

République Algérienne Démocratique et Populaire
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem
Faculté Des Sciences de La Nature et de La Vie
Département de Biologie



UNIVERSITÉ
Abdelhamid Ibn Badis
MOSTAGANEM

Mémoire
Présenté pour l'obtention du diplôme de
MASTER EN SCIENCE BIOLOGIQUE
Spécialité : Biochimie Appliquée

Par
BELLAKEHAL HADJER
&
HAMMOU IMANE

Theme :

ÉTUDE ETHNOBOTANIQUE, PHYTOCHIMIQUE ET
ACTIVITÉS BIOLOGIQUES DE TROIS PLANTES
MEDICINALES RECOLTEES EN ALGÉRIE

Soutenu le 12 Juin 2024 devant le jury composé de :

Présidente	Grar Hadria	MCA	Université de Mostaganem
Encadrante	Rached Wahiba	MCA	Université de Mostaganem
Examinateur	Dahmouni Said	MAA	Université de Mostaganem
Co-encadrante	Amari Nesrine Ouda	MCA	Université de Mostaganem

Année Universitaire : 2023/2024

Dédicace

Je dédie ce travail à mes chers parents

A ma chère mère « Amel »

La source de joie, nul mot ne parviendra jamais à exprimer tout l'amour que je te porte. J'espère que je réalise aujourd'hui un de tes rêves. Qu'ALLAH te bénisse et t'alloue la bonne santé, le bonheur et une longue vie afin que je puisse à mon tour te combler.

A mon cher père « AFIF »

L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la plus digne de mon estime et mon respect, merci pour chaque sourire, chaque conseil, aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que dieu vous préserve et vous procure santé et longue vie.

A mon âme sœur « ASSIA »

Tu es la lumière qui éclaire mes journées sombres et la source de mes plus beaux souvenirs. Avec gratitude et amour, je te dédie ces mots pour te dire combien ta présence est précieuse pour moi.

A mes frères « HOUSSEM / ABD EL SAMED / YOUNESS »

Mes complices de toujours, je vous envoie tout mon amour et ma gratitude. Vous êtes mes piliers, je vous aime plus que tout au monde

A ma chère tante « NABILA », son mari « KADI », ma chère cousine « AYA », et mes chers cousins « MOUHAMMES / LAHCEN »

Je vous aime et je vous dédie ce modeste travail. Votre soutien et votre amour ont été essentiels pour moi tout au long de ce parcours.

A mon cher mari « OMAR »

Je tiens à te remercier du fond du cœur pour ton soutien indéfectible, ta patience infinie et ton amour constant tout au long de cette aventure. Ta présence à mes côtés, tes encouragements et ta compréhension ont été essentiels pour m'aider à surmonter chaque obstacle et à atteindre cette étape importante de ma vie. Ta foi en moi m'a donné la force de persévérer même dans les moments les plus difficiles. Sans toi, ce parcours n'aurait pas été le même. C'est grâce à ton soutien que j'ai pu réaliser ce rêve.

Je te dédie cette réussite, en témoignage de ma gratitude et de mon amour éternel.

A ma chère belle-mère « NACIRA » et mon beau père « NOUREDDINE »

Je mesure la chance incroyable que j'ai de vous avoir dans ma vie. Vous êtes un modèle de force, et de générosité. Je vous dédie ce travail en signe de profond respect et d'admiration.

A mes chères belles sœurs « ZOULIKHA / IMENE »

Mes sœurs d'amour je vous aime du fond du cœur. Merci pour votre soutien tout au long de ce parcours.

Enfin, A tous les deux famille « BELLAKEHAL et LARBI MESSAOUD »

BELLAKEHAL HADJER

Dédicace

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

Je dédie ce mémoire :

À mon très cher père,

Tu as toujours été pour moi un exemple de père respectueux, honnête et méticuleux. Je tiens à

honorer l'homme que tu es. Grâce à toi, papa, j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité et ta compréhension.

Ton soutien fut une lumière tout au long de mon parcours. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eus pour toi. Ce modeste travail est

le fruit de tous les sacrifices que tu as déployés pour mon éducation et ma formation. Je t'aime, papa, et j'implore le Tout-Puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse.

À ma chère mère,

Qui a toujours cru en moi et m'a encouragé à poursuivre mes rêves, même lorsque les obstacles semblaient insurmontables. Sans toi, je n'aurais pas eu la force et la résilience nécessaires pour aboutir à ce stade. Ta lumière et ton amour éclairent mon chemin.

À mes chers frères, Yazid, Snouci, Miloud, Abed El Rahmane, et ma sœur ,touatia
Témoins des étapes de ma vie, dans ma joie et ma tristesse, pour leurs encouragements permanents et leur soutien moral.

Dédié à mon très cher cousin Talbi Khadija Nour El yakine, et mes amies Halima, Sabria, Hadja, Amira, Ines, Maroua et Khaoula,

Votre soutien sans faille et votre esprit libre ont toujours éclairé mon chemin. En écrivant ces

lignes, je vous remercie pour l'énergie positive que vous apportez à mon existence. Votre présence dans mon cœur est un trésor précieux. Merci, chères amies, pour votre soutien inépuisable.

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant espérés, et le fruit de votre soutien

infaillible. Merci d'être toujours là pour moi.

Hammou Imane

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions DIEU, notre créateur de nos avoir donné la force, la volonté et le courage afin d'accomplir ce travail. La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui on voudrait témoigner toute notre reconnaissance. Nous tenons à présenter nos remerciements distingués à notre encadrante « Dr. Rached Wahiba » pour son soutien, ses conseils qui ont été précieux et nous ont permis de mener à bien notre travail.

Nous remercions « Dr. Benabdelmoumène Djilali » pour l'accueille dans son laboratoire de recherche « Physiologie Animale appliquée »

Nos vifs remerciements à tous les membres du jury ainsi qu'à monsieur « Dahmouni Said » notre chef de parcours professeur au département de biologie de l'université de Mostaganem d'avoir accepté d'assurer la présidence du jury. Et Mme « Grar Hadria » d'avoir bien voulu nous honorer de sa présence et examiner notre travail.

Nous tenons également à remercier la doctorante « Baccora Khawla » et « Benaicha Sabriya » pour leurs soutiens et leurs aides durant ce travail.

Nos sentiments de profonde gratitude vont à nos professeurs qui nous ont enseigné durant tous nos études. Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes ayant participé de près ou de loin à l'exécution de ce modeste travail. A tous ceux qui nous ont initiés aux valeurs authentiques, en signe d'un profond respect.

RÉSUMÉ

La flore algérienne apparaît comme une source riche et intéressante pour des études ethnomédicales et phytochimiques complémentaires. Notre étude a porté, d'une part, sur une enquête ethnobotanique réalisée auprès de 42 personnes (08 phytothérapeutes, herboristes et 32 des habitants locales) de la wilaya de Mostaganem pour documenter les connaissances locales sur l'utilisation traditionnelle de trois plantes médicinales à savoir *L. guyonianum*, *R. raetam* et *R. chalepensis*, à l'aide d'un questionnaire prédéfini. D'autre part, les extraits aqueux des parties aériennes et des racines de *L. guyonianum* collectées d'El-Bayadh, les parties aériennes de *R. raetam* de Mostaganem et de Ghardaïa et les parties aériennes de *R. chalepensis* de Mostaganem et de Aïn Sefra, ont été sélectionnées afin d'estimer quantitativement des composés phénoliques, d'identifier leurs différentes classes phytochimiques de métabolites secondaires et l'évaluation de leurs effets antioxydant et antimicrobien. L'enquête ethnobotanique nous a permis de connaître l'usage fréquent de la plante étudiée les maladies qui traitent, la partie utilisée et le mode de préparation par la population interrogée. Un screening phytochimique de mise en évidence des principaux métabolites secondaires des plantes étudiées a été établi ainsi qu'une quantification colorimétrique des polyphénols totaux (par la méthode de Folin-Ciocalteu), des flavonoïdes totaux (par la méthode au trichlorure d'aluminium). L'activité antioxydante des extraits aqueux a été testée *in vitro* par trois tests différents: le test d'une action anti-radicalaire vis-à-vis le radical ABTS et DPPH ainsi le test de pouvoir réducteur (FRAP). Des tests ont été menés sur leur éventuel pouvoir antibactérien contre cinq souches pathogènes par la méthode d'antibiogramme. L'analyse des résultats montre que nos espèces étudiées sont parmi les plantes les plus sollicitées comme calmant et pour traiter le diabète, la rhumatisme et les troubles digestives. Les parties aériennes sont les parties les plus utilisées sous forme d'infusion et de cataplasme. Le crible criblage phytochimique a révélé la richesse des parties aériennes de trois espèces en coumarines, flavonoïdes, glucosides cardiotoniques, quinones libres, les tannins et les huiles essentielles avec une présence importante de ces composés en plus des alcaloïdes dans *R. chalepensis* de Aïn Sefra. Les différents extraits présentent des teneurs variables en polyphénols et flavonoïdes, plus élevées dans les extraits *R. raetam* et *R. chalepensis* des zones désertiques avec des valeurs de $32,82 \pm 0,9$ et de $17,44 \pm 0,3$ mg EAG/g MS; respectivement. Par contre les parties aériennes de *L. guyonianum* présentent les valeurs les plus élevées par rapport les racines avec de teneurs de $2,92 \pm 0,004$ et de $2,33 \pm 0,02$ EAG/g MS respectivement. Les résultats ont montré que les mêmes extraits présentent les activités antioxydantes les plus élevées par rapport aux autres pour tous les tests. De plus, ces mêmes extraits ont montré des propriétés antibactériennes considérables contre les souches pathogènes humaines, notamment contre *E. coli* et *C. albicans*. Les résultats mettent en évidence l'importance des savoirs traditionnels et confirment le potentiel thérapeutique de ces plantes.

Mots clés. *L. guyonianum*, *R. raetam*, *R. chalepensis*, étude ethnobotanique, Antioxydant, antimicrobien, ABTS, DPPH, FRAP, polyphénols, flavonoïdes,.

ABSTRACT

The Algerian flora appears as a rich and interesting source for complementary ethnomedical and phytochemical studies. Our study focused, on one hand, on an ethnobotanical survey conducted with 42 individuals (08 phytotherapists, herbalists, and 32 local residents) from the Mostaganem province to document local knowledge on the traditional use of three medicinal plants namely *L. guyonianum*, *R. raetam*, and *R. chalepensis*, using a predefined questionnaire. On the other hand, aqueous extracts of the aerial parts and roots of *L. guyonianum* collected from El-Bayadh, the aerial parts of *R. raetam* from Mostaganem and Ghardaïa, and the aerial parts of *R. chalepensis* from Mostaganem and Aïn Sefra, were selected to quantitatively estimate phenolic compounds, identify their different classes of phytochemical metabolites, and evaluate their antioxidant and antimicrobial effects. The ethnobotanical survey allowed us to ascertain the frequent use of the studied plant for treating various diseases, the parts used, and the preparation methods by the surveyed population. Phytochemical screening to highlight the main secondary metabolites of the studied plants was established, as well as colorimetric quantification of total polyphenols (using the Folin-Ciocalteu method) and total flavonoids (using the aluminum trichloride method). The antioxidant activity of the aqueous extracts was tested in vitro through three different tests: the ABTS and DPPH radical scavenging assays and the ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay. Tests were also conducted for their potential antibacterial activity against five pathogenic strains using the disc diffusion method. Analysis of the results shows that the studied species are among the most commonly used plants as sedatives and for treating diabetes, rheumatism, and digestive disorders. The aerial parts are the most commonly used parts, mainly in the form of infusions and poultices. Phytochemical screening revealed the richness of the aerial parts of the three species in coumarins, flavonoids, cardiogenic glycosides, free quinones, tannins, and essential oils, with a significant presence of these compounds, in addition to alkaloids in *R. chalepensis* from Aïn Sefra. The different extracts exhibited variable contents of polyphenols and flavonoids, with higher levels in the *R. raetam* and *R. chalepensis* extracts from desert areas, with values of 32.82 ± 0.9 and 17.44 ± 0.3 mg GAE/g DW, respectively. Conversely, the aerial parts of *L. guyonianum* exhibited the highest values compared to the roots, with contents of 2.92 ± 0.004 and 2.33 ± 0.02 GAE/g DW, respectively. The results showed that the same extracts exhibited the highest antioxidant activities compared to others for all tests. Moreover, these same extracts demonstrated considerable antibacterial properties against human pathogenic strains, notably against *E. coli* and *C. albicans*. The results highlight the importance of traditional knowledge and confirm the therapeutic potential of these plants.

Key words: *Limoniastrum guyonianum*, *Retama raetam*, *Ruta chalepensis*, ethnobotanical survey, Antioxidants, Antimicrobial, ABTS, DPPH, FRAP, polyphenols, flavonoids.

إضافية وفيتوكيماوية عرقية طبية لدراسات للاهتمام ومثيرًا غنيًا مصدرًا الجزائرية النباتات تعتبر عشابين، بالأعشاب معالجين 08) شخصًا 42 مع أجري إثنوبوتانياً تحقيقًا، ناحية من دراستنا تناولت لثلاثة التقليدي الاستخدام حول المحلية المعرفة لتوثيق مستغانم ولاية من (المحليين السكان من 32 و *R. Chalepensis* و *R. raetem* و *L. guyonianum* وهي طبية نباتات *L.* الهوائية للأجزاء المائية المستخلصات اختيار تم، أخرى ناحية ومن مسبقًا محدد استبيان باستخدام لنبات والجذور *L. guyonianum* البيض من جمعت التي الهوائية والأجزاء *R. raetem* لنبات و غرداية مستغانم من، لنبات الهوائية والأجزاء *R. chalepensis* مستغانم من الفيتوكيميائية فئاتها وتحديد، الفينولية للمركبات كمي لتقدير، الصفراء وعين للميكروبات والمضادة للأكسدة المضادة تأثيراتها وتقييم الثانوية الأيضات من المختلفة، تعالجها التي الأمراض، المدروسة للنباتات الشائع الاستخدام معرفة من الإثنوبوتانية الدراسة مكنتنا للكشف فيتوكيميائي فحص إجراء تم. المستطلعين السكان قبل من التحضير وطريقة المستخدم الجزء باستخدام) الكلية الفينول لونهات كمي تحديد وكذلك، المدروسة للنباتات الرئيسية الثانوية الأيضات عن النشاط اختبار تم. (الألومنيوم كلوريد طريقة باستخدام) الكلية والفلافونويدات (سيوكالتيو-فولين طريقة مضاد نشاط اختبار: مختلفة اختبارات ثلاثة باستخدام المختبر في المائية للمستخلصات للأكسدة المضاد إجراء تم. (FRAP) الاختزالية القدرة اختبار وكذلك DPPH و ABTS تجاه الحرة للجذور المضاد طريقة باستخدام مرضية سلالات خمس ضد للبكتيريا المضادة المحتملة لقدرتها اختبارات الحيوي.

ولعلاج كمهدئ استخدامًا الأكثر النباتات بين من هي المدروسة الأنواع أن التحليل نتائج أظهرت بشكل استخدامًا الأكثر الأجزاء هي الهوائية الأجزاء. الهضمي الجهاز واضطرابات الروماتيزم، السكري الثلاثة لأنواع الهوائية الأجزاء ثراء عن الفيتوكيميائي الفحص كشف. وكاللبخات تسريب مع الأساسية والزيوت التانيات، الحرة الكينونات، القلبية الجليكوسيدات، الفلافونويدات، بالكومارينات تظهر. الصفراء عين من *R. chalepensis* في القلوبات إلى بالإضافة المركبات لهذه ملحوظ وجود *R. raetem* مستخلصات في أعلى، والفلافونويدات الفينولات من متفاوتة كميات المختلفة المستخلصات جم/مجم 17.44 ± 0.3 و 32.82 ± 0.9 بقيم الصحراوية المناطق من *R. Chalepensis* و مقارنة القيم أعلى تظهر *L. guyonianum* لنبات الهوائية الأجزاء، المقابل في. التوالي على MS؛ نفس أن النتائج أظهرت. التوالي على MS جم/مجم 2.33 ± 0.02 و 2.92 ± 0.004 بقيم بالجذور بالإضافة. الاختبارات جميع في بالأخرى مقارنة الأعلى للأكسدة المضادة الأنشطة تظهر المستخلصات السلالات ضد ملحوظ بشكل للبكتيريا المضادة الخصائص نفس المستخلصات هذه أظهرت، ذلك إلى وتؤكد التقليدية المعرفة أهمية النتائج تؤكد *E. coli* و *C. Albicans* ضد خاصة، البشرية المرضية النباتات لهذه العلاجية الإمكانيات.

مضاد، إثنوبوتانية دراسة، *L. guyonianum*، *R. raetam*، *R. chalepensis* : مفتاحية كلمات
للبكتيريا مضاد، الفلافونويدات، الفينولات، FRAP، DPPH، ABTS، للأكسدة

Liste des abréviations

APG IV	Angiosperm Phylogeny Group
ABTS	: Acide 2,2'-azino-bis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique)
CAT	: Catalase
DPPH	: 2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl
ERA	: Espèces réactives azotées
ERO	: Espèces réactives oxygénées
FC	Folin-ciocalteu
FRAP	: Ferric Reducing-Antioxidant Power Assay
GPx	: Glutathion Peroxydase
HAT	: <i>Hydrogen-atom transfert</i>
HOCl	: Acide hypochlorique
IC₅₀	: concentration inhibitrice de 50%
LOO[•]	: Lipidique peroxyde
NADH	: Nicotinamide Adénine Dinucléotide Réduit
O₂^{•-}	: Anion Superoxyde
OH[•]	: Radical Hydroxyle
RO[•]	: Radical Alkoxyde
ROO[•]	: Radical Peroxyle
ROOH	: Peroxyde Organique
SET	: <i>Single-electron transfert</i> ;
SOD	: SuperOxyde Dismutase

Liste des figures

Figure 01.	Photo de <i>L. guyonianum</i> (a), <i>R. raetem</i> (b) et <i>R. chalepensis</i> (c)	18
Figure 02.	Carte géographique des zones de la récolte de différentes espèces végétales	33
Figure 03.	Poudres des plantes étudiées	33
Figure 04.	Courbe d'étalonnage d'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux	35
Figure 05.	Courbe d'étalonnage de catéchine pour le dosage des flavonoïdes totaux.	36
Figure 06.	Distribution en pourcentage des profils des informateurs selon le sexe (a) l'âge (b), situation familiale (c) et niveau d'étude (d).	49
Figure 07.	Répartition en pourcentages des différentes: parties utilisées (a) formes de préparation (b), périodes de récolte (c), durée de traitement (d) guérison ou non (e) maladies traités de toutes les espèces et par chaque espèce (f, g).	57
Figure 08.	Rendement des extraits aqueux de différentes espèces végétales testées	60
Figure 09.	Teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes totaux des extraits aqueux de trois plantes étudiées.	64
Figure 10.	Activité antioxydante des extraits aqueux de trois plantes étudiées mesurée par le test ABTS, DPPH et FRAP.	68

Liste des tableaux

Tableau 01.	Quelques composés phytochimiques spécifiques, leurs avantages potentiels, apports alimentaires, ainsi que ainsi que leurs biodisponibilités	7
Tableau 02.	Position systématique de trois plantes médicinales étudiées	09
Tableau 03.	Différents types et caractéristiques des espèces réactives	22
Tableau 04.	Caractéristiques de quelques tests d'antioxydants utilisés dans cette étude	26
Tableau 05.	Méthodes utilisées pour l'activité antimicrobienne	27
Tableau 06.	Caractéristiques générales de population étudiée.	30
Tableau 07.	Espèce végétale, partie utilisée, station de récolte, paramètres géographiques et bioclimatiques des stations d'étude	31
Tableau 08.	Méthodes utilisées pour identifier quelques groupes phytochimiques	37
Tableau 09.	Caractéristiques des souches pathogènes testées.	42
Tableau 10.	Caractéristiques démographiques des guérisseurs traditionnels interrogés (n=8, hommes, 30 à 50 ans)	48
Tableau 11.	Profils des participants au questionnaire: Répartition de la population étudiée choisie selon les tranches d'âges, le sexe et le niveau d'étude (n=34, Habitants).	48
Tableau 12.	Informations relatives aux plantes et leurs utilisations dans le traitement traditionnel de diverses maladies selon 8 tradithérapeutes de Mostaganem.	53
Tableau 13.	Utilisation traditionnelles des plantes médicinales, partie utilisée, mode de préparation selon les habitants	54
Tableau 14.	Teneurs en polyphénols totaux (TPT), en flavonoïdes totaux (TFT) et rendement d'extraction des extraits aqueux de trois plantes étudiées.	62
Tableau 15.	Résultats des tests phytochimiques de coloration des extraits des plantes étudiées.	65
Tableau 16.	Activité antioxydante des extraits aqueux de trois plantes étudiées mesurée par trois méthodes différentes.	67
Tableau 17.	Activité antimicrobienne (zones d'inhibition) des six extraits aqueux appartiennent de trois plantes étudiées contre cinq souches pathogènes déterminée par la méthode de diffusion sur un disque de gélose.	72

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ

ABSTRACT

ملخص

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale

01

PARTIE 1. RAPPEL BIBLIOGRAPHIQUE

I. Plantes médicinales et phytothérapie

04

I.1. Plantes médicinales en Algérie

04

I.2. Substances naturelles à base des plantes médicinales

05

I.3. Monographie des plantes étudiées

09

I.3.1. *Limoniastrum guyonianum* Dur.

09

I.3.1.1. Position systématique

09

I.3.1.2. Synonymes et noms vernaculaires

09

I.3.1.3. Description botanique, répartition géographique et habitats

10

I.3.1.3.4. Utilisation traditionnelle et propriétés pharmaceutiques

10

I.3.1.5. Phytochimie de la plante

11

I.3.1.6. Toxicité de la plante

12

I.3.2. *Retama Raetam* (Forssk.) Webb

12

I.3.2.1. Position systématique

12

I.3.2.2. Synonymes et noms vernaculaires

12

I.3.2.3. Description botanique, répartition géographique et habitat

12

I.3.2.4. Utilisation traditionnelle et propriétés pharmaceutiques

13

I.3.2.5. Phytochimie de la plante

14

I.3.1.6. Toxicité de la plante

15

I.3.3. *Ruta chalepensis* L.

15

I.3.3.1. Position systématique

15

I.3.3.2. Synonymes et noms vernaculaires

15

I.3.3.3. Description botanique, répartition géographique et habitats

15

I.3.3.4. Utilisation traditionnelle et propriétés pharmaceutiques

16

I.3.3.5. Phytochimie de la plante

17

I.3.3.6. Toxicité de la plante

17

II. Enquête ethnobotanique

18

III. Définition

18

II.2. Intérêt de l'enquête ethnobotanique

18

II.3. Enquêtes ethnobotaniques en Algérie

19

III. Propriétés biologiques des phytoconstituants à base des plantes médicinales

20

III.1. Oxydants et propriétés antioxydantes

20

III.1.1. Radicaux libres et espèces réactives non radicalaires

20

III.1.2. Définition des antioxydants

22

III.1.3. Activité antioxydante des composés phénoliques

23

III.1.4. Méthodes d'évaluation des propriétés antioxydantes et mécanisme d'action

24

III.2. Propriétés antimicrobiennes et phytoconstituants bioactives

26

III.2.1. Définition de propriété antimicrobienne

26

III.2.2. Mécanismes d'action des agents antimicrobiens

26

III.2.3. Évaluation de l'activité antimicrobienne

27

III.2.4. Plantes médicinales et la lutte contre la résistance aux antibiotiques

27

PARTIE II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

I. Matériel végétal et enquête ethnobotanique

30

I.1. Enquête ethnobotanique

30

I.1.1. Population, localité et période de l'enquête

30

I.1.2. Méthodologie de l'enquête

31

II. Caractérisation phytochimique et biologiques de différentes plantes

32

II.1. Matériel végétal, récolte et extraction

32

TABLE DES MATIÈRES

II.1.1. Récolte du matériel végétal	32
II.1.2. Extraction et préparation des extraits	34
II.2. Évaluation de rendement d'extraction	34
III. Analyses phytochimiques	34
III.1. Dosage colorimétrique des composés phénoliques	34
III.1.1. Dosage de polyphénols totaux par la méthode de Folin-Ciocalteu (FC)	34
III.1.2. Dosage de flavonoïdes totaux	35
III.2. Screening photochimique par des réactions de coloration	36
III. Détermination de l'activité antioxydante	39
III.1. La méthode du piégeage du radical ABTS ^{•+}	38
III.2. Méthode du Piégeage (scavenger) du radical libre 2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl (DPPH)	40
III.3. Méthode du pouvoir réducteur d'ions féeriques FRAP	41
IV. Détermination de l'activité antimicrobienne	42
IV.1. Propriétés des germes étudiés	42
IV.2. Méthode de diffusion sur un disque de gélose (Antibiogramme)	43
V. Analyse Statistique	44
PARTIE III. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	
I. Matériel végétal et enquête ethnobotanique	46
I.1. Enquête ethnobotanique	46
I.1.1. Analyse des profils de participants au questionnaire	46
I.2.1 Caractéristiques des plantes médicinales et savoirs associés	49
I.2.1.1. Réponses aux questionnaires destinés aux herboristes: Parties floristiques utilisées, formes d'utilisation et maladies traitées	49
I.2.1.2. Réponses aux questionnaires destinés aux habitants locaux: Parties floristiques utilisées, formes d'utilisation et maladies traités	51
II. Extraction et caractérisation phytochimique	57
II.2. Rendement d'extraction	57
II.2.1. Rendement d'extraction chez <i>R. raetam</i> et <i>R. chalepensis</i>	57
II.2.1. Rendement d'extraction chez <i>L. guyonianum</i>	59
III. Analyses phytochimiques	60
III.1. Dosage colorimétrique des composés phénoliques	60
III.1.1. Teneurs en polyphénols totaux et flavonoïdes totaux chez <i>L. guyonianum</i>	60
III.1.2. Teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes totaux chez <i>R. raetam</i> et <i>R. chalepensis</i>	61
III.2. Screening phytochimique	63
IV. Détermination de l'activité antioxydante	66
IV.1. Détermination de l'activité antioxydante chez <i>L. guyonianum</i>	66
IV.2. Détermination de l'activité antioxydante chez <i>R. raetam</i> et <i>R. chalepensis</i>	67
V. Détermination de l'activité antimicrobienne des extraits	70
V.1. Détermination de l'activité antimicrobienne chez <i>L. guyonuanum</i>	70
V.2. Détermination de l'activité antimicrobienne chez <i>R. raetam</i> et <i>R. chalepensis</i>	70
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	74
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	77
Annexes	94

INTRODUCTION
GÉNÉRALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'émergence de bactéries et de champignons pathogènes qui deviennent résistants aux traitements antibactériens synthétiques au fil du temps constitue une préoccupation majeure pour la santé publique (**Salam et al., 2023**). Cela peut entraîner une augmentation de la charge de plusieurs bactéries résistantes aux antibiotiques et des maladies qu'elles provoquent (**Baaloudj et al., 2021**). La plupart des antibiotiques conventionnels actuellement disponibles à l'achat ont des effets indésirables importants sur les patients et sont responsables de l'émergence de résistances multiples aux médicaments chez les bactéries pathogènes (**Muteeb et al., 2023**). Des recherches antérieures ont montré que les antibiotiques bactéricides tels que les quinolones et les aminosides ont des effets secondaires négatifs, tandis que les antibiotiques lactamines provoquent un dysfonctionnement mitochondrial et une production excessive d'espèces réactives de l'oxygène (ERO) dans les cellules de mammifères, entraînant des dommages oxydatifs sur l'ADN, les protéines et les lipides membranaires (**Kalghatgi et al., 2013; Rosenberg et al., 2020**). Les radicaux libres tels que les espèces réactives de l'oxygène et/ou de l'azote (ERO/ERA) sont générés à partir de processus physiologiques ou biochimiques normaux dans tous les organismes vivants (**Suresh et al., 2022**). La surproduction et la perturbation de l'homéostasie entre ces espèces toxiques ainsi que la surcapacité des systèmes de détoxification conduisent à l'apparition de phénomènes de stress oxydatif (**Formigari et al., 2007**). Cette surconcentration des ERO/ERA est capable d'oxyder des biomolécules telles que les lipides insaturés de la membrane cellulaire, les protéines structurelles et fonctionnelles, les glucides et les acides désoxyribonucléiques, provoquant la destruction des tissus et des lésions cellulaires qui peuvent être responsables de diverses maladies chroniques et dégénératives (**Sharifi-Rad et al., 2020**). Afin de défense contre les radicaux libres et lutter contre ces infections résistantes tout en évitant ou en limitant les effets secondaires associés à la consommation d'antibiotiques synthétiques, l'identification de nouveaux agents antimicrobiens naturels proviennent à partir des métabolites secondaires des plantes médicinales suscite un intérêt croissant (**Anand et al., 2019; Farid et al., 2023**). En conséquence, la combinaison d'un traitement antioxydant avec des antibiotiques semble être une stratégie pour réduire ou éviter ces effets secondaires (**Basavegowda et al., 2022**). Les médicaments dérivés de plantes provoquent peu d'effets secondaires et sont utilisés depuis longtemps en médecine traditionnelle pour le traitement des maladies infectieuses et des conditions de stress oxydatif (**Murugaiyan et al., 2022**). Il a également été observé que les acides phénoliques, les lignanes, les tannins, les flavonoïdes et les terpénoïdes peuvent augmenter la sensibilité de diverses bactéries à certains antibiotiques (**Jubair et al., 2021**). La maîtrise des infections bactériennes devient complexe du fait que de nombreuses bactéries ont

INTRODUCTION GÉNÉRALE

développé une résistance à la plupart des antibiotiques ce qui a constitué un problème de santé important à l'échelle mondiale (**Bezmin Abadi et al., 2019; Álvarez-Martínez et al., 2020; Mancuso et al., 2021**). Cependant, il y a une préoccupation concernant les effets indésirables des molécules synthétiques destinées à la lutte contre le stress oxydant et les infections bactériennes (**Mourenza et al., 2020**). Il est donc important de trouver une alternative à l'utilisation des antioxydants synthétiques et des antibiotiques classiques (**Corrêa et al., 2020**). Les remèdes à base des plantes médicinales constituent une alternative dans les systèmes de soins primaires et donc, une voie prometteuse pour le développement des médicaments traditionnellement améliorés (**van Wyk et Prinsloo, 2020; Balkrishna et al., 2024**). Récemment, beaucoup de chercheurs s'intéressent aux plantes médicinales pour leur richesse en antioxydants naturels qui possèdent des activités antioxydantes et antimicrobiennes et qui peuvent être synthétisées pour la production de médicaments industrialisés (**Martelli et Giacomini, 2018; Karak, 2019; Mourenza et al., 2020; Moura et al., 2021**). L'utilisation de plantes médicinales dans le traitement et la prévention des diverses pathologies constitue une partie importante de la médecine traditionnelle depuis le début de la civilisation humaine, couvrant une diversité de connaissances et de pratiques, basées sur des connaissances empiriques (**Nascimento et al., 2022**). Cependant, certains de ces composés bioactifs, par inhalation, ingestion, peuvent être toxique (**Vieira et Fernandes, 2021**). Dans ce contexte, l'analyse des activités pharmacologiques et toxicologiques des plantes pour leur applicabilité thérapeutique et l'étude de l'action de ces composés *in vivo* revêt une grande importance pour la médecine (**Dillard et German, 2000**). L'Algérie, par sa situation géographique et sa diversité écologique, abrite une riche biodiversité végétale, dont une pléthore d'espèces médicinales. Plus de 1200 taxons sont utilisés en médecine traditionnelle algérienne pour traiter diverses pathologies (**Saidi et al., 2023**). Cette pharmacopée ancestrale, transmise de génération en génération, puise ses racines dans les savoirs ethnobotaniques des populations locales (**Bouzbida et al., 2023**). Les enquêtes ethnobotaniques se sont révélées d'être l'une des approches fiables de la découverte de médicaments (**Porrás et al., 2020**). Les études ethnobotaniques s'appuient généralement sur des enquêtes de terrain menées auprès des communautés locales détentrices de connaissances ancestrales (**Bitsindou et al., 2023**). Plusieurs composés actifs ont été découverts à partir de plantes sur la base d'informations à partir des enquêtes ethnobotaniques qui sont utilisés directement comme médicaments brevetés (**Barkaoui et al., 2023; Zaiou et Cheriti, 2023**). L'étude phytochimique consiste à identifier et caractériser les molécules bioactives présentes dans les plantes. Cette approche est cruciale pour évaluer le potentiel pharmacologique des espèces végétales et découvrir de

INTRODUCTION GÉNÉRALE

nouvelles sources de principes actifs naturels (**Chaachouay et al., 2023**). Les techniques analytiques modernes comme la chromatographie et la spectrométrie de masse sont largement utilisées pour l'isolement, la purification et l'élucidation structurale des composés d'intérêt (**Boudeffa et al., 2023**). En parallèle, les activités biologiques de ces molécules sont explorées *in vitro* et *in vivo* dans le cadre d'essais précliniques. Ces études permettent d'évaluer le potentiel thérapeutique des extraits végétaux et de leurs constituants à différentes concentrations (**Benmehdi et al., 2023; Boumerfeg et al., 2023**).

Limoniastrum guyonianum, *Retama raetem* et *Ruta chalepensis* sont largement utilisés et étudiés en médecine traditionnelle comme plantes hypoglycémiantes, antiépileptiques, anti-inflammatoires, analgésiques, antispasmodiques, abortives, antiseptiques et pour le traitement de pathologies cutanées (**Rahman, 2004; León-González et al., 2018; Zohra et al., 2021**). Les études antérieures sur les différents extraits de ces plantes médicinales se sont principalement concentrées sur les constituants volatils des différentes parties de la plante. Mais il existe pratiquement peu des rapports détaillés sur les constituants polaires présents dans les feuilles, les tiges et les racines de ces plantes endémiques.

