



*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère De l'Enseignement Supérieur et De la Recherche Scientifique*  
**UNIVERSITE ABBES LAGHROUR KHENCHELA**  
**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**  
**DEPARTEMENT DE BIOLOGIE MOLECULAIRE ET CELLULAIRE**

**MEMOIRE**

**Présenté pour l'obtention du diplôme de**

**MASTER ACADEMIQUE**

**FILIERE : Sciences Biologiques**

**OPTION: Microbiologie appliquée**

**Thème**

**Evaluation de l'activité antimicrobienne  
et antioxydante de quelques plantes de la  
région des Aurès**

**Présenté par :**

**AGGOUN Nouha Asma et HENECHE Hadjer**

*Soutenu le ..... /...../2023*

**Mémoire de Mastère académique soutenu devant le jury composé de :**

|                  |                          |            |   |
|------------------|--------------------------|------------|---|
| <b>Président</b> | <b>Dr. MELLAL Hanane</b> | <b>MCB</b> | <b>Univ. Abbès Laghrouour – Khenchela</b> |
| <b>Encadreur</b> | <b>Dr. NAILI Oumaima</b> | <b>MCA</b> | <b>Univ. Abbès Laghrouour – Khenchela</b> |
| <b>Examineur</b> | <b>Dr. ARAB Yasmin</b>   | <b>MCB</b> | <b>Univ. Abbès Laghrouour – Khenchela</b> |

**Année universitaire 2022/ 2023**

# Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Allah le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à Mme. **MELLAL Hanane** maître de conférences à la faculté S.N.V. à l'université Abbes Laghrour Khenchela, d'avoir accepté de présider le jury.

Nous exprimons nos vifs remerciements à Mme. **ARAB Yasmin** maître de conférences à la faculté S.N.V à l'université Abbes Laghrour Khenchela, pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant d'examiner ce mémoire.

Nous tenons à remercier vivement Mme. **NAILI Oumaima** maître de conférences à la faculté de science de la nature et de la vie à l'université Abbes Laghrour Khenchela, nous sommes satisfaites de vos qualités exceptionnelles de bonne enseignante dont votre simplicité et votre amour du travail ont fait de vous une enseignante admirable dont l'exemple à suivre.

*Notre gratitude et nos remerciements vont également à tous ceux qui ont participé directement ou indirectement à la réalisation de ce travail. Enfin, on adresse nos plus sincères remerciements à nos proches et à nos amis qui nous ont toujours soutenu et encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire.*



# Dédicace

*Au nom du tout merveilleux sentiment, j'ai l'honneur de dédier cet humble travail à ceux qui comptent le plus pour moi au monde, ceux qui m'entourent d'amour et de tendresse, et qui illuminent mon chemin de leur bienveillance, bijoux de ma vie.*

*À mes chers **parents**, aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel, ceux qui ont donné un sens à mon existence, en m'offrant une éducation digne de confiance, ceux qui m'ont soutenu jour et nuit durant mon parcours. Qui ont toujours été là pour moi et m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance.*

*À ma très précieuse, chaleureuse et aimable **MÈRE**, mon inspiratrice depuis toujours, pour m'avoir tendu chaleureusement ses bras, pour avoir évincé mes moments de doute, elle a ouvert pour ma réussite, par son amour, ses précieux conseils.*

*À Mon très cher **PÈRE** qui a été à l'origine de tous, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer. C'est à vous que je dois cette réussite et je suis fière de vous l'offrir.*

*À mes Chers frères **Zakaria et Rochdi** et sœurs : **Naoual et Sara***

*À mon chère petit neveu **Mohamed Yazen**, ton joie et gaieté me comble de bonheur.*

*Puisse Dieu te garde et éclairer ta route.*

***HENECHÉ Hadjer***

# Dédicace

Au nom du tout merveilleux sentiment, j'ai l'honneur de dédier cet humble travail à ceux qui comptent le plus pour moi au monde, ceux qui m'entourent d'amour et de tendresse, et qui illuminent mon chemin de leur bienveillance, joyaux de ma vie.

À mes chers **parents**, aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel, ceux qui ont donné un sens à mon existence, en m'offrant une éducation digne de confiance, ceux qui m'ont soutenu jour et nuit durant mon parcours. Qui ont toujours été là pour moi et m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance.

À ma très précieuse, chaleureuse et aimable **MÈRE**, mon inspiratrice depuis toujours, pour m'avoir tendu chaleureusement ses bras, pour avoir évincé mes moments de doute, elle a ouvert pour ma réussite, par son amour, ses précieux conseils.

À Mon très cher **PÈRE** qui a été à l'origine de tous, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer. C'est à vous que je dois cette réussite et je suis fière de vous l'offrir.

À ma chère adorable sœur **Amina** la douce, au cœur si grand.

À mes Chers frères, Zakaria Mon conseiller, et ami fidèle. **Amine**, mon petit cœur que je l'aime. En témoignage de son amour et de son affection dont il a toujours fait preuve.

A mon cher **mari**, qui m'a assisté dans les moments difficiles et m'a pris doucement par la main pour traverser ensemble des épreuves pénibles, je te suis très reconnaissante, et je ne te remercierai jamais assez pour ton amabilité, ta générosité, ton aide précieuse.

À ma petite princesse **Nada** la prune de mes yeux.

À ma chère amie **HAMEL Fayrouz**. En se souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble.

*AGGOUN Nouha Asma*

## Résumé

Notre étude est basée sur la valorisation de trois plantes médicinales (*Artemisia campestris*, *Capparis spinosa* et *Zizyphus lotus*) collectées de la région des Aurès (Est de l'Algérie). Les tests photochimiques effectués ont montré la richesse de l'extrait hydroéthanolique de ces espèces végétales en polyuronoïdes, composés phénoliques, composés réducteurs, tanins, saponines et terpénoïdes, et l'absence totale des alcaloïdes, stéroïdes, flavonoïdes, mucilage et coumarines. Les dosages colorimétriques ont révélé des teneurs en polyphénols et en flavonoïdes totaux estimées de  $(118,1 \pm 0,007; 57,4 \pm 0,005)$  et  $(145,89 \pm 0,002)$  ( $\mu\text{g EAG/mg d'extract}$ ),  $(33,42 \pm 0,001 ; 27,51 \pm 0,001$  et  $26,77 \pm 0,001)$  ( $\mu\text{g EQ/mg d'extract}$ ) pour *Artemisia campestris*, *Capparis spinosa* et *Zizyphus lotus*, respectivement. Par ailleurs, les extraits étudiés ont présenté un pouvoir antioxydant moins élevé en comparaison avec l'acide ascorbique ( $\text{IC}_{50} = 1,81 \pm 0,01 \text{ mg/ml}$ ) sachant que, l'extraits d'*Artemisia campestris* a une activité antioxydante plus efficace ( $\text{IC}_{50} = 2,91 \pm 0,03 \text{ mg/ml}$ ) que les autres extraits. L'activité antimicrobienne a été évaluée *in vitro* par la méthode de diffusion sur milieu gélosé et les résultats obtenus ont montré une sensibilité élevée de la souche *Staphylococcus aureus* avec des diamètres des zones d'inhibition allant de (11-22) mm, et une sensibilité modérée des autres souches (Gram positif et Gram négatif) aux trois extraits. Cependant, ces extraits n'ont aucun effet sur la bactérie *K. pneumoniae* et le champignon *Aspergillus niger*. Devant ces résultats, on peut conclure que les extraits hydroéthanoliques de *Artemisia campestris*, *Capparis spinosa* et *Zizyphus lotus* peuvent être appliqués dans les différents domaines.

**Mots clés :** *Artemisia campestris*, *Capparis spinosa*, *Zizyphus lotus*, activité antimicrobienne, activité antioxydante, Aurès.

## Summary

Our study is based on the valuation of three medicinal plants (*Artemisia campestris*, *Capparis spinosa* and *Zizyphus lotus*) collected from Aurès region (eastern of Algeria). The phytochemical tests showed the richness of the hydroethanolic extract of these plant species in polyuronoids, phenolic compounds, reducing compounds, tannins, saponins and terpenoids, and the total absence of alkaloids, steroids, flavonoids, mucilage and coumarins. Colorimetric assays revealed polyphenol and flavonoid contents estimated by  $(118.1 \pm 0.007; 57.4 \pm 0.005)$  and  $(145.89 \pm 0.002)$  ( $\mu\text{g EAG/mg extract}$ ),  $(33.42 \pm 0.001; 27.51 \pm 0.001)$  and  $(26.77 \pm 0.001)$  ( $\mu\text{g EQ/mg extract}$ ) for *Artemisia campestris*, *Capparis spinosa* and *Zizyphus lotus*, respectively. In addition, the studied extracts presented a lower antioxidant activity in comparison with ascorbic acid ( $\text{IC}_{50} = 1.81 \pm 0.01 \text{ mg/ml}$ ) knowing that *Artemisia campestris* extract has a more effective antioxidant activity ( $\text{IC}_{50} = 2.91 \pm 0.03 \text{ mg/ml}$ ) than other extracts. Antimicrobial activity was evaluated *in vitro* by agar diffusion method and the obtained results showed a high sensitivity of *Staphylococcus aureus* strain with inhibition zone diameters ranging from 11-22 mm, and moderate sensitivity to other strains (Gram positive and Gram negative) to the three extracts. However, these extracts have no effect on the bacteria *K. pneumoniae* and the fungus *Aspergillus niger*. In view of these results, we can conclude that hydroethanolic extracts of *Artemisia campestris*, *Capparis spinosa* and *Zizyphus lotus* can be used in different fields.

**Key words:** *Artemisia campestris*, *Capparis spinosa*, *Zizyphus lotus*, antimicrobial activity, antioxidant activity, Aures.

## ملخص

تستند دراستنا إلى تثمين ثلاثة نباتات طبية (الشيخ الحقلي ، الكبار و السدر) تم جمعها من منطقة الأوراس (شرق الجزائر). أظهرت الاختبارات الكيميائية النباتية التي أجريت ثراء المستخلص المائي الإيثانولي لهذه الأنواع النباتية بالبوليفينولات والمركبات الفينولية ومركبات الاختزال والدباغيات والصابونين والتربينويدات والغياب التام للقلويدات والستيرويدات والفلافونويد والصمغ والكومارين. كشفت المعايير اللونية عن كميات البوليفينول والفلافونويد و المقدر بـ  $118.1 \pm 0.007$ ;  $57.4 \pm 0.005$  و  $145.89 \pm 0.002$  (ميكروغرام مكافئ/ acide gallique/مغ مستخلص) ،  $33.42 \pm 0.001$ ;  $27.51 \pm 0.001$  و  $26.77 \pm 0.001$  (ميكروغرام مكافئ/ quercetine/مغ مستخلص) في كل من الشيخ الحقلي ، الكبار، السدر ، على التوالي. علاوة على ذلك ، أظهرت المستخلصات التي تمت دراستها نشاط مضاد للأكسدة أقل مقارنة بحمض الأسكوربيك ( $IC_{50} = 1.81 \pm 0.01$  مغ / مل) علما أن مستخلص الشيخ يملك نشاط مضاد للأكسدة أكثر فعالية ( $IC_{50} = 2.91$  مغ / مل) من المستخلصات الأخرى. كما تم تقييم النشاط المضاد للميكروبات في المختبر من خلال طريقة الانتشار على وسط أجار وأظهرت النتائج المتحصل عليها حساسية عالية لسلسلة *Staphylococcus aureus* بأقطار مناطق التثبيط تتراوح بين 11 إلى 22 مم، وحساسية متوسطة للسلاسل الأخرى (إيجابية الجرام وسالبة الجرام) للمستخلصات الثلاثة. ومع ذلك، فإن هذه المستخلصات ليس لها أي تأثير على بكتيريا *K. pneumoniae* وفطر *Aspergillus niger*. بالنظر إلى هذه النتائج ، يمكننا أن نستنتج أن المستخلصات المائية الكحولية للشيخ ، الكبار والسدر، يمكن استعمالها في مختلف المجالات،

