ; Bicarbonate de sodium (Na_2CO_3) ; Chlorure de sodium ; Éthanol ; FeCl_3 ; Folin Ciocolteu ; Liqueur de Fehling ; Magnésium ; Méthanol ; Na_2PO_4 ; Réactif de Dragendorff ; Vanilline ; 2,2'-diphényle-1-picrylhydrazyl (DPPH) ; SDS ; Ferricyanure de potassium ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$) ; Anhydride acétique ; FCR ; catéchine ; Quercétine ; molybdate d'ammonium ; NaOH ; Acétate de zinc ; HCL.

I.1.3. Recolte du matériel végétal

Les échantillons de réglisse (*Glycyrrhiza glabra* L.) et de menthe (*Mentha spicata* L.) ont été récoltés durant le mois de février 2026 dans la ville de Djamaâ, wilaya d'El-Meghaier.



Figure 16 : *Glycyrrhiza glabra* L et *Mentha spicata* L (photo originale)

I.1.4. Indices quantitatifs

I.1.4.1. Fréquence de citation et fréquence relative de citation

Pour chaque espèce, FC détermine la fréquence des mentions ; le nombre total d'informateurs qui font état de l'utilisation de l'espèce (**Reang,2023**).

La fréquence relative de citation (RFC) ($0 < \text{RFC} < 1$) est calculée afin d'évaluer la pertinence régionale de chaque plante et est estimée comme suit (**Brahmi et al .,2023**):

$$\text{RFC} = \text{Fc}/\text{N}$$

Fc : fréquence de citation

N : nombre de répondants

I.1.4.2.Valeur d'usage (UV)

La valeur d'usage (UV) a été calculée afin de quantifier l'importance relative des espèces en fonction du nombre d'utilisations mentionnées par chaque informateur. La valeur d'usage (UV) permet d'estimer l'importance culturelle et pratique relative d'une espèce au sein d'une communauté (**El annaoui et al,2025**)

$$\text{UV} = \Sigma \text{Ui} / \text{N}$$

Ui :nombre d'utilisations citées par l'informateur i

N : nombre total d'informateurs interrogés

I.1.4. Niveau de fidélité (NF)

Le niveau de fidélité sert à identifier l'espèce la plus fréquemment mentionnée par les informateurs pour un processus de guérison donné. Il est calculé à l'aide de l'équation (**Kaci, 2022**)

$$\text{NF (\%)} = (\text{Np} / \text{N}) \times 100$$

Np : est le nombre total d'informateurs ayant mentionné l'utilisation de la plante pour traiter une maladie particulière.

N : est le nombre total d'informateurs citant la plante comme remède pour traiter une maladie donnée.

I.2.Méthodes

I.2.1. Préparation du matériel végétal

Les plantes (*Glycyrrhiza glabra* L. et *Mentha spicata* L.) ont été lavées plusieurs fois à l'eau distillée pour les débarrasser de la poussière, ensuite elles ont été séchées à l'air libre.

Après séchage, elles ont été broyées en poudre à l'aide d'un broyeur électrique, et la poudre obtenue a été tamisée à l'aide d'un tamiseur. Une poudre très fine a été récupérée à la fin du tamisage et conservée dans des flacons en verre à l'abri de la lumière et de l'humidité.

I.2.2. Extraction

A. Préparation d'extrait aqueux

Une prise d'essai de 10 g de poudre de chaque plante a été introduite dans un ballon contenant 100 ml d'eau distillée. L'ensemble a été maintenu en ébullition pendant 30 minutes. Après refroidissement et filtration, le filtrat a été concentré à l'évaporateur rotatif sous vide à 50°C. L'extrait a été ensuite mis à l'étuve à 46°C pendant 24 heures. Les essais ont été réalisés en triple. Les poudres obtenues ont été pesées puis conservées dans un flacon stérile hermétiquement fermé (Pacome serge *et al*, 2018).

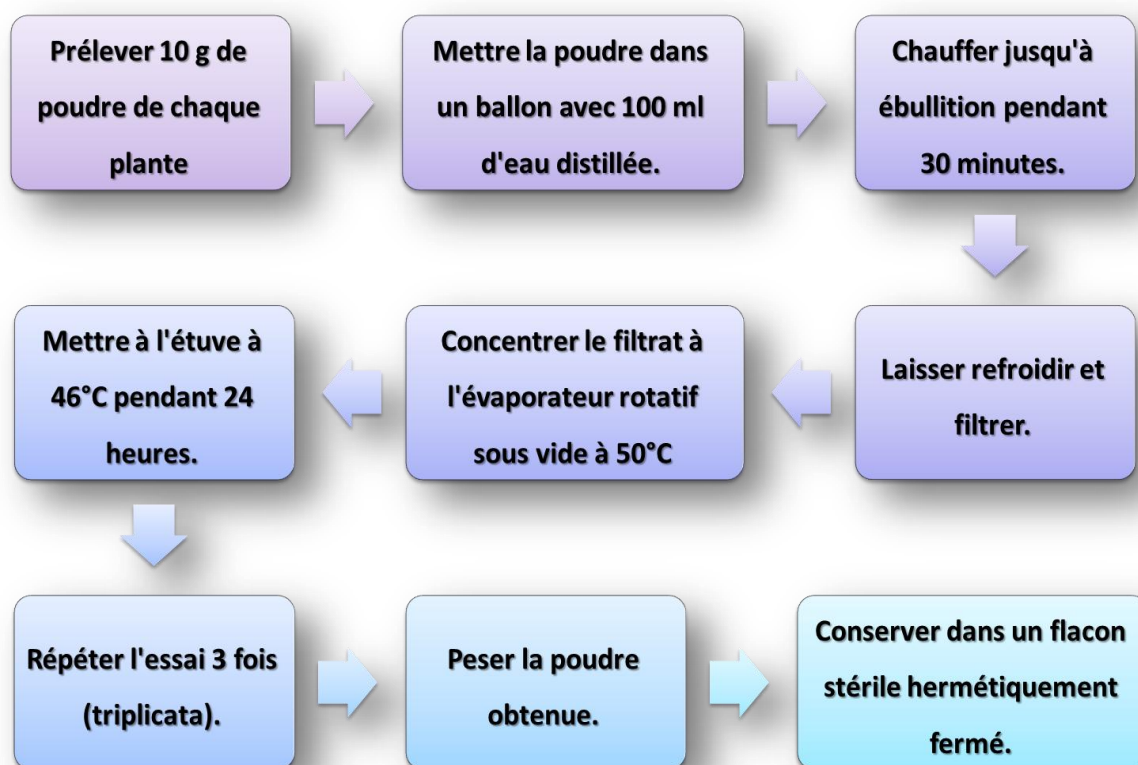


Figure 17: Schéma récapitulatif du protocole d'extraction

Détermination du rendement

Le rendement d'extraction a été obtenu par la formule suivante :

$$R\% = (PEB/PMV) \times 100$$

R% : Rendement exprimé en %

PEB : poids de l'extrait brut (g)

PMV : poids de matière végétale (g)

I.2.3. Screening phytochimique

Ce test permet une analyse qualitative basé sur des réactions de coloration et/ou de précipitation en utilisant des réactifs spécifiques, en vue de mettre en évidence des substances chimiques contenues dans les plantes (**boudjema et al., 2021**).

Recherche des polyphénols

A 1 ml de chaque extrait nous avons ajouté une goutte de solution alcoolique de chlorure ferrique ($FeCl_3$) à 2%. L'apparition d'une coloration bleu-noirâtre ou verte plus ou moins foncée fut le signe de la présence de polyphénols (**Salhi et al, 2022**).

Recherche des flavonoïdes

Pour mettre en évidence les flavonoïdes, la réaction dite à "la cyanidine" ou (réaction de Shibata) a été utilisée. 2mL de chaque extrait a été repris dans 5mL d'alcool chlorhydrique (4ml EtOH + 1ml HCl concentré). En ajoutant 2 à 3 copeaux de magnésium, l'apparition d'une coloration rose-orange (flavones) ou rose-violacée (flavanones) révèle la présence de flavonoïdes libres (**Badiaga, 2011**).

Recherche des alcaloïdes

A 5 ml d'extrait dans lequel on ajoute quelques gouttes du réactif de Dragendorff. L'apparition d'un précipité orangé indique la présence d'alcaloïde (**Koffi et al.,2009**).

Composés réducteurs

Leur détection consiste à introduire 2ml de chaque extrait aqueux dans un tube à essai, puis 2ml de la liqueur de Fehling sont ajoutés. Ensuite, l'ensemble est porté au bain-marie bouillant durant 8 min à 70°C. L'obtention d'un précipité rouge brique indique la présence des composés réducteurs (**Salhi et al., 2022**).

Recherche des saponosides

Pour mettre en évidence les saponosides, 1ml d'extrait végétal est introduit dans un tube à essai. Agiter le tube dans le sens de la longueur du tube pendant 15 secondes à raison de 2 agitations par seconde. Laisser reposer 15 min et mesurer la hauteur de la mousse produite dans le tube (EL-haoud *et al.*,2018).

Recherche des polyterpènes et des stérols

Pour mettre en évidence les stérols et les polyterpènes, nous avons utilisé le réactif de Liebermann. En effet, cinq (5) ml d'extrait végétal a été ajouté quelques gouttes d'anhydride acétique dans un tube à essai; puis additionner 0,5 ml d'acide sulfurique concentré. L'apparition d'une couleur rouge intense indique la présence des terpènes, verte foncée indique la présence des stérols (Bidie *et al.*,2011).

I.2.4. Dosage des composées phénoliques par la méthode colorimétrique

I.2.4.1.Dosage des polyphénols totaux

Pour effectuer le dosage, 1 mg d'extrait est dissous dans 1 ml de méthanol. Ensuite, 20µl de cette solution sont placés dans des tubes, auxquels sont ajoutés 100 µl de FCR à 10% et 75 µl de carbonate de sodium (Na_2CO_3). Le mélange est incubé dans l'obscurité à température ambiante pendant 2 heures, puis l'absorbance est mesurée à 765 nm. Un blanc est préparé de la même manière, mais en remplaçant l'extrait par du méthanol (Kassama et Amira,2024).

I.2.4.2. Dosage des flavonoïdes totaux

Cette méthode exploite la formation d'un complexe aluminium-flavonoïde stable en milieu faiblement acide, générant une coloration jaune mesurée par un spectromètre à 430 nm. Un volume de 1 ml d'extrait (feuilles et grains) a été combiné à 1 ml de solution d' AlCl_3 à 2 % (m/v), suivi d'une incubation à température ambiante pendant 15 minutes. L'absorbance ainsi obtenue est proportionnelle à la concentration totale en flavonoïdes dans l'échantillon (Benoudina et Guetteche ,2025).

I.2.4.3.Dosage des tannins totaux

Une prise de 50 µL d'extrait est ajoutée à 3 ml de vanilline à 4% et 1.5 ml d'acide chlorhydrique concentré. Après homogénéisation, le mélange est mis en incubation à température ambiante pendant 15 min. L'absorbance est mesurée contre un blanc à 500 nm. Les teneurs en tanins condensés, déterminées en se référant à une gamme étalon de catéchine (0 à 500 µg/ml) (Reguibi, 2021).

I.2.5. Evaluation de l'activité antioxydante

I.2.5.1. Test du diphenyl pyryl-hydrazyl (DPPH)

Principe du test de DPPH

La méthode de Blois a été utilisée avec quelques modifications pour la détermination du potentiel antioxydant. Cette méthode consiste à mesurer l'activité antiradicalaire par la technique de piégeage du radical au DPPH (2,2'-Diphényl-1- picrylhydrazyl). Le DPPH, ($C_{18}H_{12}N_5O_6$; PM= 394,33), est un radical libre stable soluble dans le méthanol (ou éthanol). D'une couleur violette intense, il présente un maximum d'absorbance à 517 nm. Lorsqu'une molécule antioxydante réduit le radical DPPH, la couleur violette disparaît rapidement pour donner une couleur jaune pâle (Gouegoui Bohui *et al.*, 2018).

Réduction du radical libre DPPH par dosage spectrophotométrie

L'activité antioxydante des extraits invitro a été testée selon la méthode de Blois a été utilisée avec quelques modifications. Le test est effectué selon les étapes suivantes :

Préparation des extraits et de l'acide Ascorbique

Les extraits aqueux secs et l'acide ascorbique (antioxydant de référence) dissous dans le méthanol à une concentration de 1 mg/ml ont été dilués à différentes concentrations croissantes (0,1-0,2-0,4-0,6-0,8-1 mg/ml).

Préparation de la solution de DPPH

Le DPPH a été solubilisé dans le méthanol absolu pour avoir une solution d'une concentration de $6,34 \cdot 10^{-5}$ M (0,0025g DPPH dans 100 ml méthanol). La solution obtenue a été conservée à l'abri de la lumière.

Détermination du potentiel antioxydant

La détermination de pouvoir antioxydant est basée sur la réaction entre l'oxydant et l'antioxydant. Le spectrophotomètre UV-Visible de marque Jasco V-530 (JASCO, Japon) a été calibré à l'aide d'un blanc constitué de méthanol pur à une longueur d'onde de 517 nm. 1900 µL de la solution du DPPH, a été ajoutée à 100 µL de chaque extrait et de l'acide ascorbique préparé dans les mêmes conditions des extraits à tester. Après homogénéisation, le mélange a été incubé à la température ambiante (25°C) dans le noir, à l'abri de la lumière. Après 30 minutes d'incubation, l'absorbance des extraits testés a été lue à 517 nm contre celle d'un blanc qui ne contient que la solution méthanolique de DPPH. L'activité antiradicalaire des extraits testés correspondant au pourcentage d'inhibition (PI) du radical DPPH est calculé selon l'équation suivante :

$$PI (\%) = (A_0 - A_1 / A_0) \times 100$$

Ou A_0 est l'absorbance du témoin négatif ; ce dernier contient du DPPH et du méthanol sans extrait. La concentration d'inhibition IC_{50} (mg/ml) qui correspond à la concentration de l'extrait des feuilles où l'antioxydant de référence responsable de 50% d'inhibition des radicaux DPPH, permet d'évaluer le pouvoir antioxydant de l'extrait analysé. Btenue a été conservée à l'abri de la lumière (Gouegoui Bohui *et al*,2018).

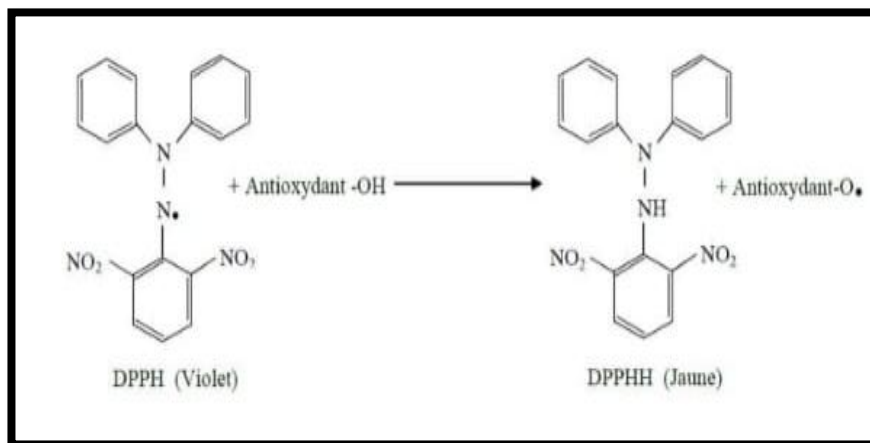


Figure 18 : Equation du radical DPPH transformé en DPPH (Talbi *et al*,2015).

I.2.5.2. Pouvoir réducteur de l'ion ferrique (FRAP)

Le pouvoir antioxydant réducteur ferrique (FRAP) des échantillons a été déterminé par réduction directe du ferricyanure de potassium ($K_3 Fe_3 (CN)_6$) en ferrocyanure de potassium ($K_3 Fe_2 (CN)_6$) (électron processus de transfert de l'antioxydant).

Le réactif de FRAP est préparé par les mélanges de 100µl HCL, 20µl SDS, 300µl ferrocyanure de potassium et 20µl $FeCl_3$ et 40µl d'extrait est ajouté à la solution de FRAP. La lecture est réalisée après 20 min à 750 nm contre le blanc. La courbe d'étalonnage a été réalisée en utilisant l'acide ascorbique à différentes concentrations (20-100 µg/mL). Le test est répété 3 fois (Aroke,2012).

I.2.5.3. Test de phosphomolybdate (PPM)

Le test du PPM (PhosphoMolybdate) est une variante du test au DPPH. Au cours de ce test, l'hydrogène et l'électron sont transférés du composé réducteur (extrait-antioxydant) vers le complexe oxydant (PPM). Ce transfert dépend du potentiel redox, du pH du milieu et de la structure du composé antioxydant.

La méthode consiste à introduire dans un tube 200 µl de chaque extrait à différentes concentrations mélangés à 2000µl d'un réactif composé de H_2SO_4 (0,6 M), de Na_2PO_4 (28 mM) et du molybdate d'ammonium (4 mM). Le tube est ensuite bien fermé puis incubé à 95°C pendant 90 minutes. Après les avoir refroidis, l'absorbance est mesurée à 695 nm. Le témoin est

constitué de 200 µl de méthanol mélangé avec 2000 µl du réactif mentionné ci-dessus. Les échantillons et les témoins sont incubés dans les mêmes conditions. Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent acide ascorbique par gramme de matière sèche de l'extrait (mg EAA/g EXS) (Prieto *et al.*, 1999).

I.2.6. Synthés de ZnONPs

I.2.6.1. Préparation de l'extrait végétal

L'extrait aqueux a été obtenu en portant à ébullition 10 g de poudre de *Mentha spicata* L dans 100 ml d'eau distillée pendant 20 minutes. Le mélange a été ensuite refroidi, puis filter (Ben haj yahia *et al.*, 2024).

Un échantillon de 10 g de poudre de racines de *Glycyrrhiza glabra* L (régliasse) a été soumis à une macération dans un mélange hydro-alcoolique composé de 70 ml d'éthanol et 30 ml d'eau distillée. L'ensemble a été maintenu à température ambiante pendant 24 heures. Après cette période, le mélange a été filtré (Santos *et al.*, 2023).

I.2.6.2. Biosynthèse de ZnONPs

Une masse de 2.5 g de l'acétate de zinc est introduite dans un bécher qui contient 500 mld'eau distillée. On fait réagir une solution de l'acétate de zinc avec 100ml de l'extrait aqueux (50ml extrait de *Mentha spicata* L + 50ml extrait de *Glycyrrhiza glabra* L) (ajouté goutte à goutte) et pendant 3h sous l'agitation continue à 70°C. 40 ml d'une solution 1M de NaOH a été ajouté en fin de réaction. Le mélange a pris une texture crémeuse un peu blanche. La solution a été centrifugé à l'aide d'une centrifugeuse de type Hettich ZENTRIFUGENUNIVERSAL 320 à 4000tr/min pendant 15 min. Le résidu a été séché dans l'étuve à 60°C pendant 6 heures (Bekkouche et Bourouis, 2022).

Le précipité obtenu a été soumis à un processus de calcination en le plaçant dans un four thermique à une température de 700 °C pendant 8 heures.

Après la calcination, une série de lavages répétés de la poudre a été effectuée à l'aide d'eau distillée afin de garantir son épuration de tout résidu réactif ou impureté organique résiduelle, tout en mesurant régulièrement le pH pour assurer la stabilité du milieu chimique des particules préparées. Ce traitement a finalement permis d'obtenir une poudre fine de couleur blanc éclatant (Achour et Herouini, 2025).

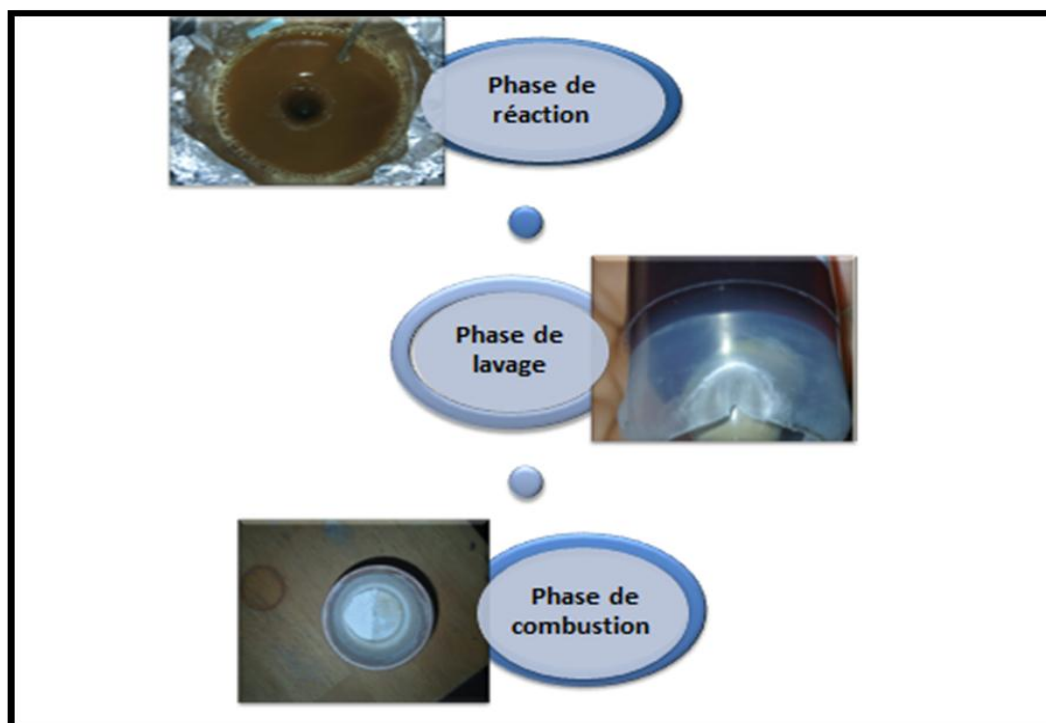


Figure 19 : Étapes de la biosynthèse de nanoparticules d'oxyde de zinc (ZnONPs) à l'aide d'extraits végétaux

I.2.7. Technique de caractérisations

De nombreuses techniques physico-chimique sont utilisés dans la caractérisation de nanoparticules élaboré. Dans notre travail, nous avons utilisé les techniques suivantes : Spectroscopie infrarouge (FTIR) ; l'UV-visible UV (Messaoui et Boudache, 2023).