Dans ce contexte, les objectifs visés à travers cette étude sont d'un premier temps à réaliser d'une étude ethnobotanique de *L. guyonianum*, *R. raetam* et *R. chalepensis* de Wilaya de Mostaganem. Ainsi d'un second temps d'établir un screening phytochimiques de différents métabolites secondaires par des réactions de coloration, une estimation spectrophotométriquement des polyphénols et des flavonoïdes totaux, l'activité antioxydante *in vitro* par trois tests représentés par le test d'ABTS, test de DPPH et le test de FRAP, aussi l'activité antimicrobienne contre cinq souches bactériennes et fongiques afin d'établir le potentiel thérapeutique de ces plantes. Les tests expérimentaux ont été effectués sur six extraits aqueux décoctés bruts de:

- *L. guyonianum*, deux parties végétales différentes étudiées, prélevé d'El-Bayadh.
- *R. chalepensis* récolté de deux régions à deux étages bio-climatiques différentes à savoir: Mostaganem et Aïn Sefra,
- *R. raetem* récolté de deux régions bio-climatiquement différentes à savoir: Mostaganem et Ghardaïa.

Rappel

Bibliographique

I. Plantes médicinales et phytothérapie

Les plantes ont contribué à la stabilité de la terre en produisant de l'oxygène à partir du dioxyde de carbone lors de la photosynthèse (**Campbell et Mitchell, 2002; Taiz et Murphy, 2015**). Dans le monde, on estime que le nombre total d'espèces végétales se situe entre 300000 et 500000 (**Chapman, 2009**). Parmi celles-ci, environ 250 000 ont été identifiées et classées et près de 35 000 à 70 000 espèces sont utilisées à des fins médicinales dans le monde entier. Au moins 5400 espèces de plantes médicinales ont été signalées en Afrique, qui constitue l'une des régions du monde où se trouve la plus grande biodiversité. Selon les statistiques de l'OMS, environ 80 % de la population africaine utilise la médecine traditionnelle pour ses soins de santé primaires. Ces dernières années, l'utilisation des plantes médicinales a connu une augmentation remarquable, probablement en raison de leur abondance locale, de leur importance culturelle et de leur coût d'achat peu coûteux (**Van Wyk, 2008**). En Algérie, plus de 3000 espèces ont été identifiées comme étant plantes médicinales (**Beloued, 2023**).

I.1. Plantes médicinales en Algérie

Les plantes médicinales sont définies comme des espèces végétales utilisées dans la médecine traditionnelle pour traiter diverses pathologies ou maintenir un état de bonne santé (**Belhouala et Benarba, 2021**). Leurs usages thérapeutiques, noms vernaculaires, modes de préparation et voies de l'administration ont été transmises oralement pour constituer un savoir ancestral local caractérisant chaque population ou groupe ethnique vivant dans une zone déterminée (**Chermat et Gharzouli, 2015; Ojah, 2020; Belhouala et Benarba, 2021**). En fait, à partir de l'identification de morphine dans l'opium au 19^e siècle, la découverte de médicaments repose sur des enquêtes ethnobotaniques et connaissances ethno-médicales locales (**Benarba, 2021; Hemmami et al., 2023**). L'Algérie, est le plus grand pays du bassin méditerranéen, de l'Afrique et de la région arabe, est caractérisé par une flore riche composée de 4 000 taxons, 917 genres et 131 familles, réparties dans différents écosystèmes, dont environ 800 sont réputées avoir des vertus médicinales (**Hammiche et al., 2013; Ouarné et Rachid, 2017; Laouar et al., 2020**). Ces plantes médicinales sont principalement exploitées sous forme de décoctions, d'infusions, de poudres, ou d'huiles essentielles pour soigner le diabète, le cancer, le rhumatisme, les troubles gastro-intestinaux, respiratoires, dermatologiques, ainsi que d'autres maladies chroniques (**Hammiche et et Maiza, 2006; Boudjelal et al., 2013 ; Hammiche et al., 2013; Benkhniqie et al., 2014; Benarba, 2015, 2016; Chelghoum et al., 2021; Mechaala et al., 2022**). La plupart des études

ethnobotaniques et ethno-pharmacologiques ont été menées pour la connaissance et l'utilisation des plantes médicinales pour traiter différentes maladies (**Hammiche et al., 2013; Chelghoum et al., 2021; Mechaala et al., 2022**). Cependant, la connaissance de l'usage traditionnel des plantes médicinales dans le secteur alimentaire sont peu nombreuses. De nombreuses plantes médicinales sauvages constituent une source importante d'arômes, de colorants, d'enzymes et d'antioxydants pour les aliments et les boissons, très utiles au secteur agroalimentaire d'où l'importance d'une enquête sur l'utilisation traditionnelle des plantes dans le secteur alimentaire (**Mechaala et al., 2022**). Malgré l'émergence de la médecine moderne, ces ressources naturelles continuent à occuper une place importante dans les pratiques de soins en Algérie, en particulier dans les régions rurales, désertiques et les zones montagneuses (**Chermat et Gharzouli, 2015; Miara et al., 2018**).

I.2. Substances naturelles à base des plantes médicinales

Les substances naturelles provenant du métabolisme secondaire des plantes, c'est-à-dire qu'elles ne sont pas directement impliquées dans les processus vitaux essentiels, mais jouent un rôle écologique important (phytoalexines, pigments, composés de défense, etc.). Ces métabolites secondaires, ou produits phytochimiques, regroupent notamment les composés phénoliques, les terpènes, les alcaloïdes, les terpénoïdes et les glucosinolates (**Taiz, Zeiger, 2010**). Les composés phytochimiques, également appelés phyto-nutriments, sont des composés présents dans les plantes (Phyto signifie « plante » en grec) (**Delange et Manach, 2018**). Les aliments à base de plantes comme les fruits, les légumes, les graines entières, les noix et les légumineuses contiennent des composés phytochimiques avec des structures différentes (**Liu, 2004**). Ils donnent aux plantes leur couleur, leur saveur et leur arôme (**Tsao, 2010**). Il existe des milliers de composés phytochimiques différents, qui jouent de nombreux rôles et qu'ils peuvent également avoir des effets bénéfiques sur la santé humaine. Ils ne se produisent qu'en faibles concentrations et ont généralement un effet pharmacologique (**Manach et al., 2004**). Depuis l'Antiquité, ces effets ont été utilisés en naturopathie sous forme de plantes médicinales, des épices, de thés et des aliments (**Julien, 2014; Holford, 2004 ; Pitchford, 2002**). Avec le développement de méthodes d'analyse très sensibles, une variété de ces substances pourraient être identifiées (**Robinson et al., 2005; Skoog et al., 2013**). Une grande partie des preuves scientifiques actuelles sur les avantages des composés phytochimiques démontre que l'alimentation saine à base des plantes et surtout les plantes médicinales diminue l'atteinte de certains types de cancers et de maladies cardiaques (**Jiang et al., 2022**). Il est recommandé de suivre un régime alimentaire principalement à base

de plantes pour la prévention du cancer (AICR, 2022). Ces composés phytochimiques peuvent avoir des effets bénéfiques ou néfastes sur la santé, selon la dose (Rietjens *et al.*, 2021). Autrefois, Ces effets étaient étudiés dans des cultures de cellules et de tissus ainsi que *in vivo*. Un apport alimentaire élevé en composés phytochimiques avec des légumes, des fruits, des noix, des légumineuses et les graines sont associés à un risque réduit de maladies cardiovasculaires et d'autres maladies (Kim *et al.*, 2022). En plus des composés phytochimiques, les aliments d'origine végétale fournissent une gamme d'autres nutriments tels que des fibres, des vitamines et des minéraux (Shahidi et'Ambigaipalan, 2015). Des études prometteuses indiquent que les composés phytochimiques peuvent avoir le potentiel d'aider le système immunitaire à fonctionner, protéger les cellules et l'ADN des dommages pouvant conduire au cancer, réduire l'inflammation qui peut causer le cancer ou le faire croître, ralentir le taux de croissance de certaines cellules cancéreuses et participer à réguler les hormones (Gonzalez-Gallego *et al.*, 2010; Rengasamy *et al.*, 2021; Tableau 1). De nombreuses études ont également mis en évidence leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, antimicrobiennes, anticancéreuses et préventives contre les maladies chroniques (Choudhary et Sekhon, 2011 ; Ullah et Khan, 2008; Tableau 1). A titre d'exemple, les flavonoïdes et les caroténoïdes sont reconnus pour leurs activités antioxydantes et leur capacité à réduire les risques de maladies cardiovasculaires et certains cancers (Tungmunnithum *et al.*, 2018 ; Aune *et al.*, 2017). Cependant, la teneur en ces substances phytochimiques varie considérablement en fonction de facteurs environnementaux tels que la température, l'ensoleillement, la disponibilité en eau et en nutriments du sol (Ramakrishna et Ravishankar, 2011 ; Ncube *et al.*, 2018). Par exemple, un stress hydrique ou une exposition accrue aux UV peut augmenter la synthèse de certains composés phénoliques, tandis qu'un excès d'azote dans le sol peut la diminuer (Akula et Ravishankar, 2011 ; Odjugo et Mafu, 2021). Ces variations de la composition phytochimique influencent directement le potentiel nutritionnel et les activités biologiques des plantes (Hossain *et al.*, 2012).

Tableau 1. Quelques composés phytochimiques spécifiques, leurs avantages potentiels, apports alimentaires, ainsi que leurs biodisponibilités.

Molécule Phytochimique	Définition	Biodisponibilité dans les aliments	Apport alimentaire	Bienfaits possibles	Références
Composés phénoliques	Composés organiques caractérisés par des groupements hydroxyle liés à des cycles aromatiques.	Présents dans de nombreux fruits, légumes, thé, café.	1 g/j	Antioxydants, anti-inflammatoires, prévention des maladies cardiovasculaires.	Manach <i>et al.</i> (2004); Scalbert <i>et al.</i>, (2005)
-Flavonoïdes	Sous-groupe de composés phénoliques avec une structure de base de 15 atomes de carbone.	Thé, agrumes, baies, oignons.	200-1000 mg/jour	Réduction du risque de maladies cardiovasculaires, effets anti-inflammatoires et anticancéreux.	Hollman <i>et al.</i> (2010); Williamson <i>et al.</i> (2017)
-Acides phénoliques	Acides organiques contenant un groupe phénol.	Graines entières, café, fruits.	50-500 mg/jour.	Propriétés antioxydantes, protection contre le diabète et le cancer.	Landete (2012); Shahidi et Yeo (2018)
-Tannins	Polyphénols complexes qui se lient aux protéines.	Thé, vin, chocolat, baies.	< 100 mg/jour.	Propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, antimicrobiennes.	Serrano <i>et al.</i> (2009); Quideau <i>et al.</i> (2011)
-Anthocyanes	Pigments solubles dans l'eau responsables des couleurs rouges, bleues et violettes des plantes.	Baies, raisins, aubergines, choux rouges.	10-200 mg/jour.	Amélioration de la santé cardiovasculaire, antioxydants, anti-inflammatoires.	Kong <i>et al.</i>, 2003; Wallace, 2011
Alcaloïdes	Composés organiques basiques contenant des atomes d'azote.	Café, thé, cacao, pommes de terre.	Variable selon l'aliment et le type d'alcaloïde.	Effets stimulant, analgésique, antimalarique.	Wink et van Wyk (2008); Roberts et Wink (1998)
Caroténoïdes	Pigments liposolubles trouvés dans les plantes.	Carottes, tomates, épinards, patates douces.	à 6-15 mg/jour.	Amélioration de la vision, réduction du risque de certains cancers, santé de la peau.	Rao et Rao (2007) ; Maiani <i>et al.</i> (2009)

PARTIE I.**RAPPEL BIBLIOGRAPHIQUE**

Huiles essentielles	Extraits concentrés de composés aromatiques de plantes.	Herbes, épices, agrumes.	Variable selon l'utilisation (culinaire, thérapeutique).	Antimicrobiens, anti-inflammatoires, amélioration de l'humeur.	Burt (2004); Bakkali <i>et al.</i> (2008)
Saponines	Glycosides de stéroïdes ou de triterpènes avec propriétés moussantes.	Légumineuses, quinoa, épinards.	Variable selon la source alimentaire.	Réduction du cholestérol, stimulation du système immunitaire, anticancéreux.	Francis <i>et al.</i> (2002); Sparg <i>et al.</i> (2004)
Phytoestrogènes	Composés végétaux qui imitent l'œstrogène.	Soja, lin, graines de sésame.	1-3 mg/jour.	Réduction des symptômes de la ménopause, protection contre l'ostéoporose.	Cassidy <i>et al.</i> (2006); Setchell et Clerici, (2010)
Terpénoïdes	Large classe de composés organiques dérivés d'unités isoprène.	Agrumes, herbes, épices.	Variable selon l'aliment et le type de terpène.	Anti-inflammatoires, antimicrobiens, anticancéreux.	Thoppil et Bishayee (2011); Gershenzon et Dudareva (2007)
Vitamines	Composés organiques essentiels nécessaires en petites quantités pour le métabolisme.	Fruits, légumes, produits animaux.	Dépend de la vitamine spécifique (A, C, D, etc.).	Fonction immunitaire, santé des os, métabolisme énergétique.	Traber et Stevens (2011); Combs (2012)

I.3. Monographie des plantes étudiées

Dans la présente étude, la position systématique, la description botanique, la répartition géographique et habitats, l'utilisation traditionnelle, la composition phytochimique, la toxicité et les propriétés pharmaceutiques des trois espèces végétales Algériennes, à savoir *Limoniastrum guyonianum* Dur., *Retama raetam* (Forssk.) Webb et *Ruta chalepensis* (L.) ont été étudiés. La classification taxonomique de chaque espèce est présentée dans le tableau 1. Ces plantes médicinales sont reconnus depuis longtemps pour leurs propriétés curatives.

I.3.1. *Limoniastrum guyonianum* Dur.

I.3.1.1. Position systématique

La position systématique de cette plante est présentée dans le tableau 2.

Tableau 2. Position systématique de trois plantes médicinales étudiées (APG IV, 2016).

Espèce	<i>Limoniastrum guyonianum</i>	<i>Retama raetam</i>	<i>Ruta chalepensis</i>
Règne	Plantae	Plantae	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta	Tracheobionta	Tracheobionta
Embranchement	Magnoliophyta (Spermatophytes)	Magnoliophyta	Magnoliophyta
Sous-Embranchement	Magnoliopsida (Angiospermes)	Magnoliopsida	Magnoliopsida
Classe	Dicotylédones	Eudicots (Dicotyledones vraies)	Dicotylédones
Sous Classe	Rosidées	Rosidées	Rosidées
Ordre	<i>Plumbaginales</i>	<i>Fabales</i>	<i>Sapindales</i>
Famille	<i>Plumbaginaceae</i>	<i>Fabaceae</i>	<i>Rutaceae</i>
Sous-famille	-	<i>Faboidea</i>	Rutoideae
Genre	<i>Limoniastrum</i>	<i>Retama</i>	<i>Ruta</i>
Espèce	<i>Limoniastrum guyonianum</i> Dur.	<i>Retama raetam</i> (Forssk.) Webb	<i>Ruta chalepensis</i> L.

I.3.1.1.2. Synonymes et noms vernaculaires (Chaudhary, 2001 ; Al-Fatimi *et al.*, 2007)

Synonyme : *Statice guyoniana* Delile, *Statice mugodsharica* Balf.f, *Limoniastrum mugodsharicum* (Balf.f.) Lincz; *Helosciadum nodiflorur*; *Kandmania sicula* (L.) D C., *Brignolia pastinacaefolia* (Bert.)

Nom arabe/kabyle : الزيتة, زويتة, Hanet al-ibel, Shumlah, Zeita, Zita, Zeyyât, Zeytâ, Ziryyta, Zazenfela, Tirremtn

Nom français : *Statice guyon*

Nom anglais : Guyon's Sea-lavender

I.3.1.3. Description botanique, répartition géographique et habitats

C'est un arbuste vivace, buissonnant, halophyte, forme une touffe dense pouvant mesurer jusqu'à 60 cm de haut, à feuilles engainantes charnues, allongées et étroites, de couleur vert grise, coriaces et des tiges ramifiées portant de petites fleurs roses ou violacées en épillets entourés de trois bractées dont l'interne plus grande et enroulée en cornet (**Ozenda, 2004; Figure 1a**). C'est une halophyte, très répandu dans le terrain rocailleux du territoire de Biskra et que l'on trouve principalement dans les zones côtières et salines sèches et gypseuses sur des sols sableux et rocheux de la Méditerranée et l'Afrique nord-saharienne (**Quezel et Santa, 1962; Ozenda, 2004; El-Bana et al., 2010; Ferrer-Gallego et al., 2014**). Cette espèce est bien adapté au milieu désertique grâce à ses feuilles charnues notamment la transpiration et à son système racinaire profond lui permettant d'accéder à l'eau souterraine (**Hubayshi, 2015**). Elle est endémique de pays nord-africaines, commune dans le Sahara septentrional algérien et tunisien, surtout autour des grands chotts; qui atteint au Sud le Tademait et le Fezzan, manque dans le Sud marocain (**Ozenda, 2004**). Son aire de répartition naturelle peut également s'étendre au Yémen, en Arabie saoudite, aux Émirats arabes unis et à Oman (**Chaudhary, 2001; Joongbled, 2003**).

I.3.1.4. Utilisation traditionnelle et propriétés pharmaceutiques

En Algérie, *L. guyonianum* est utilisé dans la pharmacopée traditionnelle locale pour le traitement de plusieurs maladies, notamment le diabète, les piqûres de scorpion et de serpent, les maux de tête, la constipation, l'hypertension, les maladies rénales, l'anémie, comme antiseptique, les brûlures, les ulcères, la toux, la constipation, l'obésité, l'amygdalite et la grippe (**Hadjad et al., 2015; Lakhdari et al., 2016; Telli et al. 2016**). Ses parties aériennes sont employées en décoctions ou en poudres pour traiter divers troubles tels que les affections gastro-intestinales, les rhumatismes et les infections urinaires, notamment au Yémen, en Arabie saoudite et à Oman (**Miller et Cope, 1996; Al-Gifri et Mehameed, 2000; Rahman, 2004**). En Algérie, les racine s'emploie en fumigations et en décoction pour traiter les troubles gastro-intestinales (**Bellakhdar, 1997; Hadjad et al., 2015**). Dans les régions subsahariennes, la décoction des tiges, des feuilles et des galles est administrée par voie orale contre les diarrhées et la dysenterie infectieuse. les galles sont aussi utilisées, mélangées au henné, pour la coloration des cheveux. La plante est indiquée, en cataplasmes, dans les enflures, les plaies et les brûlures (**Bellakhdar, 1997**).

Des études récentes ont démontré les activités, *in vivo*, antioxydante, antimutagène, anti-tumorale et immunomodulatrice de l'extrait aqueux de galle de *L. guyonianum* (**Krifa et**

al., 2013a, 2014). Krifa *et al.* (2013b) ont illustrés également que le même extrait de plante récoltée en Tunisie induisait également l'apoptose dans les cellules cancéreuses du col de l'utérus via une régulation négative de l'UHRF1/DNMT1 liée à la réactivation de p16^{INK4A}. L'activité antioxydante de différentes fractions, de la phase acétate d'éthyle de l'extrait hydro-acétone, des parties aériennes ainsi que l'activité antibactérienne, contre cinq souches bactériennes, ont été également démontrées (Trabelsi *et al.*, 2013). Hadjadj *et al.* (2020) ont montré également l'activité antioxydante de l'extrait hydrométhanolique des parties aériennes récoltées en Algérie. L'effet antimicrobien contre certaines souches bactériennes et fongiques pathogènes a également été démontré *in vitro* par Al-Fatimi *et al.* (2005) et Amel *et al.* (2022). De plus, des tests *in vivo* ont suggéré des effets analgésiques et anti-inflammatoires prometteurs des extraits de *L. guyonianum* (Al-Musayeib *et al.* 2012; Al-Akhali *et al.* 2014).

I.3.1.5. Phytochimie de la plante

La phytochimie des parties aériennes *L. guyonianum* a été étudiée révélant la présence de diverses classes de composés principalement les composés phénoliques inclues les flavonoïdes (la quercétine, la lutéoline, l'apigénine et la kaempférol, la catéchine, l'epigallocatechine-3-*O*-gallate et le gallo-catéchine, la myricetine-3-*O*-rhamnosylglucoside, la myricetine-3-*O*-glucuronide, la myricetin-3-*O*- pentoside, la Quercetin-3-*O*-glucuronide, l'rriodictyol-7-*O*- rutinose) (Al-Fatimi *et al.* 2007; Shahat *et al.* 2008; Trabelsi *et al.*, 2013; Hadjadj *et al.* 2020), les acides phénoliques (acide caféique, acide chlorogénique, acide p-coumarique, acide gallique, acide sinapique, N-E-caffeoyl tyramine et Limoniastramide) (Al-Musayeib *et al.* 2012; Trabelsi *et al.*, 2013), les tannins (Trabelsi *et al.*, 2013; Hadjadj *et al.* 2020), les terpènes de type triterpènes pentacycliques (acide oléanolique, acide ursolique), stérols (β -sitostérol, stigmastérol), saponines (Al-Yahya *et al.* 2018; Al-Salahi *et al.* 2020), les huiles essentielles (Hammami *et al.*, 2011; Amel *et al.*, 2022), les alcaloïdes(Al-Gifri Et Mehameed , 2000; Ali *et al.* 2001).

I.3.1.6. Toxicité de la plante

La toxicité de la plante est connue par la population Marocaine (Bellakhdar, 2004). De plus, des essais *in vivo* ont révélé que l'administration d'extraits par voie orale à fortes doses induisait des signes de toxicité aiguë tels que des troubles gastro-intestinaux, une léthargie et une mortalité (Al- Musayeib *et al.*, 2014; Al-Salahi *et al.*, 2017). La présence d'alcaloïdes, comme la cytosine et la N-méthylcytosine, pourrait contribuer à cette toxicité, ces molécules sont révélés chez d'autres espèces de *Plombaginaceae* (Rizk *et al.*, 1986). Cependant, à doses modérées, les préparations issues du *L. guyonianum* semblent relativement sûres, mais une

consommation excessive ou prolongée pourrait présenter des dangers, en particulier pour les populations vulnérables (Al-Akhali *et al.* 2014; Mothana *et al.* 2019).

I.3.2. *Retama Raetam* (Forssk.) Webb

I.3.2.1. Position systématique

La classification adoptée de *R. Raetam* est celle de l'APG IV (2016) présentée dans le tableau 2.

I.3.2.2. Synonymes et noms vernaculaires (IUCN, 2005)

Synonyme	• : <i>Lygos raetam</i> (Forssk.), <i>Genista raetam</i> (Forssk.) Voss, <i>Lygos raetam</i> var. <i>raetam</i> , <i>Spartium raetam</i> (Forssk.) Spach,
Nom arabe/berbère	: الرتم , Artern, Retâm, Rtem, r'tam/ telit, telggit (nom berbère).
Nom français	: Genêt blanc, Retam blanc, Genêt d'Espagne
Nom anglais	: White broom, white weaver's broom, retem, white weeping broom
Nom Espagnol /Italien	: Retama/ Hiniesta blanca

I.3.2.3. Description botanique, répartition géographique et habitats

Le *Retama raetam* est un arbuste épineux de la famille des *Fabaceae* (légumineuses) originaire de la région méditerranéenne (Le Houérou, 1992; Jeanmonod et Schlittler, 2003). Cet arbuste saharien peut atteindre 2 à 6 mètres de haut, il se caractérise par ses rameaux verts, aphyllés et transformés en épines, ses feuilles réduites à de petites écailles, et ses fleurs blanches parfumées regroupées en grappes terminales (Quezel et Santa, 1962; Jeanmonod et Schlittler, 2003). Cette plante du désert contient des feuilles persistantes toute l'année et assimilatrices de tiges qui fleurit au printemps entre les mois d'Avril et Mai (Pavón *et al.*, 2003). Les plantes sont grises-vertes avec des branches fines et tombantes, les jeunes plants sont vaporeux, avec une seule tige et racine pivotante solide. Les feuilles, qui sont très petites (environ 6-7 mm de long), simples, sub-sessiles et étroites (seulement 1 mm de large) (Ickert-Bond *et al.*, 2020). la plante reste sans feuilles pendant la majeure partie de l'année. Les fleurs mesurent 8 à 10 millimètres (Pavón *et al.*, 2003). Elles sont longues, blanches et ressemblantes à un pois, elles apparaissant près de la tige en grappes de 3 à 15. La gousse glabre en forme de raisin (10-15 mm de diamètre) contient une ou deux graines en forme de rein, qui font environ 6,5 mm qui sont longues et peuvent être jaunes, vertes, marrons ou noirs. Le fruit est une gousse indéhiscente avec une graine de couleur foncée, 12-

15 millimètres longue et 7-10 millimètres large (**Figure 1b**). La floraison a lieu au printemps entre mars et May (**Edziri et al., 2012**).

Cette plante est originaire des sables maritimes de la région méditerranéenne et sur les sites sableux du Sahara et surtout la région l'Afrique du Nord comme l'Algérie, le Maroc, et la Tunisie, le Sahara occidentale, Égypte et la Libye, et certaines pays de moyen orient telle que Liban-Syrie, Palestine, Jordanie, Arabie saoudite, Sicile, Sinaï et Soudan (**Mechergui et al., 2017**). On peut le trouver également en Asie et dans certaines régions d'Espagne et du Portugal, bien adapté aux conditions arides et semi-arides (**Le Houérou, 1992**). Il colonise principalement les steppes, les zones désertiques, les oueds asséchés, les terrains sablonneux et rocheux, supportant les sols pauvres, salins et calcaires (**Qarro et al. , 2008**).

I.3.2.4. Utilisation traditionnelle et propriétés pharmaceutiques

Le *R. raetam* est une plante largement utilisée dans la médecine traditionnelle des régions arides et semi-arides. Ses parties aériennes (tiges, feuilles, fleurs) sont employées en décoction, infusion ou en poudre ou mélangé a d'autres plantes (**Saada et al., 2021**). Il peut être pris par voie orale ou utilisé à l'extérieur comme cataplasme pour traiter divers maladies telles que les troubles digestifs, les douleurs rhumatismales, la goutte, les troubles urinaires et les maladies de la peau (**Bouaziz et al., 2015; Eddouks et al., 2017**). Ses fleurs sont également consommées en infusion comme boisson rafraîchissante, tandis que ses rameaux verts servent de fourrage pour le bétail (**Le Houérou, 1980; Boulos, 1983**). Elle est utilisé comme abortive, anthelminthique, antiseptique, purgative, sédative et vulnéraire (**Hammouche-Mokrane et al., 2017; León-González et al., 2018; Figure 1b**). Les fleurs constituent une importante source de fourrage pour dromadaires, lorsqu'il est pris en excès, cela peut conduire à des problèmes urinaires dangereux. Lorsqu'il est consommé pendant la sécheresse, cela peut conduire à l'avortement et donne un goût amer du lait. La plante est précieuse, c'est une arbuste légumineux produisant du bon bois de chauffage. C'est aussi utilisé pour stabiliser les dunes de sable. En Algérie, les tiges et les feuilles sont broyées et mélangées avec du miel et administrées par voie orale comme émétique. La décoction de feuilles est donnée comme purgatif et anthelminthique. Les feuilles et les fleurs pulvérisées sont utilisées pour guérir les blessures de la circoncision et comme antiseptique pour les plaies, les éruptions cutanées et prurit. la plante est broyée soit dans du lait, soit beurre et utilisé aux mêmes fins. La décoction s'utilise en massage contre le prurit et la gale (humain et animal). Les racines sont utilisées en fumigation comme agent abortif.

Des études scientifiques ont permis de mettre en évidence plusieurs propriétés pharmaceutiques intéressantes du Genêt blanc, justifiant en partie ses utilisations traditionnelles: une activité antioxydante grâce à ses composés phénoliques, des effets anti-inflammatoires prometteurs de certains composés comme les flavonoïdes et les alcaloïdes (**Kadri et al., 2011**), un potentiel analgésique (**Arrat et al., 2018**), une activité diurétique et hypoglycémique, ainsi qu'une activité antimicrobienne contre diverses bactéries et champignons pathogènes (**Boukeloua et al., 2012**). Bien que ses usages traditionnels soient répandus, des recherches complémentaires sont nécessaires pour évaluer l'innocuité et l'efficacité clinique des préparations à base de *R. raetam*.

I.3.2.5. Phytochimie de la plante

Le *R. raetam* est une plante riche en divers composés chimiques ayant un intérêt pharmaceutique comme les flavonoïdes et des alcaloïdes quinolizidine (**Hammouche-Mokrane et al., 2017; Bendia et al., 2019; Touati et al., 2020**). Des études phytochimiques ont permis d'isoler et d'identifier plusieurs classes de composés présents dans ses différentes parties (**Harborne, 1998; Dewick, 2002**). Les extraits sont particulièrement riches en composés phénoliques, notamment des flavonoïdes comme la lutéoline, l'apigénine, la quercétine, des acides phénoliques tels que l'acide gallique et l'acide chlorogénique, ainsi que des tanins condensés (**Benavente-García et al., 2000; Boumerfeg et al., 2012; Abdallah et al. 2016; Bendia et al., 2019**). Plusieurs alcaloïdes de type quinolizidine ont également été identifiés, comme la cytosine, la N-méthylcytosine, l'anagyrine, la thermopsine et la (-) – spartéine (**El-Shazly et al., 2000; Touati et al., 2020**). Des terpènes, principalement des triterpènes pentacycliques comme l'acide oléanolique et l'acide ursolique, ainsi que des phytostérols comme le β -sitostérol, le campestérol et le stigmastérol, ont aussi été détectés (**Boubaker et al. 2016; Ghribi et al., 2015**). D'autres composés sont présents, tels que des dérivés d'acides gras, des glucides, des protéines et des minéraux (**Ghalem et Mohamed, 2008; Ksoury et al., 2012**). Cette composition phytochimique complexe pourrait expliquer les diverses propriétés pharmacologiques rapportées du *Retama raetam*, comme ses activités antioxydante, anti-inflammatoire, analgésique et antimicrobienne (**Khan et al., 2003; Benarba et al., 2013**).

I.3.1.2.6. Toxicité de la plante

Bien que le *R. raetam* soit largement utilisé dans la médecine traditionnelle, des études ont mis en évidence certains effets toxiques potentiels de cette plante. Cependant, ces effets toxiques dépendent fortement de la dose administrée et de la durée d'exposition (**Es-Saidi et**

al., 2022). À doses thérapeutiques modérées, les préparations à base de cette plante semblent relativement sûres, mais une consommation excessive ou prolongée pourrait engendrer des risques pour la santé, ou provoquer un avortement a conduit parfois à des empoisonnements et même à la mort (Arifi *et al.* 2022). De même, une infusion de feuilles et de fleurs peuvent aider à provoquer un avortement, c'est utilisé avec beaucoup de prudence car cela peut conduire à une intoxication (Bellakhdar *et al.*, 1991). Les fruits sont considérés comme toxiques et pensait provoquer des hallucinations (Eddouks *et al.*, 2017).

I.3.3. *Ruta chalepensis* L.

I.3.3.1. Position systématique

La hiérarchie taxonomique de *R. chalepensis* est indiquée dans le tableau 2

I.3.3.2. Synonymes et noms vernaculaires (Quezel et Santa, 1962; Bock, 2011; Botanica, 2017)

Synonyme	: <i>Ruta angustifolia</i> Pers., <i>R. bracteosa</i> DC., <i>R. chalepensis</i> subsp. Bracteosa, <i>R. macrophylla</i> Sol.
Nom arabe/berbère	: الفجلة /Fidjela, fidjel, aourmi(nom berbère).
Nom français	: Rue d'Alep, rue de Chalep, rue à bractées, rue d'Algérie.
Nom anglais	: Fringed Rue, Rue, ruda, Egyptian rue.
Nom Espagnol /Italien	: Ruda
Nom Italien	: Ruta d'Aleppo

I.3.3.3. Description botanique, répartition géographique et habitats

C'est une plante à fleurs jaunes avec un feuillage léger, glanduleux et très forte odeur fétide. Les tiges sont glabres, ligneuses à la base, atteignant 80 cm de haut. Les feuilles d'un vert jaunâtre, composées, découpées en folioles ovales émettant une forte odeur désagréable et qui ont un gout amer (Quezel et Santa, 1962; Tounsi *et al.*, 2011). Les glandes sébacées sont principalement présentes dans les feuilles et ont une forte odeur dissuasive (De Sa *et al.* 2000). Les fleurs sont petites de 5-6 mm à pétales jaunes, frangés de longs poils dressés ressemblant à des dents. Les fruits globuleux sont , avec 4-5 lobes aigus réunis et non étalés dont la floraison débute à la fin du printemps et se poursuit pratiquement jusqu'à la fin de l'été (Quézel et Santa, 1962; Figure 1c).

C'est une herbe spontanée ou cultivée à l'origine méditerranéenne largement répandue dans l'Afrique du nord et plus particulièrement en Algérie. On la retrouve également en

Europe du sud et dans les pays subtropicaux de manière générale. On la rencontre fréquemment pousser dans les régions tropicales et tempérées sur des terrains rocaillieux, talus secs et des forêts (Quezel et Santa, 1962; Polunin et Hulxey, 1971; Merghache *et al.*, 2009).