**الكلمات المفتاحية:** الشيخ الحقلي، الكبار، السدر، النشاط المضاد للميكروبات، النشاط المضاد للأكسدة، الأوراس.

## Liste des abréviations

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| <b>AA:</b>                          | Acide ascorbique  |
| <b>AC:</b>                          | <i>Artemisia campestris</i>   |
| <b>AlCl<sub>3</sub>:</b>            | Chlorure d'aluminium  |
| <b>ATCC:</b>                        | American Type Culture Collection                                    |
| <b>BHT:</b>                         | Hydroxytoluènebutylé  |
| <b>cm:</b>                          | Centimètre  |
| <b>CMB:</b>                         | Concentration Minimale Bactéricide                                  |
| <b>CMI:</b>                         | Concentration Minimale Inhibitrice                                  |
| <b>CS:</b>                          | <i>Capparis spinosa</i>   |
| <b>DMAPP</b>                        | Diméthylallyl-pyrophosphate   |
| <b>DMSO:</b>                        | Diméthylsulfoxyde   |
| <b>DPPH:</b>                        | 2,2-diphényl 1-picrylhydrazyle                                      |
| <b>EAG:</b>                         | Equivalent d'acide gallique   |
| <b>EQ:</b>                          | Equivalent de quercétine  |
| <b>FAO:</b>                         | Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture |
| <b>FeCl<sub>3</sub>:</b>            | Chlorure de fer   |
| <b>g:</b>                           | Gramme  |
| <b>h:</b>                           | Heures  |
| <b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:</b> | Acide sulfurique  |
| <b>I<sub>2</sub>:</b>               | Diode   |
| <b>IC50:</b>                        | Concentration inhibitrice médiane                                   |
| <b>IPP:</b>                         | Pyrophosphate d'isopentényle  |
| <b>Mg:</b>                          | Magnésium   |
| <b>mg:</b>                          | Milligramme   |
| <b>MH:</b>                          | Mueller-Hinton  |
| <b>min:</b>                         | Minute  |
| <b>HCl:</b>                         | Chlorure d'hydrogène  |
| <b>ml:</b>                          | Millilitre  |
| <b>mm:</b>                          | Millimètre  |
| <b>nm:</b>                          | Nanomètre   |
| <b>PDA:</b>                         | Gélose dextrosée à la pomme de terre                                |

**R(%):** Rendement des extraits en pourcentage

**SD:** Standard deviation

**UV:** Ultraviolet

**ZL:** *Zizyphus lotus*

**°C:** Degré Celsius

**µg:** Microgramme

**µl:** Microlitre

## Liste des figures

|                    |   |    |
|--------------------|---|----|
| <b>Figure 01 :</b> | Les différents types de la phytothérapie                                  | 04 |
| <b>Figure 02 :</b> | Les principales classes de flavonoïde                                     | 07 |
| <b>Figure 03 :</b> | Structure des Tanins  | 08 |
| <b>Figure 04:</b>  | Arbuste de <i>Zizyphus lotus</i>  | 17 |
| <b>Figure 05:</b>  | Feuilles de <i>Zizyphus lotus</i>   | 17 |
| <b>Figure 06:</b>  | Fleurs de <i>Zizyphus lotus</i>   | 17 |
| <b>Figure 07:</b>  | Fruits de <i>Zizyphus lotus</i>   | 17 |
| <b>Figure 08:</b>  | Histogramme des rendements des extraits en pourcentage                    | 31 |
| <b>Figure 09:</b>  | Histogramme du dosage des polyphénols totaux de chaque extrait de plante  | 34 |
| <b>Figure 10:</b>  | Histogramme des flavonoïdes   | 36 |
| <b>Figure 11:</b>  | Courbes d'étalonnages des trois extraits de plantes et d'acide ascorbique | 37 |
| <b>Figure 12:</b>  | Histogramme des valeurs IC50 des trois extraits de plantes                | 39 |

## Liste des photographies

|                          |   |    |
|--------------------------|---|----|
| <b>Photographie 01:</b>  | Arbuste d' <i>A. campestris</i>                 | 12 |
| <b>Photographie 02:</b>  | Feuilles d' <i>A. campestris</i>                | 12 |
| <b>Photographie 03:</b>  | Arbuste du câprier                              | 13 |
| <b>Photographie 04:</b>  | Feuilles et fleurs du câprier                   | 13 |
| <b>Photographie 05:</b>  | Macération hydro-éthanolique des trois extraits | 22 |
| <b>Photographie 06:</b>  | Filtration des extraits hydro-éthanoliques      | 23 |
| <b>Photographie 07:</b>  | Séchage des trois extraits                      | 24 |
| <b>Photographie 08 :</b> | Extraits obtenus après la macération            | 30 |

## Liste des tableaux

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>Tableau 01</b> | Noms vernaculaires d' <i>Artemisia campestris</i>  | 12 |
| <b>Tableau 02</b> | Classification de la plante <i>Artemisia campestris</i>                                      | 13 |
| <b>Tableau 03</b> | Noms vernaculaires du <i>Capparis spinosa</i>  | 15 |
| <b>Tableau 04</b> | Classification de la plante <i>Capparis spinosa</i>  | 15 |
| <b>Tableau 05</b> | Noms vernaculaires de la plantes <i>Zizyphus lotus</i>                                       | 18 |
| <b>Tableau 06</b> | Classification du jujubier   | 18 |
| <b>Tableau 07</b> | Les plantes sélectionnées  | 20 |
| <b>Tableau 08</b> | Les souches microbiennes à tester  | 21 |
| <b>Tableau 09</b> | Disque d'antibiotiques utilisés dans l'antibiogramme   | 21 |
| <b>Tableau 10</b> | Méthodes des tests phytochimiques réalisés   | 25 |
| <b>Tableau 11</b> | Caractéristiques des extraits d' <i>A. campestris</i> , <i>C. spinosa</i> et <i>Z. lotus</i> | 30 |
| <b>Tableau 12</b> | Résultats des tests phytochimiques   | 32 |
| <b>Tableau 13</b> | Résultats de l'antibiogramme vis-à-vis les souches à testées                                 | 40 |
| <b>Tableau 14</b> | Résultats de l'activité antimicrobienne des trois extraits et DMSO.                          | 41 |
| <b>Tableau 15</b> | Résultats CMI-CMB  | 43 |

## Table des matières

|   |          |
|---|----------|
| Remerciement .....                                    |          |
| Dédicace .....  |          |
| Résumé .....  |          |
| Liste des abréviations .....                          |          |
| Liste des figures .....                               |          |
| Liste des photographies .....                         |          |
| Liste des tableaux .....                              |          |
| Table des matières .....                              |          |
| <b>INTRODUCTION</b> .....                             | <b>1</b> |
| <b>SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</b>                       |          |
| 1. Les plantes médicinales.....                       | 3        |
| 1.1. Phytothérapie.....                               | 3        |
| 2. Les métabolismes secondaires.....                  | 4        |
| 2.1. Les polyphénols.....                             | 4        |
| 2.1.1. Les différentes sources de polyphénols.....    | 5        |
| 2.1.2. Rôles des composés phénoliques.....            | 5        |
| 2.1.3. Classification des polyphénols.....            | 5        |
| 2.1.3.1. Flavonoïde.....                              | 6        |
| 2.1.3.2. Les Tanins.....                              | 7        |
| 2.2. Alcaloïdes.....                                  | 8        |
| 2.3. Les trerpénoïdes.....                            | 9        |
| 3. Activités biologiques des plantes médicinales..... | 9        |
| 3.1. Activité antioxydante.....                       | 9        |
| 3.2. Activité antiulcéreuse.....                      | 9        |
| 3.3. Activité anti hépatotoxique.....                 | 10       |
| 3.4. Activité anti-cardiovasculaire.....              | 10       |
| 3.5. Activité antibactérienne et antifongique.....    | 10       |

|  |    |
|--|----|
| 3.6. Activité anti inflammatoire ..... | 11 |
| 3.7. Activité anti cancérogène.....    | 11 |
| 4. Les plantes sélectionnées.....      | 11 |
| 4.1. <i>Artemisiacampestris</i> .....  | 11 |
| 4.1.1. Description botanique.....      | 11 |
| 4.1.2. Noms vernaculaires.....         | 12 |
| 4.1.3. Systématique.....               | 12 |
| 4.1.4. Répartition géographique.....   | 13 |
| 4.1.5. Utilisation traditionnelle..... | 14 |
| 4.1.6. Propriétés thérapeutiques.....  | 14 |
| 4.2. <i>Capparis spinosa</i> .....     | 14 |
| 4.2.1. Description botanique.....      | 14 |
| 4.2.2. Noms vernaculaires.....         | 14 |
| 4.2.3. Systématique.....               | 15 |
| 4.2.4. Répartition géographique.....   | 15 |
| 4.2.5. Utilisation traditionnelle..... | 16 |
| 4.2.6. Propriétés thérapeutiques.....  | 16 |
| 4.3. <i>Zizyphus lotus</i> .....       | 16 |
| 4.3.1. Description botanique.....      | 16 |
| 4.3.2. Noms vernaculaires.....         | 17 |
| 4.3.3. Systématique.....               | 18 |
| 4.3.4. Répartition géographique.....   | 18 |
| 4.3.5. Utilisation traditionnelle..... | 19 |

## **MATERIEL ET METHODES**

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 1. Matériel.....                    | 20 |
| 1.1. Matériel végétal.....          | 20 |
| 1.2. Milieux de culture .....       | 20 |
| 1.3. Les souches microbiennes ..... | 20 |
| 1.4. Réactifs chimiques.....        | 21 |
| 1.5. Antibiotiques.....             | 21 |
| 1.6. Equipements.....               | 22 |
| 2. Méthodes.....                    | 22 |
| 2.1. Séchage.....                   | 22 |

|   |    |
|---|----|
| 2.2. Broyage.....   | 22 |
| 2.3. Préparation des extraits bruts.....  | 22 |
| 2.3.1 Macération hydro-éthanolique.....   | 22 |
| 2.3.2. Filtration.....  | 23 |
| 2.3.3. Séchage.....   | 24 |
| 2.3.4. Grattage.....  | 24 |
| 2.4. Screening phytochimique.....   | 24 |
| 2.5. Dosage des polyphénols.....  | 26 |
| 2.6. Dosage des flavonoïdes.....  | 27 |
| 2.7. Activité antioxydante( <i>Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl)</i> )..... | 27 |
| 2.8. Activité antibactérienne.....  | 27 |
| 2.8.1. Préparation d'inoculum et des solutions des extraits.....  | 27 |
| 2.8.2. Ensemencement et dépôt des disques.....  | 28 |
| 2.8.3. Concentration Minimale Inhibitrice (CMI).....  | 28 |
| 2.8.4. Concentration Minimale Bactéricide (CMB).....  | 28 |
| 2.9. Activité antifongique.....   | 28 |
| <b>Résultats et discussion</b>  |    |
| 1. Résultats de l'extraction.....   | 30 |
| 1.1. Description des extraits bruts   | 30 |
| 1.2. Rendement de l'extraction.....   | 31 |
| 2. Tests phytochimiques.....  | 32 |
| 3. Teneurs en polyphénols.....  | 33 |
| 4. Teneurs en flavonoïdes.....  | 35 |
| 5. Activité antioxydante.....   | 37 |
| 6. Activité antimicrobienne.....  | 39 |
| 6.1. Antibiogramme.....   | 39 |
| 6.2. Activité antibactérienne.....  | 41 |
| 6.2.1. Concentration minimale inhibitrice (CMI) et concentration minimale bactéricide (CMB).....          | 43 |
| 6.3. Activité antifongique.....   | 44 |
| <b>CONCLUSION</b> .....   | 45 |
| <b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....  | 47 |
| <b>ANNEXES</b>  | 58 |

# *Introduction*



# Introduction

---

Depuis des milliers d'années, l'humanité a utilisé diverses plantes trouvées dans son environnement, afin de traiter et soigner toutes sortes de maladies. Environ 65-80% de la population mondiale a recours à la médecine traditionnelle pour satisfaire ses besoins en soins de santé primaire, en raison de la pauvreté et du manque d'accès à la médecine moderne (**Ma, 1997**).

De nos jours, malgré le développement de la chimie de synthèse, l'utilisation des plantes médicinales a conservé une large place du fait de leur efficacité dans diverses procédures thérapeutiques. Elles constituent un groupe numérique vaste et contiennent des composants actifs utilisés dans le traitement de diverses maladies. Outre leur utilisation comme remède direct, on les emploie aussi dans l'industrie pharmaceutique et cosmétique (**Lazli, 2018**).

Selon le rapport de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) de l'année 2012, sur l'état des ressources génétiques forestières dans le monde, la flore algérienne recèle un grand nombre d'espèces bien dispersées géographiquement et classées selon leur rareté : 289 espèces assez rares, 647 espèces rares, 640 espèces très rares, 35 espèces extrêmement rares et 168 endémiques (**Boukhalfa, 2017**).

Ces plantes représentent un réservoir immense de composés potentiels attribués aux métabolites secondaires qui ont l'avantage d'être d'une grande diversité de structure chimique et ils possèdent un très large éventail d'activités biologiques (**Sanago, 2006**), les plantes produisent plus de 200.000 métabolites secondaires qui représentent une immense valeur économique, en particulier pour l'industrie pharmaceutique et cosmétique, dont les plus grands groupes sont les alcaloïdes, les terpénoïdes, les stéroïdes et les composés phénoliques (**Crozier et al., 2006**). Il existe plusieurs types des extraits, selon le solvant employé (eau distillée, éthanol...) ainsi que la partie de végétal (feuille, écorce, fruit...) influençant le type de métabolites extraits (**Atmani, 2009**).