I.2.7.1. Spectroscopie infrarouge FTIR

Principe

La spectroscopie infrarouge est l'une des méthodes les plus simples et les plus rapides pour obtenir des informations sur la structure moléculaire. Lorsqu'une molécule est soumise à une radiation infrarouge dont la fréquence est égale à celle de l'un de ses modes de vibration, celle-ci va entrer en résonance en absorbant une partie de l'énergie du rayonnement. Le spectre IR caractéristique du produit analysé est obtenu par la mesure de la quantité d'énergie absorbée en fonction de la fréquence (Messaoui et Boudache, 2023).

I.2.7.2. Spectroscopie UV-Vis

Principe

Le spectrophotomètre est constitué de trois parties principales : La source du rayonnement, le porte échantillon et référence. Cette spectroscopie électronique consiste à mesurer l'atténuation d'un rayon lumineux incident d'intensité 10 en fonction de la longueur d'onde

lorsque celui-ci traverse un milieu homogène d'épaisseur d contenant une espèce absorbante (Bekkouche et Bourouis ,2022).

I.2.8.Préparation d'une crème cosméto-thérapeutique enrichie en nanoparticules d'oxyde de zinc (ZnONPs) et en extraits végétaux de *Glycyrrhiza glabra L* et *Mentha spicata L*

Cette étape consiste à mélanger deux phases distinctes sous l'effet de la chaleur et d'un brassage mécanique afin d'obtenir une texture homogène:

- La phase huileuse : on mélange 40 g de cire émulsifiante (Emulsifying Wax) avec 16 g d'alcool cetylique (Lanette 16), 12,5 g d'huile de coco vierge et 20 g d'acide cireux. Cette phase est chauffée au bain-marie jusqu'à atteindre une température de 70 °C.
- La phase aqueuse : elle se compose de 400 ml d'eau distillée et de 12,5 g de glycérine végétale. Cette phase est chauffée séparément jusqu'à 70 °C.
- Émulsion : la phase aqueuse est versée lentement sur la phase huileuse à l'aide d'un batteur électrique à grande vitesse afin de garantir la fragmentation des gouttelettes d'huile et leur incorporation durable dans l'eau, puis la crème est laissée à refroidir progressivement en remuant par intermittence (Jethwa et Devadiya, 2025).



Figure 20 : préparation de la base crémeuse par émulsification des phases huileuse et aqueuse

- Étape finale : incorporation des principes actifs et des additifs thérapeutiques » « Une fois la base de crème préparée et refroidie à une température inférieure à 40 °C (afin de préserver la stabilité des principes actifs), une quantité de 80g de cette base a été prélevée pour lancer le processus de stabilisation final. On a ajouté 1g de nanoparticules d'oxyde de zinc (ZnONPs) préparées par voie biologique et les a réparties de manière homogène. Ensuite, on a incorporé 2g d'extrait de (*Glycyrrhiza glabra L*) et 2g d'extrait de (*Mentha spicata L*) Afin de renforcer les propriétés cosmétiques et thérapeutiques du produit, 1gde Niacinamide, 1g d'huile de réglisse et 2g d'huile de jojoba ont été ajoutés au mélange, ainsi que de la vitamine E en tant qu'antioxydant naturel.

Enfin, le conservateur (Phenoxyethanol) a été ajouté pour garantir la sécurité microbiologique de la préparation. Tous les ingrédients ont été mélangés par agitation mécanique douce jusqu'à l'obtention d'une crème finale homogène en termes de texture et de composition (Jalvo *et al.*, 2015).



Figure 21 : Ajout des extraits de *Mentha spicata L* et *Glycyrrhiza glabra L* huiles végétales à la formulation finale

I.2.9. Contrôle qualité de la crème préparée

I.2.9.1. Caractères organoleptiques

Il est fréquent que les caractéristiques sensorielles d'un produit soient associées à des caractéristiques sensorielles particulières (odeur, apparence et couleur) du produit. Afin de garantir la qualité des produits cosmétiques, l'évaluation sensorielle constitue un moyen de mesure fiable et autonome ainsi qu'un instrument de vérification de la qualité en évaluant la cohérence des produits fabriqués. Et joue un rôle crucial dans la création et la sélection d'un produit adapté au marché (Gilbert, 2014).

I.2.9.2. Examen physico-chimique

A. PH (Potentiel hydrogène)

Le papier pH est un papier spécial imprégné d'un mélange d'indicateurs colorés qui changent de couleur en fonction de l'acidité ou de l'alcalinité de la solution testée. Lorsque l'on dépose une goutte de solution dont on veut déterminer le pH sur le papier pH, il change de couleur. La couleur obtenue est ensuite comparée à une échelle de teinte inscrite sur l'emballage du papier pH (Nehari et Allam, 2024).

B. Test d'irritation

L'essai a consisté à appliquer la crème sur une surface cutanée de 1 cm², située sur le dos de la main. Les signes locaux d'irritation, de rougeur (érythème) et de gonflement

(œdème) ont été évalués à intervalles réguliers pendant les 24 heures suivant l'application (Mishra *et al.*,2014).

C. Test de stabilité de la crème

Une centrifugation a été effectuée sur la crème. Le test a été réalisé à une vitesse de 4000 rpm pendant 15 minutes, en plaçant 1g de l'échantillon dans des tubes centrifugation (Smaoui *et al.*,2015) .

Chapitre II

Résultats et discussion

II.1. Résultats

II.1.1. Analyse du profil des enquêtés

L'étude ethnobotanique nous a permis d'avoir les résultats suivants:

II.1.1.1. Utilisation des plantes médicinales selon le sexe

La (figure 22) montre une prédominance féminine parmi les personnes interrogées, avec 62 % de femmes contre 38 % d'hommes.

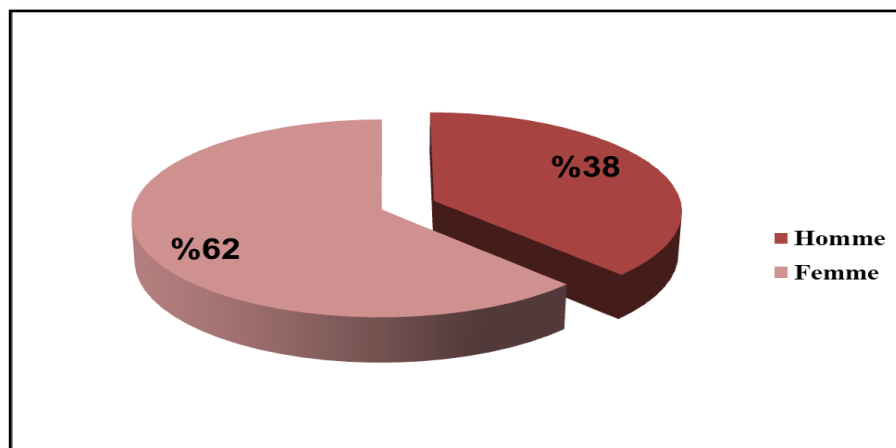


Figure 22 : Répartition des enquêtés selon le sexe

II.1.1.2. Utilisation des plantes médicinales selon l'âge

La tranche d'âge la plus représentée est celle des 20-40 ans avec 48 %, suivie de la tranche des 40-60 ans qui représente 28 %. Les personnes âgées de moins de 20 ans constituent 15 %, tandis que celles de plus de 60 ans représentent 9 % (figure 23).

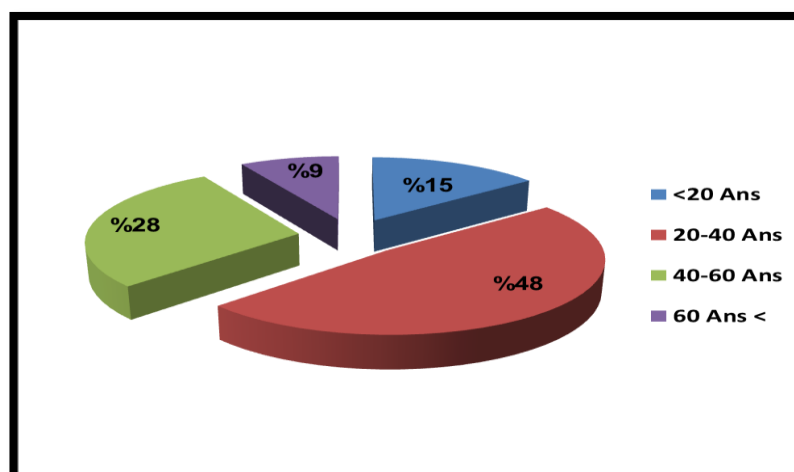


Figure 23: Répartition des enquêtés selon la tranche d'âge

II.1.1.3. Utilisation des plantes médicinales selon le niveau d'éducation

Les résultats de la (figure 24) montre que les personnes ayant un niveau universitaire sont les plus nombreuses avec 42%, suivies de celles ayant un niveau secondaire (36 %). Le niveau moyen représente 12%, tandis que les niveaux primaire et néant (aucune éducation) représentent respectivement (5%) et (5%).

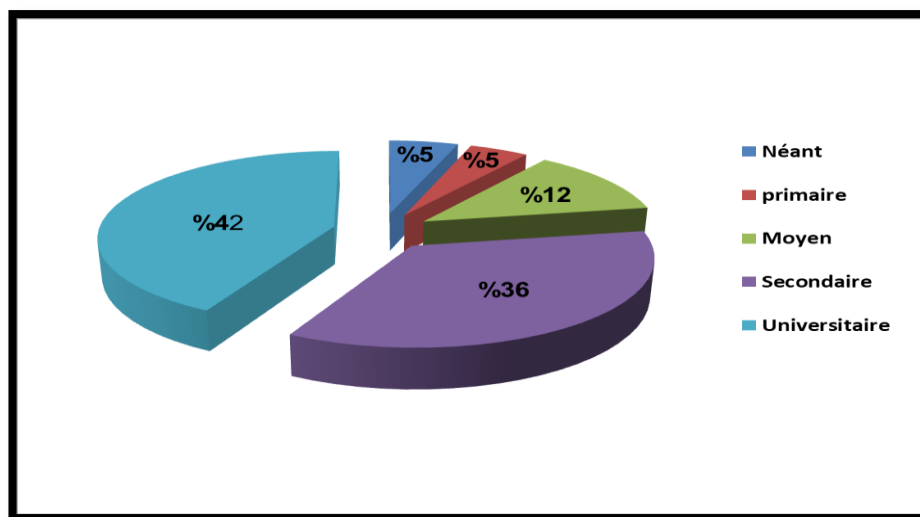


Figure 24: Classification des enquêtés selon le niveau d'éducation

II.1.1.4. Utilisation des plantes médicinales selon la profession

La (figure 25) indique que les femmes au foyer représentent (31%), tandis que les herboristes constituent (8%) de l'échantillon, les agriculteurs représentent (7 %), et la majorité des enquêtées 54% possèdent d'autre profession.

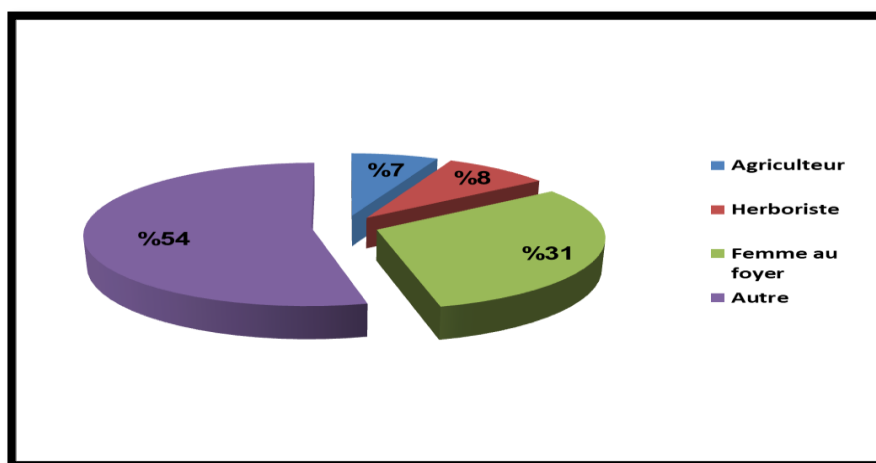


Figure 25: Répartition des personnes interrogées selon la profession

II.1.1.5. Utilisation des plantes médicinales selon la situation familiale

Les mariés constituent la catégorie la plus importante avec (49%) (Figure 26), suivis des célibataires (42%). Les divorcés et les veufs représentent respectivement (5%) et (4%).

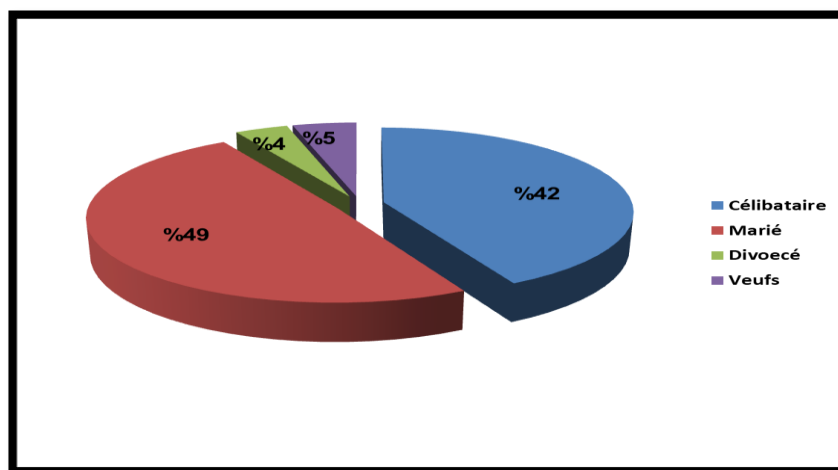


Figure 26: Répartition des personnes interrogées selon la situation familiale

II.1.1.6. Recours à la médecine traditionnelle vs moderne

Près de la moitié des participants à l'enquête (51 %) ont déclaré avoir recours à la fois à la médecine traditionnelle et à la médecine moderne, tandis que 28 % préfèrent exclusivement la médecine traditionnelle et 21 % la médecine moderne (figure 27).

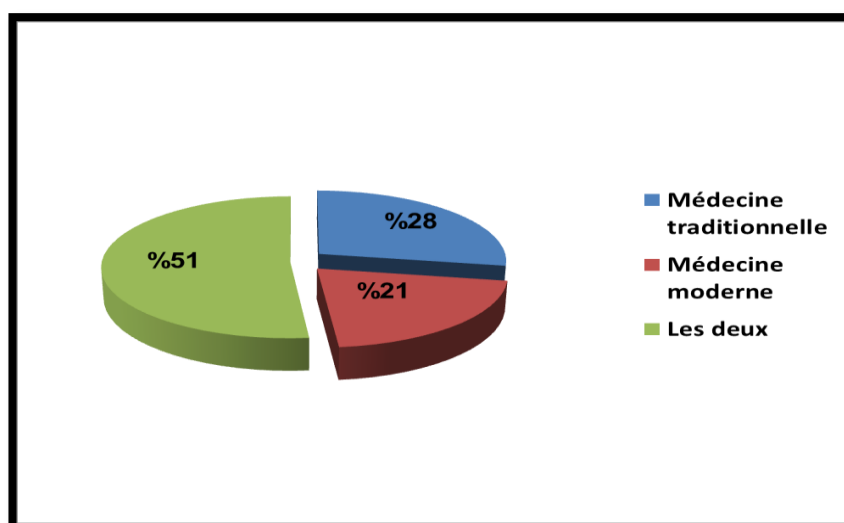


Figure 27: Recours à la médecine traditionnelle vs moderne

II.1.1.7. Source d'information sur les plantes médicinales

La (figure 28) mentionne que les membres de la famille et les aînés constituent la principale source d'information (68 %). Internet et les réseaux sociaux constituent la deuxième source (22 %), suivis par les livres et les magazines (6 %). Les pharmaciens/médecins ne représentent que 2 %, tandis que les autres sources représentent 2 %.

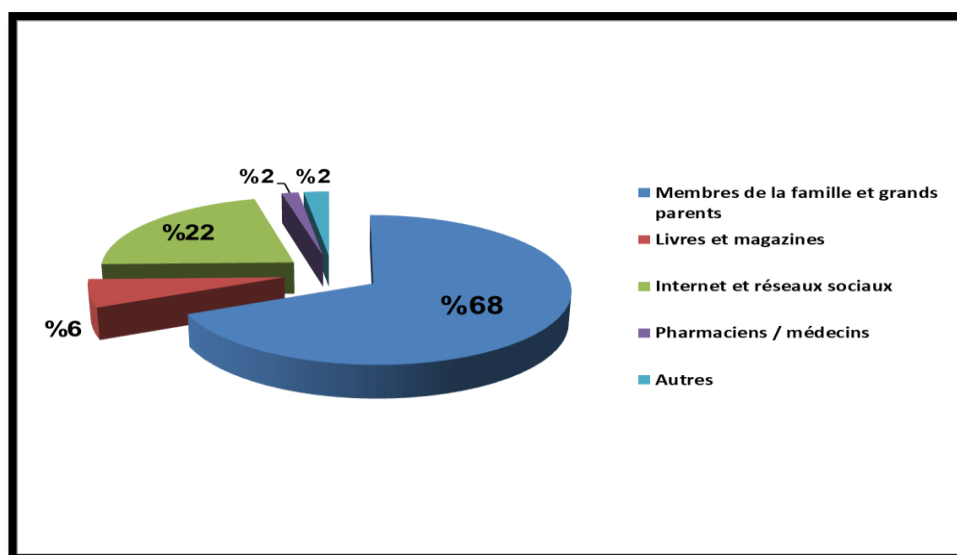


Figure 28: Source d'information sur les plantes médicinales

II.1.1.8. Efficacité des plantes médicinales

La grande majorité des enquêtés (75%) considèrent les plantes médicinales efficaces (figure 29), tandis que (24%) estiment qu'elles sont parfois efficaces. Seulement (1%) les jugent inefficaces.

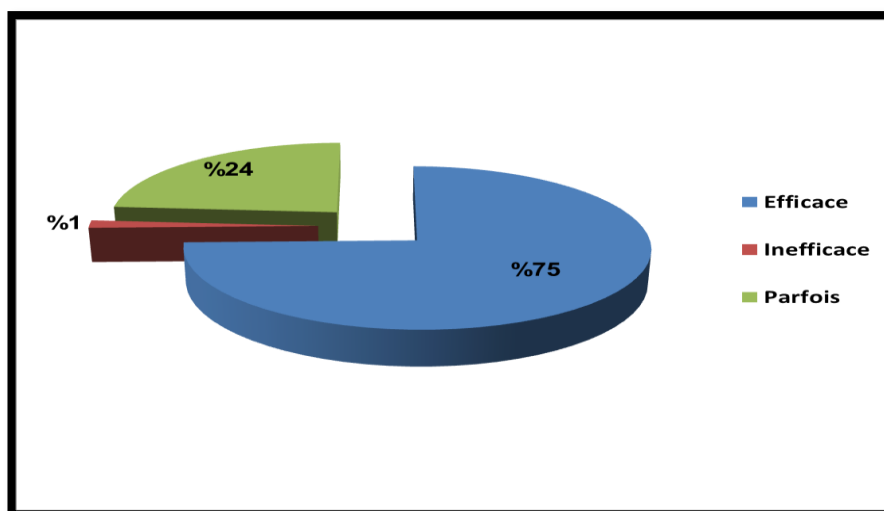


Figure 29: Efficacité des plantes médicinales

II.1.2. Analyse des plantes médicinales utilisées

II.1.2.1. Source des plantes (cultivée vs spontanée)

La (figure 30) illustre que parmi les plantes utilisées (58,77%) sont spontanées (sauvages), suivies des plantescultivées (28,92%).

Les plantes à la fois cultivées etspontanées représentent (12,31%).

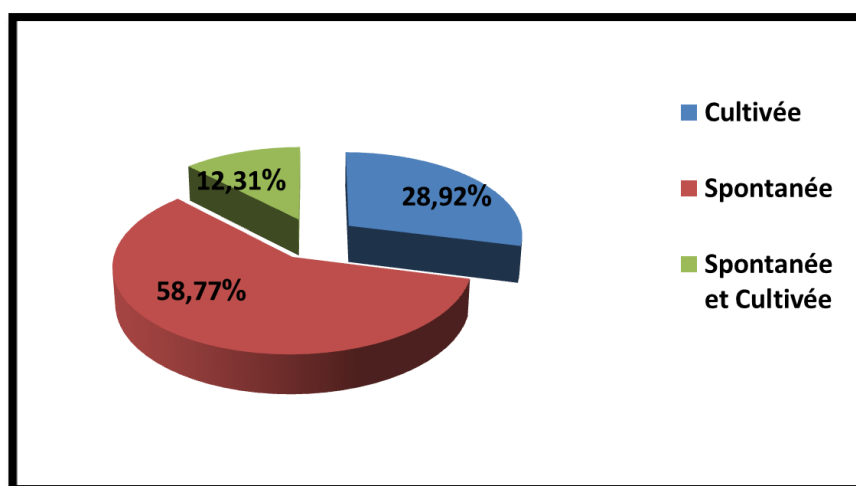


Figure 30: Source des plantes

II.1.2.2. Parties de la plante utilisées

Les feuilles sont la partie la plus utilisée avec (62,46%), suivies des fleurs (10,15%) et des fruits (8%). Les graines représentent (7,38%), les tiges (4,62%), tandis que les racines et la plante entière représentent chacune (3,69%) (figure 31).