I.3.3.4. Utilisation traditionnelle et propriétés pharmaceutiques

Les espèces les plus répandues du genre *Ruta* sont *R. chalepensis* L., *R. graveolens* L. et *R. montana* L. *R. chalepensis* est l'une des plantes médicinales et aromatiques sauvages comestibles que l'on trouve couramment dans la zone méditerranéenne (Quezel et Santa, 1962). Elle, pour des usages à la fois culinaires et médicaux, est connue pour posséder diverses propriétés biologiques associées à ses extraits et huiles essentielles qui sont largement utilisées pour le traitement des maladies gastriques, troubles diurétiques, inflammatoires, rhumatismaux, et comme laxative, abortive, antihelminthique, anti-inflammatoire, antioxydante, hypoglycémique, emménagogue, spasmolytique et anticholinestérase, ainsi que antimicrobienne et antifongique (Ouerghemmi *et al.*, 2017; Bekkar *et al.*, 2021; Zohra *et al.*, 2021). Cette espèce est également utilisée pour traiter l'hypertension, l'hystérie, l'épilepsie, les vertiges, les coliques, les vers intestinaux, les empoisonnements, les intoxications, les maux de tête, l'anxiété, les maladies intestinales et hépatiques, la stérilité masculine, le vitiligo, les problèmes oculaires, les maladies de la peau (exéma), l'infection de l'œil et des oreilles, calculs rénaux, la migraine et antispasmodique (Bellakhdar, 1997; Said *et al.*, 2002; Iauk *et al.*, 2004; Benarba *et al.*, 2015; Terkmane *et al.*, 2017; Al-Ghamdi *et al.*, 2020). Une décoction des parties aériennes est employée comme analgésique, antipyrétiques, antirhumatisme et pour le traitement de l'arthrite, désordres menstruels et fièvre (Bellakhdar, 1997; Said *et al.*, 2002; Iauk *et al.*, 2004; Benarba *et al.*, 2015). L'infusion de feuilles utilisée pour le traitement des convulsions et autres troubles nerveux (Terkmane *et al.*, 2017; Loizzo *et al.*, 2018). La décoction des feuilles est utilisée pour faire baisser la fièvre (Ouerghemmi *et al.*, 2017). Les parties aériennes de cette espèce ont également des propriétés hypoglycémiantes, abortives, antirhumatisme, vermifuges, antiépileptiques, antipyrétiques (Bnouham *et al.*, 2002). Les feuilles et ses graines sont utilisées comme condiment en cuisine (référence). Cependant, les documents sur les bio-activités de *R. chalepensis* indiquent que l'extrait éthanolique des feuilles, collectées en Arabie Saoudite, et ses fractions ont une activité antioxydante et un effet antimicrobien contre *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* et *Candida albicans*. (Rached *et al.*, 2010 ; Al-Ghamdi *et al.*, 2020). Les extraits aqueux et

éthanoliques de *R. chalepensis* collectés en Algérie ont exercé une cytotoxicité contre les cellules leucémiques T et une bonne activité antioxydante (**Terkmane et al., 2017**). En outre, l'étude menée par Loizzo *et al.* (2018) sur les extraits aqueux et éthanoliques de cette espèce ont rapporté les activités antioxydantes et antidiabétiques. Les feuilles, la tige et la fleur de *R. chalepensis* collectées en Tunisie ont montré des propriétés antibactériennes marquées contre les souches pathogènes humaines (**Ouerghemmi et al., 2017**). Kacem *et al.* (2015) ont démontré que l'éthanol et les extraits d'acétate d'éthyle inhibaient la production de NO induite par le LPS dans les macrophages murins RAW 264.7. Les huiles essentielles extraites de feuilles fraîches de plantes sauvages et cultivées de cette espèce montrent une activité larvicide et répulsive contre le moustique tigre asiatique, *Aedes albopictus* Skuse (Diptera : Culicidae), actuellement le moustique le plus invasif au monde (**Conti et al., 1999**).

I.3.3.5. Phytochimie de la plante

Plusieurs études phytochimiques de la racine et des parties aériennes ont indiqué que *R. chalepensis* est riche en alcaloïdes (arborinine, graveoline, graveolinine, dictamine, pteleine, skimmianine, isogravacridonechlorine, maculosidine), furocoumarines, coumarines (chalepensisine), triterpènes, flavonoïdes, phénols, acides aminés et saponines (**Rached, 2009**).

L'analyse phytochimique de cet extrait végétal a révélé la présence des alcaloïdes, des flavonoïdes (quercétine, kaempférol isorhamnétine, rutine et hespéridine), des composés phénoliques (acide gallique, acide protocatéchique, acide chlorogénique, acide caféique, acide syringique, acide coumarique, acide férulique, acide cinapic), des acides aminés, des furocoumarines, des huiles essentielles et des saponines (**Bouabidi et al. 2015 ; Park et Lee 2015 ; Krayni et al. 2015 ; Bennaoum et al. 2017; Ouerghemmi et al., 2017; Terkmane et al., 2017; Loizzo et al. , 2018 ; Gali et al., 2020**).

I.3.3.6. Toxicité de la plante

A forte dose, Cette plante est réputée dangereuse, son emploi peut provoquer des gastro-entérites douloureuses, avec vertiges, tremblements et convulsions, fortes hémorragies utérines et abortives, une interruption de la gestation, et elle peut présenter un danger mortel (**Debelmas et Delaveau, 1983; Benarba et al. 2015**).

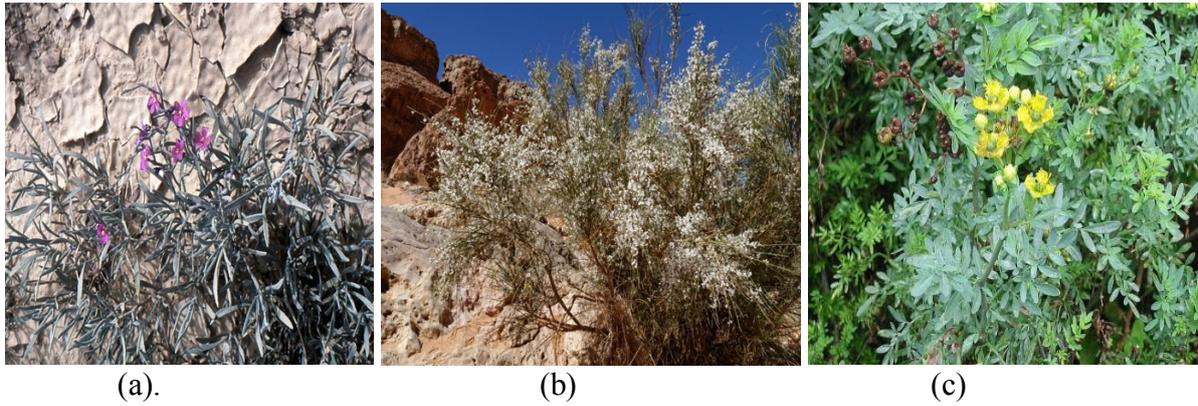


Figure 1. Photo de *L. guyonianum* (a), *R. raetem* (b) et *R. chalepensis* (c)

II. Enquête ethnobotanique

II.1. Définition

Une enquête ethnobotanique est une étude systématique visant à collecter des informations auprès des populations locales sur leurs connaissances et leurs utilisations traditionnelles des plantes (**Martin, 1995**). Elle consiste à recueillir, documenter et analyser les savoirs ethnobotaniques, c'est-à-dire les interactions entre les groupes humains et leur environnement végétal (**Cotton, 1996; Martin, 1995**). Ces enquêtes impliquent généralement des entretiens approfondis avec des informateurs clés tels que les guérisseurs traditionnels, les herboristes ou les anciens des communautés (**Martin, 1995**). Elles visent à répertorier les noms vernaculaires des plantes, leurs utilisations (alimentaire, médicinale, artisanale, etc.), les modes de préparation, les parties utilisées, ainsi que les croyances et les pratiques culturelles associées (**Alexiades, 1996 ; Höft et al., 1999**). Les enquêtes ethnobotaniques permettent de préserver les savoirs traditionnels en voie de disparition et peuvent contribuer à la découverte de nouvelles sources de médicaments, d'aliments ou d'autres produits naturels valorisables (**Balick et Cox, 1996 ; Heinrich et al., 2009**).

II.2. Intérêt de l'enquête ethnobotanique

Les enquêtes ethnobotaniques revêtent un intérêt capital pour diverses disciplines. Tout d'abord, elles permettent de préserver les savoirs traditionnels sur les plantes, qui constituent un patrimoine culturel immatériel en voie de disparition (**Zaman et Khan, 2017**). Ces connaissances accumulées au fil des générations représentent une source inestimable d'informations sur les utilisations médicinales, alimentaires et artisanales des végétaux (**Umair et al., 2017**). De plus, les enquêtes ethnobotaniques contribuent à la découverte de nouvelles sources de médicaments, d'aliments fonctionnels ou de produits naturels valorisables (**Bussmann et Sharon, 2006 ; Pawera et al., 2017**). Elles fournissent des pistes

prometteuses pour l'identification de molécules bioactives et le développement de nouveaux traitements (Saroya, 2011). Par ailleurs, ces études jouent un rôle important dans la conservation de la biodiversité végétale en documentant les usages locaux des plantes et en sensibilisant les populations à leur protection (Paï et Shukla, 2003 ; Hoffman et Gallaher, 2007). Enfin, les enquêtes ethnobotaniques offrent des perspectives interdisciplinaires en croisant plusieurs domaines comme l'anthropologie, la botanique, la pharmacologie et l'écologie (Martin, 2004).

II.3. Enquêtes ethnobotaniques en Algérie

Malgré sa grande superficie, la diversité climatique conduisant à la biodiversité et la présence de différents groupes ethniques aux traditions variées en matière de plantes médicinales, le nombre d'enquêtes ethnobotanique et ethno-pharmacologiques menées en Algérie est faible. Seuls trois enquêtes portés sur les connaissances locales des plantes médicinales utilisées par les thérapeutes traditionnels: Benarba, 2016 a identifié 83 espèces de plantes médicinales appartenant à 38 familles sont utilisées par les guérisseurs traditionnels du Sud-Ouest de l'Algérie (Bechar et Adrar) pour traiter plusieurs maladies (Les Lamiacées, les Astéracées, les Apiacées et les Fabacées étaient les familles les plus dominantes avec 13, 8, 6 et 4 espèces, respectivement); 167 espèces appartenant à 70 familles ont été enregistré par l'enquête effectué par Belhouala et Benarba (2021) dans le West, la Kabylie et le désert ; Senouci *et al.* (2019) ont révélé 70 espèces médicinales appartenant à 38 familles botaniques de Montagnes de montagne de Dahra. Une seule enquête mené par Belmouhoub *et al.* (2021) pour la prévention contre l'infection de SARS-CoV-2. L'enquête a révélé que 25 plantes médicinales appartenant à 17 familles ont été utilisées par la population de Bejaia, Bouira, and Boumerdes pour prévenir le SRAS-CoV-2. Quatre enquêtes portaient sur les traitements traditionnels du diabète: Telli *et al.* (2016) ont montrés 67 espèces végétales appartenant à 32 familles ont été mentionnées et utilisées pour préparer 130 formulations différentes dans la région de Ouargla; Bouzabata (2013) a identifié 59 espèces de plantes traditionnellement utilisées pour traiter le diabète dans le nord-est de l'Algérie (district de Souk Ahras) ; Azzi *et al.* (2012) ont identifié 60 espèces dans le sud-ouest et Allali *et al.* (2008) ont détectés 58 espèces dans la région de Tlemcen (région nord-ouest). Cependant, une seule étude ethnobotanique effectuée au niveau de la wilaya de Mostaganem a été réalisée par Benaiche *et al.* (2020). Au Maroc, un pays voisin, de nombreuses enquêtes ethnobotaniques ont été réalisées dans différentes zones afin de décrire la pharmacopée locale (Bellakhdar *et al.*, 1991; Sijelmassi, 1993; Merzouki *et al.*, 2000; El-Hilaly *et al.*, 2003; Azaizeh *et al.*, 2003;

Benkhniq *et al.*, 2011; **Abouri** *et al.*, 2012; **Jamila et Mostafa**, 2014; **Daoudi** *et al.*, 2016) et pour déterminer la phytothérapie traditionnelle du diabète (**Ziyyat** *et al.*, 1997, **Jouad** *et al.*, 2001, **Bnouham** *et al.*, 2002, **Eddouks** *et al.*, 2002 ; **Bouyahya** *et al.*, 2021).

III. Propriétés biologiques des phytoconstituants à base des plantes médicinales

Ces dernières années, des nombreuses études scientifiques sur les activités biologiques des composés phytochimiques se sont augmentées à mesure que la recherche de nouveaux composés a attiré l'attention sur la compréhension de leurs bio-activité et leurs effets sur la santé. À cette fin, un certain nombre d'approches méthodologiques ont été utilisées. Aux premiers stades, des études *in vitro* et *in vivo* sont utilisées pour tenter de comprendre les mécanismes d'action avant les études sur les effets à long terme. L'identification des composés bioactifs des plantes et l'établissement de leurs effets sur la santé sont une priorité car il existe des perspectives passionnantes selon lesquelles des composants bénéfiques sélectionnés réduiront le risque de nombreuses maladies telles que les maladies cardiovasculaires et le cancer.

III.1. Oxydants et propriétés antioxydantes

L'activité antioxydante fait référence à la capacité de neutraliser ou d'inhiber les dommages causés par des espèces réactives de l'oxygène (ERO) et d'autres espèces azotiques ou non radicalaires (**Apak** *et al.*, 2022; **Tableau3**). Ces molécules hautement réactives, générées par divers processus métaboliques et facteurs environnementaux, peuvent endommager les cellules et les tissus, contribuant ainsi au développement de nombreuses maladies chroniques telles que le cancer, les maladies cardiovasculaires et les troubles neurodégénératifs (**Leyane** *et al.*, 2022; **Teleanu** *et al.*, 2022).

III.1.1. Radicaux libres et espèces réactives non radicalaires

Les radicaux libres (RL) sont des molécules ou des atomes qui possèdent un ou plusieurs électrons non appariés sur leur couche externe (**Tvrđá et Benko**, 2020). Ce sont des espèces chimiques, capables d'existence indépendante, qui peuvent être formées par la perte ou le gain d'électrons à partir d'un composé non radicalaire (**Chen** *et al.*, 2024). Ils sont instables, très réactives, et possèdent un temps de demie vie extrêmement court (10^{-9} - 10^{-6} S) (**Di Meo et Venditti**, 2020). ils peuvent être d'origine exogène (oxydants exogènes) tels que la fumée de cigarettes, l'irradiations (rayons X et lumière UV), polluants de l'air (N, NO₂), solvants organiques, anesthésiques, pesticides, drogues et xénobiotiques (**Martemucci et al.**, 2022; **Tableau 3**). Lorsqu'ils sont d'origine endogène (métabolisme cellulaire), ils sont produits à l'état physiologique, en majorité, au niveau des chaînes respiratoires

mitochondriales des cellules des organismes aérobies d'où le nom de radicaux libres oxygénés (RLO) ou espèces réactives de l'oxygène (ERO) (**Bešlo *et al.*, 2023**). Les RL les plus courants et les plus importants, liés de biologie, sont des radicaux focalisés sur l'oxygène, appelés les espèces réactives de l'oxygène et d'autres focalisés sur l'azote, appelées espèces réactives de l'azote (ERA). Les ERO et les ERA peuvent être classés en deux groupes de composés dites des radicaux libres et des espèces non radicalaires (ENR) (**Tvrđá et Benko, 2020; Martemucci *et al.*, 2022; Tableau 3**). Ces Radicaux sont capables d'entraîner des modifications chimiques altérant gravement les structures protéiques, lipidiques, glucidiques, ainsi que les nucléotides (**Lushchak *et al.*, 2021**). L'attaque de ces deniers peut conduire à des mutations cellulaires carcinogéniques (**Martemucci *et al.*, 2022**). Ils sont également impliqués dans de nombreuses maladies et dans la plupart des processus cellulaires associés à une inflammation et dans les processus de vieillissement (**Leyane *et al.*, 2022; Mustafa, 2023**). Le cancer et l'athérosclérose font partie des nombreuses maladies associées aux RL parmi lesquelles on peut citer également l'hypertension artérielle essentielle, la maladie d'Alzheimer, la déficience immunitaire du sujet âgé, la cataracte, etc (**Khot *et al.*, 2018; Engwa *et al.*, 2022; Martemucci *et al.*, 2022**).

Tableau 3. Différents types et caractéristiques des espèces réactives (Martemucci *et al.*, 2022).

Espèces radicalaires		Caractéristiques
Anion superoxyde	$O_2^{\cdot-}$	Radical peu réactif, mais toxique, oxyde les catécholamines, peut former HO^{\cdot}
Radical alcoxyle	RO^{\cdot}	Les radicaux alcoxyle et peroxyde sont des produits de peroxydation lipidiques suite à la décomposition de lipoperoxydes (ROOH) par UV et/ou chaleur en présence d'ions de métaux de transition.
Radical peroxyde	ROO^{\cdot}	
Radical hydroxyle	OH^{\cdot}	Très réactif, peu diffusible, initiateur principal de la lipoperoxydation altère les protéines et l'ADN.
Monoxyde d'azote (Oxyde nitrique)	NO^{\cdot}	il peut être considéré comme un piègeur des RL car il interagit avec l'hydroxyle, le peroxyde ou des radicaux thiyle conduisant à la génération d'acide nitrique, nitrosoperoxyde, ou nitrosothiol, respectivement. Cependant, à des concentrations élevées, il peut être conduit aux choc septique, inflammation chronique, risque accru d'oncogenèse, rejet de greffe, asthme, épilepsie et maladies neurodégénératives.
Nitrogen dioxyde (NO_2	Il est formé par la réaction du radical peroxyde et du NO dans un milieu pollué et par la fumée. il peut affecter les mécanismes des antioxydants, provoquant l'oxydation de l'acide ascorbique, ce qui entraîne une peroxydation lipidique et une production de radicaux libres.
Espèces non radicalaires		
Acide hypochloreux	$HOCl$	C'est une ERO puissante impliquée dans l'oxydation et procédés de chloration. Il peut traverser les membranes, endommageant les protéines membranaires et les lipides ainsi que des biomolécules intracellulaires. Il a la capacité à oxyder les thiols, l'urate et l'ascorbate.
Oxygène singulet	1O_2	Non radical, très réactif, peut initier LIPOX
Peroxyde d'hydrogène	H_2O_2	Non radical, stable, faiblement toxique, diffusible, antiseptique, peut former HO^{\cdot} .
Peroxyde organique	$ROOH$	Il décompose, en radicaux alcoxydes et peroxydes par la chaleur, ou un rayonnement ou par une réaction avec la présence des ions de métaux de transition
Peroxynitrite (oxoperoxonitrate)	$ONOO^{\cdot}$	C'est un dérivé plus toxique qui peut oxyder les résidus de lipides, de méthionine et de tyrosine dans les protéines et l'ADN pour former la nitroguanine.
Ozone	O_3	C'est un puissant oxydant qui peut être formé par l'oxydation de l'eau, qui joue un rôle important dans l'inflammation.

III.1.2. Définition des antioxydants

Une molécule antioxydante est une molécule qui peut ralentir ou empêcher l'oxydation d'autres molécules. Dans le processus chimique d'oxydation, les électrons sont déplacés

d'une substance vers un agent oxydant (Halliwell, 2007). Les activités d'oxydation génèrent des radicaux libres, qui déclenchent une cascade d'événements nocifs pour les cellules. Les antioxydants peuvent agir comme des piègeurs de radicaux libres, aidant à éliminer les radicaux libres dangereux et leurs sous-produits tout en inhibant d'autres réactions d'oxydation en étant oxydés. Plusieurs facteurs, dont certains influencent l'efficacité des antioxydants. Les antioxydants tels que les thiols ou les polyphénols sont donc couramment utilisés comme agents réducteurs (Uttara *et al.*, 2009). Les antioxydants peuvent être endogènes ou exogènes. Les antioxydants endogènes peuvent être des enzymes, telles que la superoxyde dismutase (SOD), la catalase (CAT), la glutathion peroxydase (GPx) et la glutathion réductase (GRx), ou des molécules non-enzymatiques dites des antioxydants métaboliques, tels que l'acide lipoïque, le glutathion, la L-arginine, l'acide urique, la bilirubine et des nutriments antioxydants. Certains nutriments antioxydants exogènes ne peuvent pas être produits par l'organisme et doivent être obtenus à partir d'alimentation, ils comprennent la vitamine E, la vitamine C, les oligo-éléments (Se, Cu, Zn, Mn) et des composés phytochimiques tels que les isoflavones, les polyphénols, les huiles essentielles et les flavonoïdes. Les antioxydants endogènes et exogènes sont des piègeurs efficaces des radicaux libres; en donnant des électrons aux ROS, ils neutralisent les effets négatifs de ces dernières, réduisant le stress oxydatif et l'oxydation des molécules cellulaires. L'interaction active des antioxydants endogènes et exogènes a également été démontrée. En effet, la vitamine E administrée par voie orale chez l'homme induit une augmentation significative des taux de glutathion dans les globules rouges. Ces résultats peuvent s'expliquer par une augmentation de la synthèse du glutathion par stimulation de l'activité de la glutathion synthétase (Halliwell, 2007; Uttara *et al.*, 2009).

III.1.3. Activité antioxydante des composés phénoliques

Les composés phénoliques constituent un large groupe de substances chimiques, avec des structures chimiques diverses et des activités biologiques différentes, englobant plus de 8 000 composés différents et qui constituent une partie importante de l'alimentation humaine et animale (Quideau *et al.*, 2011). Ils sont des composants importants dans le mécanisme de signalisation et de défense des plantes. Ces composés combattent le stress provoqué par les organismes pathogènes et les prédateurs. La fonction de ces composés dans les plantes est diverse. On les trouve comme précurseurs de composés plus complexes ou intervenant dans les processus de régulation et de contrôle de la croissance des plantes, ainsi que comme milieu défensif des plantes. Les composés phénoliques ont la capacité d'agir comme donneurs

d'hydrogène ou de chélater des ions métalliques tels que le fer et le cuivre, en inhibant l'oxydation des lipoprotéines de basse densité (LDL). Ces caractéristiques des composés phénoliques sont associées à une diminution des risques de maladies neurodégénératives, telles que les maladies cardiovasculaires, les cancers gastro-intestinaux, le côlon, les cancers du sein et des ovaires et la leucémie . ils ont également une activité vasorelaxante et anti-allergénique (Manach *et al.*, 2004; Scalbert *et al.*, 2005; Hollman *et al.* 2010; Williamson *et al.*, 2017; Domínguez-López *et al.*, 2024). Ils inhibent également *in vitro* l'oxydation des LDL. Les polyphénols sont les antioxydants les plus abondants dans l'alimentation humaine présents dans les fruits et légumes, le café, le thé, les plantes médicinales et les céréales (Williamson *et al.*, 2017). Ces composés réduisent ou inhibent les radicaux libres par transfert d'un atome d'hydrogène depuis son groupe hydroxyle (Luo *et al.*, 2021). Le mécanisme de réaction d'un composé phénolique avec un radical peroxyde (ROO') implique un transfert concerté du cation hydrogène du phénol au radical, formant un état de transition d'une liaison H-O avec un électron. La capacité antioxydante des composés phénoliques est fortement réduite lorsque le milieu réactionnel est constitué d'un solvant sujet à la formation de liaisons hydrogène avec les composés phénoliques. Par exemple, les alcools ont un double effet sur la vitesse de réaction entre le phénol et le radical peroxyde (Kim *et al.*, 2014). D'une part, les alcools agissent comme accepteurs de liaisons hydrogène. En revanche, ils favorisent l'ionisation des phénols en anions phénoxes, qui peuvent réagir rapidement avec les radicaux peroxydes, par transfert d'électrons. Cela nous donne sans aucun doute une indication que les composés phénoliques peuvent souffrir à la fois de HAT et de SET et que cela dépend principalement de la structure chimique des composés phénoliques. La méthode basée sur le réactif Folin-Ciocalteu est couramment utilisée pour déterminer et quantifier les phénols totaux. Cette méthode évalue la capacité des phénols à réagir avec des agents oxydants. Le réactif de Folin-Ciocalteu contient du molybdate de sodium et du tungstate, qui réagissent avec tout type de phénol. Le transfert d'électrons à pH basique réduit le molybdate de sodium et le tungstate dans les oxydes de tungstène (WO) et de molybdène (Mo₂O), qui ont une couleur bleu vif en solution. Cette intensité de couleur est proportionnelle au nombre de groupes hydroxyles de la molécule (Luo *et al.*, 2021).

III.1.4. Méthodes d'évaluation des propriétés antioxydantes et mécanisme d'action

Selon l'hypothèse radicale de la physiologie humaine, les radicaux libres actifs sont impliqués dans presque tous les processus de dégradation cellulaire entraînant la mort cellulaire. On pense que le stress oxydatif joue un rôle dans un certain nombre de maladies

chroniques et dégénératives, notamment le cancer, les maladies auto-immunes, le vieillissement, la cataracte, la polyarthrite rhumatoïde, les maladies cardiovasculaires et les troubles neurologiques (**Lobo et al., 2010**). Dans la majorité des plantes analysées, plusieurs études ont associé les composants phénoliques à un degré significatif de bio-activité antioxydante. Les antioxydants peuvent agir de différentes manières pour contrecarrer les effets néfastes des ERO et des radicaux libres. Ils peuvent directement éliminer ces molécules réactives en les neutralisant, en les piégeant ou en les réduisant. Ils peuvent également inhiber leur formation en chélatant les métaux de transition impliqués dans leur production (**Halliwell, 2007**). En outre, les antioxydants peuvent améliorer les systèmes de défense antioxydants endogènes de l'organisme en régulant l'expression des enzymes antioxydantes ou en activant les voies de signalisation impliquées dans la réponse au stress oxydatif (**Casas-Grajales et Muriel, 2017**). L'activité antioxydante est souvent évaluée in vitro à l'aide de différentes méthodes dont le mécanisme d'action est de piéger des radicaux libres, de réduire des ions métalliques, ou encore d'inhiber la peroxydation lipidiques (**Apak, 2016**). Cependant, ces essais ne reflètent pas nécessairement l'activité antioxydante in vivo, où interviennent des processus complexes tels que l'absorption, la distribution, le métabolisme et l'excrétion des antioxydants (**Niki, 2010**). De nombreuses sources naturelles, comme les fruits, les légumes, les épices et les plantes médicinales, sont riches en composés antioxydants, notamment les vitamines C et E, les caroténoïdes, les polyphénols et les composés organosoufrés (**Carocho et Ferreira, 2013**). Les antioxydants peuvent agir de différentes manières soit par le piégeage des radicaux libres, ou par la chélation des métaux impliqués dans la production de radicaux libres, ou encore par l'inhibition de certaines enzymes responsables de leur formation (**Sisein et al., 2015; Aziz et al., 2019**). Les essais antioxydants sont totalement classifiés selon leur mécanisme d'action en deux grandes catégories, représentés par les méthodes montrés dans le tableau (**Rumpf et al., 2023; Tableau 4**):

- ✓ Des désactivateurs (quencher) de l'oxygène singulet (*single-electron transfert*; SET),
- ✓ Des donneurs d'hydrogène (*hydrogen-atom transfert*; HAT).

Tableau 4. Caractéristiques de quelques tests d'antioxydants utilisés dans cette étude (**Rumpf et al., 2023**)

	ABTS	DPPH	FRAP	FC
Principe de la méthode	Réaction avec un radical cation	Réaction avec un radical	Réaction avec le complexe Fe (III)	Réaction avec le complexe Mo (VI)
Mécanisme d'action	Mode mixte: Désactivateurs (quencher) de l'oxygène singulet (SET) et donneurs d'hydrogène (HAT)	SET et HAT	SET	SET
Détermination du produit final	Colorimétrie (décoloration) à 734 nm	Colorimétrie (décoloration) à 517 nm	Colorimétrie (formation de couleur) à 690 nm	Colorimétrie (formation de couleur) à 765 nm
pH de travail	3-9	5-9	3.6	≈ 10
Polarité d'antioxydant	Hydrophile et lipophile	Hydrophobe (uniquement solvants organiques)	Hydrophile (uniquement en solution aqueuse)	Hydrophile

III.2. Propriétés antimicrobiennes et phytoconstituants bioactives

III.2.1. Définition de propriété antimicrobienne

C'est un mécanisme clé pour lutter contre les pathogènes. L'activité antimicrobienne fait référence à la capacité d'une substance à inhiber ou détruire les micro-organismes tels que les bactéries, les virus, les champignons et les protozoaires (**Gould, 2009**). Cette propriété est cruciale dans nombreux domaines, notamment la médecine, l'agroalimentaire et l'industrie, pour lutter contre les infections et préserver la sécurité sanitaire.

III.2.2. Mécanismes d'action des agents antimicrobiens

Les agents antimicrobiens peuvent cibler différents aspects vitaux des micro-organismes pour exercer leur activité. Parmi les principaux mécanismes, on retrouve:

- Perturbation de la membrane cellulaire dont Certains composés, comme les peptides antimicrobiens, peuvent déstabiliser l'intégrité de la membrane plasmique, entraînant une fuite des composants cellulaires essentiels (**Ghosh et al., 2019**).
- Inhibition de la synthèse de la paroi cellulaire, à titre d'exemple, les bêta-lactames, tels que les pénicillines, inhibent la synthèse du peptidoglycane, compromettant la structure de la paroi bactérienne (**Typas et al., 2012**).

- Interférence avec la réplication de l'ADN/ARN, par exemple, les quinolones bloquent l'activité des enzymes impliquées dans la réplication de l'ADN bactérien (**Aldred *et al.*, 2014**).

III.2.3. Évaluation de l'activité antimicrobienne

Plusieurs méthodes sont utilisées pour déterminer l'activité antimicrobienne d'un composé bioactif (**Tableau 5**):

Tableau 5. Méthodes utilisées pour l'activité antimicrobienne

Méthode	Principe	Référence
Méthode de diffusion sur disque	Le composé est déposé sur un disque de papier filtre placé sur une gélose inoculée avec le micro-organisme cible. La zone d'inhibition de croissance autour du disque indique l'activité antimicrobienne	Balouiri <i>et al.</i> (2016)
Méthodes de dilution ou microdilution	Le composé est dilué en série, et chaque dilution est mise en contact avec le micro-organisme cible. La concentration minimale inhibitrice (CMI) ou la concentration minimale bactéricide (CMB) est alors déterminée	Wiegand <i>et al.</i> (2008)
Méthode de courbes de mort	Le suivi de la viabilité des micro-organismes au fil du temps, après exposition au composé, permet d'évaluer son activité antimicrobienne cinétique	De Padua <i>et al.</i> (2019)

III.2.4. Plantes médicinales et la lutte contre la résistance aux antibiotiques

La résistance aux antibiotiques est un problème majeur de santé publique à l'échelle mondiale. L'utilisation excessive et inappropriée des antibiotiques, à la fois chez l'être humain et les animaux, a conduit à l'émergence de souches bactériennes résistantes, ce qui rend le traitement par des antibiotiques est moins efficaces. Face à cette menace, la recherche de nouvelles alternatives thérapeutiques est devenue cruciale, et les plantes médicinales représentent une piste prometteuse. Elles sont depuis longtemps utilisées dans la médecine traditionnelle pour traiter diverses maladies, y compris les infections bactériennes. Elles sont riches en composés bioactifs, tels que les alcaloïdes, les terpènes, les flavonoïdes et les tanins, qui possèdent des propriétés antimicrobiennes (**Cowan, 1999**). Ces composés peuvent agir de différentes manières, notamment en perturbant la membrane cellulaire des bactéries, en

inhibant la synthèse des protéines ou en interférant avec les processus métaboliques essentiels (Savoia, 2012). De nombreuses études ont mis en évidence l'activité antibactérienne de diverses plantes médicinales contre des souches bactériennes résistantes aux antibiotiques. Par exemple, l'huile essentielle de l'arbre à thé (*Melaleuca alternifolia*) s'est révélée efficace contre des souches de *Staphylococcus aureus* résistantes à la méthicilline (SARM) (Halcón et Milkus, 2004). De même, des extraits de curcuma (*Curcuma longa*) ont montré une activité inhibitrice contre des souches d'*Escherichia coli* résistantes aux antibiotiques (Marathe et al., 2020). Outre leur activité antibactérienne directe, certaines plantes médicinales peuvent également contribuer à lutter contre la résistance aux antibiotiques en potentialisant l'efficacité des antibiotiques existants. C'est le cas, par exemple, de l'extrait de grenade (*Punica granatum*), qui a été montré pour augmenter la sensibilité de certaines souches bactériennes résistantes aux antibiotiques (Brochado et al., 2021). Cependant, il est important de noter que la plupart des études sur les plantes médicinales ont été menées *in vitro* ou sur des modèles animaux, et que des essais cliniques supplémentaires sont nécessaires pour évaluer leur sécurité et leur efficacité chez l'homme. De plus, la standardisation des préparations à base de plantes et la caractérisation complète de leurs composés actifs représentent des défis à relever avant leur utilisation généralisée. Les plantes médicinales constituent une source précieuse de composés bioactifs pouvant contribuer à la lutte contre la résistance aux antibiotiques. Bien que des recherches supplémentaires soient nécessaires, l'exploration de ces ressources naturelles pourrait ouvrir la voie à de nouvelles stratégies thérapeutiques pour combattre les infections bactériennes résistantes.

MATÉRIELS
ET
METHODES

I. Matériel végétal et enquête ethnobotanique

Ce travail porte d'une part sur une enquête ethnobotanique réalisée au niveau de la Wilaya de Mostaganem sur trois plantes médicinales Algériennes et d'autre part, un screening phytochimique par des tests colorimétriques, un dosage spectrophotométrique des polyphénols totaux et des flavonoïdes totaux et une étude biologique par une évaluation *in vitro* de l'activité antioxydante et l'activité antimicrobienne ont été établies pour des extraits aqueux décoctés bruts de:

- *R. chalepensis* récolté de deux régions différentes à savoir: Mostaganem et Aïn Sefra,
- *R. raetem* récolté de deux régions différentes à savoir: Mostaganem et Ghardaïa.
- *L. guyonianum*, deux parties végétales différentes étudiées, prélevé d'El-Bayadh.

Notre étude expérimentale a été réalisée au sein du laboratoire de Physiologie Animale, Département de Sciences agronomiques, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Université Abd El Hamid Ibn badis-Mostaganem.

I.1. Enquête ethnobotanique

I.1.1. Population, localité et période de l'enquête

L'enquête ethnobotanique représente une approche pertinente pour appréhender, dans une région donnée, les différents usages ainsi que les perceptions socioculturelles et économiques des ressources végétales par les populations locales ou praticiens traditionnels pour s'enquérir de leur méthode de traitement de diverses maladies. Les facteurs influençant les modes d'utilisation et la valeur attribuée aux ressources végétales par les communautés font encore l'objet de discussions dans la littérature scientifique. En effet, les formes d'exploitation pourraient varier en fonction des ressources exploitées, de la région géographique, du genre, du sexe et des groupes ethniques considérés (**Agbogidi, 2010**). Cette enquête est indispensable car elle nous permet de nous orienter afin de cibler certains tests biologiques.