Dans le cadre de valorisation des espèces végétales algériennes et précisément de la région des Aurès, et compte tenu des vertus thérapeutiques que représentent le jujubier sauvage (*Zizyphus lotus*), le câprier (*Capparis spinosa*) et l'armoise commune (*Artemisia campestris*), ce travail a pour objectif l'étude de l'activité antimicrobienne, l'activité antioxydante et la teneur en polyphénols et flavonoïdes des extraits de ces trois plantes médicinales.

# Introduction

---

La présente étude est divisée en deux parties:

- ❖ La première partie: Synthèse bibliographique, qui englobe:
  - Les plantes médicinales.
  - Les métabolismes secondaires.
  - Les différentes activités biologiques des plantes.
- ❖ La deuxième partie : Étude expérimentale, qui réunit
  - Présentation des plantes sélectionnées.
  - Matériel et méthodes.
  - Résultats et discussions.
  - Conclusion.



Synthèse  
bibliographique



## 1. Les plantes médicinales

Les plantes médicinales ont toujours eu une place importante dans l'arsenal thérapeutique de l'humanité. Elles constituent une source importante de molécules bioactives qui font généralement partie des métabolites secondaires (**Haddouchi, 2014**).

Face à l'apparition de formes résistantes de plusieurs bactéries à certains antibiotiques, la recherche de nouvelles molécules actives et à large spectre d'action est devenue une nécessité (**Haddouchi, 2013**).

Une des stratégies pour cette recherche consiste à explorer les plantes utilisées en médecine traditionnelle (**Chaouche, 2013**).

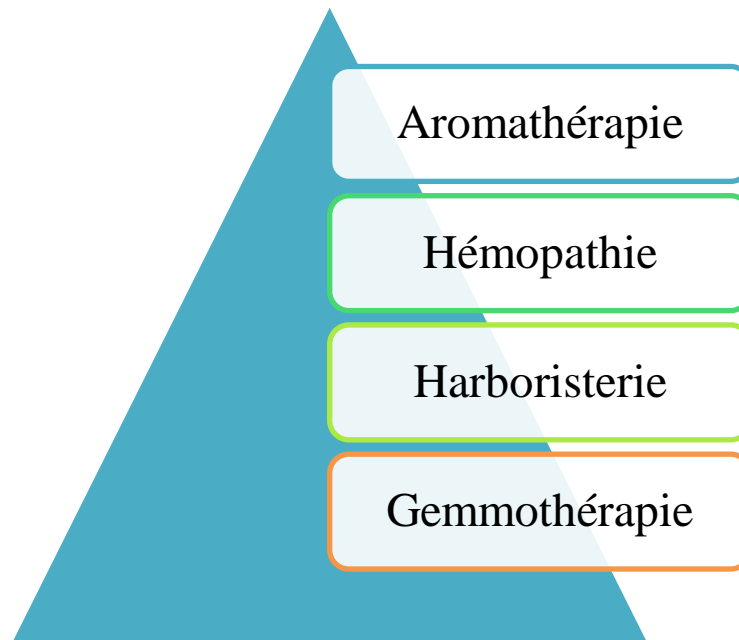
Les plantes médicinales sont l'ensemble des espèces végétales possédant des propriétés thérapeutiques, ces traitements naturels phytothérapeutiques peuvent s'avérer dans de nombreux cas plus économiques, plus efficaces, plus sûrs que bien des médicaments (moins d'effets secondaires), les plantes médicinales peut être arbre, un buisson, un champignon, un légume, une racine, une algue (**Bousta, 2011**).

Depuis longtemps le but d'utilisation des plantes médicinales est l'amélioration de la santé humaine, aujourd'hui elles sont exploitées à tous les niveaux notamment au niveau thérapeutique. Au cours des dernières années, les recherches scientifiques vise à prouver le bien-fondé des vertus thérapeutiques de la plupart des plantes médicinales utilisées de façon empirique depuis des millénaires. Aujourd'hui, l'utilisation des plantes médicinales a conservé une large place du fait de leur efficacité dans diverses procédures thérapeutiques. Elles constituent un groupe numérique vaste et contiennent des composants actifs utilisés dans le traitement de diverses maladies. Ainsi que leur utilisation dans l'industrie pharmaceutique et cosmétique (**Lazli, 2018**).

### 1.1. Phytothérapie

Le mot "phytothérapie" est d'origine grec, subdivisé en deux parties : phuton qui veut dire « plante » et « therapeia » qui signifie traitement. Elle peut donc se définir comme une discipline destinée à prévenir et à traiter certains troubles fonctionnels et/ou certains états pathologiques, en utilisant soit : des plantes entières, parties actives de plantes ou des préparations à base de ces plantes ayant des propriétés thérapeutiques, qu'elles soient consommées ou utilisées par voie externe (**Chabrier, 2010**).

## Les types de phytothérapie :



**Figure 01** : Les différents types de la phytothérapie (Zeghad, 2009).

## 2. Les métabolismes secondaires

Les métabolites secondaires sont des molécules produites par des organismes vivants (plantes, bactéries, champignons...) ne sont pas directement impliqués dans les fonctions vitales de l'organisme (la nutrition, la croissance, et la reproduction). Les métabolites secondaires peuvent être classés en plusieurs grandes familles : les composés phénoliques (tanins, flavonoïdes...), les alcaloïdes, et les terpènes (Cozier, 2006; Houel, 2012).

### 2.1 Les polyphénols

Le terme « polyphénols » est fréquemment utilisé dans le langage courant et même dans des articles scientifiques ou de vulgarisation pour désigner l'ensemble des composés phénoliques des végétaux donc la désignation générale « composés phénoliques » concerne à la fois les mono, les di et les polyphénols dont les molécules contiennent respectivement une, deux ou plusieurs fonctions phénoliques (Fleuriet, 2005).

# Synthèse bibliographique

---

Les composés phénoliques forment un groupe diversifié de métabolites secondaires, d'un poids moléculaire élevé (**Harbone, 1994**). Ces molécules constituent le groupe majoritaire le plus important dans le règne végétal. Les différentes parties de la plante possèdent des quantités en polyphénols variables selon l'espèce végétale et le groupe phénolique considéré (**Bamforth, 2000**).

Ils sont constitués des composés chimiques aromatiques contenant au moins une fonction phénol, c'est-à-dire d'un noyau aromatique lié à un ou plusieurs groupement(s) hydroxyle(s), en plus d'autres constituants, modifié(s) ou non (**Lattanzio, 2006**).

## 2.1.1 Les différentes sources de polyphénols

Les composés phénoliques se trouvent couramment dans les plantes comestibles et non comestibles, il a été rapporté qu'ils ont de multiples effets biologiques, y compris l'activité antioxydante. Les extraits bruts de fruits, d'herbes, de légumes, de céréales et d'autres matières végétales riches en composés phénoliques intéressent de plus en plus l'industrie alimentaire car ils retardent la dégradation oxydative des lipides et améliorent ainsi la qualité et la valeur nutritionnelle des aliments (**Kähkönen et al., 1999**).

## 2.1.2. Rôles des composés phénoliques

Les composés phénoliques possèdent des propriétés biologiques diverses d'où leur utilisation en thérapeutique. Ils participent dans la protection contre certaines maladies en raison de leur interaction possible avec de nombreuses enzymes et de leurs propriétés antioxydantes (**Fleuriet, 2005**).

En outre, Un certain nombre de molécules polyphénoliques ont été testées cliniquement comme des antiagrégants plaquettaires, ou hypotenseurs avec des résultats moins probants.

## 2.1.3. Classification des polyphénols

**Harbone** a proposé la classification de ces substances en **1980**. La distinction entre les différentes classes de polyphénols repose d'une part sur la quantité et d'autre part sur la structure du squelette de base.

Deux classes principales sont largement utilisées : Flavonoïdes, Tanins.

# Synthèse bibliographique

---

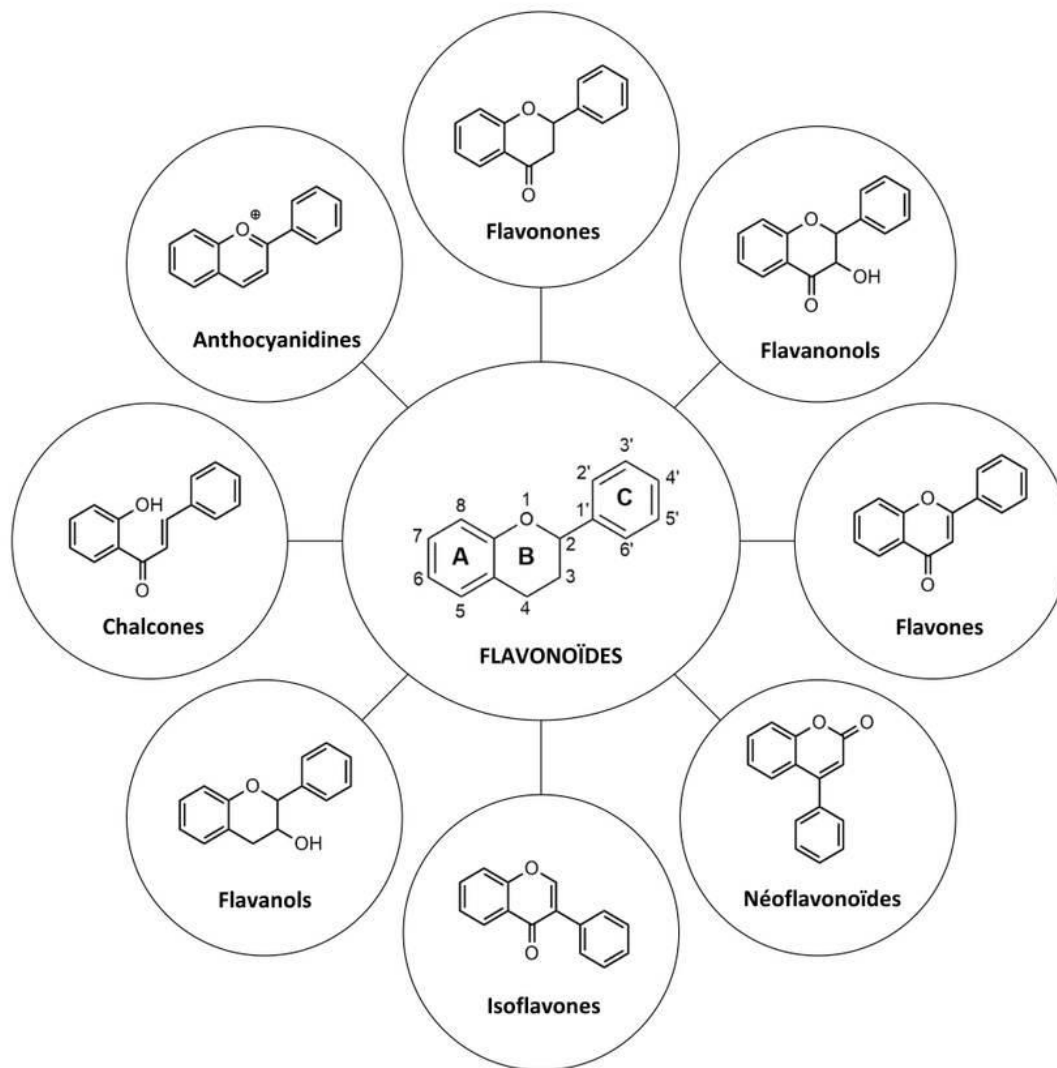
## 2.1.3.1 Flavonoïde

Les flavonoïdes sont définis par leur squelette de base constituée de deux cycles aromatiques à 6 atomes de carbone connectés entre eux par un hétérocycle à 3 atomes de carbone (C6-C3- C6) (**Royer, 2013**). Ils sont présents dans presque tous les organes de la plante (racines, fleurs, tiges) (**Harkati, 2011**).

Les flavonoïdes possèdent plusieurs effets phytothérapeutiques:

- Jouent un rôle Important dans le système de défense comme antioxydants (**Harkati, 2011**).
- Ils sont particulièrement actifs dans le maintien d'une bonne circulation.
- Certains flavonoïdes ont aussi des propriétés anti-inflammatoires et antivirales, et des effets protecteurs sur le foie (**Iserin et al., 2001**).

Les classes des flavonoïdes sont: les flavones, les flavanols, les flavanones, les chalcones, les isoflavonoïdes (**Royer, 2013**).



**Figure 02** : les principales classes de flavonoïde (site1)

### 2.1.3.2. Les Tanins

Sont des composées d'origine végétale qui appartiennent à la famille des polyphénols (**Berthod, 1999**), solubles dans l'eau (**Akiyama, 2001**), leurs poids moléculaires s'étendent de 500 à 3000 Da (**Cowan, 1999**). Les tanins présentent aussi des propriétés antiseptiques, antibiotiques, astringentes, anti-inflammatoires, anti diarrhéiques, hémostatiques et vasoconstrictrices.