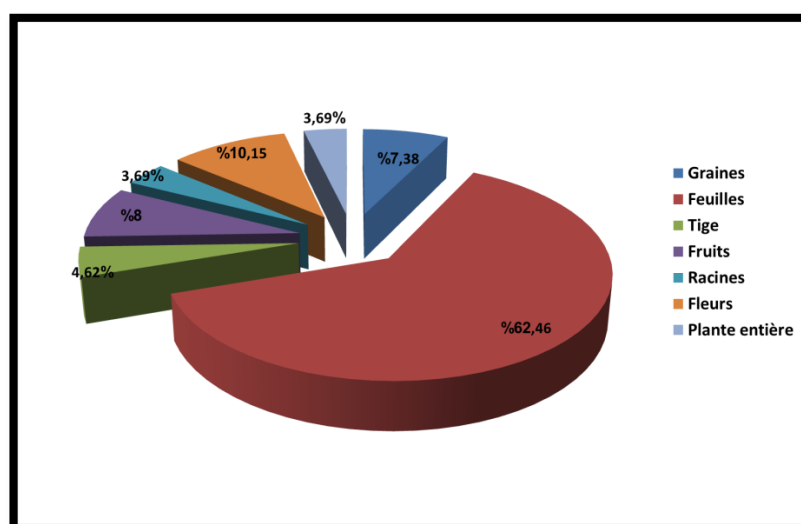


Figure 31: Répartition selon les parties utilisées

II.1.2.3. Domaine d'utilisation

Le domaine thérapeutique est le plus fréquent avec 38 %, suivi de l'utilisation thérapeutique et cosmétique combinées (32%). L'utilisation exclusivement cosmétique représente (20%), tandis que l'utilisation nutritionnelle est la moins fréquente avec seulement (1%). L'utilisation combinée (thérapeutique, cosmétique et nutritionnelle) représente (9%). Ces résultats montrent que les plantes médicinales sont principalement utilisées pour leurs propriétés curatives (figure 32).

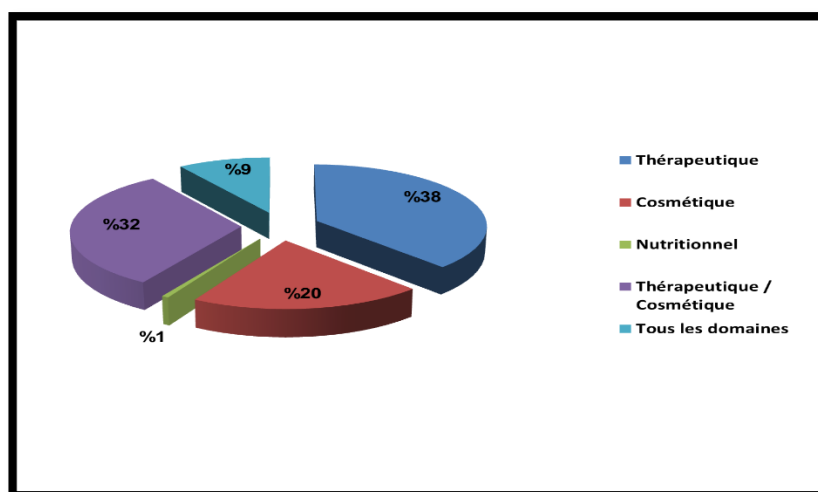


Figure 32: Domaine d'utilisation des plantes

II.1.2.4. Utilisation dans le domaine cosmétique

Parmi les utilisations des plantes à des fins cosmétiques (figure 33), (36%) sont pour le visage, (33%) pour les cheveux, et (31%) pour les deux.

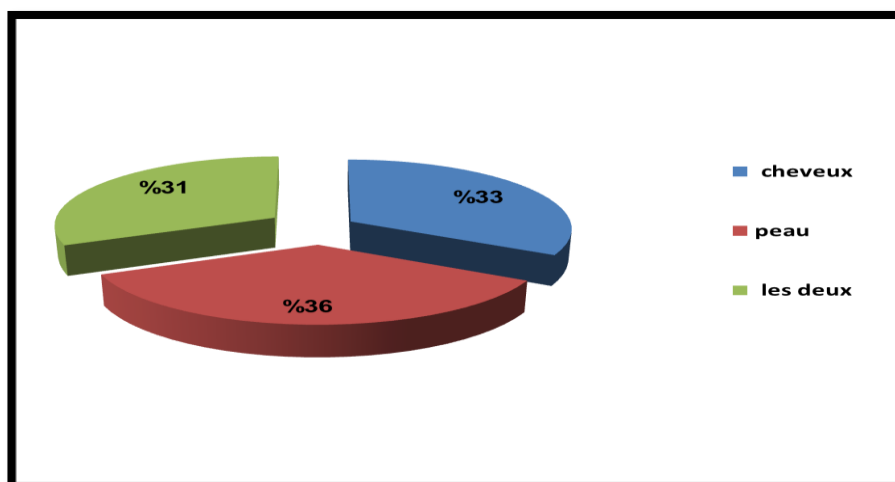


Figure 33: Utilisation dans le domaine cosmétique

II.1.2.5. Mode de préparation

Les méthodes de préparation des plantes médicinales varient dans la région étudiée : l'infusion est la plus répandue (60 %), suivie de la poudre (26 %), puis du ébullition (11 %), tandis que la méthode la moins utilisée est la macération (3 %) (figure 34).

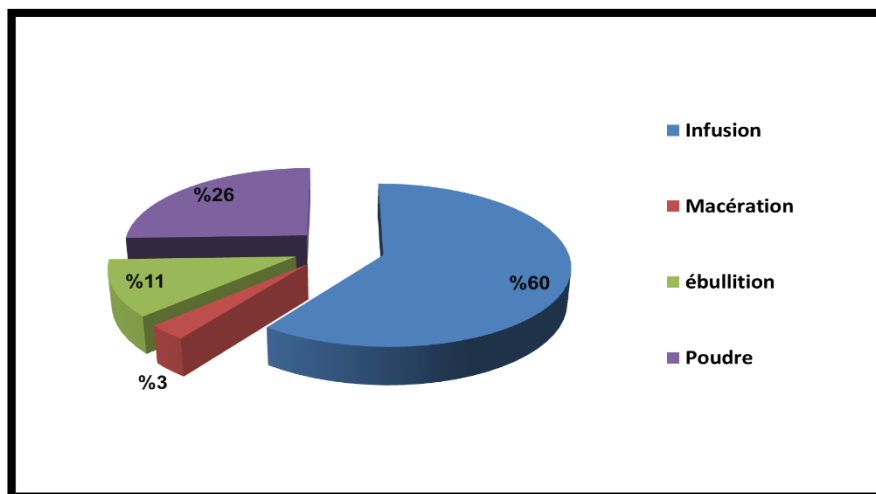


Figure 34: Mode de préparation des plantes

II.1.2.6. Mode d'administration

L'application topique (externe) est la plus fréquente avec (41,54%), suivie de la voie orale (31,69%). L'utilisation combinée (voie orale et topique) représente (21,85%), tandis que l'inhalation est la moins utilisée avec (4,92%). Cette distribution reflète la diversité des affections traitées (cutanées, digestives, respiratoires) et confirme que la voie orale reste la plus simple et la plus efficace (figure 35).

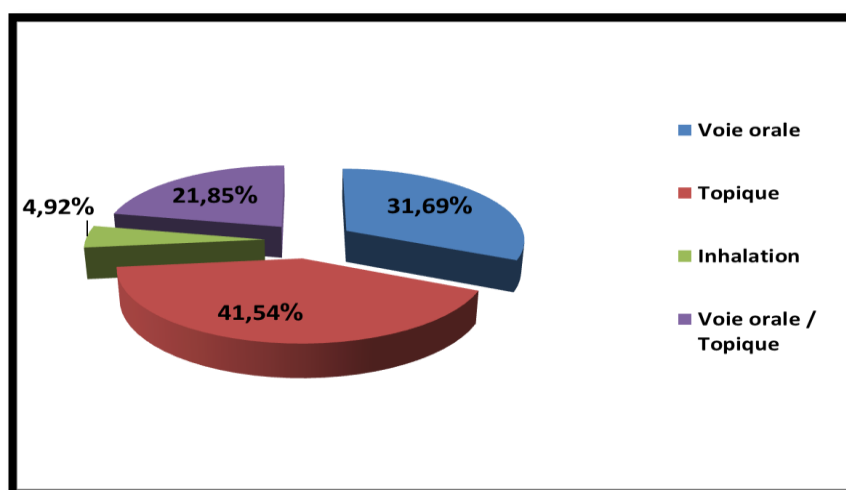


Figure 35: Mode d'administration des plantes

II.1.2.7. Durée d'utilisation

La durée d'utilisation la plus courante est quelques jours avec (26,77%), suivie de 2 à 3 fois par semaine (25,54%) et selon les besoins (24,31%). L'utilisation pendant un mois représente (12,62%), tandis que quelques semaines représentent seulement (10,77%). L'utilisation des plantes est généralement ponctuelle et ajustée aux besoins, ce qui contribuerait à réduire les effets secondaires (figure36).

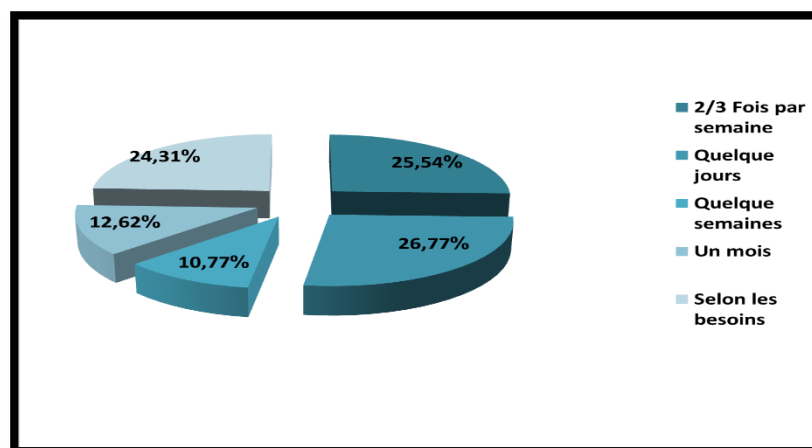


Figure 36: Durée d'utilisation des plantes

II.1.2.8. Existence d'effets secondaires

La majorité des enquêtés (71,08%) reconnaissent l'existence d'effets secondaires liés à l'utilisation des plantes médicinales, tandis que (28,92%) estiment qu'il n'y a pas d'effets secondaires (figure 37).

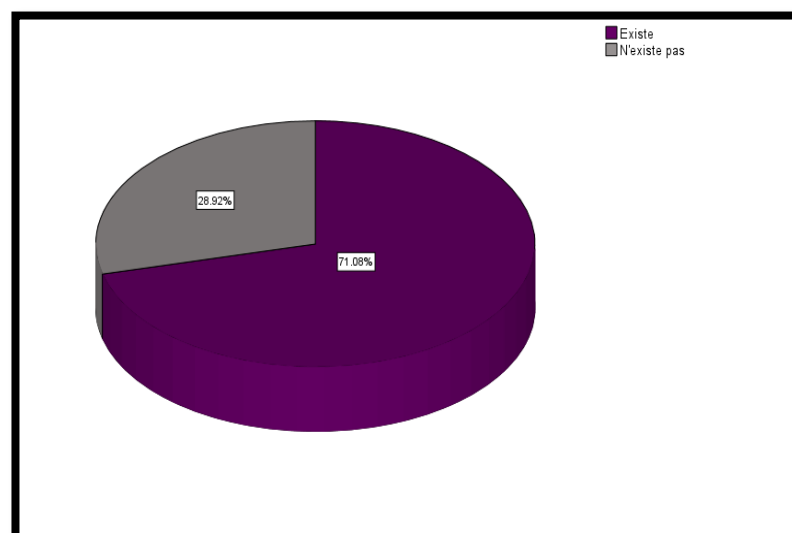


Figure 37: Existence d'effets secondaires

II.1.3. Analyse des familles botaniques

Les résultats de l'enquête ethnobotanique réalisée dans la région d'étude et les indices ethnobotaniques (tableau 03 et 04) nous ont permis de déterminer une liste de 45 espèces appartenant à 24 familles.

Dans cette enquête *Mentha spicata* L est la plante la plus citée, tandis que *Glycyrrhiza glabra* L est l'une des moins mentionnées, cette sous-représentation pourrait refléter une connaissance insuffisante de ses bienfaits et un intérêt scientifique encore limité dans la région.

Tableau 03 : Liste des espèces utilisées et les indices ethnobotaniques

Espèce	Nom vernaculaire	Famille	FC	Pourcentage	RFC	UV
<i>Aloe vera</i> (L.)Burm.f	الصبار	Asphodelaceae	12	3.6	0.09	0.92
<i>Ammi visnaga</i> (L.)Lam	النوخة	Apiaceae	1	0.3	0.01	0.5
<i>Anacyclus valentinus</i> L	القرطوفة	Asteraceae	4	1.2	0.03	1
<i>Artemisia campestris</i> L	اللالة	Asteraceae	1	0.3	0.01	1
<i>Artemisia herba alba</i> Asso	الشبح البري	Asteraceae	32	9.8	0.24	0.88
<i>Atriplex halimus</i> L	القطف	Amaranthaceae	3	0.9	0.02	0.5
<i>Calligonum comosum</i> L'Her	الارطى	Polygonaceae	1	0.3	0.01	0.5
<i>Carthamus tinctorius</i> L	العصفر	Asteraceae	5	1.5	0.03	0.83
<i>Citrullus colocynthis</i> (L.)Schrad	الحنظل	Cucurbitaceae	9	2.7	0.06	1
<i>Coriandrum sativum</i> L	الكسبر	Apiaceae	3	0.9	0.02	1
<i>Cuminum cyminum</i> L	الكمون الابيض	Apiaceae	3	0.9	0.02	1
<i>Curcuma longa</i> L	الكرم	Zingiberaceae	6	1.8	0.04	0.6
<i>Ephedra alata</i> (L.)Carl	العندة	Ephedraceae	3	0.9	0.02	0.6
<i>Eucalyptus globulus</i> (L.)Julien	الكاليبتوس	Myrtaceae	12	3.7	0.09	1
<i>Foeniculum vulgare</i> (L.)Miller	البسباس	Apiaceae	2	0.6	0.01	0.66
<i>Glycyrrhiza glabra</i> L	عرق السوس	Fabaceae	15	4.6	0.11	0.88
<i>Haloxylon salicornicum</i> Bunge ex Boiss	الرمث	Amaranthaceae	1	0.3	0.01	0.5
<i>Hibiscus sabdariffa</i> L	الكردية	Malvaceae	5	1.5	0.03	0.83
<i>Juniperus phoenicea</i> Pll	العراعر	Cupressaceae	7	2.1	0.05	1
<i>Laurus nobilis</i> Cav	الرند	Lauraceae	1	0.3	0.01	0.5
<i>Lavandula angustifolia</i> Mill	الخزامى	Lamiaceae	8	2.4	0.06	0.88
<i>Lawsonia inermis</i> L	الحناء	Lythraceae	21	6.4	0.16	0.67
<i>Matricaria chamomilla</i> L	البابونج	Asteraceae	12	3.7	0.09	0.57

<i>Mentha spicata L</i>	النعناع	Lamiaceae	34	10.4	0.26	0.75
<i>Moringa oleifera Lam</i>	المورينجا	Moringaceae	3	0.9	0.02	0.75
<i>Nerium oleander L</i>	الدقلة	Apocynaceae	2	0.6	0.01	1
<i>Nigella sativa L</i>	الكمون (حبة البركة)	Ranunculaceae	6	1.8	0.04	0.66
<i>Olea europaea L</i>	اوراق الزيتون	Oleaceae	10	3.0	0.07	0.71
<i>Peganum harmala L</i>	الحرمل	Zygophyllaceae	3	0.9	0.02	1
<i>Pennisetum setaceum Var</i>	الحلفاء	Poaceae	4	1.2	0.03	0.8
<i>Petroselinum crispum Mill</i>	المعدنوس	Apiaceae	3	0.9	0.02	0.75
<i>Phoenix dactylifera L</i>	النخيل	Arecaceae	2	0.6	0.01	0.66
<i>Pimpinella anisum L</i>	حبة حلاوة (اليانسون)	Apiaceae	8	2.4	0.06	0.66
<i>Rhamnus spp L</i>	النبق	Rhamnaceae	2	0.6	0.01	0.5
<i>Rhanterium epapposum Oliv</i>	العرفج	Asteraceae	1	0.3	0.01	0.5
<i>Rhus coriaria L</i>	الدباغ (السماق)	Anacardiaceae	1	0.3	0.01	0.5
<i>Rosmarinus officinalis L</i>	اكليل الجبل	Lamiaceae	11	3.3	0.08	0.68
<i>Salvia officinalis L</i>	الميرمية	Lamiaceae	1	0.3	0.01	0.5
<i>Senna alexandrina Mill</i>	السنا مكي	Fabaceae	3	0.9	0.02	0.6
<i>Syzygium aromaticum (L.) Merr</i>	القرنفل	Myrtaceae	12	3.7	0.09	0.75
<i>Thymus vulgaris L</i>	الزعتر	Lamiaceae	18	5.5	0.13	0.81
<i>Trigonella foenum graecum L</i>	الحلبة	Fabaceae	7	2.1	0.05	0.7
<i>Zingiber officinale Var</i>	الزنجبيل	Zingiberaceae	9	2.7	0.06	0.75
<i>Ziziphus spina-christi(L.) Willd</i>	السدر	Rhamnaceae	17	5.2	0.13	0.70
<i>Zygophyllum L</i>	العفة	Zygophyllaceae	1	0.3	0.01	1

🌈 L'analyse du (tableau 04) révèle une répartition contrastée des usages selon les espèces végétales. Certaines plantes présentent une fidélité totale (100 %) dans un domaine spécifique, tandis que d'autres montrent une polyvalence d'utilisation.

Tableau 04 : Niveau de fidélité (en %) de chaque espèce végétale dans différents domaines d'utilisation

Domaine d'utilisation	Espèce	Niveau de fidélité (%)
Cosmétique	<i>Ammi visnaga</i>	100
	<i>Atriplex halimus</i>	100
	<i>Calligonum comosum</i>	100
	<i>Carthamus tinctorius</i>	100
	<i>Haloxylon salicornicum</i>	100
	<i>Laurus nobilis</i>	100
	<i>Lawsonia inermis</i>	100
	<i>Moringa oleifera</i>	100
	<i>Nerium oleander</i>	100
	<i>Rhamnus spp</i>	100
	<i>Rhanterium epapposum</i>	100
	<i>Rhus coriaria</i>	100
	<i>Salvia officinalis</i>	100
	<i>Ziziphus spina-christi</i>	100
	<i>Glycyrrhiza glabra</i>	93.33
	<i>Aloe vera</i>	91.66
	<i>Rosmarinus officinalis</i>	90.90
	<i>Matricaria chamomilla</i>	83.33
	<i>Nigella sativa</i>	83.33
	<i>Hibiscus sabdariffa</i>	80
	<i>Syzygium aromaticum</i>	75
	<i>Trigonella foenum graecum</i>	71.42
	<i>Mentha spicata L</i>	70.58
	<i>Olea europaea</i>	70
	<i>Curcuma longa</i>	66.66
	<i>Ephedra alata</i>	66.66
	<i>Petroselinum crispum</i>	66.66
	<i>Senna alexandrina</i>	66.66
	<i>Zingiber officinale</i>	66.66
	<i>Lavandula angustifolia</i>	62.5
	<i>Foeniculum vulgare</i>	50

	<i>Pennisetum setaceum</i>	50
	<i>Phoenix dactylifera</i>	50
	<i>Pimpinella anisum</i>	50
	<i>Coriandrum sativum</i>	33.33
	<i>Cuminum cyminum</i>	33.33
	<i>Thymus vulgaris</i>	27.77
	<i>Artemisia herba alba</i>	15.62
Thérapeutique	<i>Ammi visnaga</i>	100
	<i>Anacyclus valentinus L</i>	100
	<i>Artemisia campestris L</i>	100
	<i>Atriplex halimus</i>	100
	<i>Calligonum comosum</i>	100
	<i>Coriandrum sativum</i>	100
	<i>Cuminum cyminum</i>	100
	<i>Ephedra alenda</i>	100
	<i>Eucalyptus globulus</i>	100
	<i>Foeniculum vulgare</i>	100
	<i>Haloxylon salicornicum</i>	100
	<i>Juniperus phoenicea</i>	100
	<i>Laurus nobilis</i>	100
	<i>Matricaria chamomilla</i>	100
	<i>Peganum harmala L</i>	100
	<i>Pennisetum setaceum</i>	100
	<i>Phoenix dactylifera</i>	100
	<i>Pimpinella anisum</i>	100
	<i>Rhamnus spp</i>	100
	<i>Rhanterium epapposum</i>	100
	<i>Rhus coriaria</i>	100
	<i>Salvia officinalis</i>	100
	<i>Senna alexandrina</i>	100
	<i>Thymus vulgaris</i>	100
	<i>Trigonella foenum graecum</i>	100
	<i>Zingiber officinale</i>	100

	<i>Zygophyllum</i>	100
	<i>Artemisia herba alba</i>	96.87
	<i>Mentha spicata L</i>	85.29
	<i>Curcuma longa</i>	83.33
	<i>Nigella sativa</i>	83.33
	<i>Syzygium aromaticum</i>	83.33
	<i>Rosmarinus officinalis</i>	72.72
	<i>Olea europaea</i>	70
	<i>Petroselinum crispum</i>	66.66
	<i>Carthamus tinctorius</i>	60
	<i>Lawsonia inermis</i>	52.38
	<i>Lavandula angustifolia</i>	50
	<i>Ziziphus spina-christi</i>	47.05
	<i>Glycyrrhiza glabra L</i>	40
	<i>Hibiscus sabdariffa</i>	40
	<i>Moringa oleifera</i>	33.33
	<i>Aloe vera</i>	16.66
Nutritionnel	<i>Carthamus tinctorius</i>	40
	<i>Coriandrum sativum</i>	33.33
	<i>Cuminum cyminum</i>	33.33
	<i>Zingiber officinale</i>	33.33
	<i>Mentha spicata L</i>	29.41
	<i>Trigonella foenum graecum</i>	28.57
	<i>Pennisetum setaceum</i>	25
	<i>Syzygium aromaticum</i>	25
	<i>Glycyrrhiza glabra</i>	20
	<i>Rosmarinus officinalis</i>	18.18
	<i>Curcuma longa</i>	16.66
	<i>Nigella sativa</i>	16.66
	<i>Ziziphus spina-christi</i>	5.88
	<i>Thymus vulgaris</i>	5.55

II.1.4. Rendement de l'extrait aqueux de *Glycyrrhiza glabra L* et *Mentha spicata L*

L'extrait aqueux a été obtenu par infusion dans de l'eau bouillante pendant 24 heures. Après filtration, le filtrat a été séché. Les extraits ainsi obtenus ont été pesés afin de déterminer leur rendement ainsi que leurs caractéristiques organoleptiques (couleur et aspect). Les résultats sont présentés dans le (Tableau 05) ci-dessous.