Dans le but d'étudier les usages et perceptions locales des ressources végétales médicinales, une enquête ethnobotanique a été menée auprès de la population de la région de Mostaganem (**Figure 2, Tableau 1**). Cette étude ethnobotanique menée sur une période de 5 mois entre le mois de Janvier et le mois de Mai 2024 à travers la Wilaya de Mostaganem. Le nombre des personnes interrogés est de 42 personnes d'un âge moyen de 38,24 ans, y compris les habitants, de la ville et de villages, et les praticiens traditionnels, répartis entre les hommes et les femmes, et issues de différents niveaux d'éducation (**Tableau 6**).

L'outil de cette étude faisait suite à une série des questions spécifiques sur les trois plantes médicinales menées dans ce travail et qui sont utilisées par les habitants de cette région à l'aide d'un questionnaire ([Annexe 2](#)). Le questionnaire contient à la fois des questions sur le profil d'interrogateur ainsi que des informations sur les trois plantes médicinales Algériennes à savoir *L. guyonianum*, *R. raetem* et *R. chalepensis* (tableau). On a également interrogé pour la collecte des données un ensemble de 8 informateurs thérapeutes traditionnels, tous expérimentés, réputés dans la région d'étude qui pratiquent la médecine traditionnelle en utilisant couramment ces trois plantes médicinales pour les soins primaires dans cette wilaya ([Annexe 3](#)).

Tableau 6. Caractéristiques générales de population étudiée.

Population	Effectif (n)	Age
Praticiens traditionnels	10	30-50
Habitants	32	3-68
Total	42	

I.1.2. Méthodologie de l'enquête

Afin d'obtenir des informations pertinentes, fiables et cruciales, nous avons ciblés certains groupes parmi la population, notamment les résidents locaux dans leur ensemble ainsi que les herboristes traditionnels. Le but de notre investigation ethnobotanique était d'identifier les différentes utilisations médicinales traditionnelles des trois plantes médicinales, et de documenter la connaissance médicinale traditionnelle liée à l'utilisation de ces plantes de la Wilaya de Mostaganem. Les résultats donneront un aperçu général sur le pouvoir curatif de ces plantes selon les thérapeutes traditionnels et les habitants dans cette localité. Un ensemble de questions, réparties en quatre catégories, à savoir : 1. profil sociodémographique de l'herboriste ou des habitants (genre, âge, niveau d'instruction, origine de l'information ethnobotanique); 2. dénomination de la plante (noms vernaculaires en arabe ou en kabyle) ; 3. usages médicaux de la plante (parties utilisées, modes d'utilisation, modes d'administration, indications thérapeutiques et maladies traitées, toxicité et précautions d'emploi), et 4. autres usages de ces plantes médicinales (alimentaire, fourrager, vétérinaire, artisanal). Le questionnaire contient donc des questions principalement sur les trois plantes permettant d'évaluer la connaissance de chaque plante, son utilisation, sa partie utilisée, la prescription, le mode de préparation, la durée de traitement et ces effets secondaires.

II. Caractérisation phytochimique et biologiques de différentes plantes

II.1. Matériel végétal, récolte et extraction

II.1.1. Récolte du matériel végétal

Les espèces sélectionnées ont été récoltées dans la même période en Mars 2024, dans quatre régions différentes d'Algérie, à savoir Aïn Sefra, El-Bayadh, Ghardaïa et Mostaganem (**Figure 2; Tableau 7**), et elles sont botaniquement authentifiées par les botanistes du laboratoire de botanique au niveau de département de Biologie (Université Oran 1).

Les parties aériennes de *R. Chalepensis* (*Rutaceae*; feuilles et tiges) et *R. raetam* (*Fabaceae*; feuilles, fleurs et tiges) sont recueillies dans trois régions différentes d'Algérie (Aïn Sefra, Ghardaïa et Mostaganem). Tandis que, les parties aériennes (feuilles, fleurs et tiges) et les racines de *L. guyonianum* (*Plumbaginaceae*) sont prélevées dans la région d' El-Bayadh. Les parties végétales choisies pour cette étude sont les parties aériennes (feuilles, tiges et /ou fleurs) et les racines qui ont été séchées dans une étuve à 35°C pendant 48h. Puis, elles sont finement broyées pour obtenir une poudre fine, qui a servi pour la préparation des extraits aqueux de chaque organe de plante étudiée (**Figure 3**).

Tableau 7. Espèce végétale, partie utilisée, station de récolte, paramètres géographiques et bioclimatiques des stations d'étude (earth.google.com).

Espèce végétale	Partie utilisée	Station (Région de récolte)	Latitude, longitude et altitude	Étage bioclimatique
<i>L. guyonianum</i>	-Parties aériennes (feuilles et tiges)	-El-Bayadh	-33°41'07"N -1°01'49"E	-Aride à hivers froids et frais
	-Racines		-1952 m	
<i>R. raetam</i>	Parties aériennes (feuilles, fleurs et tiges)	-Mostaganem	-35°57'30"N -0°06'42"E -(-)62 m	-Semi-aride (subhumide) supérieur à hiver doux
		-Ghardaïa	-37°04'49"N -7°49'01"E -340 m	-Désertique (Saharien; hyper-aride) à hivers doux
<i>R. chalepensis</i>	Parties aériennes (feuilles, tiges)	-Mostaganem	-35°57'30"N -0°06'42"E -(-)62 m	-Semi-aride (subhumide) supérieur à hiver doux
		-Aïn Sefra	-32°46'04"N -0°34'36"W -1578 m	-Aride à hivers frais

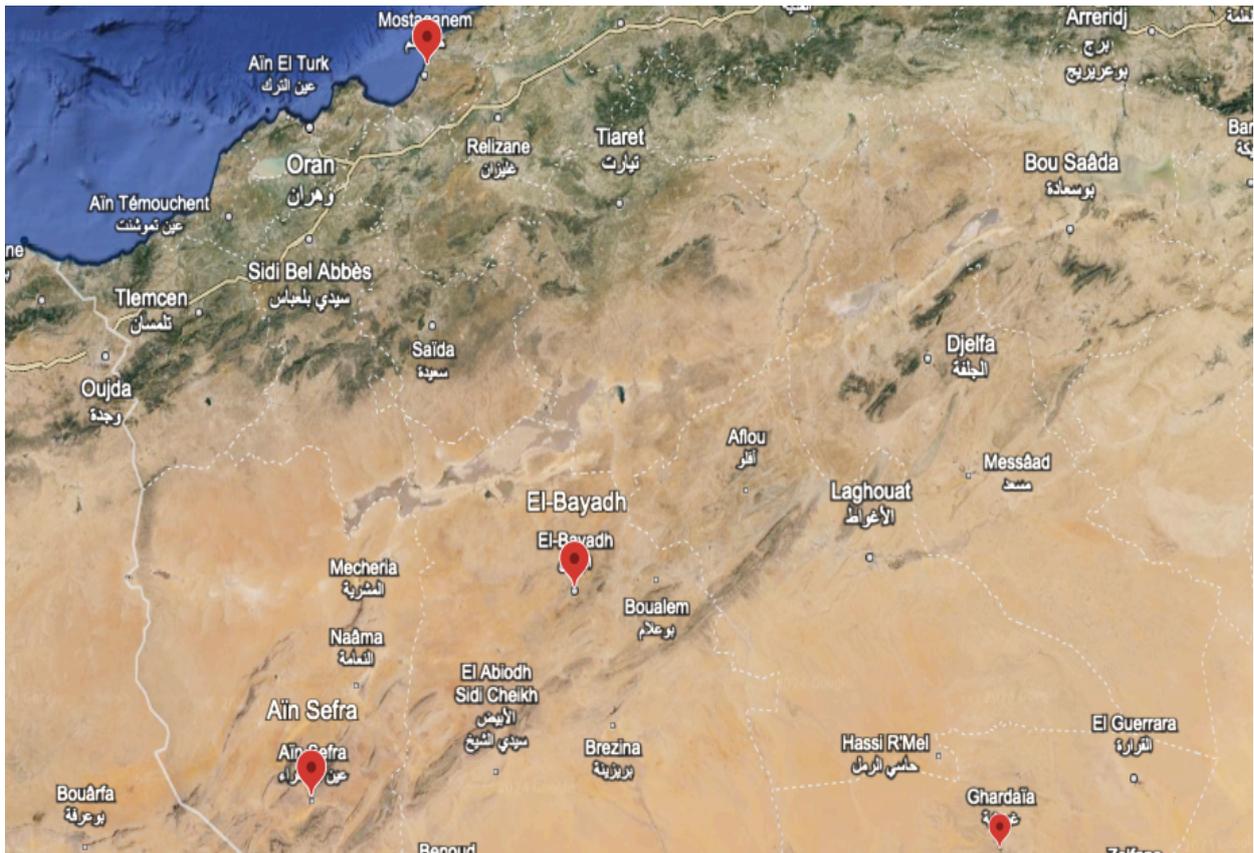


Figure 2. Carte géographique des zones de la récolte de différentes espèces végétales (earth.google.com).

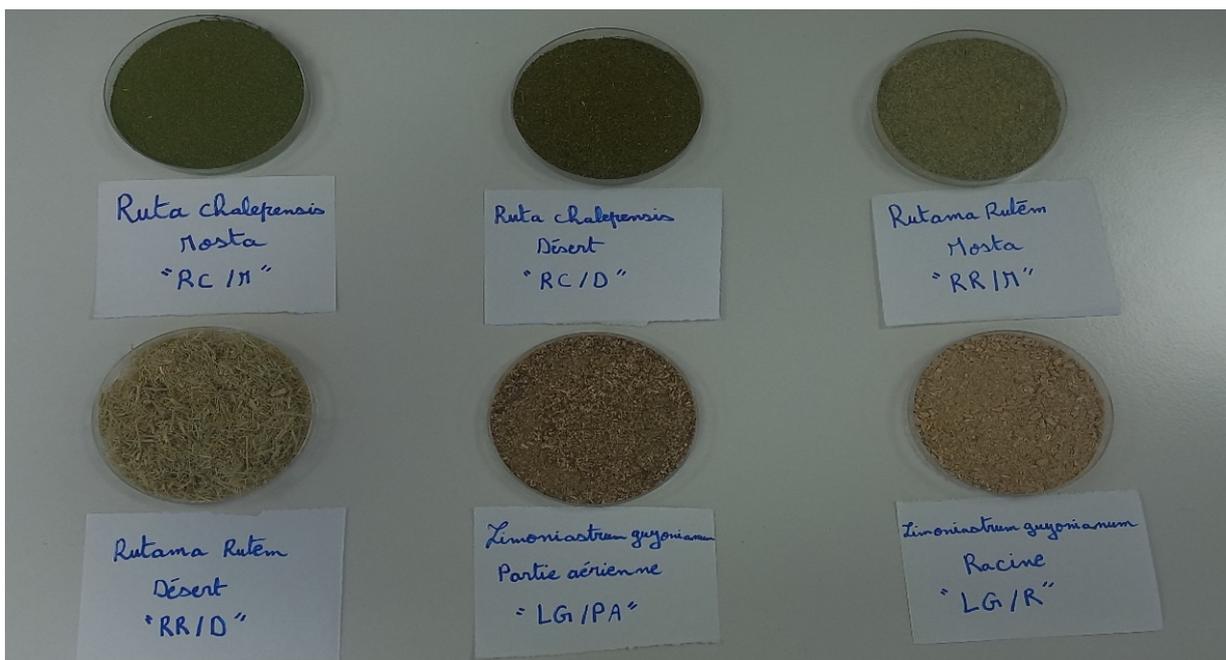


Figure 3. Poudres des plantes étudiées

II.1.2. Extraction et préparation des extraits

Les extraits aqueux, obtenus à partir des parties aériennes et des racines de *L. guyonianum* ainsi que les parties aériennes de *R. raetam* et de *R. chalepensis* collectées de deux régions différentes (Mostaganem et/ou Ghardaïa et Aïn Sefra respectivement), ont été soumis à une décoction afin d'obtenir des molécules polaires en suivant la méthode de Rached *et al.* (2019). Initialement, Le matériel végétal est mélangé avec l'eau distillée (10%, m/v) dans un bécher puis porté à bouillir à l'aide d'une plaque chauffante. Ensuite, le mélange poursuit son extraction sous le chauffage à une température de 50°C pendant 15 min. Enfin, Le décocté obtenu a été refroidi puis filtré. Cette étape a été répétée deux fois.

II.2. Évaluation de rendement d'extraction

Le rendement représente le ratio entre la quantité de l'extrait aqueux sec récupéré lors de l'extraction et le poids initial du matériel végétal sec avant le traitement. Le rendement exprimé en pourcentage a été calculé par la formule suivante:

$$R (\%) = \frac{m}{M_0} \times 100$$

R: Rendement exprimé en (%), m: masse en gramme de l'extrait sec résultant après la décoction (g), M₀: Masse sèche initiale en gramme du matériel végétal à traiter (g). Cette valeur permet d'évaluer l'efficacité du procédé d'extraction sur un végétal donné (Alara *et al.*, 2021). Le rendement d'extraction, la qualité et la composition d'extrait sont influencés par plusieurs facteurs tels que la nature de solvant appliqué, la proportion d'extraction (solide: liquide), la nature de la matrice, le temps et la température d'extraction (Onyebuchi et Kavaz, 2020; Quitério *et al.*, 2022).

III. Analyses phytochimiques

III.1. Dosage colorimétrique des composés phénoliques

III.1.1. Dosage de polyphénols totaux par la méthode de Folin-Ciocalteu (FC)

La teneur en polyphénols totaux des différents extraits est estimée par la méthode de Folin-Ciocalteu selon la méthode colorimétrique de Singleton et Rossi (1965). Cette méthode détermine les phénols et les substances oxydées en produisant une couleur bleue provenant de la réduction des anions jaunes d'hétéropolyphosphomolibdate-tungstate (Singleton et Rossi 1965; Martins *et al.*, 2021). Ce test de FC est considéré également comme une méthode antioxydante mais il est encore largement utilisé pour la quantification du polyphénols totaux dans les extraits de plantes (Martins *et al.*, 2021). En bref, 100 µL d'une dilution de

différents extraits ont été ajoutés à 500 μ L de réactif de Folin-Ciocalteu (1:10; v/v; eau distillé). Ce mélange a été agité à l'aide d'un vortex puis incubé pendant 5 min à l'obscurité et à température ambiante. Ensuite 1,5 mL d'une solution de bicarbonate de sodium anhydre (2 %; eau distillé; Na_2CO_3) ont été ajoutés puis agiter et le mélange réactionnel a été laissé à température ambiante pendant une heure. La lecture de l'absorbance a été effectuée à 765 nm par rapport à un blanc. La densité optique de chaque extrait a été comparée à une courbe étalon préparée avec différentes concentrations de l'acide gallique (0,02; 0,04; 0,06; 0,08 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 et 0,5 mg/mL, eau distillé) (**Figure 4**). Les teneurs en polyphénols totaux sont exprimés en mg d'équivalent d'acide gallique par un gramme de matière végétale sèche (GAE/ g de MS), calculées à partir d'une droite (équation de régression linéaire: $y=3,8521x + 0,0491$; $R^2 = 0,9977$). Cette courbe est réalisée dans les mêmes conditions opératoires que les échantillons étudiés. Les dosages sont effectués en triplicata.

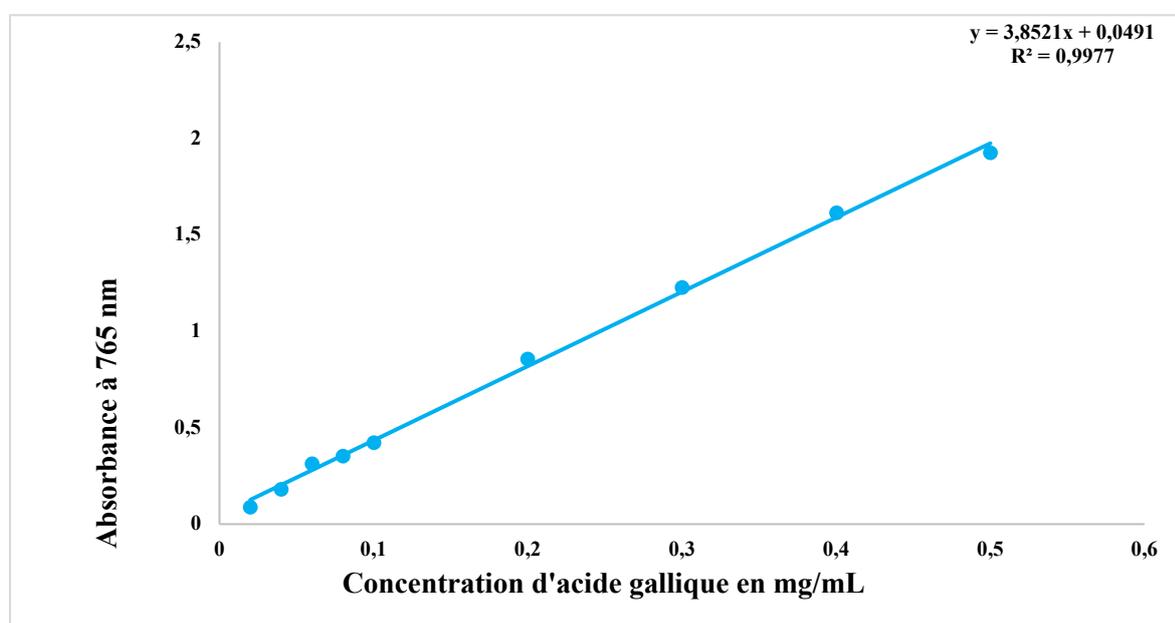


Figure 4. Courbe d'étalonnage d'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux

III.1.2. Dosage de flavonoïdes totaux

La teneur en flavonoïdes des différents extraits a été réalisée en utilisant la méthode colorimétrique au trichlorure d'aluminium AlCl_3 décrite par Kim *et al.* (2003). Ce dernier forme un complexe jaune très stable avec les groupements hydroxydes des flavonoïdes (Tristantini et Amalia, 2019; Shraim *et al.*, 2021). À 0,5 mL de chaque extrait, 1,5 mL d'eau distillé ont été ajoutés; suivie, de 150 μ L d'une solution de nitrite de sodium (5% p/v, H_2O , NaNO_2). Après 5 min, 150 μ L de trichlorure d'aluminium d'(10 %, méthanol, AlCl_3) ont

été ajoutés. Le mélange est laissé à l'obscurité pendant 6 min, ensuite 0,5 mL d'hydroxyde de sodium (4%, p/v, H₂O; NaOH) ont été ajoutés. La solution du mélange est bien homogénéisée à l'aide d'un vortex, puis l'absorbance est mesurée immédiatement à 510 nm contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre (**Specord® 210 Plus, Analytik Jena**). Les résultats de concentration des flavonoïdes totaux sont exprimés en milligrammes d'équivalent de catéchine par gramme de matière végétale sèche (mg de CE/ g de MS), calculées à partir d'une courbe d'étalonnage (équation de la régression linéaire: $y = 0,0404 x - 0,0154$; $R^2 = 0.9752$, **Figure 5**) préparée avec une solution méthanolique de la catéchine (0,005; 0,01; 0,02; 0,04, 0.06, 0.08, 0.1 et 0.2 mg/mL, méthanol) dans les mêmes conditions opératoires que les échantillons étudiés. Les dosages sont encore effectués en triplicata.

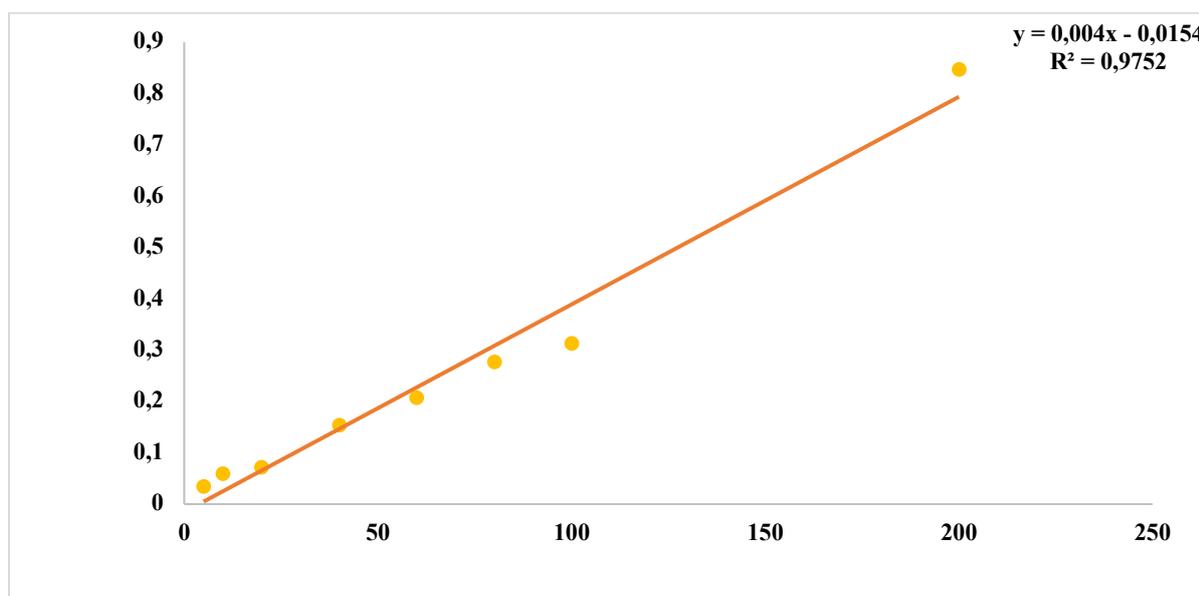


Figure 5. Courbe d'étalonnage de catéchine pour le dosage des flavonoïdes totaux.

III.2. Screening photochimique par des réactions de coloration

Pour mettre en évidence les différentes classes de métabolites secondaires présentes dans les extraits aqueux de 6 espèces testées, plusieurs réactions de caractérisation ont été réalisées. Ce criblage phytochimique qualitatif a été effectué à l'aide de réactions de précipitation ou de coloration utilisant des réactifs spécifiques. Cela nous a permis d'identifier de manière préliminaire les substances chimiques présentes, lesquelles sont regroupées dans le tableau 8.

Tableau 8. Méthodes utilisées pour identifier quelques groupes phytochimiques.

Phytoconstituant	Réactif	Composition de réactif	Méthode	Observation lors de la révélation	Référence
Alcaloïdes	-Réactifs de Mayer,	-Dissoudre 1,358 g de Chlorure de mercure(II) (HgCl ₂) dans 60 mL d'eau distillé puis 5g de KI dans 10 mL d'eau distillé. Mélanger les deux solutions et ajuster le volume total à 100 mL.	2 mL de chaque extrait sont ajoutés à 10 mL d'HCl à 1%. Le mélange est mis dans un bain marie à 100°C pendant 2 à 3 min, puis le volume final de chaque extrait est divisé en deux volumes égaux. Chaque extrait est traité par un seul réactif.	-Formation d'un précipité rouge-orangé.	Wagner et Bladt (1996); Bekro et al. (2007); El Yahyaoui et al. (2017)
	-Réactif de Wagner,	-Dans 75 mL d'eau distillé, dissoudre 2 g de KI et 1,27 g de I ₂ . Le volume obtenu est ajusté à 100 mL avec l'eau distillé.		-Formation d'un précipité brun.	
Coumarines	-Méthode 1 Hydroxyde de sodium (NaOH)	-10 % dans l'eau distillé	-2 mL de chaque extrait sont ajoutés avec 3 ml d'hydroxyde de sodium avec agitation.	Apparition de couleur jaune.	El Yahyaoui et al. (2017)
Flavonoïdes	-Méthode 1 Copeaux de magnésium		-2 mL de chaque extrait sont ajoutés avec 2 à 3 copeaux de magnésium et 1mL d'HCl avec 4 mL d'éthanol. -l'ajout de 3 gouttes de l'alcool isoamylique intense la coloration.	-Apparition d'une coloration: -verte: indique la présence des polyphénols -rouge: indique la présence des flavonols; -rose orangée indique la présence de flavones; -rose violacée indique la présence de flavanones;	Yahyaoui et al. (2017)
Glucosides cardiotoniques	-Méthode Acide sulfurique – chloroforme		-2mL de chloroforme et 400 uL d'acide sulfurique concentré	-La formation d'une couche rougeâtre foncé	

PARTIE II.**MATÉRIELS ET MÉTHODES**

Huiles essentielles	NaOH et HCl	NaOH 10% et d'HCl à 10%.	- 2 mL de chaque extrait sont ajouté à 100 µL de NaOH et 100 µL d'HCl.	-Formation d'une précipitation blanche.	Cahyono (2015)
Quinones libres	-Méthode Hydroxyde de sodium	-10% (H ₂ O)	-Quelques gouttes d'hydroxyde de sodium avec 5 gouttes d'HCl sont mélangées avec 1 mL de chaque extrait.	-Apparition d'une couleur jaune, rouge ou violette.	
Saponines	-Méthode Test d'agitation		-3 mL d'eau distillé sont mélangés avec 1 mL de chaque extrait puis agités vigoureusement pendant 2 min. Ensuite, le mélange est laissé reposer pendant 20 min.	-Formation d'une mousse persistante.	
Tannins	-Perchlorure de fer (FeCl ₃)	-2%, méthanol	-2,5 mL de chaque extrait sont mixés avec 0,5 mL de de FeCl ₃ .	-Il se développe un précipité: -brun verdâtre en présence de tanins catéchiques -bleu-noire en présence de tanins galliques.	Yahyaoui et al. (2017)
Terpénoïdes	-Méthode Acide sulfurique		-1 mL de chloroforme et 1,5 mL d'acide sulfurique concentré sont additionnés à 2,5 mL d'échantillon.	-La formation d'un anneau rouge ou violet.	N'Guessan et al., 2009

III. Détermination de l'activité antioxydante

Dans cette partie nous nous intéressons d'étudier l'activité antioxydante, *in vitro*, par plusieurs méthodes. Dans le présent travail, l'activité antioxydante des extraits aqueux des trois plantes étudiées a été évaluée *in vitro* selon la méthode décrite par Barros et al. (2013). Toutes les analyses UV-Vis ont été effectuées dans un spectrophotomètre d'Analytik Jena Specord® 210 Plus. L'activité des extraits est comparée à celle des antioxydants de références (acide ascorbique, catéchine et trolox). Les méthodes chimiques ABTS, DPPH, et FRAP sont largement utilisées dans l'évaluation de la capacité antioxydante des substances, ainsi que des mélanges de composés, tels que les extraits de plantes, les huiles essentielles, les aliments et autres. Ils font partie des méthodologies indirectes d'évaluation de l'activité antioxydante. Ces méthodes indirectes conviennent aux procédures préliminaire d'évaluation de l'activité, car elle est considérée comme rapide, pratique, peu coûteux et avec une bonne stabilité (**Tableau 4**).

III.1. La méthode du piégeage du radical ABTS^{•+} (acide 2,2'-azino-bis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique)) (Test de décoloration du radical cation ABTS^{•+})

Le principe de cette méthode est basé sur la diminution de l'absorbance à 734 nm du cation radicalaire ABTS^{•+} (coloration bleu-vert) en présence d'un composé potentiellement anti-radicalaire qui réduit le radical cation. La diminution de la forme radicalaire d'ABTS^{•+} entraîne une décoloration de la solution. L'extrait de plante est mis en contact avec les radicaux libres d'ABTS^{•+} préformés et l'absorbance est lue à 734 nm. Le radical ABTS^{•+}, en contact avec un donneur de H[•] conduit à réduire le radical en ABTS⁺ et la décoloration de la solution (**Tableau 4**). L'activité antioxydante de l'extrait est comparée à celle d'un antioxydant de référence (trolox). Le radical libre ABTS^{•+} d'une couleur bleue à vert est formée par une oxydation de mélange (4 mL:22,4 µL ; v/v) d'une solution aqueuse de stock de cation ABTS (acide 2,2'-azino-bis(3-éthylbenz-thiazoline-6-sulfonique); 7 mM) et de persulfate de potassium (K₂S₂O₈, 140 mM, Eau distillé). Cette solution est préparée et conservée à l'obscurité pendant 12-16 h à température ambiante. La solution mère du réactif ABTS^{•+} a été dilué 50 à 100 fois dans l'éthanol afin d'ajuster l'absorbance à 0,700 ± 0,020 à 734 nm avant chaque utilisation. 2 mL de solution ABTS^{•+}-persulfate ont été ajoutés aux différentes concentrations de chaque extrait ou de la référence antioxydante (0,1 mL). La lecture de l'absorbance est effectuée à temps=0 (AT₀) et après 3 min (AT_f) contre un blanc, à l'aide d'un spectrophotomètre (**Specord® 210 Plus, Analytik Jena**). La décoloration du

radical mesurée par spectrophotométrie à 734 nm est proportionnelle à la concentration en antioxydants. Trois essais ont été effectués pour chaque concentration d'extrait testé et les résultats obtenus sont exprimés en pourcentage d'inhibition (PI) de la décoloration du radical cation ABTS^{•+} en utilisant la formule suivante:

$PI (\%) = (1 - (AT_f / AT_0)) * 100$ où AT_0 et AT_f représentent l'absorbance A temps est égale à 0 et après trois minutes respectivement.

L'activité anti-radicalaire testés par les deux tests (ABTS et DPPH) a été exprimée en valeur d'IC₅₀ où la concentration inhibitrice de 50% (aussi appelée *EC*₅₀ pour *Efficient concentration 50*). Elle représente la concentration de l'échantillon testé nécessaire pour réduire 50% de radical ABTS^{•+} ou DPPH[•] (De Menezes *et al.*, 2021). Les IC₅₀ sont calculées graphiquement par les régressions linéaires des graphes tracés, représentées par pourcentages d'inhibition en fonction de différentes concentrations des extraits testés.

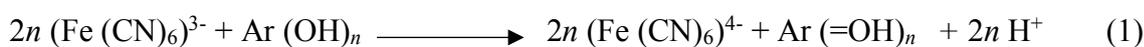
III.2. Méthode du Piégeage (scavenger) du radical libre 2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl (DPPH)

Cette DPPH est la méthode la plus utilisée dans les évaluations préliminaires de l'activité antioxydante de composés isolés ou d'extraits de plantes (Sierra *et al.*, 2023). L'activité antioxydant de différents extraits a été mesurée en utilisant le radical libre stable DPPH (2,2 diphenyl 1 picrylhydrazyl) de couleur violette en solution et a une absorption maximale à 517 est due au fait qu'il possède un électron non apparié sur un atome du pont d'azote (Ullah *et al.*, 2022). En présence d'un donneur d'hydrogène provenant d'un composé antioxydant (X-H), le radical se réduit en 2,2 diphényl 1 picryl hydrazine (DPPH-H), changeant de couleur en jaune et entraîne une diminution de son absorbance (Carniel *et al.*, 2022). La méthode de DPPH, bien qu'encore plus simple que la méthode de réduction ABTS (DPPH est un produit est disponible), est fortement influencée par la lumière, l'oxygène de l'air, le pH et le type de solvant. Le DPPH est essentiellement soluble dans les solvants organiques mais pas dans l'eau. Il est généralement dissous dans le méthanol, l'éthanol ou leurs mélanges aqueux. Dans ce dernier cas, la quantité en eau ne doit pas dépasser 60 % pour rendre le radical soluble. L'insolubilité du DPPH dans l'eau apporte une limitation importante à la détermination des antioxydants hydrophiles. Les flavonoïdes et autres phénols complexes présentent généralement une réaction modérée à lente avec le DPPH. A propos la méthodologie, ce test est effectué à l'aide d'un spectrophotomètre (Specord® 210 Plus, Analytik Jena). Les différentes concentrations (0,078-5 mg/mL) de chaque extrait testé ou

substance antioxydante de référence (0,1 mL) ont été mélangées avec 0,9 mL d'une solution méthanolique de DPPH° (60 µM) contre un témoin négatif (DPPH). Les absorbances ont été mesurées à 517 nm après une heure d'incubation à l'obscurité et à température ambiante.

III.3. Méthode du pouvoir réducteur d'ions féeriques FRAP

Le test FRAP est une méthode spectrophotométrique couramment utilisée pour évaluer le potentiel antioxydant d'un composé ou d'un extrait naturel. Elle est basée sur la capacité des antioxydants à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) en forme fer ferreux (Fe^{2+}) en milieu acide, qui produit une coloration bleue intense dosable à 690 nm (**Ğlçin, 2020**). La valeur de FRAP reflète donc le pouvoir réducteur global des antioxydants présents. Comparant au test DPPH, le FRAP présente l'avantage de mieux prendre en compte les antioxydants à faible activité similairement à certains polyphénols glycosylés. Cependant, ce test n'explore qu'un mécanisme antioxydant particulier (ce n'est pas une réaction spécifique) et peut être influencé par d'autres composés réducteurs non antioxydants (**Bahadori et al., 2022**). Il est donc recommandé de le coupler avec d'autres méthodes in vitro (DPPH, ABTS) pour une évaluation plus complète du potentiel antioxydant avant de réaliser des études complémentaires in vivo (**Suresh et al., 2022 ; Shan et al., 2023**). Généralement, l'oxydation d'un composé polyphénolique (Ar (OH)) se fait par le ferricyanure. Ce dernier est réduit et stabilisé avec les ions ferriques pour produire du bleu de Prusse selon les réactions suivantes (1 et 2):



Pratiquement, dans des tubes à essai, un volume égale de tampon phosphate (0,5 mL; 200 mM, pH = 6,6) et de solution de ferricyanure de potassium ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$) (0,5 mL; 1% p/v; H_2O) ont été ajoutés aux différentes concentrations de chaque extrait (de 0,019 à 2,5 mg/mL) ou substance de référence antioxydante. Le mélange ensuite a été incubé à 50°C à l'obscurité pendant 20 minutes. Après l'incubation, 0,5 mL d'acide trichloracétique (10% p/v; eau distillé) a été ajouté. Dans de nouveaux tubes, 0,8 mL de chaque mélange ont été mixés avec une quantité égale d'eau distillée. 160 µL de chlorure ferrique (FeCl_3 à 10%; eau distillé) ont été additionnés au mélange. La lecture de l'absorbance a été effectuée directement à 690 nm contre un témoin négatif sans extrait. L'absorbance mesurée est directement proportionnelle au pouvoir réducteur des échantillons analysés. L'augmentation de l'absorbance dans le milieu réactionnel indique une augmentation du pouvoir réducteur des extraits tests. Une courbe d'absorbance en fonction de la concentration des échantillons a été tracée pour chaque

extrait afin de la détermination des valeurs IC_{50} (concentration inhibitrice médiane). La concentration IC_{50} (EC_{50}) est définie comme étant la concentration effective à laquelle l'absorbance est égale à 0,5, utilisée comme un indice pour comparer et exprimer la capacité réductrice des molécules bioactives (Sadowska-Bartosz et Bartosz, 2022).