D'après **Tondi** et ses collaborateurs (**2013**), les tannins jouent également un rôle dans la protection des plantes contre la lumière UV et les radicaux libres, la défense contre les agents pathogènes (animaux, insectes, champignons et bactéries).

## Synthèse bibliographique

Sur le plan structural les tanins sont divisés en 2 catégories : les tanins hydrolysables et les tanins condensés (Haslam, 1994; Clifford, 2000; Santos-Buelga et Scalbert, 2000).

- **Tanins hydrolysables** : Esters d'acide phénol et d'ose, ils sont facilement hydrolysables en donnant soit l'acide gallique soit l'acide éllagique.
- **Tanin condensés**: Ce sont des dérivés non hétérosidiques, résultant de la polymérisation d'un nombre variable d'unités « flavane ».

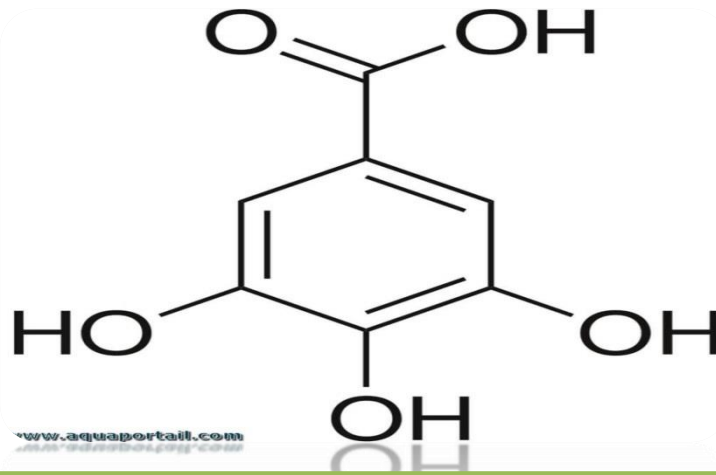


Figure 03 : Structure des Tanins (site2)

### 2.2 Alcaloïdes

Les noms des alcaloïdes ne sont pas codifiés par une nomenclature officielle. En règle générale, le nom dérive de la plante dont l'alcaloïde a été extrait (Ex : la cocaïne est extraite de la coca).

On trouve aussi des noms dérivant de la personne qui a découvert la plante (Ex : La spégazzine extraite de l'*Aspidosperma chakensis* par Spégazzini). En français et en anglais, le suffixe "-ine" est utilisé le plus communément, mais plusieurs alcaloïdes peuvent être isolés d'une même plante, c'est pourquoi on peut trouver d'autres suffixes comme "-idine", "anine", "-aline" ou "-inine". Pour les alcaloïdes dérivés du règne animal ou des champignons, le même type de "règles" est appliqué (Dunet, 2009).

De tous les composés secondaires végétaux connus, environ 20% sont classés comme alcaloïdes. Environ 20% des espèces de plantes à fleurs produisent ces alcaloïdes et chacune les accumule en fonction d'un modèle unique et prédéfini (Royer, 2013).

La source principale des alcaloïdes était auparavant les plantes florales mais plusieurs composés de cette famille ont été récemment extraits des règnes animaux à savoir les

# Synthèse bibliographique

---

insectes et les poissons. Malgré cet avancement, les alcaloïdes floraux restent les plus importantes par rapport aux restes (Kalla, 2012).

## 2.3 Les terpénoïdes

Appelés aussi terpènes, constituent un vaste groupe de métabolites secondaires, sont des hydrocarbures naturels, de structure cyclique ou de chaîne ouverte (Hellal, 2011). En effet, les plantes synthétisent plus de vingt-deux milles dérivés isopréniques qui possèdent des structures, des propriétés physiques et chimiques et activités biologiques très diverses (Connolly, 1992). Ils constituent une importante classe de produits secondaires, hydrophobes quelquefois volatils et unis par une origine commune (Seaman, 1982).

Ils répondent dans la plupart de cas à la formule générale ( $C_5H_8$ ) (Seenivasan, 2006). C'est-à-dire leur particularité structurale la plus importante est la présence dans leur squelette d'unité isoprénique à 5 atomes de carbone (Hernandez-Ochoa, 2005).

Les précurseurs de tous les isoprénoïdes est le pyrophosphate d'isopentényle (IPP) et son isomère allylique pyrophosphate diméthylallyl (DMAPP), avec près de 40 milles structures moléculaires (Yu et Utsumi, 2009).

## 3. Activités biologiques des plantes médicinales

### 3.1 Activité antioxydante

Des mécanismes de défense cellulaire existent pour détruire les radicaux libres d'oxygène (peroxydase cellulaire), ou capter les radicaux libres (molécules antioxydantes).

Les polyphénols sont les antioxydants les plus abondants dans notre alimentation nourriture. Ils forcent nos défenses naturelles contre le stress oxydatif. Les gens pensent que, Le pouvoir antioxydant de plusieurs fruits est dû à la présence de flavonoïdes (Dacosta, 2003).

### 3.2 Activité antiulcéreuse

Les tanins sont utilisés en médecine principalement en raison de leurs propriétés astringentes; ils réagissent avec les protéines des couches tissulaires en y précipitant au site de l'ulcère, formant une couche protectrice (complexe tanin-protéine / tanin-polysaccharide) qui empêche l'absorption des substances toxiques et favorise la résistance à l'action des enzymes protéolytiques, de ce fait les tanins ont la propriété d'inhiber les protéases de l'estomac telle que la pepsine (Kelly Samara *et al.*, 2009). De plus, Les polyphénols agissent au niveau du

## Synthèse bibliographique

---

tractus gastro-intestinal soit comme agent antiulcéreux, anti-sécrétoire ou agents antioxydants notamment les flavonoïdes et les tannins (Kelly Samara *et al.*, 2009).

### 3.3 Activité anti hépatotoxique

Les flavonoïdes sont utilisés en médecine traditionnelle depuis des siècles pour traiter les maladies du foie; les ingrédients actifs de l'extrait comprennent un mélange complexe (constitué de flavonoïdes et de lignanes) appelé Silymarine (Laughton *et al.*, 1991).

### 3.4 Activité anti-cardiovasculaire

Les polyphénols favorisent la protection contre les changements de cœur et vaisseaux sanguins. Dans les artères, ces molécules empêchent l'oxydation LDL pour éviter l'artériosclérose. Ils inhibent également l'agrégation plaquettaire impliquée dans le phénomène de thrombose, conduisant à l'occlusion artérielle. En effet, la consommation de polyphénols favorise les changements cardiaques et vasculaires (Martin, 2002).

### 3.5 Activité antibactérienne et antifongique

En raison de leur diversité structurale, les polyphénols ont des activités antibactériennes importantes et diverses. On pense que le site et le nombre de groupes hydroxyle sur le groupe phénol sont liés à leur toxicité relative vis-à-vis des micro-organismes.

De plus, il a été rapporté que plus les composés phénoliques sont oxydés, plus ils inhibent les micro-organismes. Les flavonoïdes ont une grande variété d'activités antibactériennes, ils peuvent inhiber la croissance de plusieurs types de bactéries (*Staphylococcus aureus*). Les tanins ont de fortes propriétés antibactériennes, inhibant la croissance des bactéries du rumen telles que l'aminofilm de *Clostridium* et *Escherichia coli* (Babayi, 2004).

### 3.6 Activité anti-inflammatoire

L'inflammation est un mécanisme de réponse aux lésions tissulaires visant à entourer e à réparer les lésions tissulaires. La principale fonction de l'inflammation est d'éliminer les envahisseurs et de permettre la réparation des tissus. Par conséquent, la recherche de nouveaux agents anti-inflammatoires à partir de plantes reste la meilleure source d'information (Ghedira, 2005).

## Synthèse bibliographique

---

De nombreuses études semblent indiquer que les flavonoïdes ont des propriétés anti-inflammatoires, régulent la fonction du système immunitaire et peuvent réduire la libération d'histamine par les basophiles et les mastocytes (**Brunton, 1999**).

### 3.7 Activité anti cancérogène

La carcinogenèse est un processus complexe en plusieurs étapes qui conduit les cellules d'un état sain à un état précancéreux et finalement aux stades précoces du cancer (**Pincemail, 2002**).

Des études expérimentales récentes ont montré que les flavonoïdes présents dans les plantes font partie des substances qui peuvent retarder ou empêcher le développement de certains types de cancer, et de certaines manières réduire le risque de développer un cancer chez l'homme. Des études *in vitro* et *in vivo* suggèrent que les flavonoïdes agissent à tous les stades de la cancérogenèse (initiation, promotion et progression). Ils inhibent la prolifération des lignées cellulaires cancéreuses en interférant avec les mécanismes de signalisation mitotique (**Curtay et Robin, 2000**).

## 4. Les plantes sélectionnées

### 4.1. *Artemisia campestris*

#### 4.1.1. Description botanique

*Artemisia campestris* est un arbuste aromatique à tiges robustes, d'une hauteur de 30 à 80 cm. Cette plante possède des capitules très petits, étroits (1 à 1,5 mm) ovoïdes ou coniques, à involucre scarieux, ne contient que 3 à 8 fleurs de couleur jaunâtre bordées de rouge, et à pédoncule muni de poils blanchâtres à brunâtre. Les feuilles d'*Artemisia campestris* sont glabres et de couleur verte foncée, les inférieures dipinnatiséquées, les supérieures pinnatiséquées, les basales pétiolées et auriculées, les tiges sont ligneuses à la base striée (**Boudjouref, 2011**).

## Synthèse bibliographique



**Photographie 01:** Arbuste  
d'*A. campestris*



**Photographie 02:** Feuilles d'*A. campestris*

### 4.1.2. Noms vernaculaires

**Tableau 01:** Noms vernaculaires d'*Artemisia campestris* (Bouallaoui *et al.*, 2022).

| Payé    | Noms vernaculaires  |
|---------|---|
| Algérie | تقفت, هلاللة, دقفت, نادجوق, تاميمائت, ام نفسة                 |
| Tunisie | شيخ لاخريس, علال  |
| Maroc   | تقفت, دقوفت   |
| Libye   | تقفت, طوقوفت, طاغرت, تغوش                                     |
| Espagne | Escoba de río, Mojariega, Tomillo, Granillo Pegano Salsoletea |
| Italie  | Tammarice   |

### 4.1.3. Systématique

*Artemisia campestris* est une espèce polymorphique qui consiste plusieurs sous espèces et variétés (Dib et El Alaoui- Faris, 2019).

## Synthèse bibliographique

**Tableau 02:** Classification de la plante *Artemisia campestris*.

|                       |                             |
|-----------------------|-----------------------------|
| <b>Règne</b>          | <b>Plantae</b>              |
| <b>Sous règne</b>     | <b>Tracheobionta</b>        |
| <b>Super division</b> | <b>Spermatophyta</b>        |
| <b>Classe</b>         | <b>Magnoliopsida</b>        |
| <b>Sous classe</b>    | <b>Asterales</b>            |
| <b>Famille</b>        | <b>Asteraceae</b>           |
| <b>Genre</b>          | <i>Artemisia</i>            |
| <b>Espèce</b>         | <i>Artemisia campestris</i> |

### 4.1.4. Répartition géographique

Cette plante a été originaire en Asie, maintenant elle est distribuée en Amérique du nord et le nord d'Afrique (Gleason et Cronquist, 1963).



**Photographie 03 :** Arbuste du câprier



**Photographie 04 :** Feuilles et fleurs du câprier

# Synthèse bibliographique

---

## 4.1.5. Utilisation traditionnelle

La partie aérienne est utilisée dans le traitement des brûlures, morsures de serpents, piqures de scorpions, eczéma, gastroentérites, dysenterie, infections urinaires, fièvre, toux (**Boudjouref, 2011**).

## 4.1.6. Propriétés thérapeutiques

Les fleurs sont un effet hypoglycémiant, cholérétique, digestif, dépuratif, anti lithiasique et pour les traitements d'obésité, diminution du cholestérol. Elle a été utilisée comme décoction anti venin, anti inflammatoire, antirhumatismale et antimicrobienne (**Sijelmassi, 1993**).

## 4.2. *Capparis spinosa*

### 4.2.1. Description botanique

D'après **Meddour (2020)** les câpres sont des arbustes épineux vivaces aux rameaux feuillés, de 0,3 à 1 mètre de long et aux racines de 6 à 10 mètres de profondeur. Ils se caractérisent par :

- Feuilles alternes, elliptiques, légèrement charnues, à court pétiole, épineuses, stipules persistantes.
- Grandes fleurs d'une beauté extraordinaire, malheureusement très éphémères, pédonculées, solitaires et axillaires, atteignant environ 6 cm de diamètre, à quatre sépales verts concaves, une corolle à quatre grands ovales blanc rosé.
- Le fruit est une baie ovale ou piriforme, longuement pétiolée, rouge, avec de nombreuses graines réniformes, délicieuses.