Tableau 05 : Rendement et caractéristiques de l'extrait de la plante étudiée

Caractéristiques	Rendement	Couleur	Aspect
Extrait de <i>Glycyrrhiza Glabra L</i>	9.33 %	Brun	Poudre
Extrait de <i>Mentha Spicata L</i>	8.33 %	Verte	Poudre

II.1.5. Screening phytochimique

Les tests de criblage phytochimique consistent en une détection qualitative des divers composés actifs contenus dans les plantes à l'étude. Ces réactions, basées sur l'apparition d'un précipité ou d'une coloration caractéristique, mettent en œuvre des réactifs spécifiques à chaque famille de métabolites secondaires. Les résultats obtenus pour les plantes analysées sont rapportés dans le tableau suivant :

Tableau 06 : Résultats de screening phytochimique de l'extrait sec

Les tests	Polyphénols	Flavonoïdes	Alcaloïdes	Composés réducteurs	Saponosides	polyterpènes et des stérols
<i>Glycyrrhiza Glabra L</i>	+++	++	+++	++	+++	++
<i>Mentha Spicata L</i>	+++	+++	+	+++	++	++

II.1.6. Analyse quantitative des composés phénoliques par méthode colorimétrique

II.1.6.1. Teneurs en polyphénols totaux (PPT)

La teneur en polyphénols totaux de l'extrait a été estimée par la méthode de Folin-Ciocalteu et exprimée en équivalent d'acide gallique. Une courbe d'étalonnage a été établie à partir de différentes concentrations d'acide gallique. La densité optique de chaque extrait a été mesurée à 765 nm. Les résultats sont exprimés en microgrammes d'équivalent d'acide gallique par milligramme de matière sèche ($\mu\text{g EAG/mg MS}$) (tableau 7).

II.1.6.2. Teneurs en flavonoïdes totaux (FVT)

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé par la méthode au trichlorure d'aluminium (AlCl_3), en utilisant la quercétine comme étalon. La teneur en flavonoïdes est exprimée en microgrammes d'équivalent de quercétine par milligramme de matière sèche ($\mu\text{g EQ/mg MS}$). Les concentrations ont été déterminées à partir d'une courbe d'étalonnage établie avec la quercétine. Les résultats sont représentés dans le (tableau 7)

II.1.6.3. Teneurs en tanins totaux

La teneur en tanins totaux de l'extrait aqueux a été estimée par la même méthode de Folin-Ciocalteu, après précipitation des tanins par la gélatine. Les résultats sont exprimés en microgrammes d'équivalent dE catéchine par milligramme de matière sèche ($\mu\text{g EC /mg MS}$), à partir d'une courbe d'étalonnage établie avec l'acide gallique. Les résultats des dosages des composés phénoliques sont regroupés dans le même tableau :

Tableau 07 : Teneurs en Polyphénols, flavonoïdes et tannins totaux de *Glycyrrhiza glabra L* et *Mentha spicata L*

EXTRAIT	POLYPHÉNOLE	FLAVONOÏDE	TANNINS TOTAUX
	(μg d'acide gallique / mg d'extrait sec)	(μg de quercétine / mg d'extrait sec)	(μg de catéchine / mg d'extrait sec)
<i>Glycyrrhiza glabra L</i>	Moy $\pm$ ES	Moy $\pm$ ES	Moy $\pm$ ES
	41.31 $\pm$ 0.024	18.14 $\pm$ 0.008	73.33 $\pm$ 0.001
<i>Mentha spicata L</i>	Moy $\pm$ ES	Moy $\pm$ ES	Moy $\pm$ ES
	226.3 $\pm$ 0.014	12.53 $\pm$ 0.001	65 $\pm$ 0.001

II.1.7.Évaluation de l'activité biologique in vitro

II.1.7.1. Évaluation de l'activité antioxydante

L'activité antioxydante des extraits a été évaluée par trois méthodes chimiques distinctes : test du diphenylpyryl-hydrazyl (DPPH), le test de réduction du fer (FRAP) et le test du pouvoir réducteur du phosphomolybdate (PPM).

A.Test du diphenylpyryl-hydrazyl (DPPH)

L'activité antioxydante de l'extrait aqueux de la plante étudiée a été évaluée par le test de piégeage du radical libre DPPH à l'aide d'un spectrophotomètre. L'acide ascorbique a été utilisé comme antioxydant de référence (standard). Les résultats obtenus ont été exprimés en pourcentage d'inhibition (I%) et la concentration inhibitrice médiane (IC₅₀) a été déterminée. L'ensemble des résultats est présenté dans la figure ci-dessous (Figure 38).

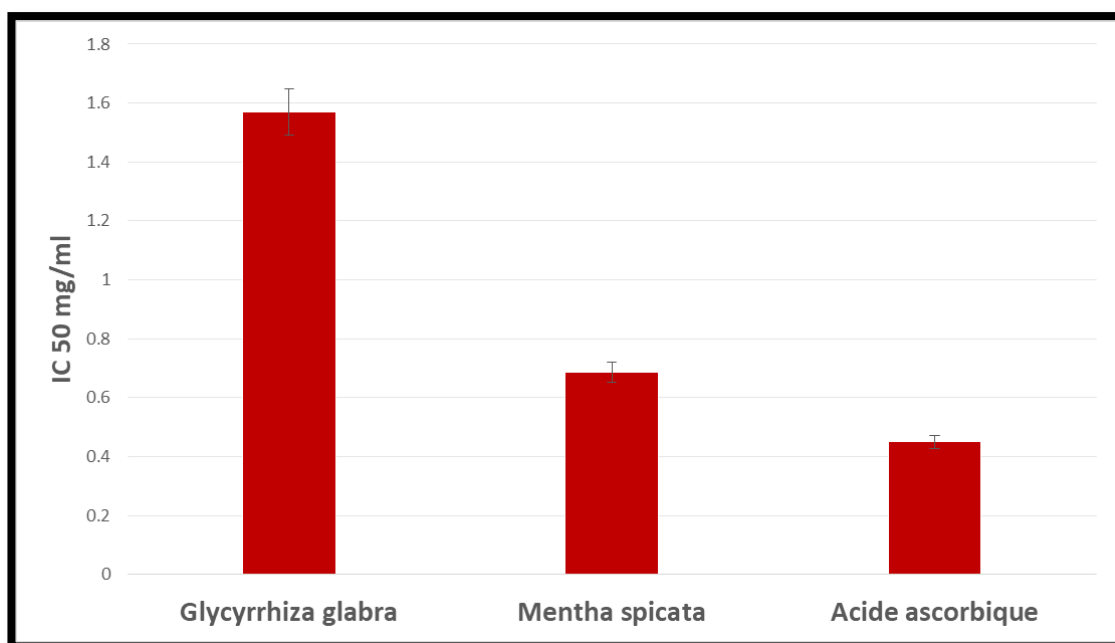


Figure 38: Valeur IC₅₀ *Glycyrrhiza glabra* L et *Mentha spicata* L et acide Ascorbique.

Mentha spicata L révèle un effet antioxydant avec une valeur de IC₅₀ = 0,68±0,02 mg/ml, ce qui est plus importante (activité plus forte) que *Glycyrrhiza glabra* L de valeur 1,57±0,05mg/ml, mais moins efficace que l'acide ascorbique 0,45±0,02 mg/ml qui présente l'activité antioxydante la plus élevée.

B. Test de la réduction de fer (FRAP)

Le test FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) permet d'évaluer la capacité d'un antioxydant à inhiber l'initiation des réactions radicalaires induites par les ions métalliques. Pour chaque extrait, une concentration unique a été testée et l'absorbance a été mesurée à 750 nm. Les résultats sont exprimés en microgrammes d'équivalent d'acide ascorbique par milligramme d'extrait (µg EAA/mg d'extrait). *Mentha spicata* L révèle un pouvoir réducteur le plus important avec une valeur d'environ 863 (µg AA/mg ES en comparaison avec *Glycyrrhiza glabra* L qui présente une valeur nettement plus faible d'environ 611 (µg AA/mg ES (figure 39).

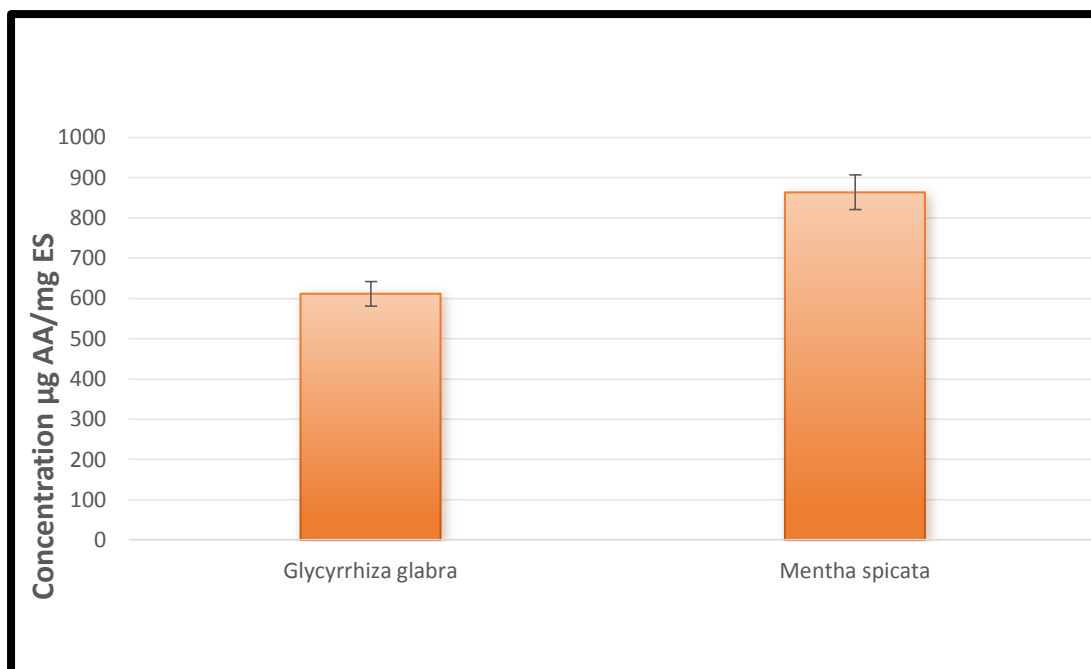


Figure 39 : Pouvoir réducteur de *Glycyrrhiza glabra L* et *Mentha spicata L* (FRAP)

C. Test de Pouvoir réducteur du phosphomolybdate (PPM)

Le test au phosphomolybdate est un essai direct couramment utilisé pour évaluer le pouvoir antioxydant non enzymatique des échantillons. Il permet de mesurer à la fois la capacité et l'efficacité des antioxydants. Les résultats sont exprimés en microgrammes d'équivalent d'acide ascorbique par milligramme d'extrait ($\mu\text{g EAA/mg d'extrait}$). La capacité antioxydante des extraits de plantes étudiés a été déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage établie avec l'acide ascorbique comme référence. *Glycyrrhiza glabra L* révèle une teneur la plus importante avec une valeur d'environ 450 $\mu\text{g AA/mg ES}$ en comparaison avec *Mentha spicata L* qui présente une teneur de 345 $\mu\text{g AA/mg ES}$ (figure 40).

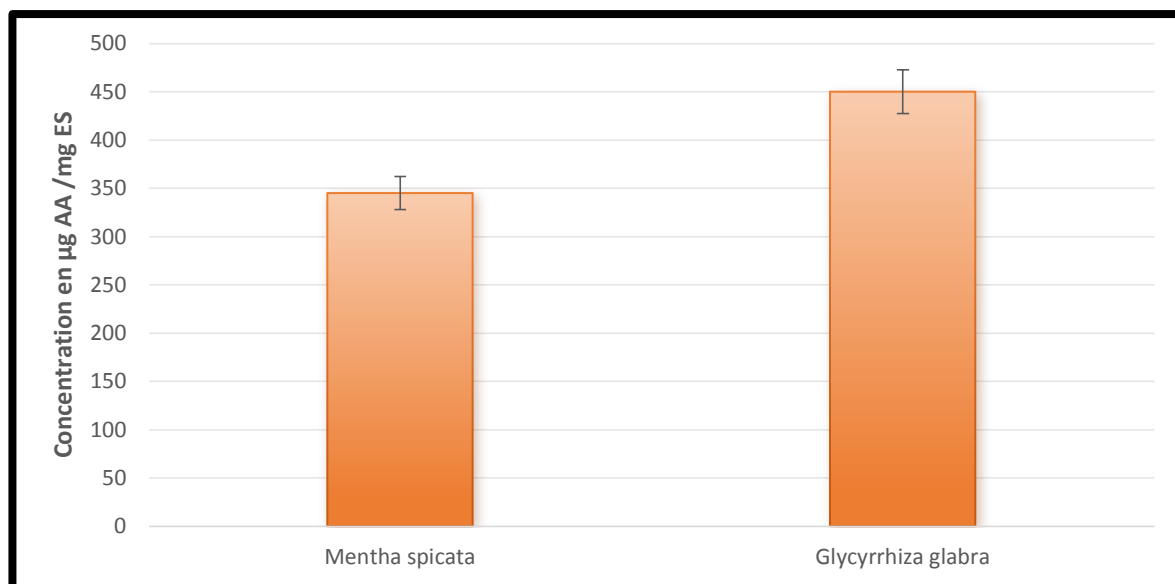


Figure 40: Pouvoir réducteur de *Glycyrrhiza glabra* L et *Mentha spicata* L (PPM)

II.1.8. Évaluation de l'activité antioxydante de ZnONPs

II.1.8.1. Test du diphenylpyrlyl-hydrazyl (DPPH)

L'activité antioxydante de ZnONPs a été évaluée par le test de réduction du radical libre DPPH, en utilisant un spectrophotomètre. Les résultats, exprimés en pourcentage d'inhibition (I %), ont permis de déterminer la concentration inhibitrice médiane (IC_{50}). L'ensemble des résultats obtenus est présenté dans la figure ci-dessous (figure 41):

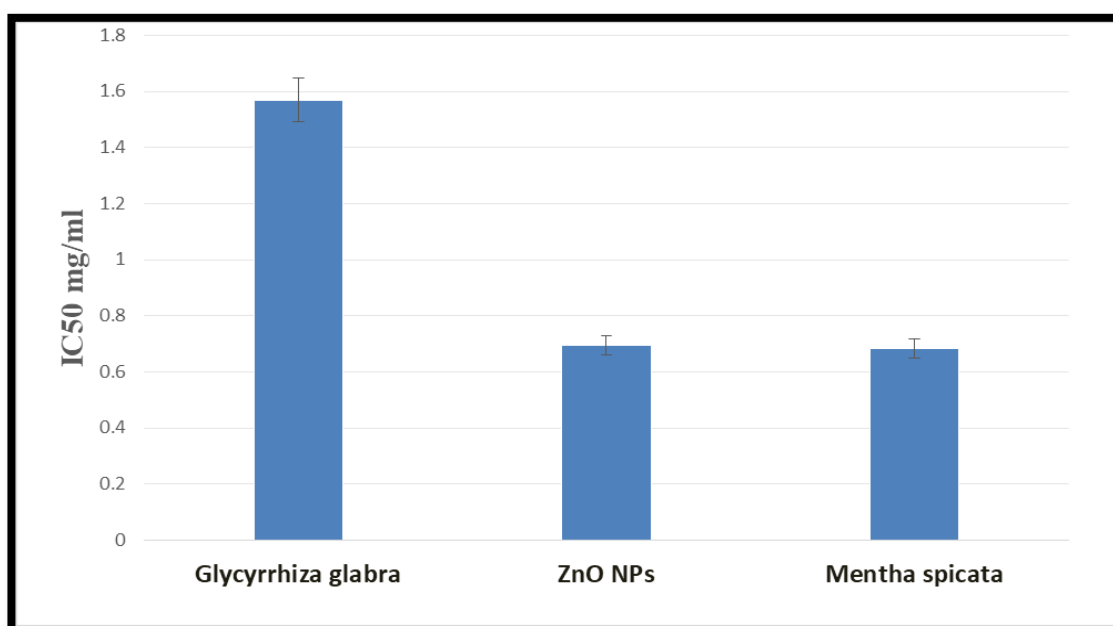


Figure 41: Valeur IC_{50} *Glycyrrhiza glabra* L et *Mentha spicata* L et ZnONPs

II.1.8.2. Test de la réduction de fer (FRAP)

Les résultats de l'évaluation de l'activité antioxydante montrent une différence notable d'efficacité entre les nanoparticules d'oxyde de zinc (ZnONPs) et les extraits végétaux étudiés. Dans le test de la capacité de réduction du fer (FRAP), les ZnONPs ont montré une supériorité statistique évidente ($P \leq 0,05$) en enregistrant la valeur la plus élevée de capacité de réduction, qui a atteint environ 965 $\mu\text{g EAA/mg ES}$. Cette valeur est supérieure à celle enregistrée pour l'extrait de menthe (*Mentha spicata* L), qui a atteint 863 $\mu\text{gEAA/mg ES}$, et très nettement supérieure à celle de l'extrait de réglisse (*Glycyrrhiza glabra* L), qui a montré l'activité la plus faible avec une valeur ne dépassant pas 611 $\mu\text{g EAA/mg ES}$. Ces résultats reflètent la grande capacité des nanoparticules à inhiber les réactions radicalaires par rapport aux extraits bruts (figure 42).

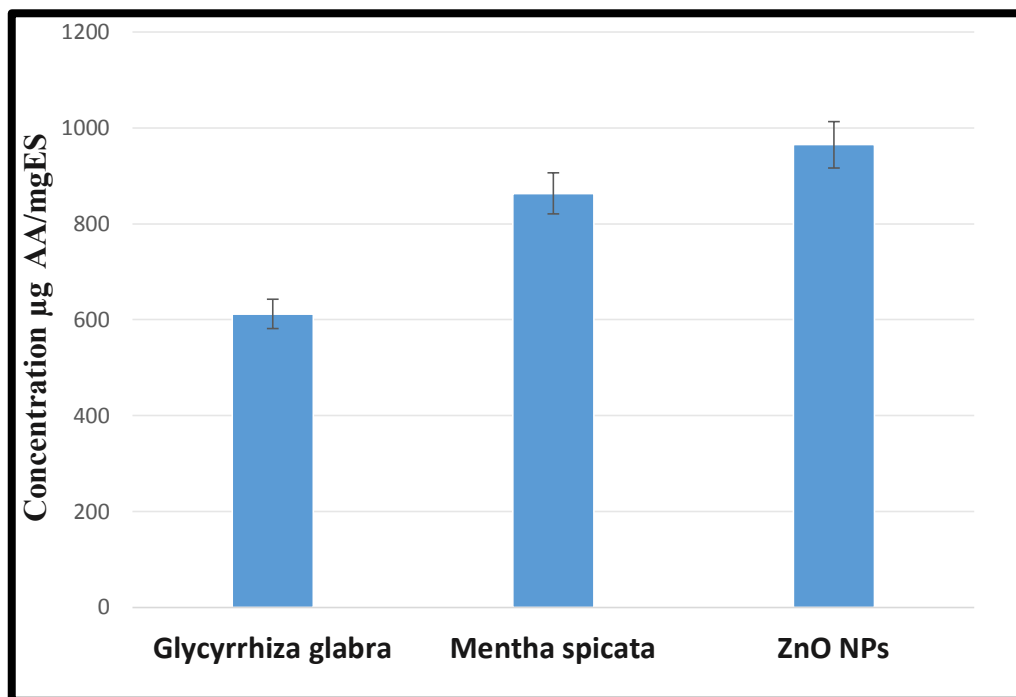


Figure 42 : Pouvoir réducteur de *Glycyrrhiza glabra* L , *Mentha spicata* L et ZnO NPs (FRAP)

II.1.8.3. Test de Pouvoir réducteur du phosphomolybdate (PPM)

Les résultats présentés par le graphique montrent une différence d'efficacité entre les nanoparticules d'oxyde de zinc (ZnONPs) et les deux extraits végétaux étudiés (*Mentha spicata* L et *Glycyrrhiza glabra* L). Dans ce test, l'extrait de réglisse (*Glycyrrhiza glabra* L) a montré une supériorité évidente en enregistrant la valeur la plus élevée de capacité de réduction, qui a atteint environ 450 $\mu\text{g AA/mg ES}$. Cette valeur est supérieure à celle enregistrée pour les nanoparticules d'oxyde de zinc (ZnONPs), qui a atteint environ 370 $\mu\text{g AA/mg ES}$. En revanche, l'extrait de menthe (*Mentha spicata* L) a montré l'activité la plus faible avec une valeur ne dépassant pas

340 µg AA/mg ES. Ces résultats reflètent la grande capacité de l'extrait de *Glycyrrhiza glabra* L inhiber les réactions radicalaires par rapport aux ZnONPs et à l'extrait de menthe dans les conditions de cette mesure (Figure 43).