IV. Détermination de l'activité antimicrobienne

Afin d'évaluer les propriétés antimicrobiennes de *L. guyonianum*, *R. raetam* et *R. chalepensis*, l'effet de leurs extraits aqueux sur différentes souches bactériennes a été testé in vitro.

IV.1. Propriétés des germes étudiés

L'effet antimicrobien des extraits a été réalisée en par la méthode de diffusion sur milieu gélosé contre deux souches bactériennes (Tableau 9). Ces souches microbiennes proviennent de laboratoire de recherche de Technologie Alimentaire et Nutrition 'Salle de microbiologie alimentaire', Département de sciences Biologiques, Faculté de Sciences de la Nature et de la Vie (Université de Mostaganem). L'activité inhibitrice des extraits est mise en évidence par la formation d'une zone dépourvue de croissance bactérienne, Appelée zone d'inhibition, autour du disque contenant la solution sur le milieu de culture gélosé. Selon Elmakaou *et al.* (2024), une activité inhibitrice est considérée comme positive lorsque le diamètre de la zone d'inhibition est supérieur ou égale à 6 mm.

Tableau 9. Caractéristiques des souches pathogènes testées.

Groupe de germes	Espèce	Référence	Caractéristiques	Référence
Bacille Gram ⁻	<i>Escherichia coli</i> (<i>Enterobacteriaceae</i>)	<i>E.Coli</i> 25922	C'est un germe à 0,35 µm de largeur. C'est un aérobie facultatif le plus courant dans l'intestin inférieur des mammifères peuvent être pathogènes en provoquant de graves maladies telles que es entérohémorragies et les péritonites.	Zachary (2015)
	<i>Sallemonela enterica</i> (<i>Enterobacteriaceae</i>)	<i>Sallemonela</i> 26833	Les bactéries du genre Salmonella sont des bacilles à Gram négatif, anaérobies facultatives, appartenant à la famille des Enterobacteriaceae. Elles sont responsables de la salmonellose, l'une des principales toxi-infections alimentaires dans le monde.	Issenhuthe <i>et al.</i> (2014).

	<i>Serratia ficaria</i> (<i>Enterobacteriaceae</i>)	Serratia f.35077	est une bactérie à Gram négatif de la famille des Enterobacteriaceae, reconnu comme un pathogène opportuniste chez l'homme. Des cas d'infections nosocomiales comme des bactériémies, des infections oculaires et respiratoires.	Mulet et al. (2013); Samson et al. (2021)
	<i>Serratia symbiotica</i> (<i>Enterobacteriaceae</i>)	Serratia sym.23270	est une bactérie à Gram négative appartenant à la famille des Enterobacteriaceae. Son nom reflète sa capacité à établir des relations symbiotiques étroites avec divers organismes, en particulier les insectes, elle se distingue par sa capacité de Transmission et spécificité d'hôte S. symbiotica peut se transmettre à la fois verticalement (de la mère à sa progéniture) et horizontalement (entre individus),	Lhocine et al. (2021).
Levures	<i>Candida albicans</i>	<i>Candida</i> al.27370	C'est une levure unicellulaire commensale qui fait partie de la flore microbienne naturelle de l'être humain, elle peut se transformer en un pathogène opportuniste redoutable, provoquant diverses infections fongiques connues sous le nom de candidoses.	Sudbery, PE (2011).

IV.2. Méthode de diffusion sur un disque de gélose (Antibiogramme)

L'activité antimicrobienne des extraits de *R. Chalepensis* prélevés de deux régions bioclimatiquement différentes, *R. raetem* de deux zones différentes ainsi les parties aériennes et les racines de *L. guyonianum* a été réalisée *in vitro* par la méthode de diffusion sur un disque de gélose décrite par Hamidi (2013). Cette méthode connue par sa fiabilité et reproductibilité (OMS, 2022). Elle est utilisée comme une étape préliminaire à des études plus approfondies. Les différents extraits aqueux ont été dissous dans le DMSO avec une série de concentration (5; 10; 20 et 40 mg/mL). À partir d'une culture pure de 18 heures sur milieu d'isolement gélose nutritive, ont été préparées des suspensions (inoculum de 0,5 à une longueur d'onde de 625 nm) de chacune des souches bactériennes à tester. Des disques de papier Whatman de 6 mm de diamètre sont imprégnés d'une petite quantité des extraits (30 µl par disque) et déposés sur la surface de la gélose Mueller-Hinton inoculée (MH) pour les souches bactériennes et Sabouraud pour la levure. Des disques de papier Whatman imprégnés de DMSO servant de témoin négatif sont aussi déposés sur la surface de la gélose inoculée. Les boîtes de Pétri ont été incubées à 37 °C pendant 24 heures. Des antibiogrammes avec des

antibiotiques appropriés ont été effectués pour servir de témoins positifs et pour permettre la comparaison avec nos résultats. L'antibiotique utilisé dans cette étude est de gentamicine (10 mg/mL). Le DMSO est utilisé comme un témoin négatif. La lecture des antibiogrammes a été faite à l'aide l'œil nue. Un extrait est considéré actif lorsqu'on mesure une zone d'inhibition autour du disque d'un diamètre supérieur ou égale à 6 mm et à l'intérieur de laquelle aucune croissance bactérienne n'est observée. Les antibiotiques sont choisis selon les recommandations locales ou nationales, en tenant compte du type d'infection et de l'épidémiologie locale des résistances (**Jorgensen et Ferraro, 2009**). Après la culture, l'effet des extraits se traduit par l'apparition autour du disque d'une zone circulaire transparente correspondant à l'absence de la croissance et donc la zone d'inhibition du principe actif (**Choi et al., 2006**). La mesure de la distance millimétrique de la zone est reportée sur l'échelle de concordance afin que la souche soit interprétée selon le diamètre comme étant sensible, une activité modérée (7 à 14 mm), très sensible, haute activité, (15 à 19 mm), Extrêmement sensible, forte activité, (diamètre > 19 mm), Résistante vis-à-vis du l'extrait étudié (diamètre < 6mm) (**Djenadi, 2011**).

V. Analyse Statistique

Tous les tests réalisés dans cette étude ont été effectués en triplicata et les résultats ont été exprimés en valeurs moyennes (M) \pm déviation standard (DSM) [M \pm DSM]. Les valeurs des IC₅₀ sont calculées par la méthode de régression linéaire à partir de la courbe [% inhibition = f (concentration)]. Les courbes d'étalonnage des étalons ont été également déterminées à l'aide de la méthode de régression. Le test t de *Student* ou d'une analyse de variance unidirectionnelle et bidirectionnelle (ANOVA) ont été réalisés pour évaluer la signification des effets des différentes substances testées in vitro. La différence est considérée statistiquement significative au risque 5% (p<0.05) en utilisant le programme Microsoft Excel (2010).

**RÉSULTATS
ET
DISCUSSIONS**

I. Matériel végétal et enquête ethnobotanique

I.1. Enquête ethnobotanique

I.1.1. Analyse des profils de participants au questionnaire

L'enquête ethnobotanique réalisée dans la région de Mostaganem a permis d'interroger 42 personnes (8 herboristes et 34 personnes des habitants) de deux sexes (féminin et masculin), mariées et célibataires et de niveaux intellectuels différents avec des tranches d'âges différentes. Ces informateurs nous ont informés sur les utilisations thérapeutiques et traditionnelles locales de trois plantes médicinales Algériennes (**Tableau 10 et 11**). Les données de l'enquête ont été regroupées par, sexe, tranches d'âge, situation familiale et par niveau d'études afin de pouvoir déterminer le taux de réponses des habitants par catégorie sur l'ensemble de la population de la région. La figure 10.a. montre la distribution en pourcentage des informateurs selon leur sexe. On observe que les plantes médicinales sont bien utilisées par les femmes que par les hommes avec un pourcentage de 64,71% contre 35,3 % respectivement (**Figure 6a; Tableau 11**). Ces résultats sont en concordance avec ceux obtenus par Maarrouche *et al.* (2021) et Mechaala *et al.* (2022) qui ont réalisés un enquête sur les plantes médicinales de Msila, Algérie et El Kantara (la porte du désert de l'Algérie) respectivement. La prédominance des femmes a été également documentée par Bouasla A. et Bouasla I. (2017) sur des informateurs interrogés dans la région de Skikda, à l'Est du pays; ces auteurs ont rapporté que cette prédominance est probablement en raison du caractère des femmes qui préparent des recettes à base de plantes à emporter le soin des membres de la famille, d'une part, et, d'autre part, la connaissance de ces recettes ont été transmises à travers des générations de mères aux filles. D'ailleurs Jouad *et al.* (2001) ont été expliqués cette prédominance selon laquelle les femmes sont plus attachées que les hommes à tout ce qui est traditionnel, ainsi qu'aux facilité de transmission de ces informations entre les femmes. D'autre part, la plupart des habitants interrogés étaient des femmes.

Nos résultats ont également montrés que la tranche d'âge la plus concernée par l'utilisation des plantes médicinales dans la population étudiée est de 29-39 ans avec un pourcentage de 38,2 % suivie par les classes d'âge >50 ans, 40-50 ans et moins de 20 ans avec un pourcentage de 17,9%, 26,5%, 20,6% et 14,7% respectivement. Ce pourcentage inclus que la population des habitants. Ces résultats ont permet de visualiser la répartition par âge des informateurs et pourrait être utile pour cibler des stratégies de communication ou d'actions en fonction des tranches d'âge prédominantes. Des résultats comparables sont trouvées par Maarrouche *et al.* (2021) dont la tranche d'âge des informateurs les plus utilisateurs des plantes médicinales est comprise entre 30 et 40 ans avec un pourcentage de

26,7% (**Figure 6b; Tableau 11**). En fait, la prédominance des informateurs appartenant à la classe d'âge de 29-39 ans dans notre enquête ethnobotanique peut être s'expliquer par la transmission de savoirs autochtones d'un pays à l'autre et génération à l'autre, ce qui permet la conservation précieuse d'informations ethnomédicales à l'avenir (**Mechaala et al., 2022; Smith et al., 2023**). Plusieurs auteurs ont aussi expliqués la prédominance des classes d'âge de plus de 50 ans par les personnes âgées ayant plus de connaissances, ce qui est dû à leur expérience accumulée avec l'âge et transmise d'un génération à l'autre (**Mechaala et al., 2022; Meddour et al., 2022**).

Cette investigation a également montré la répartition en pourcentages des informateurs selon leur situation familiale, avec deux catégories : marié et célibataire. Les résultats sont révélés que les plantes médicinales sont beaucoup plus utilisées par des personnes mariées que par des célibataires avec un pourcentage de 55,9 et de 33,2 % respectivement (**Figure 6c; Tableau 11**). Ces chiffres indiquent que les deux tiers des informateurs sont mariés, tandis qu'un tiers est célibataire. Cette répartition peut être significative pour comprendre le contexte social et familial des informateurs, qui peut influencer leurs perspectives et expériences. Par une comparaison avec des études récentes pour mettre ces résultats en perspective, Marrouche *et al.* (2021) ont été indiqués que les plantes médicinales de la région de Bousaada sont plus utilisées par des personnes mariées ont souvent un meilleur bien-être subjectif par rapport aux célibataires, en raison du soutien social et émotionnel que procure le mariage. Concernant l'impact de la situation familiale sur la santé, des recherches montrent également que la situation familiale peut influencer la santé physique et mentale. Par exemple, les personnes mariées tendent à avoir de meilleurs résultats en termes de santé physique et mentale par rapport aux célibataires.

Parmi les informateurs ayant participé à cette étude, 29,4 % étaient analphabètes, suivis des niveaux primaires et moyens (26,5%), puis secondaire (23,5%). Alors que les personnes ayant un niveau universitaire renferment le pourcentage le plus faible avec 20,6 % (**Figure 6d; Tableau 11**). Les résultats du niveau d'éducation dans cette étude sont cohérents avec la plupart des études ethnobotaniques précédentes révélant la domination des informateurs analphabètes (**Boudjel.a et al., 2013; Nawash et al., 2013; Bouasla et al., 2014; Myara et al., 2017**). Concernant les connaissances sur l'utilisation des plantes médicinales acquises par les informateurs, 64,7% des informateurs ont acquis des connaissances de leur proches (parents, grands-parents, autres proches et entourage), 28,5 % par les herboristes, tandis que les autres moyens d'apprendre figurés par la lecture et le media représentaient 11,8 % (**Tableau 11**). Des études similaires réalisées par Bieski *et al.* (2015) et Ribeiro *et al.* (2017)

ont rapporté que la plupart des informations sur l'utilisation et la connaissance des plantes médicinales proviennent par tradition familiale. Dans une analyse des participants à des enquêtes sur les médias sociaux, Jones *et al.* (2021) ont constaté que des personnes dans la tranche d'âge de 18-29 ans représentaient environ 60% des répondants.

Tableau 10. Caractéristiques démographiques des guérisseurs traditionnels interrogés (n=8, hommes, 30 à 50 ans)

	Effectif	Pourcentage (%)
Niveau d'étude		
Secondaire	5	62,5
Universitaire	3	37,5
Effectif	8	100

Tableau 11. Profils des participants au questionnaire: Répartition de la population étudiée choisie selon les tranches d'âges, le sexe et le niveau d'étude (n=34, Habitants).

	Effectif	Pourcentage (%)
Sexe		
Féminin	22	64,7
Masculin	12	35,3
Tranches d'âges (ans)		
<20	5	14,7
[20-39]	13	38,2
[40-50]	7	20,6
>50	9	26,5
Niveau d'étude		
Analphabète	10	29,4
Primaire et Moyen	9	26,5
Secondaire	8	23,5
Universitaire	7	20,6
Situation familiale		
Mariée	19	55,9
Célibataire	13	38,2
Information acquises		
Transmission familiale ou entourage	22	64,71
Herboristes ou thérapeutes	9	28,57
Lecture	3	11,76

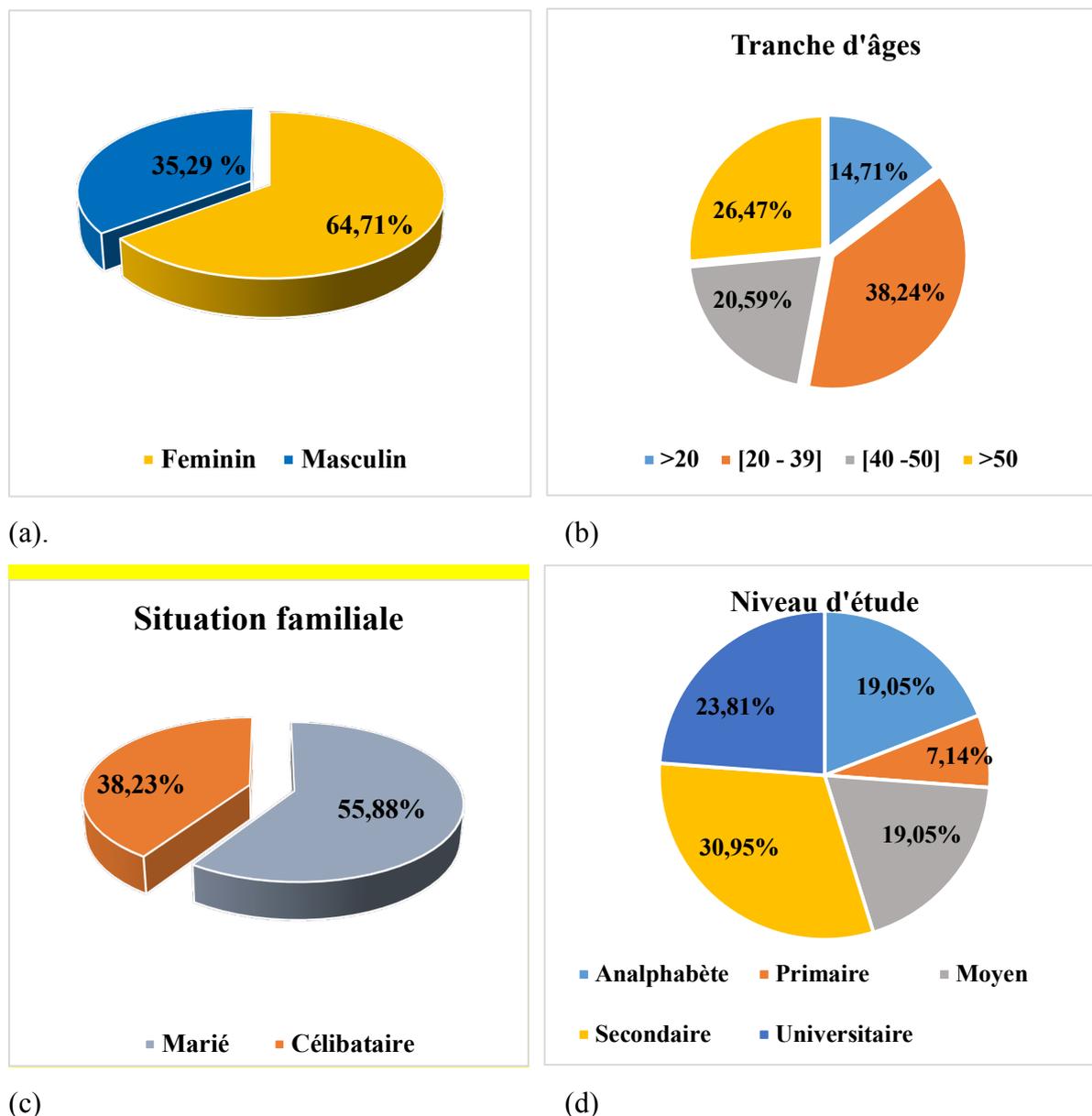


Figure 6. Distribution en pourcentage des profils des informateurs selon le sexe (a) l'âge (b), situation familiale (c) et niveau d'étude (d).

I.2.1 Caractéristiques des plantes médicinales et savoirs associés

I.2.1.1. Réponses aux questionnaires destinés aux herboristes: Parties floristiques utilisées, formes d'utilisation et maladies traitées

Huit herboristes (phytothérapeutes ou commerciales) ont été interrogés pour faire notre étude ethnobotanique, qui nous ont donné des listes des maladies les plus fréquentes dans la région de Mostaganem (**Tableau 10**). Au cours de cette enquête, nous avons recensé 13 pathologies que les tradithérapeutes traitent avec les différents organes de différentes plantes étudiées qui sont entre autres le diabète, particulièrement le diabète type 2, les maladies cardiovasculaires comprenant l'hypertension artérielle, la mauvaise circulation sanguine, le

colon, la toux, le rhume, la rhumatisme, le cancer, exéma, les maux de tête, les aphtes boraux, des maladies génitales mâles et femelles (**Tableau 12**). La majorité de leurs patients utilisent ces trois plantes médicinales pour guérir certaines pathologies, pour réduire leur gravité ou beaucoup plus pour la prévention contre ces dernières. D'après les résultats obtenus de ce questionnaire, nous remarquons que les maladies les plus citées dans ces listes sont: le diabète, particulièrement le diabète type 2, les maladies cardiovasculaires comprenant l'hypertension artérielle, le colon, les troubles nerveux et rhumatisme. Les résultats de l'enquête ethnobotanique destiné aux herboristes sont présentés dans le tableau 12. En tenant compte du nombre de tradithérapeutes soumis à l'enquête ethnobotanique, nous avons estimé qu'un usage mentionné avec une fréquence de trois au moins pourrait avoir une présomption d'être considéré comme usage majeur de la plante et mérite une attention particulière. Ces résultats montrent clairement que trois des plantes d'étude auraient avoir des propriétés antidiabétiques, antiinflammatoires, antimicrobiennes et antioxydantes. Certains traitements correspondent à l'utilisation de trois plantes ont été déjà réalisés par plusieurs études ethnobotaniques Algériennes établies par Chehma et Djebbar (2008), Boudjelal *et al.* (2013), Lazli *et al.* (2019), Senouci *et al.* (2019), et Kefifa *et al.* (2020) dans différentes régions de l'Algérie. En général, seules certaines parties des plantes médicinales sont utilisées en phytothérapie. La partie utilisée d'une plante diffère en fonction de la plante elle-même et de la pathologie traitée. Par exemple les parties aériennes de *R. raetam* sont utilisées comme hypoglycémiantes alors que les racines sont utilisées en fumigation comme agent abortif. Contraire, une seule partie d'une plante peut être utilisée pour le traitement de différentes affections, par exemple les feuilles de *L. guyonianum* sont préconisées pour remédier aux troubles digestives, le diabète, l'hypertension, les maladies rénales, l'anémie et pour soigner les cheveux. L'utilisation prédominante d'un organe par rapport à un autre dans le domaine thérapeutique peut être due à la concentration en composants actifs dans cet organe. Les feuilles sont le centre de la plupart des réactions photochimiques et sont des réservoirs de certains métabolites (**Chamouleau, 1979; Hadjadj et al., 2015**). La collecte des feuilles et leur utilisation comme médicament est très simple par rapport aux racines, aux fleurs et aux fruits (**Giday et al., 2009; Hadjadj et al., 2015**). Une autre raison d'utiliser des feuilles pourrait concerner la conservation des plantes, car le fait d'arracher les racines pourrait entraîner la mort de la plante et par conséquent mettre l'espèce dans une condition vulnérable (**Rehecho et al., 2011**). La consommation orale des plantes médicinales consistait principalement en remèdes utilisés contre les maladies digestives (**Hadjadj et al., 2015**).

I.2.1.2. Réponses aux questionnaires destinés aux habitants locaux: Parties floristiques utilisées, formes d'utilisation et maladies traités

Au cours de l'enquête ethnobotanique, un total de 34 réponses ont été obtenues concernant l'utilisation des espèces étudiées (**Tableau 13; Figure 7**). Pour chaque espèce, le nom scientifique et vernaculaire, la famille, les propriétés thérapeutiques et les éventuels suppléments ont été fournis. Toutes les espèces de cette étude ont été utilisées dans plus d'une catégorie de maladies, et environ 26 maladies ont été identifiées dans la région étudiée. Ceux-ci interviennent plus ou moins dans la guérison des maladies enregistrées dans les différentes maladies cutanées, endocriniennes, respiratoires, nerveuses, génitales, métaboliques, circulatoires, digestives, urinaires, cancéreuses ou parasitaires. Ces catégories pourraient être considérées comme le reflet de la conception curative de la population locale de Mostaganem.

La citation la plus élevée d'utilisation de plantes est de huit (8) a été citée pour les problèmes de sommeil et stress et anxiété et le diabète suivis par le rhumatisme (7), ulcère (6) et l'hypertension (3) (**Tableau 13; Figure 7f**). Pour les maladies nerveuses et l'hypertension, nous avons signalé que l'espèce *R. chalepensis* comme la plante présentant plus utilisée avec des pourcentages de 33,3 et 16,6 % respectivement. Alors que pour les maladies digestives, *L. guyonianuma* été préféré avec un pourcentage de 20 %. Enfin, pour le rhumatisme *R. raetam* est celui avec le plus grand record avec un pourcentage de 25%.

Les mostaganémois ont fourni des informations sur les espèces étudiées et les pratiques thérapeutiques traditionnelles de la population locale de la région de Mostaganem. Ces applications médicinales couvraient un total de 26 de maladies. Chaque plante peut être utilisée pour traiter diverses maladies. Cela peut être interprété comme une optimisation des ressources naturelles grâce au lien étroit entre les populations et leur environnement local (**Pieroni et al., 2002**). Le diabète étaient les affections traitées les plus importantes sur la base du nombre de citations pour usages médicinaux, suivies des troubles nerveux et rhumatisme. Ces trois espèces souvent été utilisées pour gérer le diabète non seulement par les populations locales en Algérie mais par les populations de Maroc (**Bellakhdar, 1997; Ziyat et al., 1997; Bnouham et al., 2012; Bouyahya et al., 2021**).

Dans la région d'étude, diverses parties de plantes (feuilles, tiges, fleurs, galls, graines, racines, parties aériennes, plantes entières) étaient utilisées pour différentes préparations thérapeutiques (**Figure 7; Tableau 13**). Les parties aériennes sont les plus utilisées, constituant environ 54,8% suivies de plante entière avec 16,7 % et racines avec 14,3 % (**Figure 7a; Tableau 13**). La préparation médicinale à partir de matières premières végétales est l'une des

les méthodes importantes en phytothérapie (Silambarasan et Ayyanar, 2015). Afin de faciliter l'administration du médicament, plusieurs modes de préparation sont employés à savoir la décoction, l'infusion, la poudre, la fumigation, le cataplasme et la macération. Les gens recherchent toujours la manière la plus simple de préparer des médicaments à base de plantes. Selon notre étude, la population locale utilisait les parties aériennes de trois plantes médicinales en infusion à raison de 33,3 % par voie orale (Figure 7; Tableau 13). Cependant, pour les parties aériennes de *R. chalepensis* ont été les plus utilisés avec un pourcentage de 50 % administrées par voie cutanée sous forme de cataplasme (Figure 7b; Tableau 13). Toutes les personnes interrogées ont insisté sur le fait que la saison de récolte des plantes à usage médicinal le plus important est le printemps pour toutes les plantes (Figure 7c; Tableau 13). Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Mechaala *et al.* (2022) qui ont signalés que la majorité des personnes interrogées utilisent les parties aériennes du *R. raetam* et *R. chalepensis* préparées par infusion et de cataplasme, alors que les racines sont moins fréquemment utilisées. Selon Lori et Devan (2005), l'infusion convenait aux organes délicats et légers (feuilles, inflorescence et fleurs), tandis que pour les organes durs et compacts (bois, écorces, tiges, branches et racines), l'extraction des principes actifs nécessitait un traitement prolongé sous chaleur. La décoction recueille le plus de principes actifs et réduit ou annule l'effet toxique de certaines recettes.

Tableau 12. Informations relatives aux plantes et leurs utilisations dans le traitement traditionnel de diverses maladies selon 8 tradithérapeutes de Mostaganem.

	Utilisation	Partie utilisée	Préparation	Mode d'administration	Études ethnobotaniques précédentes réalisées en Algérie
<i>L. guyonianum</i>	-Troubles digestives(ulcères) -Aphtes bucaux	Partie aérienne Partie racine	-Décoction -Infusion	Voie Orale	Chehma et Djebbar (2008).
<i>R. raetam</i>	-Brulures, Douleurs musculaires et articulaires Traitement de la chute de cheveux -Rhumatisme	-Fleurs -Tiges -Feuilles	-Cataplasme Macération -Décoction /infusion -Cataplasme d'olive	Voie Orale Bain huile	Chehma et Djebbar (2008), Kefifa et al. (2020)
<i>R. chalepensis</i>	-Traitement des douleurs menstruelles, diabète, hypertension -Stimuler la circulation sanguine -Rhumatisme	Plante entière	I-nfusion -Décoction -Cataplasme d'olive	Voie Orale	Benarba et al. (2015); Cheramat et Gharzouli (2015); Lazli et al. (2019); Kefifa et al. (2020)

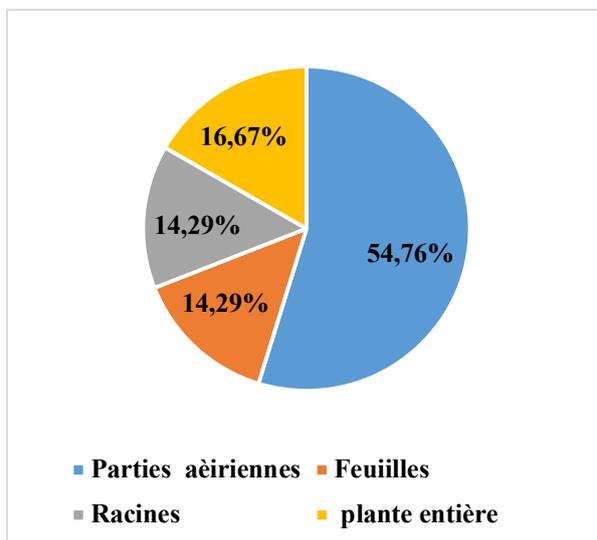
Tableau 13. Utilisation traditionnelles des plantes médicinales, partie utilisée, mode de préparation selon les habitants

	Partie utilisée	Effectif	%	<i>L. guyonianum</i>		<i>R. raetam</i>		<i>R. chalepensis</i>	
				Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
Habitants				10	29,4	12	39,3	12	39,3
Partie utilisée									
Feuilles		6	14,3	2	5,9	3	8,2	1	2,1
Parties aeriennes		23	54,8	6	17,7	6	17,7	4	11,8
Plante entière		7	16,7	1	2,9	2	5,9	4	11,8
Récines		6	14,3	3	8,8	3	8,2	-	-
Mode de préparation	Decoction	10	23,8	4	11,8	3	8,8	3	8,8
	Infusion	14	33,3	3	8,8	1	2,9	3	8,8
	Macération	6	14,3	-	-	4	11,8	2	5,9
	Poudre/cataplasme	12	28,6	2	5,9	4	11,8	4	11,8
État d'utilisation	Sec	17	50	6	17,6	7	20,6	4	11,8
	Frais	17	50	4	11,8	5	14,7	8	23,5
La saison de la récolte	Automne	12	28,6	5	14,7	3	8,8	4	11,8
	Été	5	11,9	2	5,9	1	2,9	2	5,9
	Printemps	17	40,5	4	11,8	10	29,4	3	8,8
	Hiver	8	19,05	2	5,9	1	2,9	5	14,7
Mode d'administration	Orale	21	61,8	8	23,5	5	14,7	8	23,5
	Dermique	13	38,2	2	5,9	7	20,6	4	11,8
Fréquence d'utilisation	Journée	8	23,5	2	5,9	2	5,9	4	11,8
	Semaine	4	11,8	1	2,9	2	5,9	1	2,9
	mois	13	38,2	5	14,7	5	14,7	3	8,8
	Jusqu'à la guérison	11	32,4	4	11,8	3	8,8	4	11,8
Produit mélangé	Oui	14	41,2	3	8,8	4	11,8	7	20,6
	Non	20	58,8	7	20,6	8	23,5	5	14,7
Utilisation traditionnelle pour traiter diverse maladies	Hypertension	3	8,8	1	10	1	8,3	1	8,3
	Diabète de type 2ou hyperglycémie	8	23,5	2	20	3	25	3	25
	Troubles digestives (ulcère)	6	17,6	1	10	3	25	2	16
	Rhumatisme	7	20,6	2	20	3	25	2	16,7

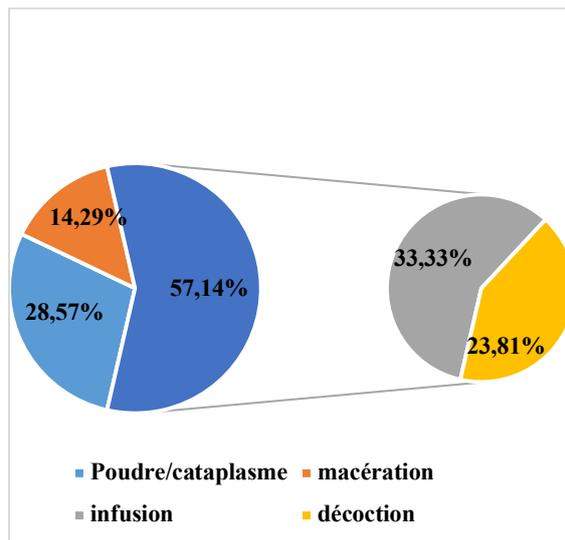
PARTIE III.**RÉSULTATS ET DISCUSSIONS**

Effet hypnotique et calmant(stress et anxiété)	8	23,5	4	30	1	8	3	33
Autres (Antiinflammatoires, aphtes bouches, maux de tête, système reproducteur (maladies génitales, male et femelle stérilité), stimulation de la circulation sanguine), maladies respiratoires (toux), cancer, et maladies de peau	14	41,2	5	50	5	41,7	4	33,3

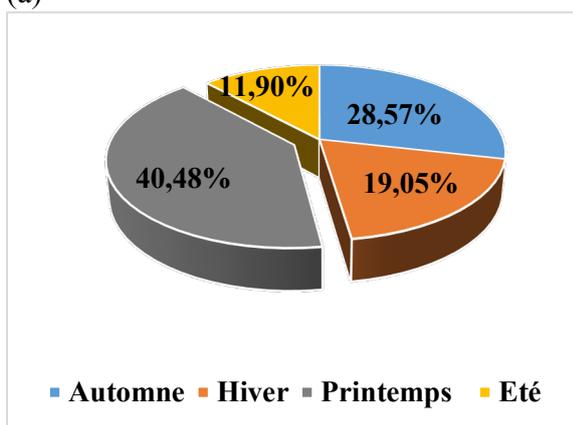
-:absence



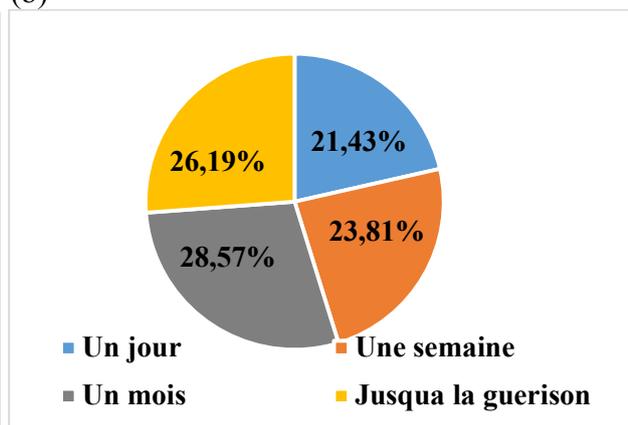
(a)