### 4.2.2. Noms vernaculaires

Le nom de la câpre varie selon la région et la langue (**Bouzaine et al., 2019**) et il existe plusieurs noms:

## Synthèse bibliographique

**Tableau 03:** Noms vernaculaires du *Capparis spinosa*

|             |               |
|-------------|---------------|
| En occitan  | <i>Tàpera</i> |
| En arabe    | كبار, شفافح   |
| En espagnol | Alcaparra     |
| En hébreu   | Tzalaf        |
| En anglais  | Caperbush     |

### 4.2.3. Systématique

**Tableau04:** Classification de la plante *Capparis spinosa* (Hachani, 2014).

|             |                              |
|-------------|------------------------------|
| Règne       | Plantae                      |
| Sous règne  | Ttracheobionta.              |
| Division    | Magnoliophyta.               |
| Classe      | Magnoliopsida.               |
| Sous classe | Dilleniidae.                 |
| Famille     | Capparidaceae (Capparaceae). |
| Genre       | <i>Capparis</i> .            |
| Espèce      | <i>Capparis spinosa</i> L.   |

### 4.2.4. Répartition géographique

Les câpres sont l'une des rares espèces arbustives trouvées sur les rochers et les montagnes (Saadaoui *et al.*, 2011).

Les plantes volontaires, arides et héliophiles sont largement répandues dans le bassin méditerranéen, notamment en Sicile et dans les îles voisines. Largement distribuées du sud de l'Europe à l'Ancien Monde, au nord de l'Afrique de l'Est, à Madagascar, au sud-ouest de l'Asie centrale et à l'Australie (Hubert *et al.*, 2005; Jiang *et al.*, 2007). Les sources importantes sont la Turquie, le Maroc, l'Espagne, la Grèce, la France et l'Italie (Tlili *et al.*, 2011).

### 4.2.5. Utilisation traditionnelle

Le câprier contient plusieurs propriétés médicinales contre: les infections intestinales et gastriques, diarrhée, goutte et rhumatisme, et toux. Il est également très efficace contre les infections oculaires (**Blamey et Grey-Wilson, 2000 ; Lieutaghi, 2004**). Il est utilisé dans les maladies de la rate, du foie (**Lieutaghi, 2004**) et émétique en cas d'intoxication (**Djerroumi et Nacef, 2004**), astringent et tonique et en cas d'œdème, de chlorose, de cachexie, de malaise avec dépression nerveux et l'anémie (**Beloued, 2001 ; Beloued., 2009**) recommandé contre l'artériosclérose, Comme diurétique et anti-rhume (**Schauenberg et Ferdinand, 2010**).

En cas de maladies de peau un cicatrisant, et pour stimuler l'appétit (**Kothe, 2007**), un antiseptique. Il est employé aussi contre les hémorroïdes et dans les affections du nerf sciatique (**Djerroumi et Nacef, 2004**). Comme antifongique, anti-leishmaniose, anti-inflammatoire, hypoglycémiant.

### 4.2.6. Propriétés thérapeutiques

L'écorce des racines de cette plante fait l'objet d'usage médicinal que les câpres, la récolte se fait à la fin d'été et utilisée en poudre sous forme des infusions, décoctions, teintures huileuses, elle a aussi une fonction diurétique, stimulation des fonctions hépatiques, les fonctions astringentes et emménagogues. Elle est utilisée dans les soins des blessures ou les abcès (**Rahmoune, 2014**).

## 4.3. *Zizyphus lotus*

### 4.3.1. Description botanique

Le lotus dattier est un arbuste, haut de 5 à 6 m, ou arbre aux rameaux grêles, élancés, verdâtres, glabres, souvent épineux (**Botineau, 2015**).

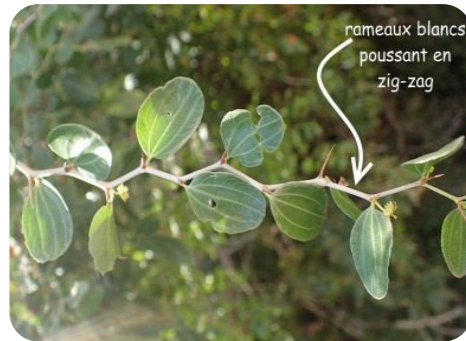
C'est un arbuste ramifié et épineux avec de grandes souches dans le sol. Les tiges partent directement de la souche et sont ramifiées, épineuses et blanches. Les feuilles apparaissent au printemps et disparaissent en automne. La plante à des rameaux tordus recouverts de rameaux constitués de plusieurs petites épines (**Kaddem, 1990**). Les feuilles sont petites, alternes, obtuses, crénelées, à trois nervures, glabres, peu rigides, de 7 à 9 mm de large et de 9 à 13 mm de long, à pétiole court (**Ghedira, 2013**). Le fruit est oblong, d'abord vert, puis jaune, et enfin rouge foncé, avec un noyau osseux à maturité (**Botineau, 2015**), (une pulpe épaisse pouvant être blanc verdâtre, aigre-douce ou brune, de goût légèrement jaunâtre,

## Synthèse bibliographique

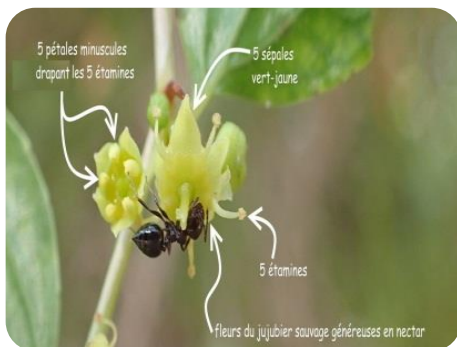
un peu glutineuse, à saveur sucré et fade (Bayer *et al.*, 2009). Les rameaux sont courbés vers le bas, flexueux, blanc grisâtres à épines par paires droites ou recourbées (Ghedira, 2013).



**Figure 4:** Arbuste de *Zizyphus lotus* (site 03)



**Figure 5:** Feuilles de *Zizyphus lotus* (site 03)



**Figure 6 :** Fleurs de *Zizyphus lotus* (site 03)



**Figure 7:** Fruits de *Zizyphus lotus* (site 03)

### 4.3.2. Noms vernaculaires

*Zizyphus lotus* est connue sous plusieurs dénominations internationales citées dans le tableau ci-dessous, notamment:

## Synthèse bibliographique

**Tableau 05** : Noms vernaculaires de la plantes *Zizyphus lotus* (Ghedira, 1995)

|                 |   |
|-----------------|---|
| <b>Arabe</b>    | <b>Sidr, Sidrbari, Sedra, Zizouf.</b>   |
| <b>Français</b> | Jujubier sauvage, jujubier de Berbérie, lotus des anciens, jujubier des Lotophages. |
| <b>Anglais</b>  | African jujube, Lote fruit, Lotus tree, lotus jujube, wild jujube.                  |
| <b>Allemand</b> | Wilde Jujube.   |
| <b>Espagnol</b> | Azufaifoaficano, Azufaifoibérico, Arto, Artoblanco, Espina de Cristo.               |

### 4.3.3. Systématique

Le jujubier est classé selon **Jacamon (1992)** comme suit :

**Tableau 06:** Classification du jujubier

|                            |                          |
|----------------------------|--------------------------|
| <b>Embranchement</b>       | <b>Spermaphytes</b>      |
| <b>Sous- embranchement</b> | <b>Angiospermes</b>      |
| <b>Classe</b>              | <b>Dicotylédones</b>     |
| <b>Sous- classe</b>        | <b>Rosidae</b>           |
| <b>Ordre</b>               | <b>Rhamnales</b>         |
| <b>Famille</b>             | <b>Rhamnacées</b>        |
| <b>Genre</b>               | <i>Zizyphus</i>          |
| <b>Espèce</b>              | <i>Zizyphus lotus L.</i> |

### 4.3.4 Répartition géographique

Selon **Baba Aissa (1999)**, « *Zizyphus lotus L.* » est une espèce méditerranéenne et subtropicale. Cette espèce est naturellement présente en Espagne et au sud du Portugal, en Sicile, en Grèce et surtout en Afrique du Nord (**Catoire et al., 1999; Brosse, 2000**). Elle est présente dans les steppes semi-désertiques d'Afrique du Nord: dans tout le nord du Maghreb arabe (Maroc, Algérie, Tunisie, Libye) et en Asie (**Dillemann et al., 1960**).

"*Zizyphus lotusL.* est très répandu dans les régions arides d'Algérie du Sud, Ain Ouessara et Maessad (willaya de Djelfa) à climat aride et Taghit wilaya de Bechar au climat Saharien" (**Mounni, 2008**).

## Synthèse bibliographique

---

### 4.3.5. Utilisation traditionnelle

Les espèces du genre "*Zizyphus*" sont largement utilisées en médecine traditionnelle dans le traitement de diverses affections telles que : troubles digestifs, faiblesse, problèmes de foie, obésité, infections des voies urinaires, diabète, infections cutanées, fièvre, diarrhée et insomnie (**Kirtikar *et al.*, 1984**).

*Matériel et  
méthodes*



# Matériel et méthodes

Ce travail a été réalisé au sein du laboratoire pédagogique de l'université Abbes Laghrour – Khenchela. L'étude a porté sur l'évaluation de l'activité antimicrobienne des trois extraits hydro-éthanoliques de trois espèces végétales de la région des Aurès (*Artemisia campestris*, *Capparis spinosa* et *Zizyphus lotus*) ainsi que leurs activité antioxydante et l'analyse phytochimique.

## 1. Matériels

### 1.1 Matériel végétal

Tableau 07: Les plantes sélectionnées

| Nom botanique               | Organe utilisé | Lieu de récolte                    | Saison d récolte |
|-----------------------------|----------------|------------------------------------|------------------|
| <i>Artemisia campestris</i> | Feuilles       | Tmagra (ouled si mousse)-Khenchela | Décembre 2022    |
| <i>Capparis spinosa</i>     | Feuilles       | Chechar- Khenchela                 | Décembre 2022    |
| <i>Zizyphus lotus</i>       | Feuilles       | Chechar-Khenchela                  | Décembre 2022    |

Après la récolte, les feuilles de ces plantes ont été séchées à l'abri des rayons solaires, dans un endroit non humide à température ambiante pendant 15 à 21 jours.

### 1.2. Milieux de culture

- ❖ **Mueller Hinton** pour l'étude de la sensibilité des bactéries aux différents extraits.
- ❖ **Gélose nutritive et bouillon nutritif** pour l'isolement et l'entretien des souches bactériennes.
- ❖ **Gélose dextrose à la pomme de terre (PDA)** pour l'étude de la sensibilité du champignon aux différents extraits.

### 1.3. Les souches microbiennes

L'activité antimicrobienne des extraits choisis a été testée sur 6 souches bactériennes pathogènes et une souche fongique pathogène.

# Matériel et méthodes

**Tableau 08:** Les souches microbiennes à tester.

|                               | Souches testées                |            |
|-------------------------------|--------------------------------|------------|
| <b>Bactéries Gram positif</b> | <i>Bacillus cereus</i>         | ATCC 11778 |
|                               | <i>Staphylococcus aureus</i>   | ATCC 25923 |
|                               | <i>Staphylococcus</i> clinique |            |
| <b>Bactéries Gram négatif</b> | <i>Escherichia coli</i>        | ATCC 25922 |
|                               | <i>Klebsiella pneumoniae</i>   | ATCC 4352  |
|                               | <i>Pseudomonas aeruginosa</i>  | ATCC 27853 |
| <b>Champignon</b>             | <i>Aspergillus niger</i>       | 2CA936     |

## 1.4. Réactifs chimiques

Ethanol, méthanol, eau distillée, réactif de Mayer, chlorure d'hydrogène (HCl), acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), chlorure de fer (FeCl<sub>3</sub>), carbonate de sodium, acide ascorbique, DPPH, Folin-Ciocalteu, l'acétone, anhydride acétique, chloroforme, liqueur de Fehling, NH<sub>4</sub>OH, tournures de magnésium.

## 1.5. Antibiotiques

**Tableau 9:** Disque d'antibiotiques utilisés dans l'antibiogramme

| Sigle      | Antibiotique    | Famille         | Quantité (µg) |
|------------|-----------------|-----------------|---------------|
| <b>OX</b>  | Oxacilline      | Pénicilline     | 5             |
| <b>PRL</b> | Pipéracilline   | Pénicilline     | 10            |
| <b>C</b>   | Chloramphénicol | Phénicoles      | 30            |
| <b>E</b>   | Erythromycine   | Macrolides      | 15            |
| <b>FA</b>  | Acide fucidique | Others          | 10            |
| <b>OFX</b> | Ofloxacin       | Fluoroquinolone | 5             |
| <b>TE</b>  | Tétracycline    | Tétracycline    | 30            |
| <b>VA</b>  | Vancomycine     | Glycopeptide    | 30            |
| <b>PT</b>  | Pristinamycine  | Streptogramines | 15            |

# Matériel et méthodes

## 1.6. Equipements

Bec Bunsen, autoclave, four Pasteur, réfrigérateur, balance de précision, flacons, boîtes de Pétri en verre et en plastique, micro pipette, écouvillons, anse de platine, béchers, agitateur, vortex, bain Marie.