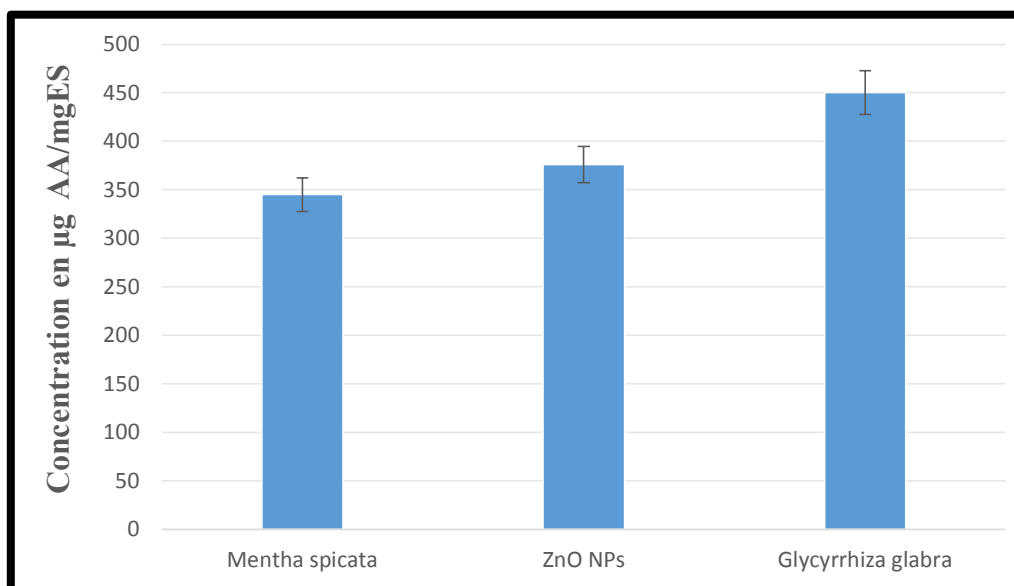


Figure 43: Pouvoir réducteur de *Glycyrrhiza glabra* L, *Mentha spicata* L et ZnONPs (PPM)

II.1.9. Analyses et Caractéristiques du nanoparticules d'oxyde de zinc (ZnONPs)

II.1.9.1. Spectroscopie UV-visible

La (figure 44) ci-dessus illustre les spectres d'absorption UV-Visible de l'échantillon enregistrés dans une gamme de longueur d'onde allant de 200 à 800 nm (A) et de 200 à 400 nm (B), permettant de suivre l'évolution structurale avant et après le processus de calcination.

✓ Avant calcination (Figure 44_A) : Le spectre montre un profil d'absorption très perturbé, caractérisé par un bruit de fond intense (Noise) et une succession de pics d'absorption non définis s'étalant sur toute la région UV-Visible (entre 250 et 600 nm). Cette allure bruitée témoigne de la présence d'un mélange hétérogène, riche en molécules organiques résiduelles et en impuretés issues de l'extrait brut, ce qui provoque une diffusion importante de la lumière.

✓ Après calcination (Figure 44_B) : À l'inverse, après le traitement thermique (calcination), on observe une modification radicale du profil spectral. Le spectre devient parfaitement lisse, net et stable (stabilisation de la ligne de base). Un pic d'absorption singulier et bien défini émerge de manière flagrante dans la région UV, affichant un maximum d'absorption intense situé aux alentours de 210 nm - 220 nm.

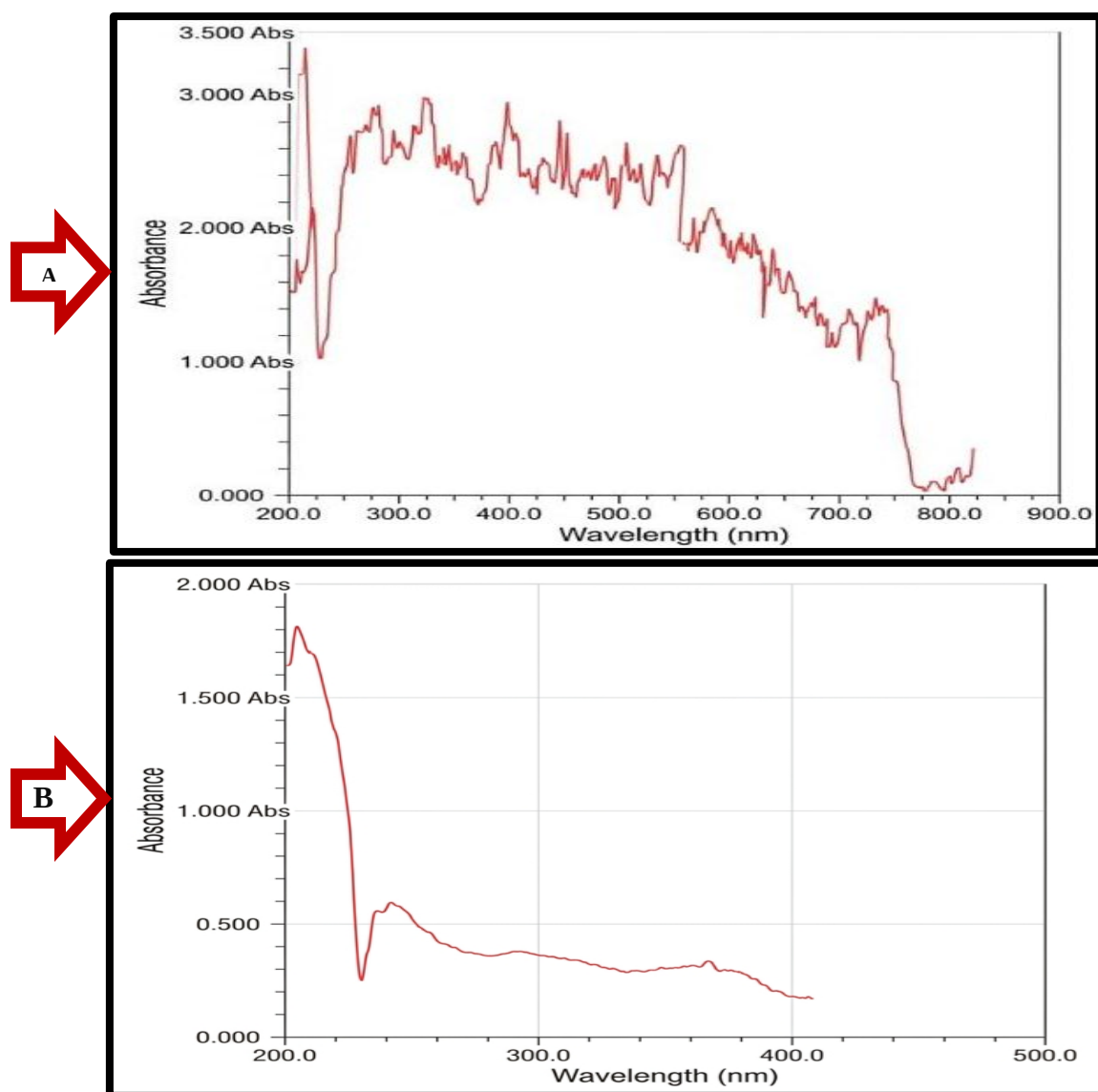


Figure 44: Spectres d'absorption UV-Visible des (ZnONPs) avant et après l calcination.

II.1.9.2. Spectroscopie infrarouge (FTIR)

Le spectre d'absorption FTIR des nanoparticules d'oxyde de zinc (ZnO NPs) biosynthétisées est illustré par la figure ci-dessus (figure 45), l'analyse du spectre révèle la présence de plusieurs bandes d'absorption caractéristiques qui témoignent de la formation des nanostructures et de l'interaction avec les biomolécules végétales. La bande d'absorption la plus intense et la plus fine apparaît de manière proéminente dans la région des faibles nombres d'ondes, précisément entre 430 cm^{-1} et 460 cm^{-1} . De plus, d'autres pics d'intensité modérée sont observés à environ 1025 cm^{-1} et 1390 cm^{-1} . En revanche, on note un aplatissement significatif de la région s'étendant au-delà de 3200 cm^{-1} , correspondant habituellement aux groupements hydroxyles.

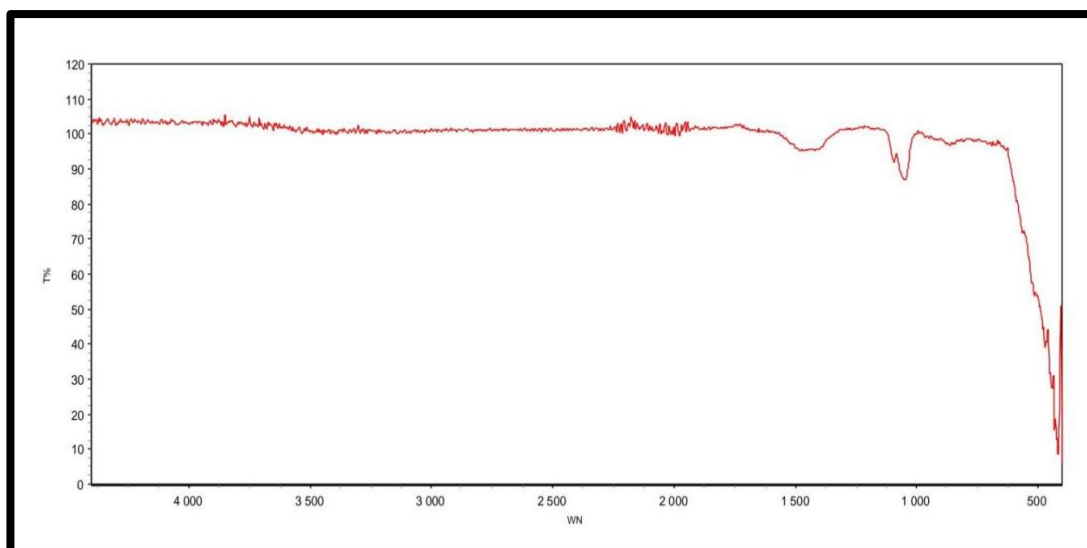


Figure 45: Spectre d'absorption FTIR des Zn ONPs biosynthétisées

II.1.10. Caractérisation organoleptique de la crème préparée

Les caractéristiques sensorielles de la crème finale préparée, à savoir l'aspect, la couleur, l'odeur et la capacité d'étalement, ont été évaluées afin de garantir la qualité et l'homogénéité de la formulation. Les résultats sont présentés dans le tableau (08) ci-dessous :

Tableau 08 : Résultats des paramètres organoleptiques de crème

Paramètres	Couleur	Odeur	Aspect	Etalement
Evaluation pour la crème	Blanc tirant légèrement vers le jaune	Agréable	Homogène	Bon

II.2. Discussion

Les plantes médicinales sont utilisées depuis des siècles par les communautés à travers le monde pour leurs bienfaits thérapeutiques. Leur utilisation à long terme par les populations est un atout majeur, comme le soulignent les travaux récents de **(Walter et al., 2024)** qui confirment leur pertinence dans les systèmes de soins modernes, notamment en gériatrie et dans les soins de longue durée.

L'étude consiste à collecter des informations sur les plantes médicinales utilisées par les populations de la région d'El-Meghaier pour traiter diverses affections. Après avoir réalisé l'enquête ethnobotanique dans cette région, l'étude a recensé 45 espèces de différentes familles.

L'analyse des données a permis de constater que les plantes les plus utilisées dans cette région sont *Mentha spicata* L, *Artemisia herba alba* Asso et *Lawsonia inermis*. En revanche, *Glycyrrhiza glabra* L. fait partie des espèces les moins mentionnées, ce qui pourrait

refléter une connaissance limitée de ses propriétés dans cette zone géographique spécifique (**Oueld El Hadj et al., 2022**).

L'application de ces indices mathématiques aux données récoltées sur le terrain met en exergue le potentiel dermo-cosmétique hautement significatif de notre binôme végétal. L'analyse montre que *Mentha spicata* L, et *Glycyrrhiza glabra* L jouissent de valeurs de FC et de RFC remarquablement élevées dans la région d'étude. Cette prédominance quantitative s'explique par la notoriété de la menthe en tant qu'agent rafraîchissant et antiseptique, et de la réglisse pour ses vertus cicatrisantes, adoucissantes et anti-taches (**Al-Snafi, 2018**).

En comparant nos résultats avec la littérature, la valeur d'usage (UV) élevée obtenue pour la réglisse (0.88) concorde avec les travaux de (**Benarba et al.,2015**), qui soulignent que les plantes à racines pérennes accumulent une grande diversité de métabolites secondaires, multipliant ainsi leurs usages empiriques tant en médecine interne qu'en applications topiques.

De surcroît, le niveau de fidélité (NF%) de ces deux espèces pour la catégorie des affections dermatologiques et des soins cutanés se révèle être le plus performant. Ce consensus populaire fort (NF élevé pour la dermo-cosmétique) valide d'un point de vue statistique et empirique notre approche expérimentale.

Les femmes manifestent un intérêt plus marqué pour l'utilisation des plantes médicinales, que ce soit pour leur santé personnelle ou pour celle des membres de leur famille, car elles sont traditionnellement chargées de préparer les remèdes ancestraux destinés aux soins domestiques (**Benarba et al., 2023**). Ce constat s'explique également par leur rôle maternel, les femmes étant souvent les premières à administrer des soins à leurs enfants et à leurs proches (**Telli et al., 2024**). De ce fait, elles constituent les principales dépositrices du savoir phytothérapique traditionnel. Ces résultats rejoignent ceux obtenus dans la région de Touggourt (**Benarba et al.,2023**), à Biskra (**Telli et al., 2024**), ainsi qu'au Maroc (**Salhi et al., 2010**).

Les résultats de l'enquête ethnobotanique révèlent que la tranche d'âge la plus représentée parmi les utilisateurs de plantes médicinales est celle de 20-40 ans avec un taux de 48%, suivie par la tranche de 40-60 ans (28%). En revanche, les sujets de moins de 20 ans et de plus de 60 ans affichent les pourcentages les plus faibles, soit respectivement 15% et 9%. Cette prédominance des adultes jeunes et d'âge moyen (20-60 ans) s'explique par leur intérêt croissant pour les thérapies naturelles et une meilleure accessibilité aux informations scientifiques et traditionnelles .Nos constats s'accordent en partie avec les travaux de (**Souati et al.,2022**) menés en Ghardaia, qui ont également mis en évidence une forte implication de la population active dans l'usage de la phytothérapie. Toutefois, nos résultats contrastent avec certaines études

ethnobotaniques classiques, telles que celle de **(Ben zana et al.,2022)**, où l'usage des plantes est traditionnellement l'apanage des personnes âgées (plus de 60 ans), considérées comme les principaux gardiens du savoir ancestral. Ce décalage reflète une transition culturelle moderne: les jeunes générations expriment aujourd'hui une méfiance vis-à-vis des produits chimiques synthétiques et se tournent activement vers le bien-être au naturel.

La prédominance de l'utilisation des plantes médicinales chez les personnes ayant un niveau d'instruction élevé (universitaire et secondaire, soit un total de 78%) témoigne d'une prise de conscience accrue au sein de cette frange de la population vis-à-vis des bienfaits de la phytothérapie. Contrairement aux idées reçues qui associent souvent l'usage de la médecine traditionnelle à l'analphabétisme ou au manque d'instruction, ces données clés suggèrent que les personnes instruites ont plus facilement accès à l'information scientifique, aux articles et aux ouvrages spécialisés traitant des vertus thérapeutiques et cosmétiques des extraits végétaux.

Cette tendance forte s'aligne avec plusieurs investigations ethnobotaniques nationales et régionales, qui confirment que l'usage des remèdes naturels n'est plus l'apanage des personnes non instruites, mais s'étend largement vers les classes lettrées à la recherche d'alternatives thérapeutiques jugées plus sûres et moins toxiques **(Mehdioui et Kahouadji, 2007 ; Miara et al., 2013)**. De plus, la richesse floristique de l'Algérie et l'ancrage culturel de ces pratiques facilitent l'acceptation et la rationalisation de l'usage de la flore médicinale par une population universitaire capable d'en comprendre la valeur thérapeutique **(Baba Aissa, 1999)**.

La dominance de la catégorie "Autre" (54%) dans la répartition des personnes interrogées selon la profession, fortement corrélée à une population jeune et scolarisée (étudiants et diplômés), démontre que le recours à la pharmacopée traditionnelle n'est plus limité aux personnes sans activité ou d'un certain âge. Cette tendance traduit l'intérêt croissant des nouvelles générations pour l'usage rationnel des plantes médicinales, favorisé par un accès aisé aux informations scientifiques et aux tendances mondiales prônant le retour au "naturel" et à la "green-cosmétique".

D'autre part, le taux élevé des femmes au foyer (31%) s'explique par leur rôle pivot traditionnel au sein de la famille algérienne. Étant historiquement les gardiennes du savoir empirique médico-traditionnel et disposant de plus de temps pour la préparation des remèdes artisanaux ou des soins cutanés faits maison, elles se tournent naturellement vers la phytothérapie pour les soins de première nécessité. Ces résultats s'accordent parfaitement avec plusieurs investigations ethnobotaniques menées à l'échelle nationale, étant donné que les femmes au foyer et la frange intellectuelle (étudiants/fonctionnaires) constituent les principaux utilisateurs des plantes en Algérie. Alors que les agriculteurs (7%) et herboristes (8%) détiennent

le savoir technique et la matière première, ce sont les consommateurs issus des milieux urbains et instruits qui dynamisent actuellement l'usage des extraits dermo-actifs comme indiqué dans les travaux de **(Boudjelal et al.,2013)** ainsi que ceux de **(Zeddoun et al.,2020)**.

La répartition des personnes interrogées selon la situation familiale, montrent que les personnes mariées représentent la catégorie majoritaire d'utilisateurs de plantes médicinales avec un taux de 49%, suivies de près par les célibataires qui enregistrent 42%. En revanche, les personnes divorcées et les veufs n'atteignent que de faibles proportions, respectivement 5% et 4%. Cette prédominance des personnes mariées et des célibataires peut s'expliquer par la structure démographique générale de la population d'étude, mais aussi par la transmission du savoir ethnomédical au sein du noyau familial, où la gestion de la santé du foyer incombe souvent aux couples. Ces données concordent parfaitement avec les travaux menés par **(Benlamdini et al., 2014)**, dans leur étude ethnobotanique, où ils ont également constaté que les personnes mariées sont les plus attachées à l'usage de la phytothérapie traditionnelle en raison de leur responsabilité familiale et du partage intergénérationnel des connaissances empiriques. De même, le pourcentage notable de célibataires témoigne d'un intérêt croissant et d'une réapparition de la confiance de la jeune génération envers les remèdes naturels.

L'analyse de la figure(27) révèle une forte tendance à la complémentarité entre la médecine traditionnelle et la médecine moderne chez la population étudiée. Le fait que plus de la moitié des usagers (51%) combinent les deux approches montre que la phytothérapie n'est pas perçue comme un substitut total à la médecine conventionnelle, mais plutôt comme une thérapiecomplémentaire (médecine douce) pour optimiser les soins ou traiter les affections bénignes et chroniques. Ce phénomène de double recours (ou pluralisme thérapeutique) est extrêmement fréquent en Algérie et dans la région du Maghreb. Il s'explique par l'ancrage culturel profond du savoir empirique lié aux plantes, combiné à une confiance croissante dans le diagnostic médical moderne. Les patients consultent souvent un médecin pour des pathologies lourdes, tout en associant des remèdes traditionnels pour soulager les effets secondaires ou fortifier l'organisme **(Oumeish ,1998)**.

Le taux de 28% d'utilisation exclusive de la médecine traditionnelle met en évidence l'accessibilité financière et géographique de la flore médicinale locale, en particulier dans les zones rurales ou semi-arides, comparativement aux coûts parfois élevés des produits pharmaceutiques. Ces constatations rejoignent parfaitement les travaux de **(Benlamdini et al.,2014)** lors de leur étude ethnobotanique dans le Haut Atlas, ainsi que ceux de **(Allali et al.,2022)** en Algérie, qui ont démontré que le pluralisme médical est dicté à la fois par des

facteurs socio-économiques, l'héritage culturel et la perception de la sécurité des remèdes naturels par rapport aux molécules de synthèse (**Miara et al.,2019**).