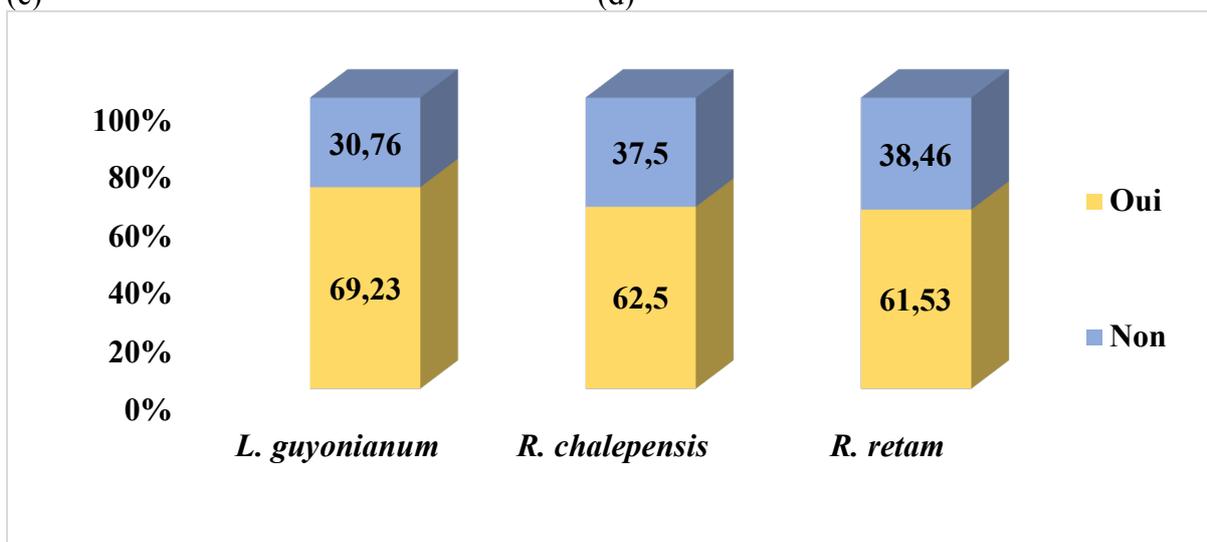
(b)



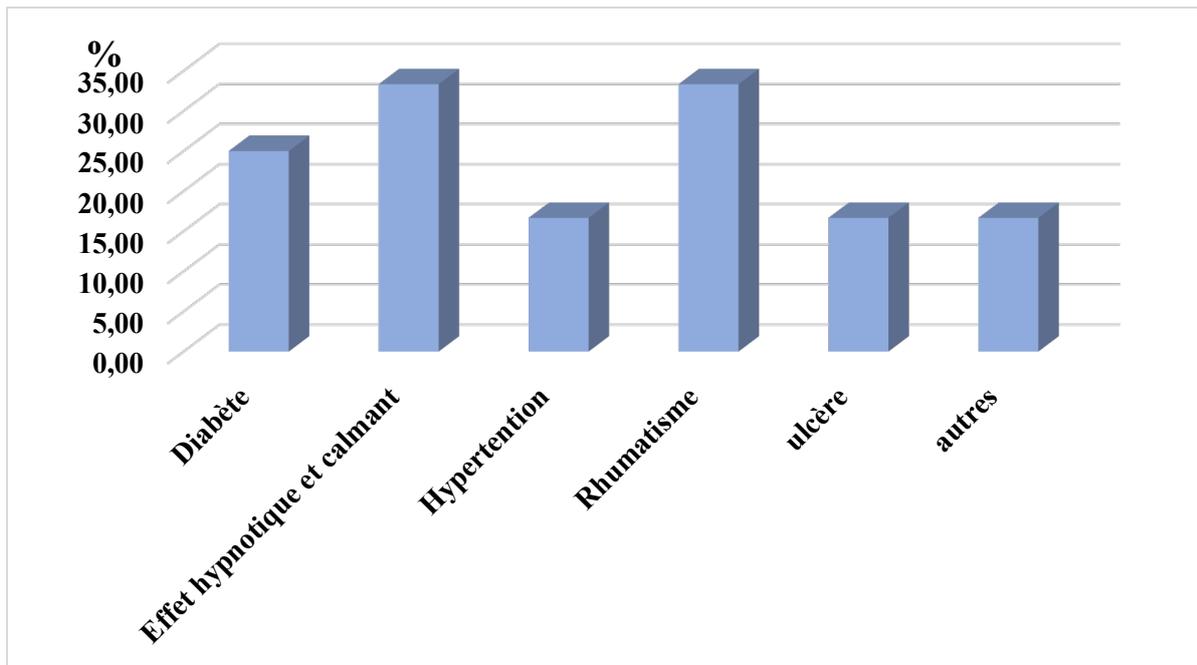
(c)



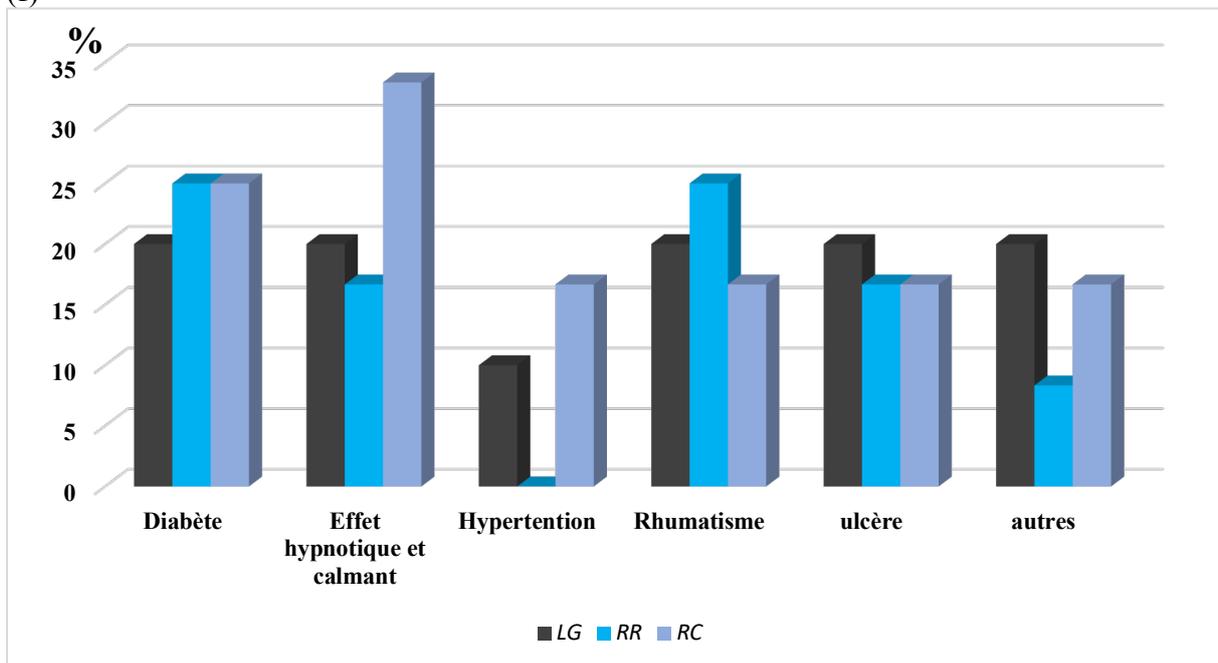
(d)



(e)



(f)



(g)

Figure 7. Répartition en pourcentages des différentes: parties utilisées (a) formes de préparation (b), périodes de récolte (c), durée de traitement (d) guérison ou non (e) maladies traitées de toutes les espèces et par chaque espèce (f, g).

II. Extraction et caractérisation phytochimique

II.2. Rendement d'extraction

II.2.1. Rendement d'extraction chez *R. raetem* et *R. chalepensis*

Le tableau 14 présente les résultats du rendements d'extraction de six extraits aqueux décoctés de trois plantes médicinales différentes récoltées de quatre régions différentes de

l'Algérie. L'analyse des rendements d'extraction des plantes étudiées révèle des variations significatives entre les échantillons provenant de différentes régions et espèces. Les rendements en composés extractibles par rapport au poids des parties de plantes séchées variaient de 8,1 à 31,1 % (p/p) pour les différents extraits aqueux testés. De plus, les rendements des extraits aqueux de *R. raetam* et de *R. chalepensis* de Mostaganem étaient trouvés plus élevés avec 31,7% et 23,7% que ceux de régions d'Aïn Sefra et Ghardaïa avec des rendements de 15,2 et 8,2 %. La valeur élevée de rendement des espèces récoltées à Mostaganem pourrait être dû à des conditions de croissance plus favorables dans cette région telles que la fertilité du sol et une meilleure disponibilité en eau et bonnes conditions climatiques. La différence de rendement pour une même espèce végétale provenant de deux régions distinctes, peut s'expliquer par l'influence des conditions environnementales, le climat, la température, le sol, l'altitude, sur la biosynthèse des métabolites secondaires dans les plantes (**Ramakrishna et Ravishankar, 2011; Rat et al., 2016; Ncube et al., 2018; Brahmi et al., 2022**). Ces facteurs peuvent affecter la production et la concentration de ces composés bioactifs dans les plantes (**Rat et al., 2016**). Aussi, ces plantes de Mostaganem donnent un meilleur rendement par rapport aux plantes désertiques, Cela est peut-être dû au climat de Mostaganem qui est un climat méditerranéen humide en comparant avec les autres différentes régions désertiques (Ghardaïa et Aïn Sefra) qui font partie de stage bioclimatique aride désertique. Également selon Ebrahimzadeh *et al.* (2008), la quantité de composés phénoliques dépend essentiellement : de leur origine, variété, saison de croissance, climat et conditions environnementales, emplacements géographiques, différentes maladies qui peuvent affecter la plante et maturité de la plante. La salinité des sols, qui est l'un des stress les plus sévères, pouvant limiter le rendement dans les régions désertiques (**Amdouni et Ben, 2016**). Selon une étude faite par Zohra *et al.* (2021), le rendement des feuilles de *R. chalepensis*, récoltées deux stations distinctes (Sidi-Bel-Abbès et Chlef), a été trouvé différent. Les résultats d'Al-Said *et al.* (1990) de l'extrait éthanolique des parties aériennes de *R. chalepensis*, ont donné un rendement de 3,75%, ce rendement est clairement beaucoup inférieur à celui obtenu dans notre étude, cela peut être en raison des caractéristiques de chaque espèce et de la région de récolte (sol, température). Ainsi, nos résultats sont considérés relativement plus élevés que ceux rapportés par Terkmane *et al.* (2018) avec un rendement de 9,3% pour l'extrait aqueux de même espèce prélevée de la région de Bejaia, Algérie ce que peut suggérer l'utilisation de cette plante comme source de composés bioactifs. Cependant, les extraits aqueux de *R. chalepensis* testés dans ce présent travail ont été montrés des valeurs de rendement supérieures à ceux rapportés par les extraits méthanolique de Merghache *et al.* (2009) (0,82%), Mejrri *et*

al., (2010) (5,51 %), Fakhfakh *et al.* (2012) (2,32 à 1,25 %) et Zohra *et al.* (2021) (12,4%). La différence de taux de rendement obtenue par rapport à notre résultats est due au préalable au solvant utilisé. À propos du rendement des parties aériennes du *R. raetama* collectées d'Oued Souf (Sud- East de l'Algérie)-East of Algeria Sahara), Chouikh et Alia (2021) ont signalé un rendement de l'extrait méthanolique macéré de 8,8 %. Ces résultats sont comparables avec ceux obtenus dans cette étude et cela peut être dû que localisation de ces régions dans la même station bioclimatique. De plus, le rendement obtenu par *R. raetam* n'était pas le même que celui obtenu par Hayet *et al.* (2008) qui ont rapporté un rendement très faible dans les extrait méthanolique, chloroformique et hexanique. Ceci n'est pas en accord avec notre résultat qui peut être dû aux différents solvants utilisés pour l'extraction des polyphénols ou aux facteurs environnementaux de la station de récolte (**Rat *et al.*, 2016; Rejab et Ksibi, 2019**).

II.2.1. Rendement d'extraction chez *L. guyonianum*

Effectivement; l'extraction des composés phénoliques est régie par plusieurs facteurs qui affectent directement les niveaux de ces molécules. Chez *L. guyonianum*, la différence entre les taux d'extraction obtenus avec les parties aériennes et ceux obtenus avec les racines est significative avec un rendement de 12,1 et 10,05 % respectivement. Le taux d'extraction dépend donc du type d'organe considéré (**Figure 8; Tableau 14**). D'ailleurs, plusieurs recherches scientifiques ont indiqué que le rendement et la bio-activité diffèrent d'une partie végétale à une autre (**Rached *et al.*, 2019; Cojocar *et al.*, 2020**). Ces résultats sont proches à ceux obtenus par Cheriti *et al.* (2007) sur les extraits aqueux des parties aériennes et des racines de *L. . guyonianum* prélevées de Bechar avec une moyenne de 12 et 10% pour respectivement. Le rendement d'extraction dépend du type d'organe considéré. Une étude similaire réalisée par Boudjelal *et al.* (2012) ont obtenu un rendement d'extraction pour *L. guyonianum* autour de 12 % ce qui est cohérent avec les résultats obtenus dans cette étude. La différence de rendements entre les extraits serait due à un certain nombre de facteurs tels que l'espèce végétale, l'organe utilisé dans l'extraction, les conditions de séchage, le contenu de chaque espèce en métabolites, la nature du solvant utilisé dans l'extraction la méthode d'extraction appliquée et le stage bioclimatique d'espèce récoltée (**Rat *et al.*, 2016; Zbadi *et al.*, 2018; Rejab et Ksibi, 2019**).

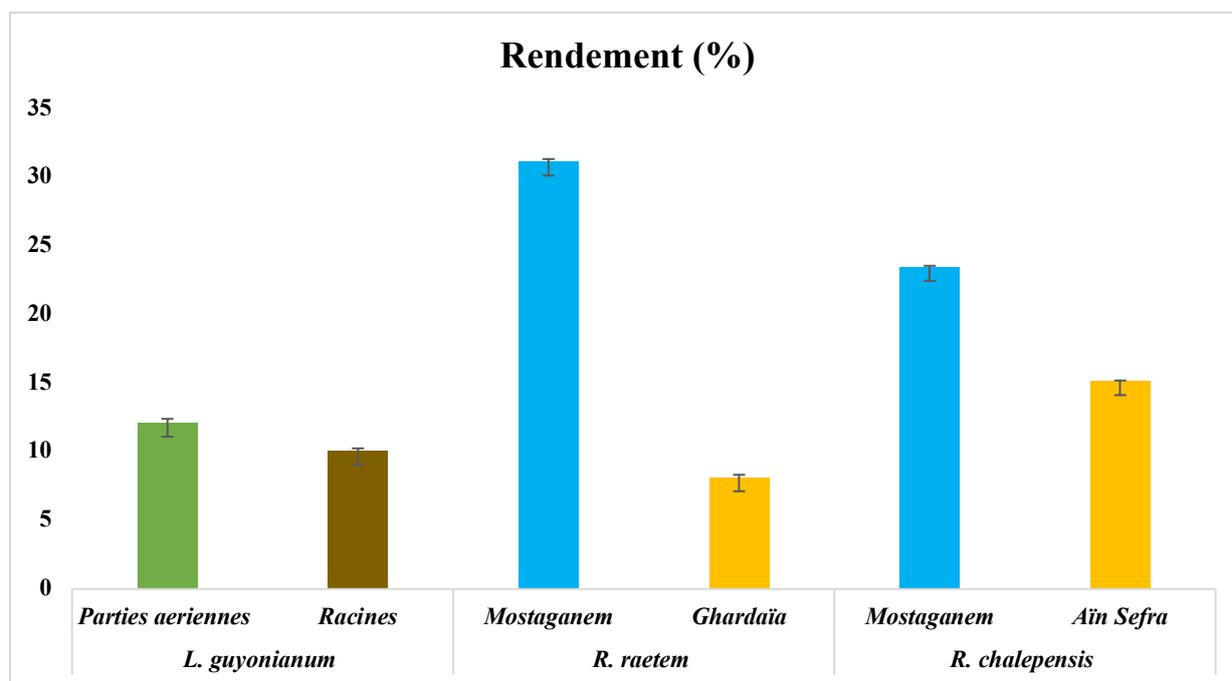


Figure 8. Rendement des extraits aqueux de différentes espèces végétales testées

III. Analyses phytochimiques

III.1. Dosage colorimétrique des composés phénoliques

III.1.1. Teneurs en polyphénols totaux et flavonoïdes totaux chez *L. guyonianum*

L'analyse phytochimique des extraits aqueux de trois plantes médicinales est une étape préliminaire, d'une grande importance, puisqu'elle révèle la présence des constituants bioactifs responsables des vertus thérapeutiques (Wang *et al.*, 2018). Dans le but de quantifier les différents composés présents dans les extraits végétaux testés (les parties aériennes et les racines de *L. guyonianum*, les parties aériennes de *R. raetam* et *R. chalepensis* collectées de deux régions à des stades bioclimatique différents), plusieurs dosages ont été réalisés. Tout d'abord, la teneur en polyphénols totaux a été déterminée afin d'évaluer la richesse globale en ces composés antioxydants suivie par les teneurs en flavonoïdes totaux. Les flavonoïdes constituent une classe importante de polyphénols présentant de nombreuses propriétés biologiques intéressantes. Ces dosages quantitatifs visaient ainsi à caractériser de manière approfondie la composition phénolique des différents extraits végétaux étudiés. Les résultats montrent que les teneurs en polyphénols totaux et des flavonoïdes totaux est plus abondante dans l'extrait aqueux des parties aériennes de *L. guyonianum* ont été estimées de $2,92 \pm 0,004$ mg EAG/g de MS et de $0,82 \pm 0,02$ mg EC/g de MS respectivement, par rapport à celles des racines avec un taux de polyphénols et des flavonoïdes de $2,33 \pm 0,02$ mg EAG/g et de $0,641 \pm 0,1$ mg EC /g de MS respectivement (Figure 9; Tableau 14). Ces résultats

concordent avec les précédents indiquant que la distribution des métabolites secondaires peut fluctuer entre les différents organes végétaux (Ksouri *et al.*, 2008; Zbadi et Moshti, 2018; Tanoh *et al.*, 2019). Plusieurs études menées sur la teneurs des polyphénols et flavonoïdes sur les parties aériennes extraites avec d'autres méthodes d'extraction telles que Belfar *et al.* (2015); Zerrouki *et al.* (2022) et Hadjadj *et al.* (2020) ont montrés la présence des polyphénols et des flavonoïdes sur l'extrait éther de pétrole et hydro-méthanol et ses fractions de la région d'El Oued, de M'Sila et d'Ouargla Algérie. D'après la recherche bibliographique, aucune étude a été faite sur les racines.

III.1.2. Teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes totaux chez *R. raetam* et *R. chalepensis*

La teneur en phénols et en flavonoïdes de *R. raetam* et *R. chalepensis* ont été influencées par le site de récolte (**Figure 9; Tableau 14**). La comparaison entre les deux provenances a montré que la teneur en phénols des parties aériennes de *R. raetam* de Ghardaïa était 1,3 fois plus élevée que celle de Mostaganem. Par contre, la teneur en composés phénoliques de parties aériennes de *R. chalepensis* était 5 fois de Aïn Sefra plus haute que celle de Mostaganem (**Tableau 14**). La même tendance a été observée pour la teneurs en flavonoïdes. Leurs valeurs en TFT étaient respectivement (Ghardaïa et Mostaganem) $2,137 \pm 0,06$ et $1,887 \pm 0,06$ mg EC/ mg de MS pour *R. raetam* et de $0,816 \pm 0,006$ et de $0,51 \pm 0,03$ mg EC/ mg de MS pour *R. chalepensis* (Aïn Sefra et Mostaganem respectivement). Ainsi, ces deux paramètres ont été stimulés chez les plantes poussant dans la zone aride (Aïn Sefra et Ghardaïa) par rapport à celles originaires de la zone humide (Mostaganem). Les conditions climatiques extrêmes en termes de salinité, de faibles précipitations et de rayonnement élevé, caractérisant les zones arides désertiques étudiées dans cette étude (Aïn Sefra et Ghardaïa), sont probablement liées à l'augmentation du teneurs en polyphénols et en flavonoïdes. Des études antérieures suggéraient que les stress abiotiques (salinité, luminosité, déficit hydrique, etc.) largement présents dans la zone aride pourraient améliorer la synthèse de composés phénoliques en réponse au stress oxydatif généré par la formation d'espèces réactives de l'oxygène dans ces environnements hostiles (Ksouri *et al.*, 2008; Ksouri *et al.*, 2011). Saadaoui *et al.* (2007) ont montrés que l'extrait hydrohythanol de feuilles de *R. raetam* d'une région aride désertique de la Tunisie présentés une valeur en polyphénols inférieure en comparant avec nos extraits. Ils ont également montrés que les feuilles de *R. chalespensis* dans la même région de Tunisie possédant un inférieur à celui de nos extraits. De même, Ghazghazi *et al.* (2013) ont indiqués que l'extrait méthanolique des

feuilles de *R. chalepensis* possédant des niveau des composés phénoliques et des flavonoïdes inférieurs à ceux des extraits testés. La teneur en polyphénols et flavonoïdes des *R. raetam* et *R. chalepensis* de Mostaganem a été effectuée pour la première fois.

Tableau 14. Teneurs en polyphénols totaux (TPT), en flavonoïdes totaux (TFT) et rendement d'extraction des extraits aqueux de trois plantes étudiées.

Plante	Partie/Région	TPT (mg EAG/g MS)	TFT (mg EC/g MS)	Rendement (%)
<i>L. guyonianum</i>	Parties aériennes	2,92 ± 0,004 ^a	0,82 ± 0,02 ^a	12,1 ± 0,1 ^a
	Racines	2,33 ± 0,02 ^a	0,641 ± 0,1 ^b	10,05 ± 0,07 ^b
<i>R. raetam</i>	Mostaganem	24,45 ± 0,2 ^b	1,887 ± 0,06 ^b	31,12 ± 0,2 ^a
	Ghardaïa	32,82 ± 0,9 ^a	2,137 ± 0,06 ^a	8,12 ± 0,2 ^b
<i>R. chalepensis</i>	Mostaganem	3,42 ± 0,02 ^b	0,51 ± 0,03 ^b	23,45 ± 0,3 ^a
	Aïn Sefra	17,44 ± 0,3 ^a	0,816 ± 0,006 ^a	15,12 ± 0,2 ^b

Les valeurs des teneurs en polyphénols totaux, flavonoïdes totaux et en tanins condensés et hydrolysables sont exprimées en mg équivalent d'un standard par g de matière sèche (moyenne ± SD). Les valeurs de rendement sont exprimées en %(moyenne ± SD). Les différentes lettres signifient des différences significatives des TPT et TFT entre les différents parties/ régions selon les extraits de plantes testées (p <0.001). Les différentes lettres signifient des différences de rendement très significatives entre les extraits aqueux des plantes prélevées de deux régions différents et entre les extraits aqueux de deux parties testées de *L. guyonianum* ((p <0.01).

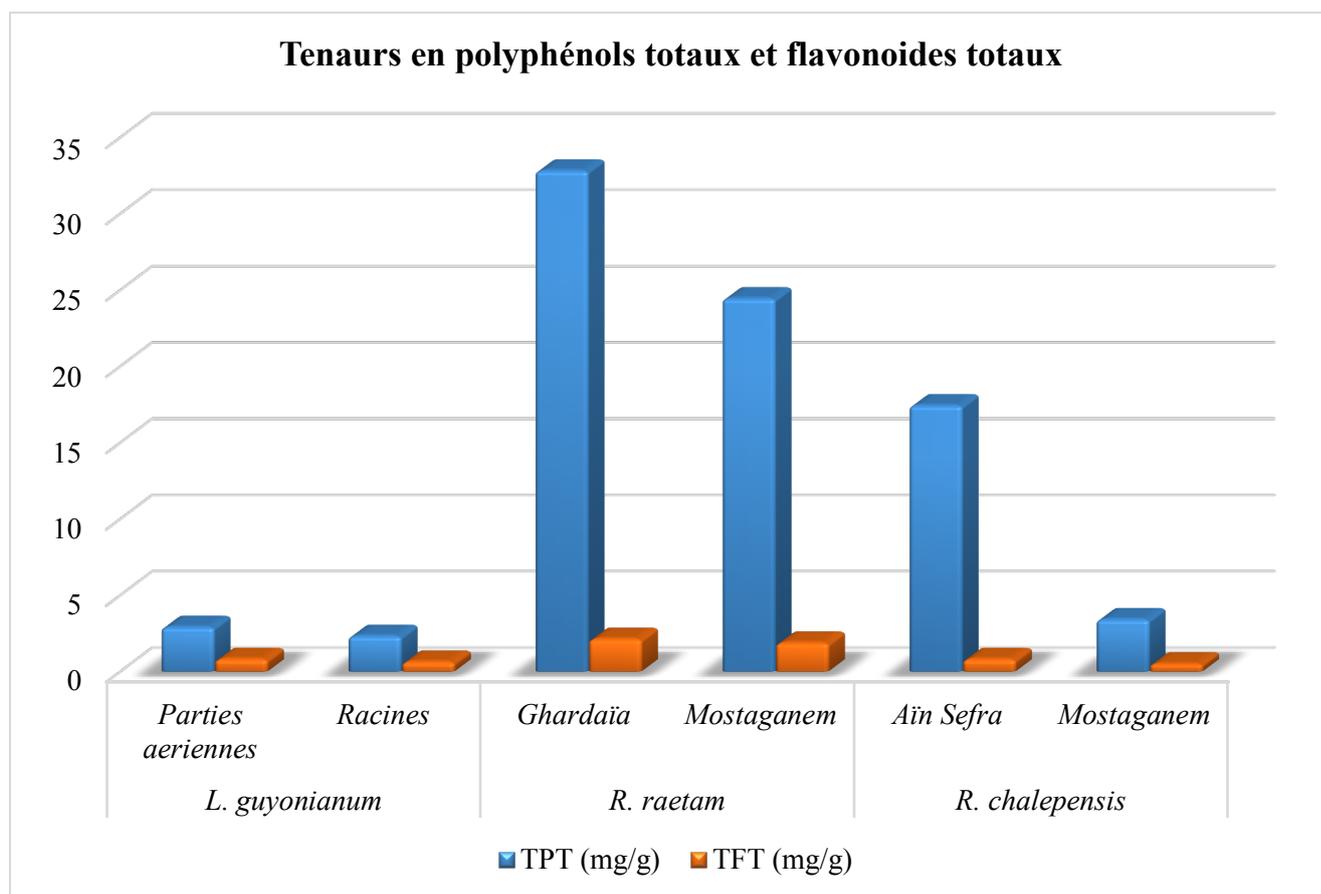


Figure 9. Teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes totaux des extraits aqueux de trois plantes étudiées.

III.2. Screening phytochimique

La mise en évidence des différentes classes des métabolites secondaires constituant une plante, nous permet d'obtenir une première estimation des constituants des extraits, fournissant ainsi des données préliminaires. Pour cela nous avons réalisé les tests phytochimiques sur les trois espèces étudiées. Ces tests sont en relation avec l'intensité du précipité et de turbidité ou la coloration est proportionnelle à la quantité de la substance recherchée. Les principaux groupes phytochimiques détectés par ce screening préliminaire sont les alcaloïdes, les glucosides, les huiles essentielles, les polyphénols (flavonoïdes, coumarines, quinones libre et tannins), les terpénoïdes et les saponines. Les résultats montrent une variation significative dans la composition chimique des plantes en fonction de la région (Mostaganem vs désert) et de la partie de la plante étudiée (**Tableau 15**). En comparant les différentes espèces on remarque que l'extrait de *R. chalepensis* d'Aïn Sefra a une quantité importante en toutes les classes chimiques alors que seuls les tannins sont présents des quantités très faibles. Les parties aériennes de *R. chalepensis* de Mostaganem possède des quantités moyennes de toutes les classes phytochimiques testées sauf les alcaloïdes et les

tannins. La présence des quantités importantes des composés bioactifs dans les parties aériennes de *R. chalepensis* d'Ain Sefra pourrait être dû aux conditions de stress environnemental des régions désertiques favorisant la synthèse de métabolites secondaires pour la survie de la plante. Pour l'extrait de *R. raetam* du Ghardaïa a montré une réponse chimique adaptée aux conditions arides, avec une forte présence de tanins. Les conditions environnementales du désert semblent favoriser une plus grande concentration de métabolites secondaires dans certaines plantes, probablement en réponse au stress. Les parties aériennes de *L. guyonianum* possèdent toutes les substances des quantités faibles à moyennes. Par contre les racines contiennent que les saponines et les terpénoïdes avec des quantités faibles, ce qui pourrait limiter leur utilisation médicinale comparée aux parties aériennes. De façon générale, les familles chimiques détectées dans notre étude viennent confirmer les travaux de Babu-Kasimala *et al.* (2014), Daoudi *et al.* (2016), Acheuk *et al.* (2017) et Hammouche-Mokrane *et al.* (2017), Hadjadj *et al.* (2020). Le test avec le réactif de Mayer révèle la présence des alcaloïdes chez *R. chalepensis* de deux régions, *R. raetam* de Mostaganem et les parties aériennes de *L. guyonianum* ce qui explique la toxicité de ces parties rapportée par Acheuk *et al.* (2017), Benkhaled *et al.* (2020) et Muthuramu *et al.* (2020). Aussi, la présence des alcaloïdes pourrait impliquer des activités biologiques intéressantes, notamment antiproliférative, anti-inflammatoire et antimicrobienne (**Hammiche et Azzouz, 2013; Hammouche-Mokrane et al., 2017**). Par ailleurs, *R. chalepensis* de deux régions sont plus riches en flavonoïdes, terpénoïdes, hétérosides, des huiles essentielles, et des saponines. Aussi, Cette richesse en principes actifs confirme la large utilisation de la rue en pharmacopée traditionnelle Algérienne.

Tableau 15. Résultats des tests phytochimiques de coloration des extraits des plantes étudiées.

Phytoconstituant	<i>L. guyonianum</i>		<i>R. raetam</i>		<i>R. chalepensis</i>	
	Parties aériennes	Racines	Mostaganem	Ghardaïa	Mostaganem	Aïn Sefra
Alcaloïdes	++	-	+	-	+	+++
Coumarines	+	-	++	++	++	+++
Flavonoïdes	+	-	+	+	++	+++
Glucosides cardiotoniques	+	-	+	+	++	+++
Huiles essentielles	++	-	+	+	++	+++
Quinones libres	+	-	+	+	++	+++
Saponines	+	+	-	-	++	+++
Tannins	+	-	++	+++	+	+
Terpénoïdes	+	+	-	-	++	+++

(+) : Présence faible; (++) : Présence moyenne; (+++) : Présence forte; (-) : Absence.

IV. Détermination de l'activité antioxydante

De nombreuses études ont démontré que la capacité antioxydante des aliments, des plantes médicinales et des fruits provient d'un mélange complexe de différents composés antioxydants agissant par des mécanismes d'action variés, y compris des effets synergiques (Prior *et al.*, 2005; Craft *et al.*, 2012). Pour évaluer de manière complète le potentiel antioxydant in vitro de ces matrices végétales, il est recommandé d'utiliser une combinaison de plusieurs méthodes d'analyse complémentaires (Shahidi et Ambigaipalan, 2015; Apak *et al.*, 2016). En effet, chaque test individuel ne couvre qu'un aspect particulier des propriétés antioxydantes et peut donc conduire à une sous-estimation ou une surestimation de la capacité antioxydante réelle (Pisoschi et Negulescu, 2011; López-Alarcón et Denicola, 2013). Dans la présente étude, la capacité anti-radicalaire totale a été mesurée par le test ABTS, DPPH et FRAP (Tableau, Figure). Dans cette étude, les activités antioxydantes des extraits aqueux de *Retama raetam* (provenances de Mostaganem et Ghardaïa), *Ruta chalepensis* (Mostaganem et Aïn Sefra) et *Limoniastrum guyonianum* (parties aériennes et racines) ont été estimées par le test ABTS, DPPH et FRAP. Leurs capacités à piéger les radicaux libres ont été comparées à celles de standards antioxydants reconnus comme l'acide ascorbique, la catéchine et le Trolox, couramment utilisés comme contrôles positifs. Les résultats de l'activité antioxydante sont généralement exprimés par la valeur de la concentration inhibitrice médiane (IC₅₀), qui représente la concentration d'un composé requise pour inhiber 50% de l'activité d'un oxydant ou d'un radical libre (Paradis *et al.*, 2011; Sánchez-Moreno *et al.*, 2002; Tableau 16). Une faible valeur de IC₅₀ traduit une forte capacité antioxydante (Locatelli *et al.*, 2009; Mishra *et al.*, 2012). Le tableau présente les valeurs de IC₅₀ obtenues pour les différents extraits bruts et standards antioxydants testés. la différence entre IC₅₀ des extraits testés est statistiquement très significative (P > 0.001).