## 2. Méthodes

### 2.1. Séchage

Le séchage des plantes se fait loin de toute zone humide, chaude ou à l'exposition de soleil.

### 2.2. Broyage

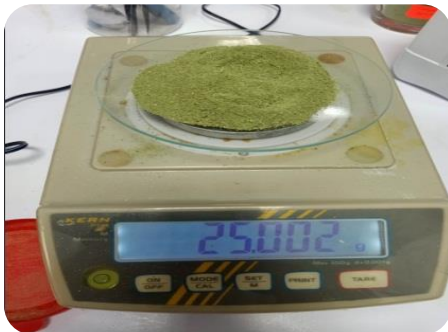
Le broyage est réalisé à l'aide d'un moulin à café, jusqu'à l'obtention d'une poudre très fine.

### 2.3. Préparation des extraits bruts

#### 2.3.1. Macération hydro-éthanolique

Selon **Biyiti et ses collaborateurs (2004)**:

- Dans un bécher, on mélange 25g du matériel végétal avec 100 ml de l'éthanol plus 100 ml de l'eau distillée.
- On plonge le barreau magnétique dans le bécher.
- On couvre le bécher avec du papier aluminium pour éviter l'évaporation du solvant et on le laisse agiter pendant 48h.

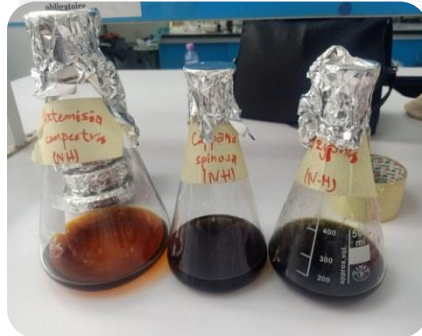
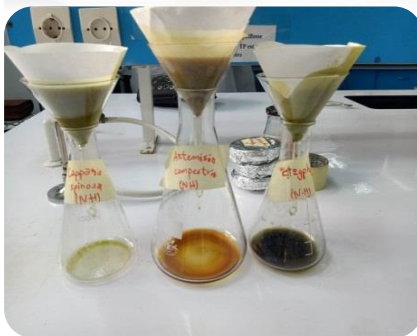
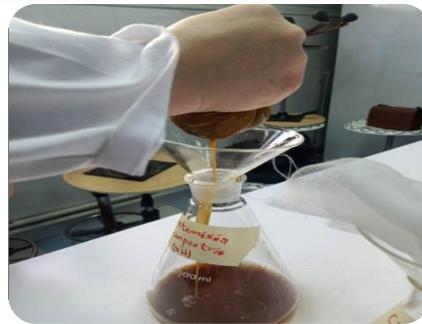
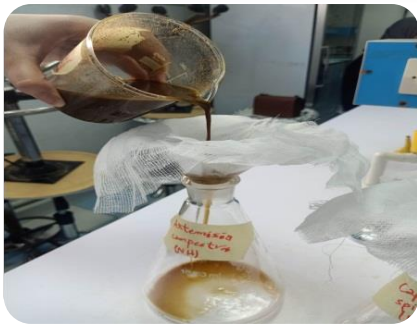
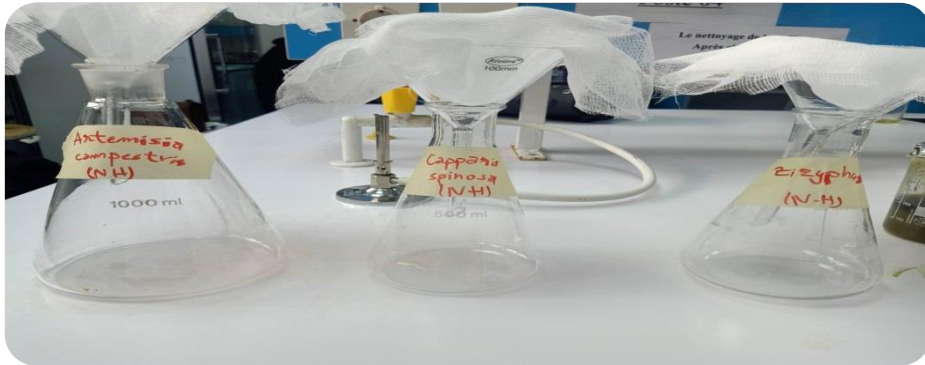


**Photographie 05:** Macération hydro-éthanolique des trois extraits.

# Matériel et méthodes

## 2.3.2. Filtration

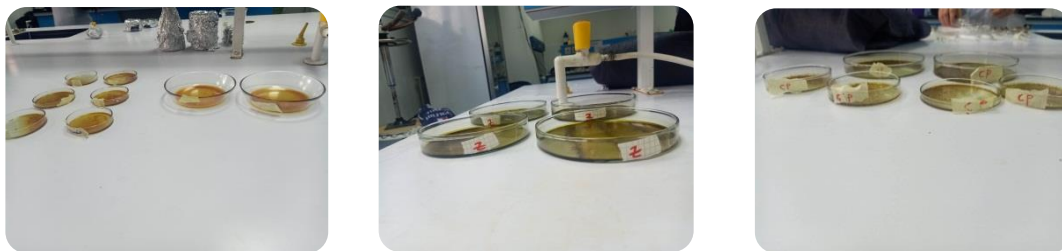
- En premier temps, elle se fait avec des compresses stériles.
- En deuxième temps avec du papier filtre.



**Photographie 06:** Filtration des extraits hydro-éthanoliques.

# Matériel et méthodes

## 2.3.3. Séchage



**Photographie 07:** Séchage des trois extraits.

Une fois les extraits bruts sont prêts, on les verse en fine couche dans des boites de Pétri en verre et on les met dans l'étuve à 45°C pendant 3 jours.

## 2.3.4. Grattage

Après séchage total des extraits et à l'aide d'une lame bistouri ou un couteau on gratte tout le contenu des boites et on le pèse pour calculer le rendement de ces extraits brut.

## 2.4. Screening phytochimique

Les techniques de screening phytochimique sont résumées dans le tableau 10.

**Tableau10:** Méthodes des tests phytochimiques réalisés.

| Tests               | Méthodes  | Résultats positifs                  | Références                       |
|---------------------|---|-------------------------------------|----------------------------------|
| <b>Polyuronides</b> | 10ml acétone +<br>2ml extrait (ajoutés<br>goutte à goutte).   | Précipité épais                     | (Ayoola <i>et al.</i> ,<br>2008) |
| <b>Alcaloïdes</b>   | 5 ml d'HCL (2N) +<br>extrait → chauffage →<br>filtration → ajout<br>réactif de Wagner (2g<br>de KI + 1.27g d'I <sub>2</sub> +<br>100 ml d'eau distillée). | Turbidité ou<br>précipitation       | (Tiwari et<br>Kakkar, 1990).     |
| <b>Flavonoides</b>  | 5 ml d'extrait + 1 ml<br>HCL concentré +  | Virage de couleurs<br>vers le rouge | (Lock <i>et al.</i> , 2006).     |

## Matériel et méthodes

|                                  |  |   |                                      |
|----------------------------------|--|---|--------------------------------------|
|                                  | tourneures de mg (3-4 graines) → laisser agir.   | pourpre<br>→flavonal<br>rouge violacé<br>→flavonones et flavonols.  |                                      |
| <b>Stéroïdes</b>                 | 5 ml d'extrait + 5 ml anhydride acétique + 0.5 ml d'acide sulfurique concentré → agitation.                              | Anneau pourpre ou violet, virant au bleu puis au vert.  | <b>(Bruneton, 1999).</b>             |
| <b>Composées polyphénoliques</b> | 0.5 g d'extrait avec 3 ml d'eau distillée + 5 gouttes de FeCl <sub>3</sub> .   | Coloration bleue verdâtre.  | <b>(Rosine et Momo, 2009).</b>       |
| <b>Composées réducteurs</b>      | 2 ml d'extrait aqueux + 2 ml de liqueur de Fehling → bain-marie (8 min).   | Précipité rouge brique.   | <b>(BentabtLasгаа, 2015).</b>        |
| <b>Saponines</b>                 | 2 mg d'extrait + 4 ml d'eau distillée → chauffage 5 min → refroidissement → filtration → agitation 1 min → repos 15 min. | Mesure d'épaisseur de la mousse:<br>Moins de 1 cm = faiblement positif;<br>1-2 cm : positif;<br>Plus de 2 cm: très positif. | <b>(Rosine et Momo, 2009).</b>       |
| <b>Mucilage</b>                  | 1 ml d'extrait + 5 ml d'éthanol → 5 min repos.   | Précipité.  | <b>(Awor et Samseny, 2003).</b>      |
| <b>Terpenoides</b>               | 0.5 g d'extrait + 2 ml de chloroforme + 3 ml d'acide sulfurique concentré.   | Couleur brune rougeâtre à l'interface   | <b>(Ayoola <i>et al.</i>, 2008).</b> |

## Matériel et méthodes

|                   |  |  |  |
|-------------------|--|--|--|
| <b>Tannins</b>    | 1.5 g d'extrait sec + 2 ml de méthanol (80%) → agitation 15 min → filtration → ajout de FeCl <sub>3</sub> (1%).  | Couleur:<br>Bleue noire = tannins galliques;<br>Bleue verdâtre = tannins catéchiques | <b>(Dohou <i>et al.</i>, 2003).</b>    |
| <b>Coumarines</b> | Extrait sec dissout dans l'eau distillée → chauffage → refroidissement → répartition en 2 tubes (1 <sup>er</sup> tube est un témoinet dans le 2 <sup>eme</sup> on ajoute 0.5 ml NH <sub>4</sub> OH (10%) → lecture à la lampe UV 365 nm. | Fluorescence bleue ou verte.   | <b>(Zellagui <i>et al.</i>, 2012).</b> |

### 2.5. Dosage des polyphénols

Le dosage des polyphénols totaux a été effectué par une méthode décrite par **Wong** et ses collaborateurs (2006), 100 µl d'extrait sont ajoutés à 500µl du réactif de Folin -Ciocalteu (10 fois dilué dans l'eau distillée pendant 4 min d'incubation ensuite 400 µl de carbonate de sodium 7.5% sont additionnés. Après 2h d'incubation à l'obscurité et à une température ambiante, l'absorbance est mesurée à 765 nm.

Le blanc est préparé de la même façon sauf que l'extrait est remplacé par le solvant le méthanol.

La concentration des polyphénols totaux est calculée à partir de l'équation de régression de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique à différentes concentrations et exprimée en microgramme d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait (µg EAG/mg) (Voir annexe 3).

# Matériel et méthodes

---

## 2.6. Dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été effectué par la méthode de **Djridane *et al.* (2006)**, un volume de 500 µl de chaque extrait a été ajouté à un volume égal d'une solution d'AlCl<sub>3</sub> (2% dans le méthanol). Le mélange a été agité par un vortex et l'absorbance à 430 nm a été lue par un spectrophotomètre après 10 minutes d'incubation. Le blanc est préparé de la même façon sauf que l'extrait est remplacé par le méthanol.

La quantification des flavonoïdes a été évaluée à partir de la courbe d'étalonnage de la quercétine à différentes concentrations. Les résultats sont exprimés en microgramme d'équivalent de quercétine par milligramme d'extrait (µg EQ/mg) (Voir annexe 3).

## 2.7. Activité antioxydante (*Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl)*)

L'effet scavenger des extraits vis-à-vis du radical DPPH est évalué selon la méthode décrite par **Mansouri** et ses collaborateurs (2005). Un volume de 25µL de la solution de DPPH (2,4 mg de DPPH dans 100 ml de méthanol) est mélangé avec 975 µL des solutions d'extraits ou de l'antioxydant standard (AA) à différentes concentrations. La lecture est effectuée par la mesure de l'absorbance à 517 nm après 30 minutes d'incubation à l'obscurité et à température ambiante. Le pourcentage de l'activité anti-radicalaire est calculé selon l'équation suivante :

$$\text{Activité antiradicalaire (\%)} = [(Ac - At) / Ac] \times 100$$

**Ac** : absorbance du contrôle.

**At** : Absorbance du test.

## 2.8. Activité antibactérienne

### 2.8.1. Préparation d'inoculum et des solutions des extraits

Les souches microbiennes sont ensemencées sur gélose nutritive et incubées à 37°C pendant 18-24h. Des colonies bien isolées ont été transférées dans des tubes contenant de l'eau distillée stérile afin d'avoir des suspensions bactériennes avec une densité optique comprise entre 0.08 et 0.1 à 625 nm. Les extraits des plantes ont été dilués à raison de 200 mg/ml et 100 mg/ml dans le diméthyl sulfoxyde (DMSO).