Les résultats présentés dans la(figure 28) relative aux sources d'information sur les plantes médicinales, révèlent que l'entourage familial et les aînés (grands-parents et parents) occupent une place prépondérante, représentant la source principale pour la majorité des usagers avec un taux majeur de 68%. Internet et les réseaux sociaux se positionnent en deuxième position avec 22%, tandis que les supports écrits (livres et magazines) et le corps médical/pharmaceutique restent très marginaux, n'atteignant respectivement que 6% et 2% (**Meddour et al.,2015**).

Cette nette domination de la famille confirme que le savoir ethnopharmacologique demeure profondément ancré dans une tradition de transmission orale intergénérationnelle. Ces observations s'accordent avec les conclusions de (**Meddour et al.,2020**), qui soulignent que la mémoire familiale constitue le premier réservoir de connaissances thérapeutiques traditionnelles en Afrique du Nord, l'expérience accumulée par les aînés conférant une grande crédibilité aux remèdes maison. Néanmoins, l'émergence d'Internet (22%) témoigne d'une transition moderne où les nouvelles technologies commencent à compléter, voire à concurrencer, ce canal traditionnel chez les populations les plus jeunes. Le faible recours aux professionnels de la santé (2%) met quant à lui en évidence un fossé persistant entre la médecine conventionnelle et les pratiques empiriques locales(**Allali et al.,2022**).

Le taux d'approbation très élevé (soit un total de 99% d'avis positifs entre "efficaces" et "parfois efficaces") reflète une profonde satisfaction et une confiance absolue de la population locale vis-à-vis des remèdes à base de plantes. Cette perception positive n'est pas fortuite ; elle repose sur des résultats concrets et des expériences personnelles ou familiales accumulées au fil du temps (savoir empirique) (**Benakmoum et al.,2018**).

L'efficacité ressentie par les usagers s'explique scientifiquement par la richesse de la flore locale en principes actifs (métabolites secondaires tels que les flavonoïdes, les tanins, les alcaloïdes et les huiles essentielles) dotés de propriétés pharmacologiques réelles (anti-inflammatoires, antimicrobiennes, antioxydantes, etc.). De plus, le fait que seulement 1% des enquêtés considèrent les plantes comme inefficaces confirme que l'échec thérapeutique reste rare, souvent lié à une mauvaise identification de la plante ou à un dosage inadéquat, plutôt qu'à l'absence d'activité de la plante elle-même. Ces résultats sont en parfaite corrélation avec plusieurs investigations ethnobotaniques menées en Algérie et dans le bassin méditerranéen. À titre d'exemple, l'étude de (**Amjad et al., 2017**) ainsi que celle de (**Chermat et Belkhodja ,2016**).

Ont également mis en évidence que plus de 80% des populations interrogées affirment l'efficacité des traitements par les plantes. Cette convergence des données textuelles et

statistiques à l'échelle nationale et régionale consolide l'idée que la phytothérapie demeure une alternative thérapeutique crédible et incontournable.

La Source des plantes, mettent en évidence l'origine des espèces végétales utilisées par la population locale. Il ressort de ce graphique que les plantes spontanées (sauvages) occupent une place prédominante, représentant plus de la moitié des ressources utilisées avec un taux majeur de 58,77%. Les plantes cultivées arrivent en deuxième position avec un pourcentage de 28,92%, tandis que les espèces qui sont à la fois spontanées et cultivées ne constituent que 12,31% du total(**Rebbas et al.,2012**).

Cette nette prédominance des espèces spontanées s'explique par la richesse floristique de la région d'étude et reflète le fait que les utilisateurs préfèrent cueillir directement les plantes dans leur habitat naturel, souvent associées à une perception d'efficacité thérapeutique supérieure par rapport aux plantes cultivées. Ces observations rejoignent pleinement les conclusions de (**Salhi et al.,2010**) dans leur étude ethnobotanique, où ils ont également démontré que la flore sauvage constitue le réservoir principal de la pharmacopée traditionnelle en raison de son accessibilité gratuite et de la forte concentration supposée en principes actifs bioactifs. D'un autre côté, le taux non négligeable de plantes cultivées (28,92%) témoigne d'une pratique d'anthropisation et de domestication de certaines espèces médicinales rares ou fortement demandées, permettant ainsi aux ménages de les avoir à portée de main (dans les jardins familiaux) et de réduire la pression de cueillette sur les écosystèmes naturels(**Rebbas et al.,2012**).

La Répartition selon les parties utilisées, mettent en évidence les différentes parties de plantes sollicitées par la population locale pour la préparation des remèdes traditionnels. Il en ressort de manière très nette que les feuilles constituent la partie la plus largement exploitée avec un taux prédominant de 62,46%. Les autres organes végétaux se répartissent dans des proportions nettement inférieures : les fleurs représentent 10,15%, suivies par les fruits (8,00%), les graines (7,38%) et la tige (4,62%). Enfin, les racines et la plante entière ferment la marche avec des taux identiques de 3,69% chacun (**Bougandoura et Djamel, 2014**).

Cette hégémonie des feuilles s'explique par leur accessibilité, leur abondance tout au long de l'année, et la facilité de leur récolte par rapport à d'autres organes comme les racines ou les graines. De plus, les feuilles sont les principaux sièges de la photosynthèse et du métabolisme secondaire, ce qui favorise une forte concentration en principes actifs thérapeutiques. Ces constatations sont en parfaite corrélation avec l'étude ethnobotanique menée par (**Bouasla et Bouasla ,2017**), qui ont également rapporté que les feuilles représentent la partie la plus fréquemment employée dans la pharmacopée traditionnelle en raison de leur efficacité

médicale reconnue et de la simplicité de leur mode de préparation (souvent en infusion ou en décoction).

Par ailleurs, la faible utilisation des racines (3,69%) observée dans notre étude constitue un indicateur positif pour la préservation de la biodiversité locale ; en effet, le prélèvement des parties aériennes (feuilles, fleurs) préserve la survie de la plante, contrairement à l'arrachage des racines qui entraîne sa destruction définitive (**Bouasla et Bouasla, 2017**).

L'analyse des domaines d'utilisation révèle une dualité majeure entre l'usage curatif (thérapeutique) et l'usage esthétique (cosmétique). Si la prédominance du domaine thérapeutique (38%) confirme la fonction première et ancestrale de la phytothérapie comme système de soins de première nécessité, l'essor remarquable des applications cosmétiques et mixtes (32% + 20% = 52%) constitue un indicateur clé.

Ce fort engouement pour le domaine cosmétique s'explique par le fait que la population locale, en particulier les femmes, possède un savoir-faire empirique approfondi concernant l'utilisation des extraits végétaux pour les soins de la peau, des cheveux et le bien-être corporel. Les plantes locales (telles que la menthe ou la réglisse) sont riches en métabolites secondaires doués de propriétés antioxydantes, dépigmentantes, anti-inflammatoires et hydratantes, ce qui en fait des ingrédients de choix pour la cosmétologie naturelle. Ces constatations sont en parfaite adéquation avec les travaux de (**Boudjelal et al.,2013**) et de (**Meddour et al.,2020**) menés dans différentes régions d'Algérie, qui soulignent que si la santé reste la motivation principale d'usage des plantes, le secteur de la dermo-cosmétique naturelle connaît une croissance exponentielle dans les pratiques traditionnelles maghrébines. De plus, la convergence entre l'usage thérapeutique et cosmétique (32%) s'explique scientifiquement par le fait que de nombreuses affections cutanées (eczéma, acné, dermatites) nécessitent des remèdes possédant à la fois une action curative (anti inflammatoire/antimicrobienne) et un effet esthétique réparateur (**Belhattab et al.,2011**).

L'utilisation dans le domaine cosmétique, révèlent une répartition relativement équilibrée de l'usage des plantes médicinales à des fins esthétiques. En effet, les soins de la peau occupent la première place avec un taux de 36%, suivis de près par les soins des cheveux qui enregistrent 33%. Enfin, l'utilisation combinée des plantes pour ces deux catégories (à la fois pour la peau et les cheveux) concerne 31% des réponses (**Boudjelal et al.,2013**).

Cette répartition montre l'intérêt grandissant et polyvalent de la population pour les propriétés dermatologiques et capillaires des extraits végétaux. Le taux élevé lié aux soins de la peau (36%) s'explique par la recherche de remèdes naturels pour traiter diverses affections cutanées (acné, dermatoses, cicatrisation) ou pour l'entretien corporel quotidien. Ces

observations corroborent les travaux de **(Ziyyat et al.,2019)**, qui mettent en évidence que la cosméto-phytothérapie traditionnelle occupe une place de choix dans les rituels de soins locaux, où des plantes universelles (telles que le fenugrec, l'argile enrichie en plantes, ou la camomille) sont fréquemment sollicitées pour leur double action antioxydante et purifiante, agissant efficacement aussi bien sur le cuir chevelu que sur l'épiderme. De plus, le pourcentage notable d'utilisation mixte (31%)confirme que les usagers privilégient souvent des plantes polyvalentes et économiques, capables de répondre simultanément à plusieurs besoins esthétiques au sein du foyer.

L'efficacité d'une préparation phytothérapeutique dépend essentiellement du choix de la méthode d'extraction, car celle-ci détermine directement la composition en principes actifs et, par conséquent, l'activité thérapeutique de l'extrait **(Dahmani et Larous,2023)**. L'infusion, méthode d'extraction douce, est particulièrement adaptée à la préservation des composés thermosensibles tels que les polyphénols et les flavonoïdes, dont l'intégrité structurale conditionne leurs propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires **(Bouras et al.,2025)**.

Par ailleurs, il est établi que l'usage inapproprié des plantes médicinales peut induire des effets indésirables, allant de troubles gastro-intestinaux à des atteintes rénales sévères **(Sethi et al.,2025)**. La toxicité peut résulter de multiples facteurs : toxicité intrinsèque de certaines plantes, contamination par des métaux lourds, surdosage ou interactions médicamenteuses **(Ma et al., 2025)**. Il est donc impératif que la phytothérapie soit pratiquée avec rigueur et discernement, dans le respect des posologies traditionnellement établies et sous surveillance médicale appropriée **(Pharmaceuticals, 2024)**.

L'enquête ethnobotanique confirme que l'infusion constitue le mode de préparation le plus répandu dans la région d'El Meghaier **(Angola, 2025)**. Cette prédominance s'explique par la simplicité de cette méthode et son efficacité reconnue pour l'extraction des composés hydrosolubles. De même, la voie orale reste le mode d'administration privilégié par les populations locales, car elle offre un compromis optimal entre simplicité d'utilisation, rapidité d'action et efficacité thérapeutique.

Le mode d'administration, révèlent la variabilité des voies d'utilisation des remèdes traditionnels au sein de la population d'étude. Contre toute attente, l'application topique (externe) s'impose comme le mode d'administration le plus fréquent avec un taux majoritaire de 41,54%. La voie orale occupe la deuxième position en enregistrant 31,69% des cas. De plus, une proportion non négligeable des usagers (21,85%) opte pour une utilisation combinée conjuguant simultanément la voie orale et la voie topique, alors que l'inhalation demeure le mode le moins sollicité avec seulement 4,92%**((Meddour et al.,2020)**.

Cette hétérogénéité des voies d'administration reflète directement la diversité des affections traitées, qu'elles soient cutanées, digestives ou respiratoires. La prédominance notable de la voie topique (41,54%) est particulièrement intéressante, car elle traduit une utilisation intensive des plantes pour les soins dermatologiques, les traumatismes ostéoarticulaires ou l'usage cosmétique. Ces constatations rejoignent en partie les conclusions de **(Slimani et al., 2016)**, qui expliquent que si la voie orale reste traditionnellement la plus simple et la plus universelle pour les troubles internes, l'application topique locale connaît une forte prévalence dans les enquêtes ethnobotaniques en raison de sa sécurité relative, limitant les risques de toxicité systémique par rapport à l'ingestion directe. Par ailleurs, le recours à l'association des voies orale et topique (21,85%) démontre une volonté d'optimiser l'efficacité thérapeutique en attaquant la pathologie de manière à la fois interne et externe, une pratique courante dans le savoir empirique médical traditionnel **(Slimani et al., 2016)**.

Portant sur la durée d'utilisation des plantes médicinales, révèlent que la majorité des usagers privilégient des traitements de courte durée ou ciblés. En effet, l'utilisation s'étalant sur « quelques jours » s'avère être la plus fréquente avec un taux de 26,77%, talonnée de près par une fréquence de « 2 à 3 fois par semaine » (25,54%) et un recours direct « selon les besoins » (24,31%). En revanche, les cures thérapeutiques à plus long terme demeurent minoritaires, où l'administration s'étendant sur un mois représente 12,62% et celle sur quelques semaines n'atteint que 10,77% **(Bougandoura et Djamel, 2014)**.

Cette répartition statistique démontre clairement que la consommation de la phytothérapie par la population locale est généralement ponctuelle, saisonnière et ajustée de manière empirique à l'apparition des symptômes. Ce comportement d'automédication prudente s'accorde avec les observations de **(Ouelbani et al., 2016)**, qui soulignent que les utilisateurs de remèdes traditionnels tendent inconsciemment à limiter la durée de traitement pour les affections aiguës (telles que les troubles digestifs ou respiratoires bénins). Cette approche séquentielle et modulée contribue de manière significative à réduire les risques de toxicité cumulative et à minimiser l'apparition d'effets secondaires indésirables liés au surdosage prolongé de certains principes actifs végétaux **(Ouelbani et al., 2016)**. La flexibilité thérapeutique caractérisée par le taux de 24,31% (« selon les besoins ») confirme également l'aspect pragmatique de cette médecine vernaculaire.

L'existence d'effets secondaires, mettent en lumière la perception de la population d'étude vis-à-vis de l'innocuité et de la sécurité d'emploi des plantes médicinales. Le graphique (figure 37) montre qu'une large majorité des personnes interrogées (représentée par la section violette prédominante) estime qu'il n'existe pas d'effets secondaires liés à l'usage de

laphytothérapie. En contrepartie, seule une minorité (représentée par la section grise) reconnaît l'existence de réactions indésirables ou de cas de toxicité après administration (**Bougandoura et Djamel, 2014**).

Cette tendance à considérer les plantes comme totalement inoffensives est un phénomène récurrent et caractéristique en médecine traditionnelle. Elle repose sur l'acroyance populaire profondément ancrée selon laquelle « tout ce qui est naturel est bénéfique et sans danger ». Ces observations s'accordent parfaitement avec l'étude ethnobotanique de (**Benakmoum et al., 2018**), qui soulignent que le manque de vigilance des usagers face aux risques de toxicité végétale provient d'un déficit d'information scientifique au sein du grand public. Cependant, comme le rappellent ces mêmes auteurs, l'absence de perception des effets secondaires ne signifie pas leur inexistence réelle ; le surdosage, l'usage prolongé ou les interactions médicamenteuses inconscientes avec la médecine moderne peuvent induire de graves complications hépatiques ou rénales (**Benakmoum et al., 2018**). Il est donc indispensable de sensibiliser les consommateurs sur le fait que les plantes contiennent des principes actifs puissants nécessitant le respect strict des doses préconisées.

Le dosage des polyphénols a été mesuré par la méthode colorimétrique de Folin–Ciocalteu. Les résultats du dosage des polyphénols totaux de l'extrait aqueux de *Mentha spicata* L. et *Glycyrrhiza glabra* L. sont respectivement (226.3 ± 0.014 / 41.31 ± 0.024 µg EAG/mg MS). La teneur en polyphénols de notre échantillon de *Mentha spicata* est plus élevée que celle trouvée dans l'étude réalisée par (**Ed-Dra et al., 2024**) sur cette plante provenant de la région présaharienne, ce qui pourrait s'expliquer par les conditions climatiques arides spécifiques à la Vallée d'El Meghair.

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode au trichlorure d'aluminium (AlCl_3). Les résultats du dosage des flavonoïdes totaux de l'extrait aqueux de *Mentha spicata* L. et *Glycyrrhiza glabra* L. sont respectivement (12.53 ± 0.001 / 18.14 ± 0.008 µg EQ/mg MS). Cette teneur en flavonoïdes est comparable aux résultats obtenus par (**Bouafia et al., 2023**) pour *Mentha spicata* L récoltée dans le Sud-Est algérien, mais inférieure aux valeurs rapportées pour la réglisse cultivée en zones irriguées.

Cette variabilité des teneurs est due à plusieurs facteurs : les conditions de séchage, les facteurs extrinsèques (tels que les facteurs géographiques et climatiques), les facteurs génétiques, également le degré de maturité de la plante et de la durée de stockage, la méthode d'extraction et le type de solvant d'extraction, la région et la période de la récolte (**Pedneault et al., 2001 Ebrahimi et al., 2008**).

Le dosage des tanins totaux a révélé une teneur de $73.33 \pm 0.001 \mu\text{g EC/mg ES}$ pour *Glycyrrhiza glabra* L. et $65 \pm 0.001 \mu\text{g EC/mg ES}$ pour *Mentha spicata* L.

La teneur en tanins de *Mentha spicata* ($65\mu\text{g EC/mg ES}$) est supérieure à celle rapportée par (**Hachemi et al., 2025**) qui ont noté $37,19 \text{ mg EC/g ES}$ dans l'extrait aqueux des rameaux de menthe verte récoltée à El Bayadh. Cette différence peut s'expliquer par les conditions climatiques spécifiques à la région d'El Meghair (**Souala et al., 2024**). Ont également mis en évidence des variations significatives dans les teneurs en tanins entre différentes espèces du genre *Mentha*, confirmant que les extraits aqueux présentent des teneurs variables selon la région de récolte et les conditions écologiques (**Makhloufi et Makhlouf 2018**), ont montré que *Mentha spicata* L est riche en tanins condensés et que ces composés contribuent significativement à l'activité antioxydante de la plante.

Et pour la plante *Glycyrrhiza glabra* L., la teneur en tanins s'élève à $73.33 \pm 0,001 \mu\text{g EC/mg d'ES}$. Cette estimation correspond aux recherches menées par (**Navya et al., 2024**), qui ont confirmé la présence de tanins en tant que métabolites secondaires dans les extraits méthanoliques de racines de réglisse, aux côtés d'alcaloïdes, de flavonoïdes, de terpénoïdes et de saponines. Selon ces auteurs, ces différents composés phytochimiques sont responsables des activités pharmacologiques de la plante.

L'activité antioxydante des extraits est démontrée par leurs capacités à piéger les radicaux libres de DPPH. Leurs IC_{50} étaient de $1,57 \pm 0,05$ et $0,68 \pm 0,02 \text{ mg/ml}$ pour les plantes *Glycyrrhiza glabra* L, et *Mentha spicata* L respectivement (**Çalışkan et Özer 2024**), ont étudié trois espèces de *Glycyrrhiz* en Turquie et ont démontré que les extraits de racines possèdent des activités antioxydantes statistiquement significatives, avec des valeurs IC_{50} comprises entre $4,2$ et $2\ 196 \mu\text{g/ml}$ (par méthode de DPPH). Ces auteurs ont également souligné que les conditions environnementales influencent considérablement la composition chimique et les activités biologiques des extraits.

D'après l'étude de (**Labiad et al., 2025**) sur l'extrait de *Mentha spicata* L de la région de Djelfa, une valeur IC_{50} plus élevée (1.20 mg/ml) a été enregistrée. Cette valeur reste supérieure à celle obtenue pour les échantillons d'El Meghair ($0,68 \text{ mg/ml}$). Cela suggère que le stress hydrique et les conditions climatiques dans la région pourraient stimuler l'accumulation des métabolites secondaires, ce qui influence positivement l'activité antioxydante. Selon les travaux de (**Sebaihi et al., 2024**), l'extrait aqueux de réglisse du Sud Algérien a montré une IC_{50} de 2.10 mg/ml , ce qui est supérieur à la valeur obtenue dans la présente étude qui est de ($1,57 \text{ mg/ml}$), ce qui indiquant que l'extrait de *Glycyrrhiza glabra* L possède un pouvoir antioxydant plus important. Les capacités des extraits naturels à piéger les radicaux libres dépendent d'un

certain nombre de paramètres, notamment la dose, la structure chimique des composés phénoliques, et le degré de polymérisation de la molécule (**Mohammedi, 2013**).

Les résultats obtenus par la méthode FRAP représentent une capacité antioxydante, avec des valeurs avoisinantes de 863 µg AA/mg ES pour *Mentha spicata* L. et 611 µg AA/mg ES pour *Glycyrrhiza glabra* L.

La valeur élevée obtenue pour la menthe verte correspond aux résultats rapportés par (**Rayan et al., 2024**) pour *Mentha spicata* L cultivée au Maroc, où le pouvoir réducteur était également très important, ce qui s'explique par la présence des phénols totaux et des flavonoïdes en proportions élevées dans sa composition chimique. Ces auteurs ont montré que la teneur en composés phénoliques est directement liée au pouvoir réducteur dans le test FRAP.

Pour *Glycyrrhiza glabra* L, les résultats sont inférieurs à ceux obtenus par (**Afsharzadeh et al., 2025**), qui ont étudié l'effet de la lumière sur des racines de réglisse traitées. Ces auteurs ont montré que l'exposition conjointe à la lumière bleue et rouge augmente considérablement le pouvoir réducteur FRAP, les valeurs atteignant des niveaux bien supérieurs à ceux de l'extrait aqueux. Cette différence peut s'expliquer par le fait que l'extrait est issu de racines séchées, peut-être affecté par les conditions climatiques arides et le faible taux d'humidité de la région de la vallée d'El Meghaier, tandis que l'étude d'Afsharzadeh a utilisé des racines traitées dans des conditions optimisées.

Le test au phosphomolybdate a révélé une activité antioxydante de 345 µg EAA/mg ES pour *Mentha spicata* L. et 450 µg EAA/mg ES pour *Glycyrrhiza glabra* L.