IV.1. Détermination de l'activité antioxydante chez *L. guyonianum*

Les parties aériennes de *L. guyonianum* montrent une activité antioxydante plus élevée que celle dans ses racines pour le test ABTS, DPPH et FRAP et avec des valeurs d'IC₅₀ de 805,3 ± 0,001; 23,05 ± 0,004 et 1361 ± 0,03 µg/mL respectivement (Tableau 16; Figure 10). Cela pourrait s'expliquer par une plus grande concentration de composés phénoliques et flavonoïdes dans les parties aériennes, qui sont généralement responsables de l'activité antioxydante. La différence de répartition de l'activité entre les parties aériennes et les parties souterraines est souvent observée dans plusieurs études établies sur les plantes, où les feuilles et les tiges, étant plus exposées aux stress environnementaux comme la lumière et les

herbivores, accumulent des composés antioxydants plus efficaces que les racines. La plupart des études sur l'activité antioxydante des parties aériennes de *L. guyonuanum* se limitaient aux huiles essentielles. Nos résultats sont en concordance avec ceux des différentes études précédentes réalisées par Belfar *et al.* (2015); Hadjadj *et al.* (2020) et Zerrouki *et al.* (2022) sur l'extrait éther de pétrole et hydro-méthanol et ses fractions de la région d'El Oued, d'Ouargla et de M'Sila, Algérie. Les activités antioxydantes significatives des extraits de parties aériennes et de racines de *L. guyonuanum* pour réduire le radical ABTS et DPPH et réduire et chélater le Fe^{3+} sont confirmées par de nombreuses recherches qui attribuent des capacités antioxydantes à la richesse de cet halophyte en polyphénols et flavonoïdes qui varie considérablement selon les organes végétaux (Trabelsi *et al.*, 2013 ; Débouba *et al.*, 2013 ; Bouzidi *et al.*, 2016; Amel *et al.*, 2022). Plusieurs études antérieures ont prouvé l'existence d'une corrélation entre les composants polyphénoliques et l'activité antioxydante des extraits de plantes (Hadjadj *et al.*, 2020).

IV.2. Détermination de l'activité antioxydante chez *R. raetam* et *R. chalepensis*

Les activités antioxydantes de trois méthodes testées ont montré que leurs valeurs d'IC₅₀ de *R. chalepensis* étaient significativement plus faibles ($183,8 \pm 0,002$; $19,8 \pm 0,001$ et $363,8 \pm 0,001$ µg/mL, pour respectivement le test ABTS, DPPH et FRAP) indiquant une meilleure activité en provenance d'Aïn Sefra qu'en provenance de Mostaganem. De même, *R. raetam* de Ghardaïa a montré une activité plus élevée à celle de Mostaganem avec des valeurs d'IC₅₀ de $371,5 \pm 0,001$; $414,5 \pm 0,01$ et $690,4 \pm 0,02$ µg/mL pour le test d'ABTS, DPPH et FRAP respectivement (Tableau 16; Figure 10). Cette différence pourrait s'expliquer par les conditions environnementales distinctes entre les deux régions, qui peuvent influencer la composition chimique des plantes et, par conséquent, leur activité antioxydante. Il est connu que les plantes désertiques développent souvent des mécanismes de défense plus robustes contre le stress oxydatif, ce qui pourrait justifier cette capacité antioxydante plus élevée. Ces résultats sont cohérents avec d'autres études, Amessis-Ouchemoukh *et al.* (2014) ont rapporté que l'extrait méthanolique des parties aériennes de *R. raetam* récoltées dans la région de Bousaâda (Algérie) présentait une activité antioxydante élevée avec une IC₅₀ de 13,86 µg/mL (Test de DPPH). De même, Benaïssa *et al.* (2020) ont constaté que l'extrait méthanolique des feuilles de *R. raetam* de la région de Naâma (Algérie) avait une forte capacité antioxydante avec une IC₅₀ de 21,64 µg/mL pour le test de DPPH. En revanche, d'autres études ont montré des résultats différents, telles que Khaled-Khodja *et al.* (2014) ont trouvé que l'extrait méthanolique des parties aériennes de *R. raetam* de la région d'Ouargla (Algérie) avait une

activité antioxydante modérée avec une IC_{50} de 97,2 $\mu\text{g/mL}$ (DPPH). De plus, Boukhris *et al.* (2013) ont rapporté que l'extrait aqueux des parties aériennes de *R. chalepensis* de la région de Sfax (Tunisie) avait une faible activité antioxydante avec une IC_{50} de 365 $\mu\text{g/mL}$ pour le test de DPPH. Plusieurs investigations sur l'activité antioxydante de différentes méthodes ABTS, DPPH, FRAP et autre ont été réalisées sur les différents extraits de *R. chalepensis* et *R. raetam* sauf l'extrait aqueux (Saadaoui *et al.*, 2007; Ghazghazi *et al.*, 2013; Mariem *et al.*, 2014; Amdouni et Ben, 2016; Ouerghemmi *et al.*, 2017; Bekkar *et al.*, 2021; Zohra *et al.*, 2021). Ces différences peuvent être attribuées à plusieurs facteurs, tels que les conditions environnementales, le stade de croissance des plantes, les méthodes d'extraction et les solvants utilisés. De même, les études de Zohra *et al.* (2021), qui ont été réalisées sur l'extrait méthanolique de feuilles de *R. chalepensis* provenant de deux provenances différentes, ont révélé que le potentiel antioxydant était assez différent entre les deux régions étudiées. De ce fait, L'activité antioxydante dépend de la concentration d'extrait, la méthode d'évaluation, la sensibilité de l'antioxydant à la température d'essai, le caractère hydrosoluble ou liposoluble de l'antioxydant, la région de récolte et la partie de plante (Kadri, 2011; Pukalskas, 2012; Zohra *et al.*, 2021).

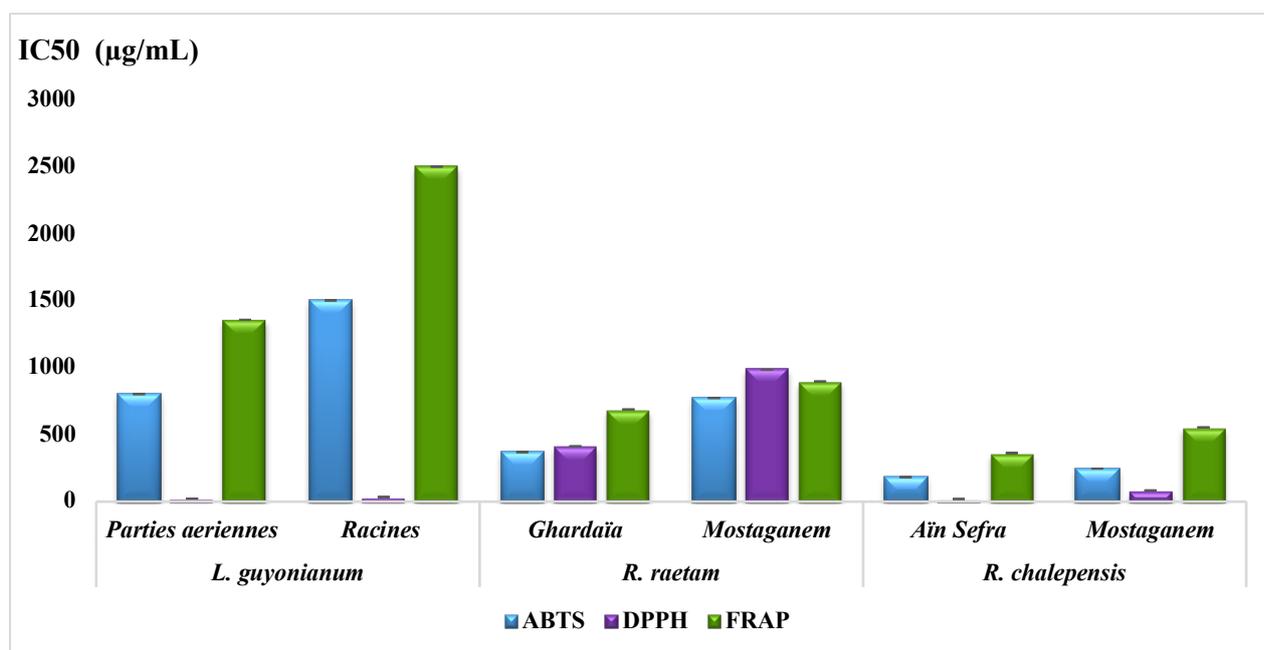


Figure 10. Activité antioxydante des extraits aqueux de trois plantes étudiées mesurée par le test ABTS, DPPH et FRAP.

Tableau 16. Activité antioxydante des extraits aqueux de trois plantes étudiées mesurée par trois méthodes différentes.

Activité antioxydante (valeurs d'IC ₅₀ en µg/mL)	<i>L. guyonianum</i>		<i>R. raetam</i>		<i>R. chalepensis</i>		Acide* ascorbiqu e	Catéchine*	Trolox*
	Parties aériennes	Racines	Mostaganem	Ghardaïa	Mostaganem	Aïn Sefra			
Test d'ABTS	805,3 ± 0,001 ^b	1506,1 ± 0,001 ^a	776,1 ± 0,001 ^b	371,5 ± 0,001 ^a	247,7 ± 0,01 ^b	183,8 ± 0,002 ^a	n.d	n.d	2,6 ± 0,1
Test de DPPH	23,05 ± 0,004 ^a	34,9 ± 0,004 ^b	987,05 ± 0,006 ^b	414,5 ± 0,01 ^a	85,04 ± 0,004 ^b	19,8 ± 0,001 ^a	0,4 ± 0,02	1,05 ± 0,01	2,7 ± 0,04
Test de FRAP	1361 ± 0,03 ^a	2506,6 ± 0,01 ^b	899,6 ± 0,002 ^a	690,4 ± 0,02 ^b	556,05 ± 0,01 ^b	363,8 ± 0,001 ^a	0,3 ± 0,01	2,9 ± 0,4	3,3 ± 0,01

* Acide ascorbique, catéchine et trolox sont des substances de référence utilisées comme des témoins positifs pour l'activité antioxydante qui a été exprimée sous la forme de valeurs IC₅₀ (moyenne ± SD), ce qui signifie que plus cette valeur est faible, plus le pouvoir antioxydant est fort. IC₅₀: la concentration d'extrait correspondant à 50% de l'activité antioxydante ou à 0.5 de l'absorbance dans le test du pouvoir réducteur. Les différentes lettres signifient des différences hautement significatives entre les deux parties et deux régions de même espèce étudiée (p <0.001).

V. Détermination de l'activité antimicrobienne des extraits

Les plantes médicinales font désormais partie de la médecine alternative dans le monde entier en raison de leurs bienfaits potentiels pour la santé et qui peuvent être consommées ou utilisées directement pour traiter les infections (Al-Ghamdi *et al.*, 2020). L'activité biologique de plantes dépend de nombreux facteurs, tels que la partie de la plante, l'origine géographique, les conditions du sol, la période de récolte, l'humidité et les méthodes post-récolte (Gloria-Garza *et al.*, 2013; Al-Ghamdi *et al.*, 2020). Les résultats de l'activité antimicrobienne ont démontré que tous les extraits testés possèdent des activités différentes contre les cinq souches testés (Tableau 17).

V.1. Détermination de l'activité antimicrobienne chez *L. gyonuanum*

Les résultats ont montré que les extraits des parties aériennes et des racines présentaient des effets antibactériens différents contre les souches microbiennes testées avec un diamètre (Φ) de 06,5 contre *S. symbiotica* et 13,3 contre *S. enterica*. Le pouvoir antibactérien peut également être dû à la présence de polyphénols. Une étude a montré que la présence de certains composés phénoliques tels que les dérivés de l'acide benzoïque peut expliquer que les extraits de *L. gyonianum* aient empêché la croissance visible de toutes les bactéries testées (Hammami *et al.*, 2011; Tableau 17). Pour cela, *L. gyonianum* a été considéré comme un conservateur naturel contre les micro-organismes ce qui peut expliquer l'utilisation de cet halophyte en médecine traditionnelle comme anti-dysentérique contre les maladies infectieuses et les parasites qui provoquent des diarrhées douloureuses et sanglantes (Chaieb et Boukhris, 1998). Une différence significative a été démontrés entre les parties aériennes et les racines.

V.2. Détermination de l'activité antimicrobienne chez *R. raetam* et *R. chalepensis*

Les parties aériennes de *R. chalepensis* et *R. raetam* de deux régions ont été testées pour leur activité antimicrobienne en utilisant la méthode de diffusion sur disque de gélose. Les résultats rapportés dans le tableau 17 ont montré que l'extrait aqueux de *R. chalepensis* d'Aïn Sefra démontrait une bonne activité antibactérienne contre toutes les souches testées avec des zones d'inhibition entre $09,6 \pm 0,3$ pour *S. ficaria* et $19,2 \pm 0,3$ mm pour *E. coli*, tandis que les extraits de *R. raetam* et *R. chalepensis* de Mostaganem ont montrés une activité inférieure à celle des extraits des plantes désertiques. Contrairement à nos résultats Daoudi *et al.* (2016) et Al-Ghamdi *et al.* (2020) n'ont montré aucune activité contre *E. coli*. Et *C. albicans* testés par des extraits éthanoliques bruts de *R. chalepensis*. Pour *R. raetam*, des résultats comparables ont été démontrés sur différentes fractions de l'extrait méthanolique de *R. raetam* de la Tunisie. Ces fractions contenant des flavonoïdes, notamment des isoflavones,

montraient cette activité antibactérienne significative (**Ksouri et al., 2021**). Plusieurs études ont été établies sur l'activité antimicrobienne sur les feuilles, tiges ou fleurs de *R. chalepensis* ou *R. raetam* ont montrés une activité inférieure à celle de nos extraits contre *E. coli* ou *C. albicans* (**Ouerghemm et al., 2017; Alemayehu et al., 2019; Bouterfas et al., 2021**). D'un autre côté, l'efficacité de ces extraits contre les bactéries pourrait être en partie due à leur composition phénolique. En fait, plusieurs études ont attribué l'effet inhibiteur des extraits de plantes contre les bactéries pathogènes à leurs composés phénoliques (**Baydar et al., 2004; Ouerghemmi et al., 2017**). L'effet inhibiteur des composés phénoliques pourrait s'expliquer par l'adsorption sur les membranes cellulaires, l'interaction avec les enzymes, le substrat et la privation d'ions métalliques (**Scalbert, 1991**). De plus, la comparaison de la capacité antibactérienne entre les différentes régions de récolte de *R. raetam* et *R. chalepensis* a révélé que l'activité dépendait de la souche et de l'origine. Ces plantes possèdent des teneurs phénoliques similaires ; par conséquent, les différences dans l'activité antibactérienne pourraient être dues à la présence de composés antibactériens spécifiques, en plus des composés phénoliques. Aucune étude a été effectuée sur les extraits aqueux testés dans cette étude. Ces extraits de plantes pourraient être une source potentielle de molécules bioactives naturelles qui pourraient remplacer les antioxydants synthétiques et fonctionner comme une source d'agents antibactériens dans l'industrie alimentaire et peuvent servir comme antibiotiques.

Tableau 17. Activité antimicrobienne (zones d'inhibition) des six extraits aqueux appartenant de trois plantes étudiées contre cinq souches pathogènes déterminée par la méthode de diffusion sur un disque de gélose.

Diamètre de la zone d'inhibition (ZI=mm ± SD)	<i>L. guyonianum</i>		<i>R. raetam</i>		<i>R. chalepensis</i>		*Gentamicine
Souche microbienne	Parties aériennes	Racines	Mostaganem	Ghardaïa	Mostaganem	Aïn Sefra	
Gram-negative							
<i>Eschericia coli</i>	10,6 ± 0,4	09,5 ± 0,4	10,2 ± 0,3	11,4 ± 0,4	17,8 ± 0,3	19,2 ± 0,3	23
<i>Salmonella enterica</i>	13,3 ± 0,3	11,6 ± 0,5	10,6 ± 0,3	12,2 ± 0,9	11,5 ± 0,4	12,6 ± 0,5	24
<i>Serratia ficaria</i>	08,5 ± 0,5	07,2 ± 0,3	08,2 ± 0,2	09,3 ± 0,3	08,6 ± 0,3	09,6 ± 0,3	16
<i>Serratia symbiotica</i>	07,6 ± 0,6	06,5 ± 0,4	07,0 ± 0,5	08,4 ± 0,5	9,2 ± 0,2	10,4 ± 0,5	13
Levures							
<i>Candida albicans</i>	13,3 ± 0,2	11,3 ± 0,4	08,2 ± 0,2	09,5 ± 0,5	09,9 ± 0,8	11,8 ± 0,8	00

*Gentamicine est une référence (antibiotique) utilisée comme un témoin positif pour l'activité antimicrobienne qui a été exprimée sous la forme de valeurs de zones d'inhibition (moyenne ± SD). Les données sont présentées sous forme de moyenne ± écart type (SD) (n = 3). Les moyennes dans chaque ligne portant des exposants similaires ne sont pas significativement différentes (P>0.05). La concentration utilisée de chaque extrait est de 50 mg/mL, la zone d'inhibition calculée par le diamètre de autour du disque (mm). IZ : zone d'inhibition. Le diamètre du disque était de 6 mm. Aucune activité antimicrobienne (-), Zone d'inhibition faible (Φ =ZI=6 mm), Activité antimicrobienne modérée (ZI est de 7 à 14 mm), haute activité antimicrobienne (ZI de 14 à 19 mm). Forte activité antibactérienne (ZI est Plus de 19 mm).

**CONCLUSIONS
ET
PERSPECTIVES**

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Le travail entrepris a pour objectif de valoriser trois plantes médicinales largement utilisées dans la médecine traditionnelle algérienne et maghrébine. Les espèces choisies pour cette étude sont: *Limoniastrum guyonianum*, *Retama raetam* et *Ruta chalepensis* récoltées de différentes régions de l'Algérie y compris la wilaya de Mostaganem. L'étude ethnobotanique, phytochimique et les activités biologiques de ces trois plantes médicinales algériennes ont permis d'obtenir des résultats significatifs sur leurs usages traditionnels, leur composition chimique et leur potentiel thérapeutique aussi bien antioxydant que antimicrobien. Les résultats des études expérimentales nous ont permis de mieux connaître le profil phytochimique et la capacité antioxydante de ces espèces.

L'enquête ethnobotanique menée auprès de 42 personnes a révélé:

- une utilisation notable de ces plantes par les habitants de Mostaganem, avec une prédominance des femmes (64,71%).
- Les connaissances sur l'utilisation de ces plantes sont principalement transmises de manière familiale (64,71%).
- Les plantes sont principalement utilisées pour traiter le diabète, les maladies cardiovasculaires, et divers troubles digestifs.
- Les maladies les plus fréquemment traitées par ces plantes figurent le diabète et les troubles nerveux qui occupent la première place avec un taux de 38,53%, suivies des affections digestives (23,5%), la rhumatisme (20,6), et enfin des troubles digestives.
- L'infusion aqueuse (33,3%) et le cataplasme sont les modes de préparation les plus utilisés, constituent l'essentiel de la préparation des médicaments à base de plantes en phytothérapie traditionnelle.
- Les résultats obtenus ont montré également que les parties aériennes sont les parties les plus utilisées (54,8 %).

Le screening phytochimique, en tant qu'analyse qualitative, mis en évidence la richesse de ces espèces en métabolites secondaires avec les profils suivants:

- une prédominance importante des alcaloïdes, des coumarines, des flavonoïdes, des glycosides cardiotoniques, des huiles essentielles, des quinones libres, des saponines et des terpénoïdes dans les parties aériennes de *R. chalepensis* de Aïn Sefra.
- une présence faible à moyenne de ces composés, sauf les alcaloïdes, les saponines et les terpénoïdes, dans l'extrait aqueux de *R. raetam* de Ghardaïa.
- la présence faible à moyennes de tous les composés analysés par les tests de coloration sur l'extrait aqueux des parties aériennes de *L. guyonianum*

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

L'analyse quantitative des extraits des plantes est représentée par le dosage colorimétrique des polyphénols et des flavonoïdes ont montrés que:

- les extraits bruts de *R. raetam* de deux régions ainsi l'extrait aqueux de *R. chalepensis* d'Aïn Sefra sont les plus riches en métabolites dosés avec des teneurs considérables.

-Tandis que l'extrait aqueux des racines de *L. guyonianum* présente les teneurs les plus faibles.

En outre, une détermination de la capacité antioxydante des extraits bruts de ces espèces par trois tests différents, a démontré que:

-les parties aériennes de *R. chalepensis* d'Aïn Sefra et *R. raetam* de Ghardaïa exhibent une activité antioxydant mieux que ceux des espèces de Mostaganem

- ainsi les parties aériennes de *L. guyonianum* indiquent un pouvoir antioxydant intéressant en comparant avec ses racines.

Les activités antimicrobiennes des extraits contre cinq souches bactériennes et fongiques ont montré un potentiel thérapeutique prometteur, bien que des variations existent entre les extraits de différentes régions et différentes parties utilisées de plantes. Les extraits de *R. chalepensis*, notamment ceux provenant d'Aïn Sefra, ont montré une activité antimicrobienne considérables. Ces propriétés antioxydantes peuvent être attribuées à la richesse en composés phénoliques de ces plantes.

En conclusion, cette étude a permis de valoriser les connaissances ethnobotaniques traditionnelles et de mettre en évidence le potentiel thérapeutique de ces trois plantes médicinales algériennes, en particulier les parties aériennes de *Ruta chalepensis* d'Aïn Sefra. Des investigations plus approfondies sur l'isolement et l'identification des composés bioactifs responsables des activités observées seraient pertinentes pour développer de nouveaux produits naturels qui pourraient être des sources précieuses d'antioxydants naturels utiles dans les industries médicales et alimentaires.

Référence Bibliographique

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Acheuk, F., Belaid, M., Lakhdari, W., Abdellaoui, K., Dehliz, A., Mokrane, K. (2017). Repellency and toxicity of the crude ethanolic extract of *Limoniastrum guyonianum* against *Tribolium castaneum*. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 12: 71-82.
- Alara, O.R., Abdurahman, N.H., Ukaegbu, C.I. (2021). Extraction of phenolic compounds: A review. *Current research in food science*, 4, 200-214.
- AICR (2022). Recommendations pour la prévention du cancer. Disponible sur <https://www.aicr.org/cancer-prevention/recommendations/>
- Al-Ghamdi, A.Y., Fadlelmula, A.A., Abdalla, M.O. (2020). Total phenolic content, antioxidant and antimicrobial activity of *Ruta chalepensis* L. leaf Extract in Al-Baha area, Saudi Arabia. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 13(6): 675-680.
- Al-Said, M.S., Tariq, M., Al-Yahya, M. A., Rafatullah, S., Ginnawi, O.T., Ageel, A.M. (1990). Studies on *Ruta chalepensis*, an ancient medicinal herb still used in traditional medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 28(3): 305-312.
- Álvarez-Martínez, F.J., Barrajón-Catalán, E., Micol, V. (2020). Tackling antibiotic resistance with compounds of natural origin. A comprehensive review. *Biomedicines*, 8(10): 405.
- Amdouni, T., Ben, A. (2016). Phenolic compounds and antioxidant activities of the medicinal plant *Ruta chalepensis* L. grown under saline conditions. *Agrochimica: International Journal of Plant Chemistry, Soil Science and Plant Nutrition of the University of Pisa*: 60, 1: 43-58.
- Amel, B., Leila, B., Abderrezzak, K., Nidhal, S., Gianluca, G., Nesrine, Z., et Noureddine, H. A. (2022). Chemical composition, biological activities and nutritive values of volatile fractions of Tunisian *Limoniastrum guyonianum* Durieu ex Boiss. *Journal of Food Science and Technology*, 59(4): 1532-1544.
- Anand, U., Jacobo-Herrera, N., Altemimi, A., Lakhssassi, N. (2019). A comprehensive review on medicinal plants as antimicrobial therapeutics: potential avenues of biocompatible drug discovery. *Metabolites*, 9 (11): 258.
- Apak, R., Calokerinos, A., Gorinstein, S., Segundo, M. A., Hibbert, D. B., Gülçin, İ., Arancibia-Avila, P. (2022). Methods to evaluate the scavenging activity of antioxidants toward reactive oxygen and nitrogen species (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, 94(1), 87-144.
- Aziz, M.A., Diab, A.S., Mohammed, A.A. (2019). Antioxidant categories and mode of action. *Antioxidants*, 2019: 3-22.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Baaloudj, O., Assadi, I., Nasrallah, N., El Jery, A., Khezami, L., Assadi, A.A. (2021). Simultaneous removal of antibiotics and inactivation of antibiotic-resistant bacteria by photocatalysis: A review. *Journal of Water Process Engineering*, 42: 102089.
- Babu-Kasimala, M., Tukue, M., et Ermias, R. (2014). Phytochemical screening and antibacterial activity of two common terrestrial medicinal plants *Ruta chalepensis* and *Rumex nervosus*. *Bali Medical Journal*, 3 (3): 116-121.
- Balkrishna, A., Sharma, N., Srivastava, D., Kukreti, A., Srivastava, S., Arya, V. (2024). Exploring the safety, efficacy, and bioactivity of herbal medicines: bridging traditional wisdom and Modern Science in healthcare. *Future Integrative Medicine*, 3(1): 35-49.
- Basavegowda, N., Baek, K.H. (2022). Combination strategies of different antimicrobials: an efficient and alternative tool for pathogen inactivation. *Biomedicines*, 10 (9): 2219.
- Baydar, N.G., Ozkan, G., Sagdic, O. (2004). Total phenolic contents and antibacterial activities of grapes (*Vitis vinifera* L.) extracts. *Food Control*, 15:335-339.
- Bekkar, N.E.H., Meddah, B., Cakmak, Y.S., et Keskin, B. (2021). Phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activities of *Zizyphus lotus* L. and *Ruta chalepensis* L. growing in mascara (Western Algeria).
- Belfar, A., Hadjadj, M., Dakmouche, M., et Ghiaba, Z. (2015). Evaluation of antioxidants in ethanol extracts of *Limoniastrum guyonianum* (Zeïta) in Sahara of Algeria. *Journal of Chemistry and Pharmacological Research*, 7: 41-47.
- Belhouala, K., Benarba, B. (2021). Medicinal plants used by traditional healers in Algeria: A multiregional ethnobotanical study. *Frontiers in pharmacology*, 12: 760492.
- Belhouala, K., Benarba, B. (2021). Medicinal plants used by traditional healers in Algeria: A multiregional ethnobotanical study. *Frontiers in pharmacology*, 12, 760492.
- Bellakhdar, J., Claisse, R., Fleurentin, J., et Younos, C. (1991). "Repertory of standard herbal drugs in the Moroccan pharmacopoeia. *Journal of Ethnopharmacology*, 35(2).
- Bellakhdar, J. (1997). *La Pharmacopée Marocaine Traditionnelle: Médecine Arabe Ancienne et Savoirs Populaires*. Ibis Press.
- Belmouhoub, M., Aberkane, B., Mostapha B. (2021). Ethnopharmacological survey on medicinal plants used by Algerian population to prevent SARS-CoV-2 infection. *Ethnobotany Research and Applications*, 22: 1-13.
- Beloued, A. (2023). Ethnobotanical study of medicinal plants used in the traditional treatment of cardiovascular diseases in Algeria. *Journal of Medicinal Plants Research*, 17(4): 234-245.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Benaiche, H., Bouredja, N. and Alioua, A., 2020, Traditional use of medicinal plants in the region of Mostaganem, Algeria. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* 17(3): 129-138.
- Benarba, B. (2015). Use of medicinal plants by breast cancer patients in Algeria. *EXCLI journal*, 14: 1164.
- Benarba, B., Belabid, L., Righi, K., Bekkar, A., Elouissi, M., et Khaldi, A. (2015). Ethnobotanical study of medicinal plants used by traditional healers in Mascara (North West of Algeria). *Journal of Ethnopharmacology*, 175, 626-637.
- Benarba, B. (2016). Medicinal plants used by traditional healers from South-West Algeria: An ethnobotanical study. *Journal of Intercultural ethnopharmacology*, 5(4): 320.
- Benarba, B., Belabid, L., Righi, K., et Khaldi, A. (2013). Ethnobotanical study, antifungal and antioxidant activity of *Retama raetam* (Forssk) Webb flowers." *Journal de Mycologie Médicale*, 23(4), 245-250.
- Benkhaled, A., Boudjelal, A., Kheniche, A., BelbahI, A., RéggamI, Y., Chebika, A., Ruberto, G. (2020). Oral acute toxicity and red blood cytotoxicity of the medicinal halophyte *Limoniastrum guyonianum* leaf extract. *Farmácia*, 68(6).
- Bešlo, D., Golubić, N., Rastija, V., Agić, D., Karnaš, M., Šubarić, D., Lučić, B. (2023). Antioxidant activity, metabolism, and bioavailability of polyphenols in the diet of animals. *Antioxidants*, 12(6), 1141.
- Bieski, I.G.C., Leonti, M., Arnason, J.T., Ferrier, J., Rapinski, M., Violante, I.M.P., Balogun, S.O., Pereira, J.F.C.A., Figueiredo, R. de C.F., Lopes, C.R.A.S., Silva, D.R., da, Pacini, A., Albuquerque, U.P., Martins, D.T., de, O., 2015. Ethnobotanical study of medicinal plants by population of Valley of Juruena Region, Legal Amazon, Mato Grosso, Brazil. *Journal of Ethnopharmacology*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2015.07.025>.
- Bouasla, A., Bouasla, I. (2017). Ethnobotanical survey of medicinal plants in northeastern of Algeria, *Phytomedicine*, 36 (2017): 68-81, <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2017.09.007>.
- Boudjelal, A., Henchiri, C., Sari, M., Sarri, D., Hendel, N., Benkhaled, A., Ruberto, G. (2013). Herbalists and wild medicinal plants in M 'Sila (North Algeria): an ethnopharmacology survey, *Journal of Ethnopharmacology*, 148 (2013): 395-402, <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.03.082>.
- Bouyahya, A., El Omari, N., Elmenyiy, N., Guaouguaou, F. E., Balahbib, A., Belmehdi, O., ... Bakri, Y. (2021). Moroccan antidiabetic medicinal plants: Ethnobotanical studies, phytochemical bioactive compounds, preclinical investigations, toxicological