# Matériel et méthodes

---

## 2.8.2. Ensemencement et dépôt des disques

L'ensemencement est réalisé par écouvillonnage sur boîtes de pétri contenant le milieu Mueller Hinton. Une fois l'ensemencement effectué, des disques de 6 mm de diamètre imprégnés de 10 µl des extraits (*Artemisia campestris*, *Capparis spinosa* et *Zizyphus lotus*) de chaque concentration (200 mg/ml et 100 mg/ml) sont déposés sur la surface de la gélose ensemencée.

Des disques contenant l'antibiotique de référence (Cloramphénicol, Erythromycine, Acide fucidique, Ofloxacine, Oxacilline, Tétracycline, Pipéracilline, Vancomycine et Pristinamycine) et les disques imprégnés de DMSO (témoin négatif) ont été utilisés pour la comparaison avec les résultats des extraits testés. Les boîtes de Pétri sont incubées pendant 18-24 heures à 37°C (Sokmen *et al.*, 2004).

## 2.8.3. Concentration Minimale Inhibitrice (CMI)

Une série de dilution successive au demi allant de 200 jusqu'à 6.12 mg/ml est préparée. Ensuite des disques imprégnés de 10 µl de chaque dilution sont déposés dans des boîtes coulées de milieux MH et incubées 24h à 37°C (Laouer, 2003).

## 2.8.4. Concentration Minimale Bactéricide (CMB)

Cette opération se fait par un prélèvement à une anse bien stérile dans des zones d'inhibition qui ne présentent aucune culture visible et on les dépose en strie sur gélose MH, on les incube à 37°C pendant 24h (Naili, 2016).

## 2.9. Activité antifongique

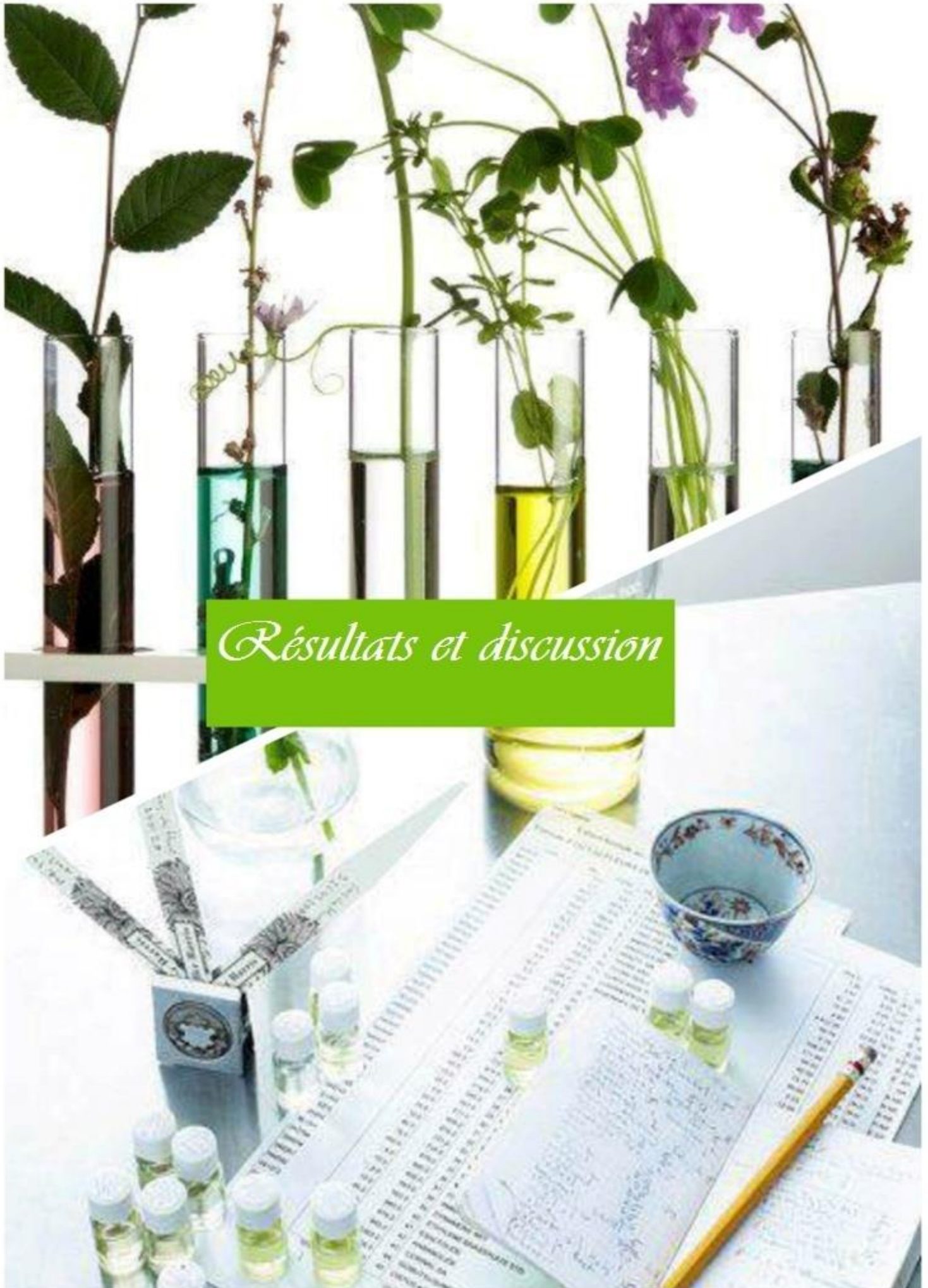
Pour l'évaluation de l'activité antifongique, la méthode de Yazdani et ses collaborateurs (2012) a été suivie:

- ✓ A partir d'une goutte de suspension sporale du champignon *Aspergillus niger*, un étalement a été fait par râtelier sur milieux PDA et les boîtes sont incubées à 25°C pendant 7 jours;
- ✓ Une suspension sporale ayant une DO entre 0.15 et 0.17 à 530 nm a été préparée dans l'eau physiologique;
- ✓ Les trois extraits des plantes ont été dilués à raison de 200 et 100 mg/ml dans le DMSO puis filtrés sur une membrane de filtration de porosité 0.22 µm.

## Matériel et méthodes

---

- ✓ Un ensemencement par écouvillonnage sur des boîtes de pétrie contenant le milieu PDA a été réalisé;
- ✓ Les disques de 6 mm de diamètre imprégnés de 10  $\mu$ l de chaque concentration ont été déposés sur la surface de la gélose PDA;
- ✓ Les boîtes sont incubées à 28°C pendant 48 à 72 heures ;
- ✓ L'activité est évaluée par la mesure des zones d'inhibition autour des disques.



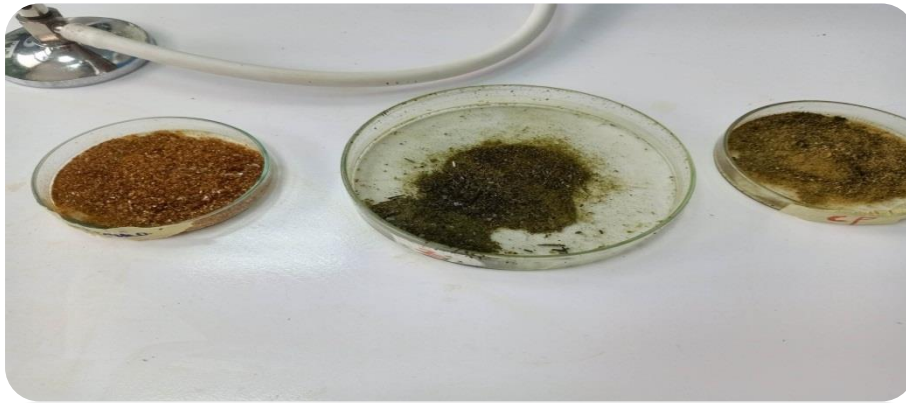
*Résultats et discussion*

# Résultats et discussion

## 1. Résultat de l'extraction

### 1.1. Description des extraits bruts

Les résultats de la macération des poudres des plantes *Artemisia campestris*, *Capparis spinosa* et *Zizyphus lotus* sont représentés dans la photographie (08) et le tableau (11).



**Photographie 08** : Extraits obtenus après la macération.

**Tableau 11**: Caractéristiques des extraits d'*A. campestris*, *C. spinosa* et *Z. lotus*.

| Extraits             | Partie Utilisée | Couleur     | Texture |
|----------------------|-----------------|-------------|---------|
| <i>A. campestris</i> | Feuille         | Marron doré | Dure    |
| <i>C. spinosa</i>    | Feuille         | Vert claire | Poudre  |
| <i>Z. lotus</i>      | Feuille         | Vert foncé  | Poudre  |

Selon le tableau ci-dessus, on remarque que les extraits *A. campestris*, *C. spinosa* et *Z. lotus* sont récupérés sous forme poudre de couleur marron doré, vert claire et vert foncé, respectivement. De plus ces extraits présentent une bonne solubilité dans le mélange eau-éthanol.

# Résultats et discussion

## 1.2. Rendement de l'extraction

La préparation des extraits à partir de la partie aérienne des plantes a été effectuée par un mélange eau/éthanol.

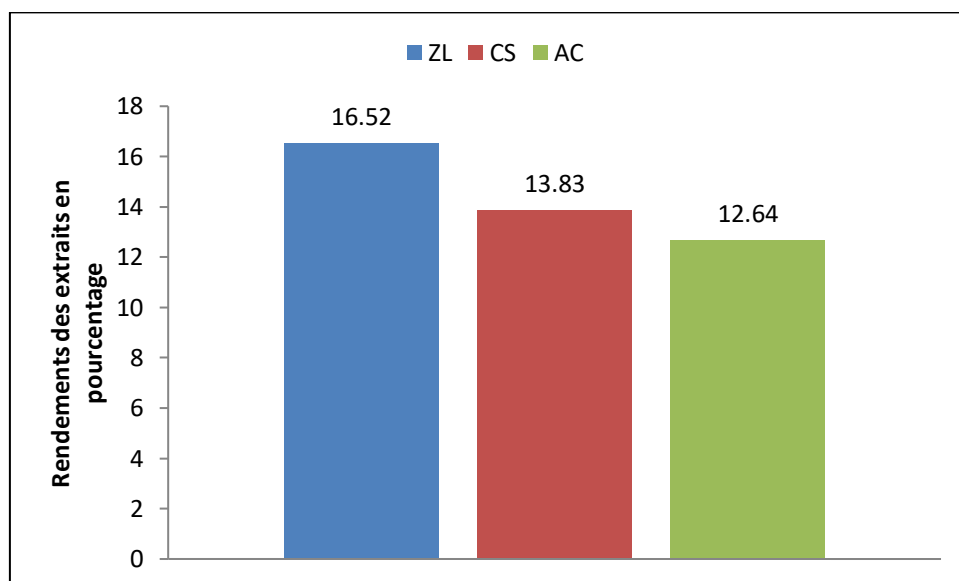
Les rendements sont exprimés en pourcentage de masse d'extrait par rapport à la masse de la plante fraîche.

$$R(\%) = M1/M0.100$$

**R(%)**: Rendement des extraits en pourcentage.

**M1**: Masse des extraits hydro-éthanoliques en (g).

**M2**: Masse de matière végétale utilisée en (g).



**Figure 08:** Histogramme des rendements des extraits en pourcentage.

(AC): *Artemisia campestris*; (CS): *Capparis spinosa*; (ZL): *Zizyphus lotus*.

L'observation d'histogramme ci-dessus (Figure 08) a montré que le rendement le plus élevé a été observé avec l'extrait de *Zizyphus lotus* (16,52 %), suivi par l'extrait de *Capparis spinosa* (13,84 %) et enfin l'extrait hydro-éthanolique d'*Artemisia campestris* qui possède le plus faible rendement avec (12,64 %).

## Résultats et discussion

Il n'est pas facile de comparer les résultats de cette étude avec des résultats d'autres études, par ce que la performance est relative et dépend de la méthode et les conditions dans lesquelles l'extraction a été effectuée. La méthode d'extraction affecte également la teneur totale en phénols, flavonoïdes et activités biologiques par exemple l'activité antioxydante (**Lee et al., 2003**).

### 2. Tests phytochimiques

Les tests phytochimiques incluent la détection de différentes familles de composés existants chez les plantes par caractérisation qualitative. Cette étude est basée sur des tests de précipitation ou coloration par des réactifs spécifiques (**Kholkhal et al., 2013**).