La valeur de la menthe verte est inférieure à celle rapportée dans la littérature pour la même espèce. (**Bhardwaj et al., 2024**) ont montré que les extraits de *Mentha* possèdent des propriétés antioxydantes significatives, avec des variations importantes selon les parties de la plante et les méthodes d'extraction utilisées. Cette différence pourrait être due aux conditions de séchage, aux facteurs géographiques et climatiques, ainsi qu'au degré de maturité de la plante lors de la récolte (**Ebrahimi et al., 2024**)

Pour *Glycyrrhiza glabra* L, l'activité observée confirme son potentiel antioxydant, déjà documenté par (**Ciganović et al., 2023**) qui ont démontré une forte corrélation entre la teneur en polyphénols et l'activité antioxydante totale, les flavonoïdes spécifiques de la réglisse (liquiritine, isoliquiritine) étant d'excellents agents réducteurs. L'activité antioxydante totale des composés phénoliques est principalement due à leurs propriétés rédox (**Djeridane et al., 2005**).

L'amélioration significative de l'activité antioxydante des ZnO NPs par rapport aux extraits bruts, notamment celui de *Glycyrrhiza glabra* L, peut s'expliquer par un effet de synergie d'une part, et par les caractéristiques physico-chimiques des nanostructures d'autre part. Lors de la

synthèse verte (Green synthesis), les biomolécules actives présentes dans le mélange d'extraits (*Mentha spicata L* et *Glycyrrhiza glabra L*), telles que les composés phénoliques, les flavonoïdes et les acides organiques, agissent non seulement comme agents réducteurs et stabilisants, mais se lient également à la surface des nanoparticules.

Cette forte densité de groupements hydroxyles (-OH) transférés à la surface des ZnO NPs augmente leur capacité à donner des électrons ou des atomes d'hydrogène pour neutraliser le radical DPPH (**Sanadhya et al., 2023**). De plus, le rapport surface/volume extrêmement élevé propre à l'échelle nanométrique multiplie les sites actifs disponibles pour les réactions d'oxydoréduction, conférant aux nanoparticules une réactivité supérieure à celle des molécules libres dans les extraits bruts (**Rajakumar et al., 2018**). La performance notable de *Mentha spicata L* par rapport à *Glycyrrhiza glabra L* est quant à elle liée à sa richesse spécifique en acide rosmarinique et en flavone glycosides, connus pour leur fort potentiel redox (**Fatiha et al., 2015**).

Cette excellente activité antioxydante des ZnO NPs synthétisées est un atout majeur pour leur future intégration dans la formulation dermo-cosmétique (nanogel), car elle permettra de protéger efficacement les cellules cutanées contre le stress oxydatif et le vieillissement prématuré induit par les radicaux libres.

Le principe du test FRAP repose sur la capacité des composés antioxydants à donner un électron pour réduire le complexe ferrique (Fe^{3+}) en complexe ferreux (Fe^{2+}). Par conséquent, la valeur élevée enregistrée par les ZnO NPs (965 μg EAA/mg ES) démontre leur fort potentiel de transfert d'électrons. Cette performance accrue des nanoparticules biogéniques par rapport aux extraits végétaux bruts s'explique par l'action combinée des métabolites secondaires (phénols et flavonoïdes) qui ont servi d'agents de coiffage lors de la synthèse verte (**Anandalakshmi et al., 2016**).

En effet, le processus de nanosynthèse induit une concentration et une orientation spatiale optimale de ces molécules bioactives à la surface des ZnO NPs, ce qui facilite la libération d'atomes d'hydrogène ou d'électrons vers les ions Fe^{3+} (**Guo et al., 2020**). De plus, les propriétés électroniques intrinsèques du semi-conducteur d'oxyde de zinc à l'échelle nanométrique, notamment sa structure de bande et sa grande surface spécifique, agissent en synergie avec les biomolécules de *Mentha spicata L* et *Glycyrrhiza glabra L* pour doper le pouvoir réducteur global (**Marslin et al., 2018**). La supériorité de l'extrait de menthe sur la réglisse est, quant à elle, attribuée à sa teneur plus élevée en composés polyphénoliques dotés de groupements hydroxyles libres hautement réactifs. L'excellence de ce pouvoir réducteur confirme que les ZnO NPs biosynthétisées constituent un ingrédient dermo-cosmétique de premier choix pour notre

formulation nanogel, capable de bloquer efficacement les réactions d'oxydation radicalaire responsables de l'altération des composants cutanés.

Le principe de l'essai au phosphomolybdate repose sur la réduction du Molybdène (VI) en Molybdène (V) par les composés antioxydants, suivie de la formation d'un complexe vert de phosphate/Molybdène (V) à pH acide et à haute température. La performance singulière et élevée de l'extrait brut de *Glycyrrhiza glabra L* (450 µg AA/mg ES) dans ce test, comparativement aux résultats des tests DPPH et FRAP, peut être attribuée à la nature des molécules thermolabiles et aux caractéristiques du milieu de réaction. En effet, la réglisse est extrêmement riche en saponines triterpéniques (telles que la glycyrrhizine) et en polysaccharides hydrosolubles qui, sous l'effet d'une température élevée (95° C), subissent une hydrolyse ou déploient un pouvoir réducteur accru vis-à-vis du molybdène, indépendamment de la simple présence de composés phénoliques (Prieto *et al.*, 1999 ; Al-Snafi, 2018).

D'autre part, la valeur notable affichée par les ZnO NPs (370 µg AA/mg ES) confirme le maintien d'une capacité antioxydante totale appréciable après le processus de nanosynthèse. Cette réactivité est gouvernée par le transfert d'électrons provenant des agents de coiffage dermo-actifs encapsulés à la surface du réseau cristallin de l'oxyde de zinc (Deepak *et al.*, 2019). Bien que l'extrait de *Mentha spicata L* ait présenté la valeur la plus basse dans ce système spécifique (340 µg AA/mg ES), son potentiel reste significatif et complémentaire.

En perspective dermo-cosmétique, cette forte capacité de réduction globale (TAC) démontrée par l'ensemble des composants, et particulièrement par la combinaison synergique au sein des ZnO NPs, consolide l'intérêt de leur incorporation dans un nanogel. Cela garantit un système protecteur multi-cible capable d'agir efficacement contre divers types de stress oxydatifs cutanés (Fatimah et Sukiman, 2022).

Les spectres d'absorption UV-Visible de l'échantillon des nanoparticules d'oxyde de zinc (ZnO NPs), enregistrés dans une gamme de longueur d'onde allant de 200 à 800 nm avant traitement thermique et de 200 à 400 nm après calcination, sont illustrés par la figure 44 (A et B). Avant le processus de calcination, le profil spectral affiche une allure très perturbée, caractérisée par un bruit de fond intense (Noise) et une succession de pics d'absorption non définis s'étalant sur toute la région UV-Visible. Cette perturbation flagrante témoigne de la présence d'un mélange hétérogène et complexe, riche en biomolécules organiques résiduelles (issues des extraits aqueux de *Mentha spicata L* et *Glycyrrhiza glabra L*) et en impuretés n'ayant pas encore réagi, ce qui provoque une diffusion importante de la lumière (Talam *et al.*, 2012). À l'inverse, après le traitement thermique par calcination, on observe une modification radicale et une stabilisation nette du profil spectral. Le spectre devient parfaitement lisse, net et stable, avec une

stabilisation remarquable de la ligne de base. Un pic d'absorption singulier, intense et bien défini émerge de manière proéminente dans la région UV, affichant un maximum d'absorption caractéristique (bande d'exciton) (**Ramesh et al.,2014**).

Cette transition spectrale confirme l'efficacité de la calcination dans l'élimination totale de la matrice organique résiduelle et des groupements fonctionnels volatils issus des extraits de plantes, conduisant à la phase cristalline pure et bien structurée des ZnO NPs (**Vidya et al.,2013**). De plus, la position de ce pic de résonance plasmonique de surface dans la zone des courtes longueurs d'onde atteste de la taille nanométrique des particules d'oxyde de zinc synthétisées (**Sangeetha et al.,2011**).

L'apparition de la bande intense située aux alentours de 450 cm^{-1} constitue la preuve physico-chimique irréfutable de la formation réussie du réseau cristallin des ZnO NPs. Ce pic est attribué spécifiquement au mode de vibration de valence de la liaison métal-oxygène (Zn-O), confirmant la transition des ions de zinc en oxyde métallique nanométrique (**Sangeetha et al.,2011**).

Le pic enregistré à 1025 cm^{-1} est associé aux vibrations d'élongation des liaisons C-O et C-O-C, typiques des squelettes carbonés des flavonoïdes, des polyphénols et des saponines (telles que la glycyrrhizine de *Glycyrrhiza glabra*) présents dans le milieu de réaction (**Nethradevi et al., 2015**). La bande à 1390 cm^{-1} correspond quant à elle aux vibrations de déformation des liaisons C-H ou aux étirements symétriques des groupements carboxylates (-COO-), qui agissent activement dans la stabilisation des nanoparticules.

L'absence d'une bande large et intense de type -OH vers 3400 cm^{-1} indique que les groupements hydroxyles des composés phénoliques de *Mentha spicata L* et de la réglisse ont été largement oxydés lors de la complexion des ions zinc (Zn^{2+}) et leur conversion en oxyde de zinc (ZnO), avant leur conversion en oxyde (**Jayachandran et al.,2021**). Ces résultats biophysiques démontrent que les biomolécules actives issues du mélange végétal ne se sont pas seulement comportées comme des agents réducteurs, mais sont restées ancrées à la surface des ZnO NPs comme agents de coiffage. Cette double fonctionnalité encapsulante confère aux nanoparticules une excellente stabilité colloïdale et dote notre future formulation nanogel de propriétés biologiques (antioxydantes et protectrices) hautement performantes.

La crème ainsi obtenue présente des propriétés organoleptiques telles qu'illustrées dans le tableau (08) reflètent la qualité de sa formulation et l'homogénéité de ses ingrédients ; sa couleur blanche légèrement jaunâtre résulte de l'association de la poudre d'oxyde de zinc, communément appelée « blanc de zinc », et d'extraits végétaux, notamment l'extrait de (*Glycyrrhiza glabra L*), qui lui confère sa teinte jaune grâce à sa teneur en flavonoïdes (**Burlando et al., 2010** ;

Draelos,2016). Quant à l'odeur, elle est agréable, une caractéristique garantie par les extraits végétaux aromatiques tels que la menthe (*Mentha spicata L*) et la réglisse, ce qui renforce l'acceptation du produit lors de son utilisation. Quant à la texture(**McKay et Blumberg, 2006**), la crème est parfaitement homogène grâce au processus d'émulsion mécanique qui assure la dispersion et l'incorporation équilibrée des phases huileuse et aqueuse. Elle se caractérise également par un excellent étalement sur la peau, ce qui est lié à la formulation riche en huiles végétales (telles que l'huile de coco et l'huile de jojoba) qui améliore le toucher et la capacité des ingrédients actifs et nanotechnologiques à pénétrer à travers la peau.L'ensemble de ces caractéristiques témoigne du succès de l'« ajustement sensoriel » en tant qu'outil de contrôle de la qualité du produit fini et de garantie de sa stabilité (**Barel et al., 2014;Aulton, 2018**).

Les valeurs du pH indiquent que la formulation à température ambiante présentait un pH de 5,5 (figure dans annex). Le pH standard doit se situer entre 5 et 7 (**Avril et al., 2000**). Ce résultat indique que la crème formulée a été conçue pour correspondre aux caractéristiques d'une peau normale, c'est-à-dire non sensible. Selon (**Mawazi et al,2022**), le pH d'une crème hydratante doit préserver l'équilibre interne et la biocompatibilité de la peau; il doit se situer entre 4,5 et 6,5, ce qui correspond au pH physiologique de la peau. Le résultat que nous avons obtenu (5,5) s'inscrit parfaitement dans cette fourchette, ce qui garantit que la crème n'est pas suffisamment acide pour provoquer une irritation de la peau, ni suffisamment alcaline pour l'irriter.

En ce qui concerne les critères relatifs aux effets sur la peau, tels que l'irritation cutanée et la sensation de tiraillement, on constate qu'après l'application de la crème, une pénétration en profondeur se produit. Cette efficacité est due à l'intégration de nanoparticules d'oxyde de zinc (ZnONPs), qui possèdent d'excellentes propriétés de pénétration cutanée et améliorent la solubilité et la libération contrôlée des principes actifs.La synergie entre le glycérine végétale, l'huile de coco et l'huile de jojoba renforce l'hydratation intense et procure une sensation immédiate de douceur de la peau (**Wilkinson et Moore, 2015**). De plus, l'ajout de niacinamide et de vitamine E renforce la barrière protectrice de la peau. Aucune rougeur n'a été observée (figure dans annex),ce qui confirme que notre crème est biocompatible et non irritante, garantissant ainsi une tolérance cutanée optimale.

Les résultats du test de centrifugation ont montré une stabilité physique remarquable de la crème préparée ; en effet, aucune séparation entre les phases ni aucune stratification n'ont été observées après avoir centrifugé l'échantillon à une vitesse de 4 000 tours par minute pendant 15 minutes. Cette stabilité est due au succès du processus d'émulsion, qui a permis de combiner la phase huileuse, composée de cire d'émulsion et d'huile de coco, et la phase aqueuse, constituée

d'eau et de glycérine, produisant ainsi une structure cohérente(**Allen, 2021**). De plus, le fait que la texture soit restée homogène après le test confirme la capacité de la formulation à maintenir les nanoparticules d'oxyde de zinc (ZnONPs) et les extraits végétaux de menthe et de réglisse répartis de manière régulière à l'intérieur de celle-ci sans affecter la stabilité de la préparation(**Sirelkhatim et al., 2015**). La résistance de la crème face à ces forces mécaniques, associée à sa couleur blanche tirant vers le jaune et à son parfum agréable, constitue un indicateur fort de la qualité de fabrication et une garantie de l'efficacité et de la stabilité du produit pendant le stockage et l'utilisation (**Barel et al., 2014**).

Conclusion générale

Conclusion

À l'issue de ce parcours de recherche, nous avons achevé l'élaboration d'une stratégie scientifique visant à redonner toute leur place aux plantes médicinales de la province d'el Meghaier, non seulement en tant que patrimoine traditionnel, mais aussi en tant que source vitale de technologies d'avenir. L'interaction entre les études de terrain et les travaux en laboratoire a permis de démontrer concrètement que la véritable valorisation des richesses locales commence par une compréhension précise des usages de la population et aboutit à un produit nanotechnologique sûr et hautement efficace, posant ainsi les premiers jalons d'une industrie cosmétique verte et durable dans la région.

Sur le plan terrain et statistique, l'étude ethnobotanique a permis de répertorier une richesse végétale composée de 45 espèces, et le traitement statistique par le coefficient de citation (FC) a démontré que la *Mentha spicata* et la racine de *Glycyrrhiza glabra* constituent un choix stratégique pour comparer les plantes dominantes et celles qui n'ont pas bénéficié d'une attention scientifique suffisante, ce qui renforce la rigueur de la méthodologie suivie dans la sélection des échantillons. Quant aux résultats de l'évaluation des extraits bruts avant la synthèse des nanoparticules, ils ont révélé une disparité intéressante : la *Mentha spicata* a surpassé la *Glycyrrhiza glabra* dans les tests DPPH (IC 50 = 0,68 mg/ml) et FRAP (863 µg AA/mg) (respectivement 1,57 mg/ml et 611 µg AA/mg), tandis que l'ordre s'est inversé dans le test des phospholipides en faveur de la *Glycyrrhiza glabra* (450 µg AA/mg contre 345 µg pour la menthe). Cette divergence reflète la diversité des mécanismes biochimiques entre les deux plantes étudiées, ce qui en fait des modèles idéaux pour étudier l'effet synergique après association avec des nanoparticules d'oxyde de zinc. Sur le plan technique, les résultats de la caractérisation par FTIR et UV-Vis ont confirmé le succès de la mise en place d'un « protocole vert » pour la synthèse de nanoparticules d'oxyde de zinc de haute pureté ; les composés phytochimiques ont joué un double rôle d'agent réducteur et d'agent de stabilisation (agent de coiffage), conférant ainsi aux particules une stabilité structurelle unique et un effet biologique décuplé. D'après l'évaluation in vivo, les résultats ont démontré que la véritable puissance des nanoparticules réside dans leur effet synergique ; la supériorité constatée lors du test FRAP (965 microgrammes d'AA/mg) prouve que l'association de minéraux et de phénols végétaux permet d'obtenir une efficacité bien supérieure à celle des extraits bruts pris isolément. Cela explique la capacité du produit final à lutter contre le stress oxydatif et les facteurs de vieillissement avec une efficacité prouvée en laboratoire.

L'étude a abouti à la création de la « nano-crème », qui allie sécurité et efficacité ; sa stabilité physique et son pH adapté à la physiologie de la peau (pH 5,5) en font un produit prêt à

Conclusion générale

l'emploi sans aucun risque d'irritation. En conséquence, nous recommandons de poursuivre le développement de cette voie afin d'inclure des essais cliniques à plus grande échelle, ce qui contribuera à faire de l'État du Maghreb un pôle de production d'extraits naturels nanotechnologiques de qualité mondiale.

Références bibliographiques

1. A.de l'Afset, R.d.E. Collective, Évaluation des risques liés aux nanomatériaux pour la population générale et pour l'environnement, La Doctorat Fr, 3 (2010) 36-37.
2. A.Kohan, G. Ceder, D. Morgan, and C. G. Van de Walle, "First-principles study of native point defects in ZnO," *Physical Review B*, vol. 61, p. 15019, 2000.
3. Abbas, A. z. a. s. (2024). Etude ethnobotanique et facteurs de production de quelques plantes médicinales de la région de Sidi Aïssa [Mémoire de master, Université de M'Sila].
4. Abimouloud, S., & Berramdane, A. (2024). Étude ethnobotanique des plantes médicinales contre les piqûres scorpioniques dans la région d'Oued Righ [Mémoire de master, Université Echahid Hamma Lakdhar - El Oued].
5. Achour, W. & Herouini, M. (2025). Biosynthèse, caractérisation et applications cosmétiques des nanoparticules métalliques dans la teinture capillaire et les soins de la peau [Mémoire de master, Université de Ghardaïa].
6. Achour, W., & Herouini, M. (2025). Biosynthesis, Characterization, and Cosmetic Applications of Metallic Nanoparticles in Hair Dye and Skin Care [Mémoire de master, Université de Ghardaïa].
7. Adjanohoun, E. J. (1982). L'importance des plantes médicinales dans la médecine traditionnelle et moderne.
8. Ahmed, A., Zangeneh, A., & Zangeneh, M. M. (2020). Characterization and anti-acute T cell leukemia properties of silver nanoparticles synthesized by a green approach for bioremediation applications: Introducing a new chemotherapeutic drug for clinical trial studies. *Applied Organometallic Chemistry*, 34, e5374 .
9. Ait-Ouahoune Ch (2005). Contribution à l'étude de l'effet du substrat sur la composition quantitative et qualitative de l'huile essentielle de *Mentha viridis* L (menthe verte). Thèses d'ingénieur en Agronomie UMMTO.
10. Allen, L. V. (2021). Remington: The science and practice of pharmacy (22nd ed.). Pharmaceutical Press.
11. Al-Snafi, A. E. (2018). Phytochemical composition and pharmacological properties of *Glycyrrhiza glabra*: A review. *IOSR Journal of Pharmacy*, 8(6), 1-18.
12. Annani, S., & Teboub, N. (2023). Procédés de séparation et d'analyse des principes actifs naturels (Plantes Médicinales) [Mémoire de master, Université Constantine 1 Frères Mentouri].

13. Aroke, S., Ahmed ,A., Esameldin, E., Elgorashi,A., NivanMoodley,B., Lyndy,J., McGaw ,A., VinasanNaidoo,C. , Jacobus,N. Eloff ,A. (2012).The antimicrobial, antioxidative, anti-inflammatory activity and cytotoxicity of different fractions of four South African Bauhinia species used traditionally to treat diarrhoea. Journal of Ethnopharmacology.
14. Aulton, M. E. (2018). Aulton's Pharmaceutics: The Design and Manufacture of Medicines. 5th Edition, Elsevier.
15. Badiaga, M. (2011). Etude ethnobotanique, phytochimique et activites biologiques de Nauclea Latifolia smith une plante médicinale africaine recoltee au mali. Thèse de Doctorat. Université Bamako, Bamako -Mali.
16. Bakour, O., Benmalek, N. & Khennouf, L. (2023). Etude bibliographique sur Glycyrrhiza glabra L. [Mémoire de master, Université Mohamed El-Bachir El Ibrahim - Bordj Bou Arreridj].
17. Barek, S. (2021). Etude phytochimique et biologique d'extraits de deux plantes médicinales Genista saharae et Glycyrrhiza glabra [Thèse de doctorat, Université Aboubekr Belkaïd - Tlemcen].
18. Barel, A. O., Paye, M., & Maibach, H. I. (2014). Handbook of cosmetic science and technology (4th ed.). CRC Press.
19. Bekkouche, Z., & Bourouis, S. (2022). Synthèse et application des nanocomposite à base d'oxyde de zinc [Mémoire de master, Université Belhadj Bouchaib d'Aïn Témouchent].
20. Ben Zana, L., & Dahma, F. (2022). Étude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Metlili [Mémoire de master, Université de Ghardaïa].
21. Benakmoum, A., Amrani, S., & Belhadj, S. (2018). Évaluation de la perception des risques et de la toxicité des plantes médicinales : Enquête auprès des usagers et des herboristes. Revue Algérienne de Phytothérapie, 12(2), 88-99.
22. Benarba, B., et al. (2015). Ethnobotanical study of medicinal plants used by traditional healers in Western Algeria. Journal of Ethnopharmacology, 175, 453-460.
23. Benazzouz, A. & Hamdane, A. (2014). Etude et analyse des plantes médicinales Algérienne : Mentha pulegium, Mentha rotundifolia et Mentha spicata L [Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou].
24. Benlamdini, N., Elhafian, M., Rochdi, A., & Ziloum, S. (2014). Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans la Haute Moulouya (Maroc). Phytothérapie, 12(6), 392-403.