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- validations and clinical evidences; challenges, guidance and perspectives for future management of diabetes worldwide. *Trends in Food Science et Technology*, 115, 147-254.
- Brahmi, F., Lounis, N., Mebarakou, S., Guendouze, N., Yalaoui-Guellal, D., Madani, K., ... Duez, P. (2022). Impact of growth sites on the phenolic contents and antioxidant activities of three Algerian *Mentha* species (*M. pulegium* L., *M. rotundifolia* (L.) Huds., and *M. spicata* L.). *Frontiers in Pharmacology*, 3, 886337.
- Campbell, N.A., Reece, J. B., Mitchell, L.G. (2002). *Biology*. Benjamin Cummings.
- Chamouleau, A., (1979). *Les usages externes de la phytothérapie*. Edition de Maloine S.A., Paris, p. 270.
- Chandra, H., Bishnoi, P., Yadav, A., Patni, B., Mishra, A. P., et Nautiyal, A. R. (2017). Antimicrobial resistance and the alternative resources with special emphasis on plant-based antimicrobials-a review. *Plants*, 6(2), 16.
- Chapman, A.D. (2009). *Numbers of living species in Australia and the world*. Canberra: Australian Biodiversity Information Services.
- Chehma, A., Djebar, M.R. (2008). Les espèces médicinales spontanées du Sahara septentrional algérien: distribution spatio-temporelle et étude ethnobotanique. *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie*, 17: 36-45.
- Chelghoum, M., Khitri, W., Bouzid, S., Lakermi, A. (2021). New trends in the use of medicinal plants by Algerian diabetic patients, considerations of herb-drug interactions. *Journal of ethnopharmacology*, 274, 113984.
- Chen, W., Ding, L., Wu, M., Wei, S. (2024). Research progress on detection methods of active species in the catalytic oxidation degradation of organic pollutants: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 112749.
- Chermat S, Gharzouli R. (2015). Ethnobotanical study of medicinal flora in the North East of Algeria: An empirical knowledge in djebel Zdimmi (Setif). *Journal of Materials Science and Engineering*, 5(1-2):50-9.
- Chouikh, A., et Alia, F. (2021). Phytochemical properties, antibacterial, and anti-free radical activities of the phenolic extracts of *Retama raetam* (Forssk) Webb. et Berthel. collected from the Algerian Desert. *Ovidius University Annals of Chemistry*, 32(1): 33-39.
- Cojocar, A., Vlase, L., Munteanu, N., Stan, T., Teliban, G. C., Burducea, M., Stoleru, V. (2020). Dynamic of phenolic compounds, antioxidant activity, and yield of rhubarb under chemical, organic and biological fertilization. *Plants*, 9(3): 355.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Corrêa, R. C., Heleno, S. A., Alves, M. J., Ferreira, I. C. (2020). Bacterial resistance: Antibiotics of last generation used in clinical practice and the arise of natural products as new therapeutic alternatives. *Current pharmaceutical design*, 26(8): 815-837.
- Daoudi, A., Hrouk, H., Belaidi, R., Slimani, I., Ibijbijen, J., et Nassiri, L. (2016). Valorisation de *Ruta montana* et *Ruta chalepensis*: étude ethnobotanique, screening phytochimique et pouvoir antibactérien. *Journal of Materials and Environmental Science*, 7(3): 685-1063.
- De Menezes, B.B., Frescura, L.M., Duarte, R., Villetti, M.A., Da Rosa, M.B. (2021). A critical examination of the DPPH method: Mistakes and inconsistencies in stoichiometry and IC50 determination by UV–Vis spectroscopy. *Analytica Chimica Acta*, 1157, 338398.
- Delange et Manach (2018): Les phytochimiques sont des composés présents dans les végétaux (du grec phyton, la plante).
- Dewick, P. M. (2002). *Medicinal Natural Products: A Biosynthetic Approach*. John Wiley et Sons.
- Di Meo, S., Venditti, P. (2020). Evolution of the knowledge of free radicals and other oxidants. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2020.
- Ebrahimzadeh, M.A., Pourmmorad, F., Hafezi, S. (2008). Antioxidant activities of Iranian. Corn silk. *Turkish journal of biology*, 32:43-49.
- Eddouks, M., Ajbli, M. et Heamalah, DE (2017). *Journal des sciences des matériaux et de l'environnement*, 8(11): 4142-4150.
- Elmakaoui, A., Damour, H., Bourais, I., Badaoui, B., Imtara, H., Oubihi, A., .Tarayrah, M. (2024). Chemical composition, antioxidant potential and antibacterial activity of *Pistacia atlantica* Desf. essential oil Leaves, with A focus on variations in the main Trunk diameter. *Records of Natural Products*, 18(2).
- Engwa, G. A., Nweke, F. N., et Nkeh-Chungag, B. N. (2022). Free radicals, oxidative stress-related diseases and antioxidant supplementation. *Alternative Therapies in Health & Medicine*, 28(1).
- Fakhfakh, N., Zouari, S., Zouari, M. M., Loussayef, C., et Zouari, N. (2012). Chemical composition of volatile compounds and antioxidant activities of essential oil, aqueous and ethanol extracts of wild Tunisian *Ruta chalepensis* L. (Rutaceae). *Journal of Medicinal Plant Research*, 6(4): 593-600.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Farid, N., Waheed, A., Motwani, S. (2023). Synthetic and natural antimicrobials as a control against food borne pathogens: A review. *Heliyon*.
- Formigari, A., Irato, P., et Santon, A. (2007). Zinc, antioxidant systems and metallothionein in metal mediated-apoptosis: biochemical and cytochemical aspects. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology et Pharmacology*, 146(4): 443-459.
- Ghazghazi, H., Chedia, A., Abderrazak, M., et Brahim, H. (2013). Comparaison des contenus en polyphénols et de l'activité antioxydante des extraits méthanoliques de quatre plantes collectées du nord de Tunisie. *Microbiologie Hygiène Alimentaire*, 25(73), 37-41.
- Giday, M., Asfaw, Z., Woldu, Z. (2009). Medicinal plants of the Meinit ethnic group of Ethiopia: An ethnobotanical study. *Journal of Ethnopharmacologie*, 124(3):513-521.
- Goldberg, A. M., Hartung, T., et van der Valk, J. B. (2011). "Toxicity testing for 21st century: a vision and a strategy." *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 14(1-4), 1-7.
- Gonzalez-Gallego J, et al (2010). Polyphénols de fruits, immunité et inflammation. *F. J Nutr.* 104 Supplément 3 : S15-S27.
- Gould, D. (2009). Introduction aux antimicrobiens. Dans D. Gould et N. Brooker (Éds.), *Titre du chapitre* (pp. xx-xx). Maison d'édition.
- Hadjadj, S., Bayoussef, Z., El Hadj-Khelil, A.O., Beggat, H., Bouhafs, Z., Boukaka, Y., Khaldi, I.A., Mimouni, S., Sayah F., Tey, M. (2015). Ethnobotanical study and phytochemical screening of six medicinal plants used in traditional medicine in the Northeastern Sahara of Algeria (area of Ouargla). *Journal of medicinal plants research*, 9(41): 1049-1059.
- Hadjadj, S., Esnault, M. A., Berardocco, S., Guyot, S., Bouchereau, A., Ghouini, F., Lamini, R., El Hadj-Khelil, A.O. (2020). Polyphenol composition and antioxidant activity of *Searsia tripartita* and *Limoniastrum guyonianum* growing in Southeastern Algeria. *Scientific African*, 10.
- Halliwell, B. (2007). Biochimie du stress oxydatif. *Transactions de la société biochimique*, 35(5), 1147-1150.
- Hammami, S., Nguir, A., Saidana, D., Cheriaa, J., Mighri, Z. (2011). Chemical analysis and antimicrobial effects of essential oil from *Limoniastrum guyonianum* growing in Tunisia. *Journal of medicinal plants research*, 5(12): 2540-2545.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Hammiche, V., Maiza, K. (2006). Traditional medicine in Central Sahara: pharmacopoeia of Tassili N'ajjer. *Journal of ethnopharmacology*, 105(3): 358-367.
- Hammiche, V., et Azzouz, M. (2013). The Rues: ethnobotany, phytopharmacology and toxicity. *Phytothérapie*, 11: 22-30.
- Hammiche, V., Merad, R., Azzouz, M., GOETZ, P. (2013). Plantes toxiques à usage médicinal du pourtour méditerranéen, 8. Springer Paris.
- Hammouche-Mokrane, N., León-González, A. J., Navarro, I., Boulila, F., Benallaoua, S., et Martín-Cordero, C. (2017). Phytochemical Profile and Antibacterial Activity of *Retama raetam* and *R. sphaerocarpa* cladodes from Algeria. *Natural Product Communications*, 12(12).
- Harborne, J. B. (1998). *Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis*. Springer Science et Business Media.
- Hayet, E., Maha, M., Samia, A., Mata, M., Gros, P., Raida, H., Mahjoub, A. (2008). Antimicrobial, antioxidant, and antiviral activities of *Retama raetam* (Forssk.) Webb flowers growing in Tunisia. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24(12): 2933-2940.
- Hemmami, H., Seghir, B. B., Zeghoud, S., Ben Amor, I., Kouadri, I., Rebiai, A., Atanassova, M. (2023). Desert endemic plants in Algeria: A review on traditional uses, phytochemistry, polyphenolic compounds and pharmacological activities. *Molecules*, 28(4), 1834.
- Holford, P. (2004). *The new optimum nutrition bible*. Piatkus.
- Ickert-Bond, SM et al. (2020). Systématique de l'éphédra (Ephedraceae) : taxonomie intégrative pour la conservation. *Botanique systématique*, 45(1), 153-180.
- Islam, M.K., Saha, S., Mahmud, I., Mohamad, K., Awang, K., Jamal Uddin, S., Rahman, M.M., Shilpi, J.A. (2014). An ethnobotanical study of medicinal plants used by tribal and native people of Madhupur forest area, Bangladesh, *Journal of Ethnopharmacology*, 151: 921–930, <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.11.056>.
- Jiang Y et coll(2022). Indice phytochimique alimentaire et risque de cancer du poumon : une étude cas-témoins chez des hommes chinois de Singapour. *Nutriments*. 2022;14(5):962.
- Jouad, H., Haloui, M., Rhiouani, H., El Hilaly, J., Eddouks, M. (2001). Ethnobotanical survey of medicinal plants used for the treatment of diabetes, cardiac and renal diseases in the

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- North Centre region of Morocco (Fez-Boulemane), *Journal of Ethnopharmacology*, 77 (2001): 175-182, [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(01\)00289-6](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(01)00289-6)
- Jubair, N., Rajagopal, M., Chinnappan, S., Abdullah, N. B., Fatima, A. (2021). Review on the antibacterial mechanism of plant-derived compounds against multidrug-resistant bacteria (MDR). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2021.
- Julien, M. (2014). *Les plantes médicinales: histoire, usages et pratiques*. Éditions du Dauphin.
- Kadri, A., Zarai, A., Bekir, A., Gharsallah, N., Damak, M. and Gdoura, R. 2011. Chemical composition and antioxidant activity of *Marrubium vulgare* L. essential oil from Tunisia. *Afr J Biotechnol.*, 10(9): 3908-3914.
- Kalghatgi, S., Spina, C. S., Costello, J. C., Liesa, M., Morones-Ramirez, J. R., Slomovic, S., ... et Collins, J. J. (2013). Bactericidal antibiotics induce mitochondrial dysfunction and oxidative damage in mammalian cells. *Science translational medicine*, 5(192), 192ra85-192ra85.
- Karak, P. (2019). Biological activities of flavonoids: An overview. *Int. J. Pharm. Sci. Res.*, 10(4), 1567-1574.
- Kefifa, A., Saidi, A., Hachem, K., Mehalhal, O. (2020). An ethnobotanical survey and quantitative study of indigenous medicinal plants used in the Algerian semi-arid region. *Phytothérapie*, 18(3-4): 204.
- Khan, M. T. H., Karima, E., Al-Qarawi, A. A., Al-Sohaibani, M., et Al-Mustafa, Z. H. (2003). "Antimicrobial activity of different extracts of Saudi Arabian medicinal plants." *Saudi Pharmaceutical Journal*, 11(3), 243-247.
- Khot, V., Upadhye, S., Kothali, B., Apte, A., Kulkarni, A., Patil, A., Danole, A.B. (2018). Free radicals, oxidative stress and diseases an overview. *Am. J. PharmTech Res*, 8, 59-67.
- Khot, V., Upadhye, S., Kothali, B., Apte, A., Kulkarni, A., Patil, A., Danole, A.B. (2018). Free radicals, oxidative stress and diseases an overview. *American Journal of Pharmacology and Technology Research*, 8: 59-67.
- Kim, H.S., Quon, M.J., Kim, J.A. (2014). New insights into the mechanisms of polyphenols beyond antioxidant properties; lessons from the green tea polyphenol, epigallocatechin 3-gallate. *Redox biology*, 2, 187-195.
- Kim Y, et al (2022). Revue de la littérature - Bienfaits pour la santé de la consommation de lentilles (*Lens culinaris*). *Nourriture*. 2022;11(5):655.
- Krifa, M., Skandrani, I., Pizzi, A., Nasr, N., Ghedira, Z., Mustapha, N., ... Chekir-Ghedira, L. (2014). An aqueous extract of *Limoniastrum guyonianum* gall induces anti-tumor

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- effects in melanoma-injected mice via modulation of the immune response. *Food and Chemical Toxicology*, 69, 76-85.
- Ksouri, R., Megdiche, W., Falleh, H., Trabelsi, N., Boulaaba, M., Smaoui, A., et Abdelly, C. (2008). Influence of biological, environmental and technical factors on phenolic content and antioxidant activities of Tunisian halophytes. *Comptes Rendus. Biologies*, 331(11), 865-873.
- Lakhdari, W., Dehliz, A., Acheuk, F., Mlik, R., Hammi, H., Doumandji-Mitiche, B., Gheriani S, Berrekbia M, Guermit K, Chergui, S. (2016). Ethnobotanical study of some plants used in traditional medicine in the region of Oued Righ (Algerian Sahara).
- Lazli, A., Beldi, M., Ghouri, L., Nouri, N.E.H. (2019). Étude ethnobotanique et inventaire des plantes médicinales dans la région de Bougous (Parc National d'El Kala,-Nord-est algérien). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*.
- Leyane, T.S., Jere, S.W., Houreld, N.N. (2022). Oxidative stress in ageing and chronic degenerative pathologies: molecular mechanisms involved in counteracting oxidative stress and chronic inflammation. *International journal of molecular sciences*, 23(13), 7273.
- Liu, R. H. (2004). "Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action." *The Journal of Nutrition*, 134(12), 3479S-3485S.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A. et Chandra, N. (2010). Radicaux libres, antioxydants et aliments fonctionnels : Impact sur la santé humaine. *Examens de pharmacognosie*, 4(8), 118-126.
- Lori, L., Devan, N. (2005). Un guide pratique des plantes médicinales pour les personnes vivant avec VIH, p. 3-47.
- Luo, J., Si, H., Jia, Z., Liu, D. (2021). Dietary anti-aging polyphenols and potential mechanisms. *Antioxidants*, 10(2), 283.
- Lushchak, V.I., Duszenko, M., Gospodaryov, D.V., Garaschuk, O. (2021). Oxidative stress and energy metabolism in the brain: Midlife as a turning point. *Antioxidants*, 10(11), 1715.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C. et Jiménez, L. (2004). Polyphénols : sources alimentaires et biodisponibilité. *Le journal américain de nutrition clinique*, 79(5), 727-747.
- Mancuso, G., Midiri, A., Gerace, E., et Biondo, C. (2021). Bacterial antibiotic resistance: The most critical pathogens. *Pathogens*, 10(10), 1310.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Mariem, S., Hanen, F., Inès, J., Mejdi, S., et Riadh, K. (2014). Phenolic profile, biological activities and fraction analysis of the medicinal halophyte *Retama raetam*. South African Journal of Botany, 94, 114-121.
- Martelli, G., et Giacomini, D. (2018). Antibacterial and antioxidant activities for natural and synthetic dual-active compounds. European Journal of Medicinal Chemistry, 158, 91-105.
- Martemucci, G., Costagliola, C., Mariano, M., D'andrea, L., Napolitano, P., D'Alessandro, A.G. (2022). Free radical properties, source and targets, antioxidant consumption and health. Oxygen, 2(2), 48-78.
- Martin, GJ (1995). Ethnobotanique : un manuel de méthodes. Chapman et Hall.
- Martins, G.R., Monteiro, A.F., do Amaral, F.R.L., da Silva, A.S.A. (2021). A validated Folin-Ciocalteu method for total phenolics quantification of condensed tannin-rich açai (*Euterpe oleracea* Mart.) seeds extract. Journal of Food Science and Technology, 1-10.
- Mechaala, S., Bouatrous, Y., Adouane, S. (2022). Traditional knowledge and diversity of wild medicinal plants in El Kantara's area (Algerian Sahara gate): An ethnobotany survey. Acta Ecologica Sinica, 42(1): 33-45.
- Meddour, R., Sahar, O., Babkar, A. (2022). Savoirs locaux sur les plantes spontanées chez les populations de la wilaya de Tamanrasset (Sahara Central, Algérie). VertigO, 22(1): 1-30.
- Mejri, J., Abderrabba, M., et Mejri, M. (2010). Chemical composition of the essential oil of *Ruta chalepensis* L: influence of drying, hydro-distillation duration and plant parts. Industrial Crops and Products, 32(3), 671-673.
- Merghache, S., Hamza, M., et Tabti, B. (2009). Étude phytochimique de l'huile essentielle de *Ruta chalepensis* L. de Tlemcen, Algérie. African Scientist, 5(1), 67-81.
- Miara, M.D., Bendif, H., Ait Hammou, M., Teixidor-Toneu, I. (2018). Ethnobotanical survey of medicinal plants used by nomadic peoples in the Algerian steppe, Journal of Ethnopharmacology, 219 (2018): 248-256, <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.03.011>.
- Moradali, MR, Ghods, S. et Rehm, BHA (2017). Mode de vie de *Pseudomonas aeruginosa* : un paradigme d'adaptation, de survie et de persistance. Frontières de la microbiologie cellulaire et infectieuse, 7, 39.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Mourenza, Á., Gil, J. A., Mateos, L. M., Letek, M. (2020). Oxidative stress-generating antimicrobials, a novel strategy to overcome antibacterial resistance. *Antioxidants*, 9(5), 361.
- Murugaiyan, J., Kumar, P.A., Rao, G.S., Iskandar, K., Hawser, S., Hays, J.P., Mohsen, Y., Adukkadukkam, S., Awuah, W.A., Jose, R.A.M., Sylvia, N., Nansubuga, E.P., Tilocca, B., Roncada, P., Roson-Calero, N., Moreno-Morales, J., Amin R., B. Kumar, K. Kumar, A., Toufik, A.R., Dongen, M.B. (2022). Progress in alternative strategies to combat antimicrobial resistance: Focus on antibiotics. *Antibiotics*, 11(2), 200.
- Mustafa, Y.F. (2023). Harmful free radicals in aging: A narrative review of their detrimental effects on health. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 1-14.
- Muteeb, G., Rehman, M. T., Shahwan, M., Aatif, M. (2023). Origin of antibiotics and antibiotic resistance, and their impacts on drug development: A narrative review. *Pharmaceuticals*, 16(11), 1615.
- Muthuramu, T., Yessu, A.M., Shafi, M.R. (2020). Evaluation of acute toxicological and pharmacological activity of leaves of *Ruta chalepensis* on laboratory animals. *AJPCR*, 8(3), 112-118.
- Nawash, O. , Shudiefat, M., Al-Tabini, R., Al-Khalidi, K. (2013). Ethnobotanical study of medicinal plants commonly used by local bedouins in the badia region of Jordan, *Journal of Ethnopharmacology*, 148 (2013): 921-925, <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.05.044>.
- Ojah, E.O. (2020). Medicinal Plants: Prospective Drug Candidates against the OMS. (2022). Cadre stratégique de collaboration sur la résistance aux antimicrobiens: ensemble pour une seule santé. Organisation mondiale de la Santé.
- Onyebuchi, C., Kavaz, D. (2020). Effect of extraction temperature and solvent type on the bioactive potential of *Ocimum gratissimum* L. extracts. *Scientific reports*, 10 (1), 21760.
- Ouerghemmi, I., Rebey, I. B., Rahali, F. Z., Bourgou, S., Pistelli, L., Ksouri, R., ... et Tounsi, M. S. (2017). Antioxidant and antimicrobial phenolic compounds from extracts of cultivated and wild-grown Tunisian *Ruta chalepensis*. *Journal of food and drug analysis*, 25(2), 350-359.
- Pavón, NP et Briones, O. (2001). Causes de la rareté de *Astrophytum asterias* en Cuatrociénegas, Coahuila, Mexique. *Cactáceas et Suculentas Mexicanas*, 46(4), 94-110.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Pavón, NP, et al. (2003). Contribution à la connaissance de la flore du désert du Chihuahua. *Acta Botanica Mexicana*, (64), 55-64.
- Pieroni, A., Nebel, S., Quave, C., Münz, H., Heinrich, M. (2002). Ethnopharmacology of liakra: Traditional weedy vegetables of the Arbëreshë of the Vulture area in Southern Italy. *Journal of Ethnopharmacology*, 81(2):165-85.
- Pitchford, P. (2002). *Healing with whole foods: Asian traditions and modern nutrition*. North Atlantic Books.
- Porras, G., Chassagne, F., Lyles, J.T., Marquez, L., Dettweiler, M., Salam, A.M., Samarakoon, T., Shabih, S., Farrokhi, D.R., Quave, C.L. (2020). Ethnobotany and the role of plant natural products in antibiotic drug discovery. *Chemical reviews*, 121(6), 3495-3560.
- Pukalskas, A., Venskutonis, P.R., Salido, S., Waard, P. and Van Beek, T.A. (2012). Isolation, identification and activity of natural antioxidants from horehound (*Marrubium vulgare* L) cultivated in Lithuania. *Food Chem.*, 130 (3):695-701.
- Quideau, S., Deffieux, D., Douat-Casassus, C. et Pouysegu, L. (2011). Polyphénols végétaux : propriétés chimiques, activités biologiques et synthèse. *Angewandte Chemie International Edition*, 50(3), 586-621.
- Quinlan, M.B. (2022). Ethnomedicines: Traditions of medical knowledge. *A Companion to medical anthropology*, 315-341.
- Quitério, E., Grosso, C., Ferraz, R., Delerue-Matos, C., Soares, C. (2022). A critical comparison of the advanced extraction techniques applied to obtain health-promoting compounds from seaweeds. *Marine Drugs*, 20(11), 677.
- Rehecho, S., Uriarte-Pueyo, I., Calvo, J., Vivas, L.A., Calvo, M.I., (2011). Ethnopharmacological survey of medicinal plants in Nor-Yauyos: A part of the Landscape Reserve Nor-Yauyos-Cochas, Peru. *Journal of Ethnopharmacology*, 133(1):75-85.
- Rached, W., Benamar, H., Bennaceur, M. and Marouf, A., 2010. Screening of the Antioxidant Potential of Some Algerian Indigenous Plants. *Journal of Biological Sciences*, 10: 316-324.
- Rached, W., Barros, L., Ziani, B.E., Bennaceur, M., Calhelha, R.C., Heleno, S. A., Alves, M.J., Marouf A. & Ferreira, I.C.F.R., (2019). HPLC-DAD-ESI-MS/MS screening of

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- phytochemical compounds and the bioactive properties of different plant parts of *Zizyphus lotus* (L.) Desf. *Food & function*, 10(9), 5898-5909.
<https://doi.org/10.1039/C9FO01423C>
- Rejab, A., et Ksibi, H. (2019). Phenolic and flavonoid contents of some plant extracts from Tunisia southern landscape by using different extraction techniques: the case of *Retama raetam*. *Medical & Aromatic Plants (Los Angeles)*, 8(5), 337.
- Rengasamy KRR, et al (2021). Produits phytochimiques présents dans les légumes crucifères et leurs effets biologiques. *Antioxydants (Bâle)*.;10(6):935
- Ribeiro, R.V., Bieski, I.G.C., Balogun, S.O., de Oliveira Martins, D.T. (2017). Ethnobotanical study of medicinal plants used by Ribeirinhos in the North Araguaia microregion, Mato Grosso, Brazil. *Journal of ethnopharmacology*, 205, 69-102.
- Rietjens IMCM, et al (2021). Les dangers de l'octroi automatique du statut GRAS aux compléments végétaux : une illustration de l'aloë vera. *Régul Toxicol Pharmacol*. 2021;125:105024.
- Ríos, J.L., Francini, F., Schinella, G.R. (2015). Natural products for the treatment of type 2 diabetes mellitus. *Planta medica*, 81(12/13), 975-994.
- Robinson, J. W., Skelly Frame, E. M., et Frame II, G. M. (2005). *Undergraduate Instrumental Analysis*. Marcel Dekker.
- Rosenberg, C.R., Fang, X., & Allison, K.R. (2020). Potentiating aminoglycoside antibiotics to reduce their toxic side effects. *PLoS One*, 15(9), e0237948.
- Rumpf, J., Burger, R., Schulze, M. (2023). Statistical evaluation of DPPH, ABTS, FRAP, and Folin-Ciocalteu assays to assess the antioxidant capacity of lignins. *International Journal of Biological Macromolecules*, 233, 123470.
- Saadaoui, B., Bekir, J., Akrouf, J., Ammar, S., Mahjoub, A., et Mars, M. (2007). Etude de la composition et du pouvoir antioxydant des composés phénoliques de quelques espèces végétales de l'aride tunisien. *Revue des régions arides*, 316-321.
- Sadowska-Bartosz, I., Bartosz, G. (2022). Evaluation of the antioxidant capacity of food products: Methods, applications and limitations. *Processes*, 10(10), 2031.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Salam, M. A., Al-Amin, M.Y., Salam, M.T., Pawar, J.S., Akhter, N., Rabaan, A.A., Alqumber, M.A. (2023). Antimicrobial resistance: a growing serious threat for global public health. In *Healthcare* (Vol. 11, No. 13, p. 1946). MDPI.
- Scalbert, A.(1991). Antimicrobial properties of tannins. *Phytochemistry*, 1991,30:3875-3883.
- Shahidi F, Ambigaipalan P (2015). Phénoliques et polyphénoliques dans les aliments, les boissons et les épices : activité antioxydante et effets sur la santé.
- Sharifi-Rad, M., Anil Kumar, N.V., Zucca, P., Varoni, E. M., Dini, L., Panzarini, E., Rajkovic, J., Fokou, P.V.T. Azzini, E., Peluso, I. , Mishra, A. P., Nigam, M., El Rayess, Y., El Beyrouthy, M. Polito, L., Iriti, M., Martins, N., Martorell, M., Docea, A.O., Setzer, W.N., Calina, D., Cho, W.C., Sharifi-Rad, J. (2020). Lifestyle, oxidative stress, and antioxidants: back and forth in the pathophysiology of chronic diseases. *Frontiers in physiology*, 11, 694.
- Shraim, A.M., Ahmed, T. A., Rahman, M.M., Hijji, Y.M. (2021). Determination of total flavonoid content by aluminum chloride assay: A critical evaluation. *Lwt*, 150, 111932.
- Silambarasan, R., Ayyanar, M. (2015). An ethnobotanical study of medicinal plants in Palamalai region of Eastern Ghats, India. *Journal of Ethnopharmacology*, 172, 162-178.
- Sisein, E. A. (2014). Biochemistry of free radicals and antioxidants. *Scholars Academic Journal of Biosciences*, 2(2), 110-118.
- Skoog, D. A., Holler, F. J., et Crouch, S. R. (2013). *Principles of Instrumental Analysis*. Cengage Learning.
- Subramanyam, V., Rao ,D.S.N., priyanka, D. (2021). Scientific Validation and Recognition for tribal herbal medicine as complementary and alternative medicine: Empirical field work observations outcome evidence. *Iconic research and engineering journals*, 5(5).
- Suresh, V., Kunnath, J., Reddy, A. (2022). Prospective dietary radical scavengers: Boon in Pharmacokinetics, overcome insulin obstruction via signaling cascade for absorption during impediments in metabolic disorder like Diabetic Mellitus. *Journal of Diabetes et Metabolic Disorders*, 21(1), 1149-1169.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2010). *Plant Physiology*. 5th edition. Sinauer Associates.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I.M., Murphy, A. (2015). *Plant Physiology and Development*. Sinauer Associates, Inc.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Talebi Bezmin Abadi, A., Rizvanov, A. A., Haertlé, T., et Blatt, N. L. (2019). World Health Organization report: current crisis of antibiotic resistance. *BioNanoScience*, 9(4), 778-788.
- Tanoh, S. K., N'Gaman-Kouassi, C., Boa, D., Mamyrbekova-Békro, J.A., Békro, Y.A. (2019). Activité antioxydante des extraits bruts hydroéthanoliques et hydroacétoniques des organes de quatre plantes de Côte d'Ivoire médicinales. *Nature et Technology*, (21) : 28-34.
- Teleanu, D.M., Niculescu, A.G., Lungu, I.I., Radu, C. I., Vladâcenco, O., Roza, E., Teleanu, R.I. (2022). An overview of oxidative stress, neuroinflammation, and neurodegenerative diseases. *International journal of molecular sciences*, 23(11), 5938.
- Telli, A., Esnault, M.A., Khelil, A. O.E.H. (2016). An ethnopharmacological survey of plants used in traditional diabetes treatment in south-eastern Algeria (Ouargla province). *Journal of arid environments*, 127: 82-92.
- Terkmane, S., Gali, L., Bourrebaba, L., Shoji, K., Legembre, P., Konstantia, G., ... et Bedjou, F. (2018). Chemical composition, antioxidant, and anticancer effect of *Ruta chalepensis*'s extracts against human leukemic cells. *Phytothérapie*, 16(1), 225-236.
- Trabelsi, N., Oueslati, S., Henry-Vitrac, C., Waffo-Téguo, P., Medini, F., Mérillon, J. M., Abdellya, C., Ksouri, R. (2013). Phenolic contents and biological activities of *Limoniastrum guyonianum* fractions obtained by centrifugal partition chromatography. *Industrial crops and products*, 49, 740-746.
- Tristantini, D., Amalia, R. (2019). Quercetin concentration and total flavonoid content of anti-atherosclerotic herbs using aluminum chloride colorimetric assay. In *AIP Conference Proceedings*, 2193 (1). AIP Publishing.
- Tsao, R. (2010). Chimie et biochimie des polyphénols alimentaires. *Nutriments*, 2(12), 1231-1246.
- Tvrđá, E., Benko, F. (2020). Free radicals: what they are and what they do. In *Pathology* (pp. 3-13). Academic Press.
- Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources. (2005). *A guide to medicinal plants in North Africa*. IUCN.
- Uttara, B., Singh, AV, Zamboni, P. et Mahajan, RT (2009). Stress oxydatif et maladies neurodégénératives

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- van Wyk, A.S., Prinsloo, G. (2020). Health, safety and quality concerns of plant-based traditional medicines and herbal remedies. *South African Journal of Botany*, 133, 54-62.
- Van Wyk, B.E. (2008). A review of African medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 119(3), 343-344.
- Yahia, EM (éd.). (2017). *Produits phytochimiques des fruits et légumes : Chimie et santé humaine*. John Wiley et fils.
- Zbadi, R., Mohti, H., et Moussaoui, F. (2018). Stress oxydatif: évaluation du pouvoir antioxydant de quelques plantes médicinales. *Médecine thérapeutique*, 24(2), 134-141.
- Zerrouki, S., Mezhoud, S., Yaglioglu, A. S., Bensouici, C., Atalar, M. N., Demirtas, I., ...Mekkiou, R. (2022). Antioxidant, anticancer activities, and HPLC-DAD analyses of the medicinal halophyte *Limoniastrum guyonianum* Dur. extracts. *J. Res. Phar*, 26, 598-608.
- Zohra, E.K.F., Khedoudja, K., Noria, H., Amina, T., Wafaa, T., Houaria, L., Nawal, B. (2021). Phenolic compound profiles and antioxidant activity of *Ruta chalepensis* L. leaves, a spontaneous medicinal herb: influence of harvest zone (Western Algeria). *International Journal of Minor Fruits, Medicinal and Aromatic Plants*, 7 (1): 26- 35.

Annexes

Annexes

Annexe1. Matériel du laboratoire utilisé

Équipements, solvants, réactifs et standards utilisées dans cette étude nous allons utiliser de divers solvants, réactifs, standards commerciaux ainsi que de divers dispositifs

Appareils utilisés	Agitateur magnétique, balance de précision, étuve, spectrophotomètre UV _ visible, plaque chauffante, vortex
Autres matériels	Spatule, les boîtes de pétri, les portoirs, barreau (agiter les milieux), pince, micro pipette, papier filtre, bec Bunsen, les embouts (bleu, jaune), les cuves
Réactifs chimiques	Chlorure d'aluminium (AL CL3) DPPH (2,2 diphenyl -1-picryl hydrazyle), ABTS
Solvants organiques	Éthanol (C ₂ H ₆ O) Méthanol (CH ₃ OH) Tampon phosphate Chloroforme (CH CL ₃) Vanilline
Acides et bases	Acide chlorhydrique (HCL) Acide sulfurique (H ₂ SO ₄) Carbonate de sodium (Na CO ₃) Hydroxyde de potassium (KOH) Hydroxyde de sodium (NaOH) TCA : Acide trichloracétique Acide ammoniacque (NH ₄ OH)
Standards commerciaux utilisé	Acide gallique Acide tannique (+) Catéchine
Verrerie	Erlenmeyer, entonnoir, Bécher, pipette pasteur, les flacons, les tubes à essais.
Milieux de culture	MH : Mueller Hinton Gélose de sabouraud.

Annexes

Annexe 2. et 3. Questionnaire d'enquete ethnobotanique

Annexe 2. Questionnaire auprès des habitants

Fiche NoNom (herboriste, tradipraticien) ...

Sexe : H F Lieu : MostaganemAutres.....

Age :

Niveau d'étude

Commune:

PLANTE : Nom scientifique :(Willd.); Nom en Mostaganem.....

Connaissez-vous cette plante ?	oui <input type="checkbox"/>	non <input type="checkbox"/>
Pourquoi avez-vous recours aux plantes médicinales		
Comment connaissez-vous cette plante?	-Lecture <input type="checkbox"/>	
	-Herboriste <input type="checkbox"/>	
	-Par transmission familiale <input type="checkbox"/>	
	-Par une personne de votre entourage <input type="checkbox"/>	
Sous quel nom vous la connaissez?		
Pour quelles maladies elle est utilisée		
Quelles maladies soigne-t-elle		
Quelles parties récolter (Feuilles, tiges, fleurs, fruits, plante entière, Écorces de tronc Racines)		
Quand doit-on récolter ? la période de récolte	-Hiver <input type="checkbox"/>	-Automne <input type="checkbox"/>
	-Eté <input type="checkbox"/>	-Printemps <input type="checkbox"/>
Quelle est la provenance de cette plante	-achat <input type="checkbox"/>	
	-cueillettes <input type="checkbox"/>	
Si achat	-herboriste <input type="checkbox"/>	phytothérapeute <input type="checkbox"/>
Faut-il l'utiliser à l'état frais ou sec ?		
Comment procède-t-on au séchage		
Comment se fait la préparation ?		
Quelle quantité de drogue faut-il prendre et dans quel volume d'eau?		
En cas de décoction ou d'infusion quelle est la durée correspondante ?(mode d'emploi)	-infusion <input type="checkbox"/>	-macération <input type="checkbox"/>
	-décoction <input type="checkbox"/>	-poudre <input type="checkbox"/> cataplasme <input type="checkbox"/>
Comment utilise-t-on la préparation ?		
Quelle est la durée du traitement ?	-un jour. <input type="checkbox"/>	-une semaine <input type="checkbox"/>

Annexes

	-un mois <input type="checkbox"/> -jusqu'à la guérison <input type="checkbox"/>
La Mélanger vous avec d'autre produits?	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>
Si oui citez les	
Quelle est la dose journalière ? (adulte - enfant - femme en état de grossesse)	
En cas d'intoxication comment procéder ?	
Quel type d'aliment manger ou éviter pendant le traitement ?	
Quels sont les effets secondaires liés à la prise de la plante ?	-Oui <input type="checkbox"/> -Non <input type="checkbox"/>
Si oui citez les (vertige, vomissement hypo ou hypertendue, allergie cutanie)	
Quelles utilisations faites-vous de cette plante ?	-Facile à obtenir <input type="checkbox"/> -Automédication <input type="checkbox"/> -Moins chère que les médicaments <input type="checkbox"/> -Naturelles <input type="checkbox"/>
Pensez-vous que les PM sont ?	-efficaces <input type="checkbox"/> -pas d'efficacité <input type="checkbox"/> -efficace parfois, si on respecte la dose <input type="checkbox"/>
Est-ce que vous les avez utilisez avec?	-médicaments <input type="checkbox"/> -seule <input type="checkbox"/>
Est-ce que le résultats est positif?	- Oui <input type="checkbox"/> -Non <input type="checkbox"/>

Annexes

Annexe 3. Questionnaire auprès des herboristes

Selon vos connaissances quelles sont les maladies qui peuvent être guéries par :

Espèce (Famille)	Nom vernaculaire	Partie utilisée	Usage (maladie traitée)	Préparation (décoction, infusion, pate...	Administration Voie orale ou utilisation externe, Bain , fumigation
Quelles utilisations faites-vous de cette plante ?					
Quelles maladies soigne-t-elle					
Quelles parties récolter (Feuilles Écorces de tronc Racines)					
Quand doit-on récolter ?					
Faut-il l'utiliser à l'état frais ou sec ?					
Comment procède-t-on au séchage					
Comment se fait la préparation ?					
Quelle quantité de drogue faut-il prendre et dans quel volume d'eau?					
En cas de décoction ou d'infusion quelle est la durée correspondante ?					
Comment utilise-t-on la préparation ?					
Quelle est la durée du traitement ?					
Quelle est la dose journalière ? (adulte – enfant – femme en état de grossesse)					
Est-ce que cette plante toxique?					
En cas d'intoxication comment procéder ?					
Quel type d'aliment manger ou éviter pendant le traitement ?					
Est-ce que on peut la combiner avec des médicament en cas d'une maladie					
Quels sont les effets secondaires liés à la prise de la plante ?					
Quelles sont parmi ces plantes médicinales ont des effets bénéfiques pour: -Le diabète, l'hypertension artérielle, le cancer, cholestérol. -Le rhume, la toux. -Les maladies de colon, les troubles digestifs, la constipation, la diarrhée, les -troubles urinaires, les maladies des reins					