25. Benoudina, M. I., & Guetteche, M. (2025). Etude phytochimique de *Moringa oleifera* et Évaluation de ses activités biologiques [Mémoire de master, Université Constantine 1 Frères Mentouri].
26. Bhatt, A. (2023). Que font les nanoparticules dans les cosmétiques à l'environnement et à la santé humaine ? Une revue de la littérature [What are nanoparticles in cosmetics doing to the environment and human health: A review]. *International Journal of Science and Research Archive*, 11(1), 1-7.
27. Bidie, A., N'guessan, B., Yapo, A., N'guessan, J., Djaman, A. J. (2011). Article original Activités antioxydantes de dix plantes médicinales de la pharmacopée ivoirienne. *Sciences & Nature* Vol. 8 N°1: 1 – 11.
28. Bidy, M. K. (n.d.). La transmission des savoirs traditionnels sur les plantes médicinales à La Réunion. Étude qualitative réalisée auprès de personnes âgées en EHPAD. *Jjhg*, 72. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02469037>
29. Bîrsan, M., Cristofor, A. C., Tuchiluş, C., Crivoi, F., Vlad, R. A., Pinte, C., Antonoaea, P., & Ciurba, A. (2024). Development of cream bases suitable for personalized cosmetic products. *Medicine and Pharmacy Reports*, *97*(3), 347–356.
30. Bouasla, A., & Bouasla, I. (2017). Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans la région de Constantine (Algérie). *Phytothérapie*, 15(4), 212-223.
31. Bouchrite, L. M. & Bousmid, S. (2025). Évaluation du potentiel antioxydant et antibactérien de l'huile essentielle de *Mentha spicata* L. [Mémoire de master, Université Frères Mentouri Constantine 1]
32. Boudjelal, A., et al. (2013). Ethnopharmacological survey of medicinal plants in the region of Hodna (M'sila, Algeria). *Journal of Ethnopharmacology*, 148(1), 211-228.
33. Boudjema, K., Nahoui, N., Temmimi, K., Azine, K., Hali, L., and Fazouane, F. (2021). Screening phytochimique et activités biologiques d'extrait méthanolique obtenu à partir de la plante *Melissa officinalis* L. *Journal of Advanced research in science and technology* ISSN:2352_9989.
34. Bougandoura, N., & Djamel, A. (2014). Étude ethnobotanique et gestion des doses dans la médecine traditionnelle en Algérie. *Phytothérapie*, 12(5), 302-311.
35. Bouriquat M. (2020). La réglisse: principales propriétés et utilisations (Doctoral dissertation).
36. Brahmi, F., Bousbia, A., Benkhaled, A., Boudjerda, A., Bensaid, A., Madani, K. et Boulekbache-Makhlouf, L. (2023). Ethnobotanical study of Lamiaceae plants from the

- Bejaia region: A quantitative approach. *Jordan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 16(2), 267-282.
37. Brillouet, J. M., Romieu, C., Schoefs, B., Solymosi, K., Cheynier, V., Fulcrand, H., Verdeil, J. L., & Conejero, G. (2013). Les tanins : généralités, nature chimique, propriétés et utilisations. *Annals of Botany*, 112(6), 1003-1014.
38. Brixi gormat, R. (2020). Etude phytochimique et recherche et l'évaluation de l'activité antioxydante des extraits préparés de la menthe verte (*Mentha spicata* L.) [Mémoire de master, Université Abou Beklal Belkaid - Tlemcen].
39. Burlando, B., Verotta, L., Cornara, L., & Bottini-Massa, E. (2010). *Herbal Principles in Cosmetics: Properties and Mechanisms of Action*. CRC Press.
- a. characterization and applications. *Cosmetics*, 9(3), 61.
40. Cheynier, V. (2012). Phenolic compounds: From plants to foods. *Phytochemistry Reviews*, 11(2), 153-177.
41. Chopra I. C., Abrol B. K., Hand A .K. L. 1960. *Les Plantes Médicinales des*
42. Dib, S. & Belbachir, I. (2023). Etude ethnobotanique des plantes utilisées traditionnellement dans le traitement de l'ulcère gastrique dans l'Ouest Algérien [Mémoire de master, Université de Tlemcen].
43. Dilekh, f. & Messaoudi, I. (2020). Étude de quelques activités biologiques de glycyrrhizin extrait de la plante médicinale *Glycyrrhiza glabra* L. de deux régions [Mémoire de master, Université Mohamed Khider de Biskra].
44. Draelos, Z. D. (2016). *Cosmetic Dermatology: Products and Procedures*. Wiley-Blackwell.
45. El Annaoui, A., Ait Bella, Y., Haddioui, A., Ezzine, A., Dani, S., Abd-Dada, H. et Bouda, S. (2026). Ethnobiological knowledge, quantitative assessment, and socio-cultural valorization of *Juniperus turbinata* among local communities across Morocco. *Asian Journal of Ethnobiology*, 9(1), 1-14.
46. EL-haoud,H.,Boufellous,M.,Berrani,A.,Tazougart,Het.,Bengueddour,R.(2018). Screening phytochimique d'une plante médicinale .*MenthaSpicata* L. Université Ibn Tofaïl.p :228. doi : EL-haoud-ManuscriptRef.9-ajira061018.
47. F. Prosie, F.-X. Lesage, F. Deschamps, Nanoparticules : structures, utilisations et effets sur la santé, *La Presse Medicale*, 37(2008), p.1432.

48. Fatimah, S., & Sukiman, M. (2022). Biogenic synthesis of zinc oxide nanoparticles using plant extracts and their potential applications in dermo-cosmetics against cutaneous oxidative stress. *Materials Today: Proceedings*, 56, 1204-1211.
49. Fleurentin, J., & Balansard, G. (2002). L'intérêt de l'ethnopharmacologie dans le domaine des plantes médicinales. *Médecine Tropicale*, 62(1), 23-28.
50. Gouegoui Bohui, P. S., Amissa Adima, A., Bobelé Niamké, F., & N'Guessan, J. D. (2018). Étude comparative de trois méthodes d'extraction des flavonoïdes totaux à partir des feuilles de plantes médicinales : *Azadirachta indica* et *Psidium guajava*. **Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 46*, 50-58.
51. Guan, L. L., et al. (2021). Green cosmetics: Natural ingredients and innovative formulations in cosmetology. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 20(4), 1085-1093.
52. Guelmine, M. (2018). Etude de l'activité antibactérienne des extraits de deux plantes médicinales (*Artemisia herba alba*) et (*Nerium oleander*) dans la région de Biskra [Mémoire de master, Université Mohamed Khider de Biskra].
53. Hammadou, F. & Ourouba, S. (2019). Etude de l'activité antioxydant et anti-inflammatoire des extraits aqueux et méthanoliques de la plante médicinale *Glycyrrhiza glabra* L. de quatre régions [Mémoire de master, Université Mohamed Khider de Biskra].
54. Hanene Bensouyad. 2011. Thèse de doctorat : J. Sol-Gel SciTechnol. Page 55.
55. Houacinou, R., & Heroual, H. (2024). Enquête ethnobotanique sur les plantes traitant les maladies du système métabolique au niveau de la wilaya de Constantine et la commune de Oued El Athmania [Mémoire de master, Université Constantine 1 Frères Mentouri].
56. Jalvo, B., Faraldos, M., Bahamonde, A. (2015). *International Journal of Pharmaceutics*, 479(1), 88–95.
57. Jethwa, S., & Devadiya, P. (2025). Formulation and Evaluation of Cold Cream. *International Journal of Pharmaceutical Sciences*, 3(11), 110-116.
58. K/Bidy, M. (2020). La transmission des savoirs traditionnels sur les plantes médicinales à La Réunion. Étude qualitative réalisée auprès de personnes âgées en EHPAD [Thèse de doctorat en médecine, Université de La Réunion]. DUMAS.
59. Kassama, I. & Amira, S. (2024). Dosage des polyphénols et flavonoïdes : étude de leur activité antioxydante, antifongique et anti-inflammatoire dans les extraits de plantes et les huiles essentielles d'Algérie [Mémoire de master, Université Frères Mentouri Constantine 1].

60. Kemassi, A., Ould El-Hadj-Khelil, A., Boual, Z. et Ould El-Hadj, MD (2014). Valorisation des plantes médicinales et leur intérêt dans le domaine pharmaceutique.
61. Koffi, N., Beugré, K., Guédé, N. Z., Dossahoua, T., & Laurent, A. (2007). Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays Krobou (Agboville, Côte-d'Ivoire). Université de Cocody-Abidjan (Côte-d'Ivoire). e Vol. 6 N°1 : 1 – 15.
62. Koubi, S. & Ghezali, B. (2022). Activité antioxydante de l'huile essentielle de la menthe verte ; *Mentha spicata* L, essai d'incorporation dans un produit industriel (cosmétique) [Mémoire de master, Université Blida 1].
63. Lalande, J., & Parenty, A. (2003). Synthèse d'une coumarine. *L'Actualité Chimique*, (3), 29-30.
64. Lalmi, Y., & Laouri, K. (2021). Contribution à l'étude d'une enquête ethnobotanique de quelques plantes médicinales dans la région d'El oued (Sahara Algérien) [Mémoire de master, Université Echahid Hamma Lakdhar - El Oued].
65. Laouar, O. (2025). Étude ethnobotanique des plantes médicinales à usage thérapeutique traditionnel dans la commune de Hamma Bouziane de la wilaya de Constantine [Mémoire de master, Université Constantine 1 Frères Mentouri].
66. Lebcir, S., et al. (2020). Évaluation des composés phénoliques et des activités biologiques de certaines plantes.
67. M. Amara Saâd.. Thèse de Doctorat THÈME : Caractérisation optique et structurale des couches minces d'oxydes complexes pour applications photoniques 2015. Page 07.
68. Mawazi, S. M., Ann, J., Othman, N., Khan, J., Alolayan, S. O., Al thagfan, S. S., & Kaleemullah, M. (2022). A review of moisturizers; history, preparation,
69. McKay, D. L., & Blumberg, J. B. (2006). "A review of the bioactivity and potential health benefits of peppermint tea (*Mentha piperita* L.)." *Phytotherapy Research*, 20(8), 619-633.
70. Meddour, R., Meddour-Sahar, O., & Derridj, A. (2020). Transmission intergénérationnelle des savoirs sur les plantes médicinales : étude ethnobotanique et importance du noyau familial. *Revue de Phytothérapie et d'Ethnobotanique*, 18(2), 115-127.
71. Messaoui, N. E., & Boudache, I. (2023). Élaboration et caractérisation des nanoparticules d'oxyde Bi-Fe par la méthode de Co-précipitation et son application à l'élimination de BM [Mémoire de master, Université Blida 1]

72. Miara, M. D., Hammou, M. A., & Rebbas, K. (2019). Plantes médicinales et formes d'utilisation traditionnelles dans la région steppique de l'Algérie (Mila, Djelfa, M'Sila). *Journal of Advanced Research in Science and Technology*, 6(2), 114-128.
73. Mokdad, R., & Hassani, D. (2023). Etude des propriétés de nanostructures d'oxyde de zinc et leur activité catalytique pour l'oxydation de l'éthanol [Mémoire de master, Université Kasdi Merbah Ouargla].
74. Mukherjee, P. K., et al. (2011). Searching for natural ingredients for dermatological applications. *Phytomedicine*, 18(6), 493-508.
75. Muniz, M. N. (2006). Synthèse d'alcaloïdes biologiquement actifs : la (+)-anatóxine-a et la (±)-camptothécine [Thèse de doctorat, Université Joseph-Fourier - Grenoble I].
76. Newman, D. J., & Cragg, G. M. (2020). Natural products as sources of new drugs over the nearly four decades from 1981 to 2019. *Journal of Natural Products*, 83(3), 770-803.
77. Noreen, S., Mubarik, F., Farooq, F., Khan, M., Khan, A. U. & Pane, Y. S. (2021). Utilisations médicinales de la réglisse (*Glycyrrhiza glabra* L.) : une revue complète [Medicinal uses of licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.): A comprehensive review]. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 9(F), 668-675.
78. Oudjida, M. & Hafsa, L. (2025). Etude biologique d'un produit de soin dermatologique à base de *Glycyrrhiza glabra* [Mémoire de master, Université Saad Dahleb Blida 1].
79. Ouelbani, R., Bensari, S., Mouas, T. N., & Khelifi, D. (2016). Ethnopharmacological survey of medicinal plants used in the central region of Algerian Hodna. *Journal of Ethnopharmacology*, 194, 278-296.
80. Ouled Cheikh Yahya, T., & Triki, B. (2021). Evaluation de la conformité des tisanes conditionnées produites en Algérie (évaluation qualitative et quantitative) [Mémoire de master, Université de Guelma].
81. Oumeish, O. Y. (1998). The philosophical, cultural, and historical aspects of complementary, alternative, and traditional medicine in the Arab world. *Dermatologic clinics*, 16(4), 789-801.
82. Prieto, P., Pineda, M., & Aguilar, M. (1999). Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Anal. Biochem*, 269, 337 – 341.
83. Reang, M., Banik, B., Debbarma, S. et Datta, B. K. (2023). Quantitative assessment of ethnobotanical resources and medicinal plants utilization patterns in Tripura, India. *MRJ Bio Research*, 10(1), 1-14.

84. régions Arides: arid Zone research .7è, p. 97.
85. Salhi, O., Besra, L., Kadrine, H., & Messaoudi, F. (2022). Effet de quelques plantes médicinales *Apium graveolens* L et *Hordeum vulgare* L sur la lithiase Oued].
86. Salhi, S., Fadli, M., Zidane, L., & Douira, A. (2010). Études floristique et ethnobotanique des plantes médicinales de la ville de Kenitra (Maroc). *Phytothérapie*, 8(5), 296-302.
87. Sirelkhatim, A., Mahmud, S., Seeni, A., Kaus, N. H. M., Ann, L. C., Bakhori, S. K. M., Hasan, H., & Mohamad, D. (2015). Review on zinc oxide nanoparticles: Antibacterial activity and toxicity mechanism. *Nano-Micro Letters*, 7(3), 219–242.
88. Slimani, I., Mansouri, M., Bouiamrine, E., & Elati, R. (2016). Étude ethnobotanique et inventaire des plantes médicinales utilisées dans la région de la Haute Moulouya. *Journal de Phytothérapie Marocaine*, 14(3), 154-167.
89. SOP for Preparation of Emulsion Bases for Creams – V 2.0. (2025). Retrieved from PharmSOP.
90. Sorya et cylvia : Étude de l'activité électrocatalytique des couches minces de ZnO modifiées par des nanoparticules métalliques Ni et Au Mémoire de Master 2, Université de Bejaia 2020.
91. U. Ozgur, Y. I. Alivov, C. Liu, A. Teke, M. A. Reshchikov, S. Dogan, V. Avrutin, S. Cho, H. Morkoc, *Journal of Applied Physics*. Un examen complet des matériaux et dispositifs ZnO 98(4) (2005) 041301-1.
92. UNISCIEL. (n.d.). Formulation cosmétique, les émulsions. Ressources Unisciel. Consultée le 22 mai 2026,
93. Wilkinson, J. B., & Moore, R. J. (2015). *Harry's cosmeticology* (8th ed.). Chemical Publishing Co.
94. Yuan, H., et al. (2016). The traditional medicine and modern medicine from natural products. *Molecules*, 21(5), 559.
95. Zeddoun, A., et al. (2020). Quantitative ethnobotanical study of medicinal plants used in Northwestern Algeria. *Journal of Herbal Medicine*, 23, 100383.
96. Zid, N. & Guessoum, N. (2021). Élaboration et caractérisation des nanoparticules à partir d'extrait aqueux d'une plante aromatique [Mémoire de master, Université Kasdi Merbah Ouargla].
97. Zillich, O. V., et al. (2015). Polyphenols as active ingredients for cosmetic products. *International Journal of Cosmetic Science*, 37(5), 455-464.

98. Ziyat, A., Legssyer, A., & Mekhfi, H. (2019). Pratiques et utilisations cosmétiques des plantes médicinales traditionnelles : Enquête ethnobotanique et valorisation pharmacologique. *Journal de Phytothérapie Appliquée*, 23(1), 45-58.
99. أحمد يحيى، شريفة، و فرطاس، فاتن. (2024). مساهمة لدراسة بعض المستخلصات ونشاطها ضد بكتيري في نبتة عرق السوس [*Glycyrrhiza glabra L.* مذكرة ماستر، المركز الجامعي عبد الحفيظ بوالصوف - ميللة]
100. الديوان الوطني للإحصائيات (الجزائر) 2018
101. مديرية السياحة والصناعة التقليدية - المغرب. (2025). لمحة تاريخية عن المغرب.

Annexe

Annexe

التاريخ :/...../.....

استبيان حول النباتات الطبية المستخدمة في ولاية المغير

رقم الاستبيان :

المعلومات العامة

-اسم المنطقة:

-الجنس :

☐

انثى

☐

ذكر

☐

اكثر من 60

☐

40 - 60

☐

20 - 40

☐

-العمر: اقل من 20 سنة

☐

جامعي

☐

ثانوي

☐

متوسط

☐

ابتدائي

☐

-المستوى التعليمي: امي

☐

مع التحديد.....

☐

اخرى

☐

ربة منزل

☐

عطار

☐

-المهنة الرئيسية : مزارع

☐

ارملة

☐

مطلق (ة)

☐

متزوج (ة)

☐

-الحالة الاجتماعية : اعزب

اسئلة عامة

☐

الطب الحديث

☐

-عندما تمرض هل تلجئ الى : الطب التقليدي

☐

- مامدى معرفتك بمفهوم " النباتات الطبية " او الاعشاب الطبية " : لدي معرف واسعة ومفصلة

☐

لدي معرفة متوسطة

☐

لدي معرفة قليلة

☐

ليس لدي معرفة

☐

- افراد العائلة او الاجداد

-ماهو مصدر معلوماتك الرئيسي حول النباتات الطبية :

☐

-الكتب و المجلات

☐

-الانترنت و مواقع التواصل الاجتماعي

☐

-متخصصون صيادلة /اطباء

☐

-اخرى

☐

لا

☐

نعم

-هل انت على دراية ان استخدام النباتات له اثار جانبية:

- ماهو رايك في فعالية النباتات الطبية بشكل عام:

- ماهي الاغراض الرئيسية التي تستخدم من اجلها النباتات الطبية:

.....

.....

-هل تعتقد ان النباتات الطبية يمكن ان تكون بديلا فعلا لبعض الادوية الكيميائية :

☐

ليس لدي رأي

☐

لا اعتقد ذلك

☐

في بعض الاحيان

☐

دائما

معلومات حول النباتات

	النبتة 1	النبتة 2	النبتة 3	النبتة 4
الاسم الشائع				
الاسم العلمي				
نوع النبات (مزروع , بري)				
الجزء المستعمل (الجزء الهوائي (الاوراق الساق الثمار , الجزء الارضي (الجذور) او النبات كاملا)				
نطاق استعمال النبات (علاجي تجميلي , غذائي)				
استعمالات النبتة في النطاق التجميلي (لمعالجة الشعر وترميمه , للوجه للتعطير,للحروق,للتفتيح, للتريط للحساسية الخ) مع ذكر السبب				
طريقة التحضير (النقع في الماء البارد او الساخن الغليان مسحوق				
طريقة الاستعمال (عن طريق الفم , موضعي , الاستنشاق.....)				
مدة الاستخدام				
الامراض المعالجة				
الاثار الجانبية				

Figure d'examen physico- chimique

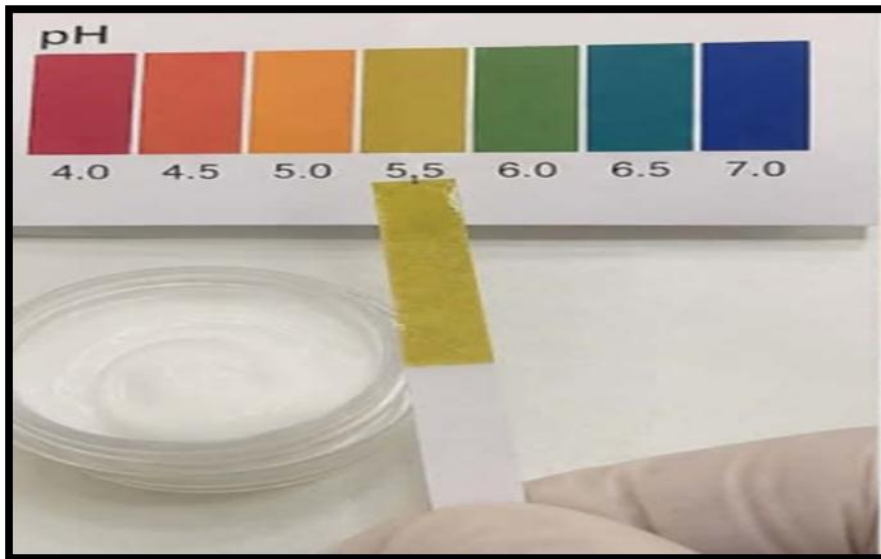


Figure :Mesure du pH d'une crème



Figure :Utilisation de la crème sur la peau



Figure : Test de stabilité de la crème