Les résultats des tests phytochimiques sont traduits par la présence (+) ou l'absence(-) des composés chimiques et représentés dans le tableau 12.

**Tableau 12:** Résultats des tests phytochimiques

| Extraits<br>Tests           | <i>Artemisia<br/>campestris</i> | <i>Capparis spinosa</i> | <i>Zizyphus lotus</i> |
|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Polyuronoides               | ++                              | -                       | -                     |
| Alcaloïdes                  | -                               | -                       | -                     |
| Stéroïdes                   | -                               | +                       | -                     |
| Flavonoides                 | -                               | -                       | -                     |
| Composés<br>Polyphénoliques | +++                             | -                       | +++                   |
| Composés<br>réducteurs      | ++                              | +                       | +++                   |
| Saponines                   | -                               | -                       | +                     |
| Mucilage                    | -                               | -                       | -                     |
| Terpenoides                 | +++                             | -                       | ++                    |
| Tanins                      | +++                             | -                       | +++                   |
| Coumarines                  | -                               | -                       | -                     |

## Résultats et discussion

---

D'après les résultats mentionnés ci-dessus, les polyuronoides ne sont présents que dans l'extrait d'*Artemisia campestris*, les stéroïdes sont présents dans l'extrait du *Capparis spinosa* et absents dans les deux autres extraits, alors que les composés phénoliques et les tanins sont fortement présents dans les deux extraits *Artemisia campestris*, *Zizyphus lotus* et absents dans le troisième extrait. Pour les composés réducteurs, ils sont fortement présents dans l'extrait de *Zizyphus lotus*, *Artemisia campestris* et faiblement présents dans l'extrait de *Capparis spinosa*, les saponines sont faiblement présentes dans l'extrait de *Zizyphus lotus* avec une mousse de 6 mm, et complètement absentes dans les deux autres extraits, les terpenoïdes sont fortement présents dans l'extrait d'*Artemisia campestris*, faiblement présents dans l'extrait du *Capparis spinosa* et totalement absents dans l'extrait du *Zizyphus lotus*. Finalement, l'absence totale des coumarines, alcaloïdes et mucilage est remarquée dans les trois extraits.

Les études de **Benchohra** et ses collaborateurs (2022) sur l'extrait hydro-éthanolique (70%) des feuilles d'*Artemisia campestris* ont montré la présence des alcaloïdes, des composés réducteurs et des coumarines mais avec des réactions modérément positives, par contre les polyphénols totaux et les flavonoïdes sont fortement présents, contrairement à notre extrait qui est dépourvu des alcaloïdes et des coumarines mais riches en composés réducteurs, tanins, terpenoïdes, polyuronoides et composés phénoliques. D'autres études qui n'ont pas utilisé le même solvant que le nôtre ont montré des résultats plus au moins différents, comme **Shamam** et ses collaborateurs (2019) les essais préliminaires d'analyse qualitative des polyphénols isolés de l'extrait polyphénolique des feuilles de *Capparis spinosa* montrent la présence des phénols et l'absence des flavonoïdes, alcaloïdes, tanins, saponines et des terpenoïdes. Pour *Zizyphus lotus*, **Lekbir** et ses collaborateurs (2022) ont testé l'extrait éthanolique de cette plante qui ils ont trouvé la présence des flavonoïdes, des alcaloïdes et des saponines en très grandes quantités par rapport aux autres métabolites secondaires.

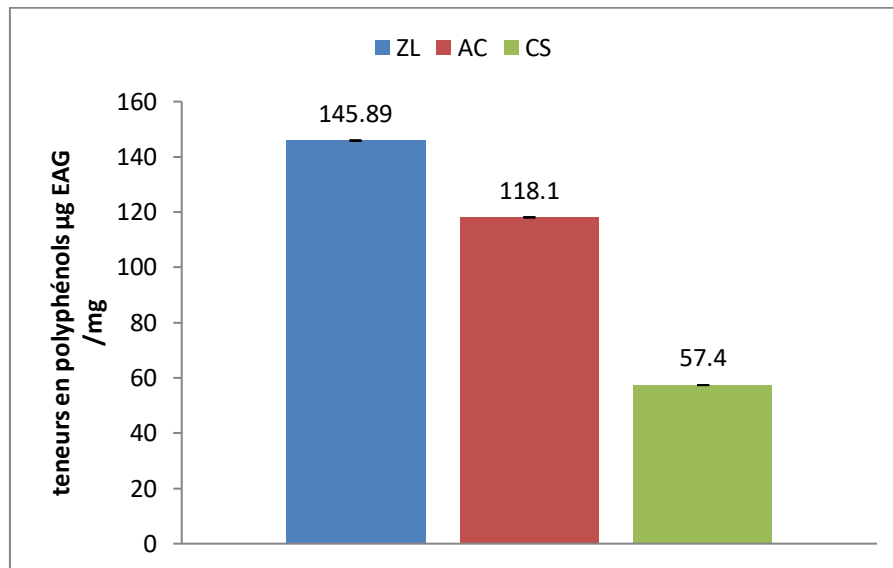
### 3. Teneur en polyphénols totaux

Les polyphénols totaux ont été déterminés par la méthode de Folin-Ciocalteu. L'acide gallique a été utilisé comme standard. L'absorbance a été lue à une longueur d'onde de 765 nm.

Les résultats ont été calculés à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique, ayant l'équation:  $Y = 0,0086x - 0,0113$   $R^2 = 0,9985$

## Résultats et discussion

La quantité des polyphénols a été rapportée en microgramme d'équivalent de l'acide gallique par milligramme de poids sec de l'extrait ( $\mu\text{g EAG/mg}$  d'extrait).



**Figure 09:** Histogramme des teneurs en polyphénols totaux. Ces valeurs représentent les moyennes des trois répétitions  $\pm$  SD (AC): *Artemisiacampestris*; (CS): *Capparis spinosa*; (ZL): *Zizyphus lotus*.

Les résultats de notre travail expriment que l'extrait de *Z. lotus* contient la plus grande quantité en polyphénols ( $145,89 \pm 0,002 \mu\text{g EAG/mg}$  d'extrait) par rapport aux deux autres extraits; *Artemisia campestris* ( $118,1 \pm 0,007 \mu\text{g EAG/mg}$  d'extrait) et *Capparis spinosa* ( $57,4 \pm 0,005 \mu\text{g EAG/mg}$  d'extrait).

La teneur en polyphénols totaux dans l'extrait hydro-éthanolique (80%) d'*Artemisia campestris* de l'étude de **Djeridane** et ses collaborateurs (2007) a été inférieure par rapport à notre ( $103,4 \mu\text{g EAG/mg}$  d'extrait). Cependant, celle déterminée par **Al Jahid** et ses collaborateurs (2016) de la macération hydro-alcoolique (72h) de la même plante a été supérieure ( $\approx 124 \mu\text{g EAG/mg}$  d'extrait). Aussi **Akrout** et ses collaborateurs (2011) ont trouvé une teneur phénolique plus élevée ( $463,2 \mu\text{g EAG/mg}$  d'extrait) dans l'extrait hydroéthanolique (50%), de même l'extrait méthanolique d'*Artemisia campestris* dans le travail de **Hendel et al.** (2021) a révélé des niveaux élevés en polyphénols ( $400,64 \pm 12,97 \mu\text{g EAG/mg}$  d'extrait)

Pour l'extrait de *Capparis spinosa*, **Arrar et al.** (2013) ont trouvé une quantité élevée en polyphénols dans l'extrait méthanolique ( $133,6 \pm 58 \mu\text{g EAG/mg}$  d'extrait) et une quantité de

## Résultats et discussion

---

(56,98 ± 14,24 µg EAG/mg d'extrait) dans l'extrait aqueux, qui est presque la moitié des teneurs précédent.

L'étude de **Letaief** et ses collaborateurs (**2012**) sur trois extraits de la plante *Zizyphus lotus* (méthanolique, éthanolique et aqueux) a montré que les feuilles de cette plante ont des teneurs en polyphénols importantes (171,99± 1,14 ; 41,7± 7 0,7 et 109,87 ± 2,07 mg EAG/g) respectivement.

La richesse des parties aériennes des plantes en composés phénoliques peuvent être l'explication que ces composés interviennent dans la protection de cette partie de différents types de stress (lumière, eau, chaleur, sel...), car cette partie est le siège de la photosynthèse (**Telli, 2017**).

Le contenu phénolique d'une plante dépend d'un certain nombre de facteurs, citons la température et le temps. Notons que l'augmentation de la température favorise l'extraction en améliorant à la fois la solubilité du corps dissous et le coefficient de diffusion. Cependant, une température trop élevée, peut également induire la dégradation de quelques composés phénoliques (**Ya-Qin et al., 2008**). Le solvant d'extraction emporte des substances non phénoliques comme les sucres, les protéines et les colorants qui peuvent interférer pendant toute évaluation phénolique (**Djeridane et al., 2006**). Le dosage par le réactif de Folin Ciocalteu donne donc une évaluation brute de tous les composés phénoliques d'un extrait, il n'est pas spécifique aux polyphénols, mais beaucoup de composé peuvent réagir avec le réactif donnant un taux phénolique apparent élevé (**Tawaha et al., 2007**). Or, la teneur en métabolisme phénolique dans ces plantes étudiées peut être liée aux conditions climatiques dures de la région de Aurès (la température élevée, l'exposition au soleil, la sécheresse...) (**Chelli- Chentouf et al., 2012**).

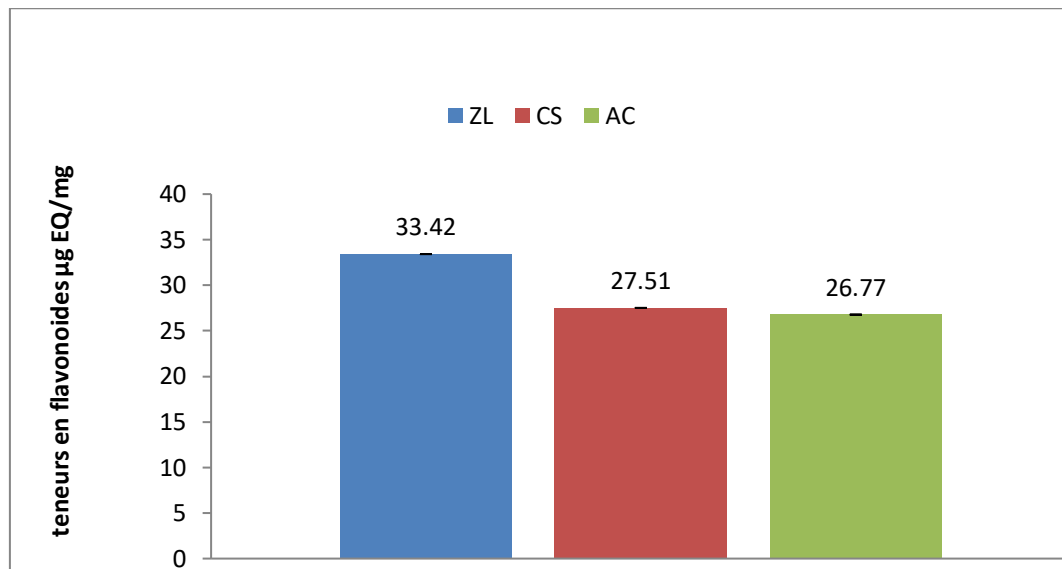
### 4. Teneur en Flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode de trichlorure d'aluminium (AlCl<sub>3</sub>), la quercétine a été utilisé comme étalon. L'absorbance a été lue à une longueur d'onde de 430 nm.

Les teneurs ont été calculés à partir de la courbe d'étalonnage de la quercétine ayant l'équation:  $Y = 0.0242x + 0.0411$   $R^2 = 0.985$

## Résultats et discussion

La quantité des flavonoïdes a été rapportée en microgramme d'équivalent de la quercétine par milligramme de poids sec de l'extrait ( $\mu\text{g EQ}/\text{mg}$  d'extrait).



**Figure 10:** Histogramme des teneurs en flavonoïdes. Ces valeurs représentent les moyennes des trois répétitions  $\pm$  SD (AC): *Artemisia campestris*; (CS): *Capparis spinosa*; (ZL): *Zizyphus lotus*.

Les résultats de dosage des flavonoïdes (Figure 10) ont montré que l'extrait hydro-éthanolique du *Zizyphus lotus* a la quantité la plus élevée de ( $33,42 \pm 0,001 \mu\text{g EQ}/\text{mg}$  d'extrait), en suite *Capparis spinosa* et *Artemisia campestris* qui ont presque les mêmes valeurs ( $27,51 \pm 0,001$  et  $26,77 \pm 0,001 \mu\text{g EQ}/\text{mg}$  d'extrait) respectivement.

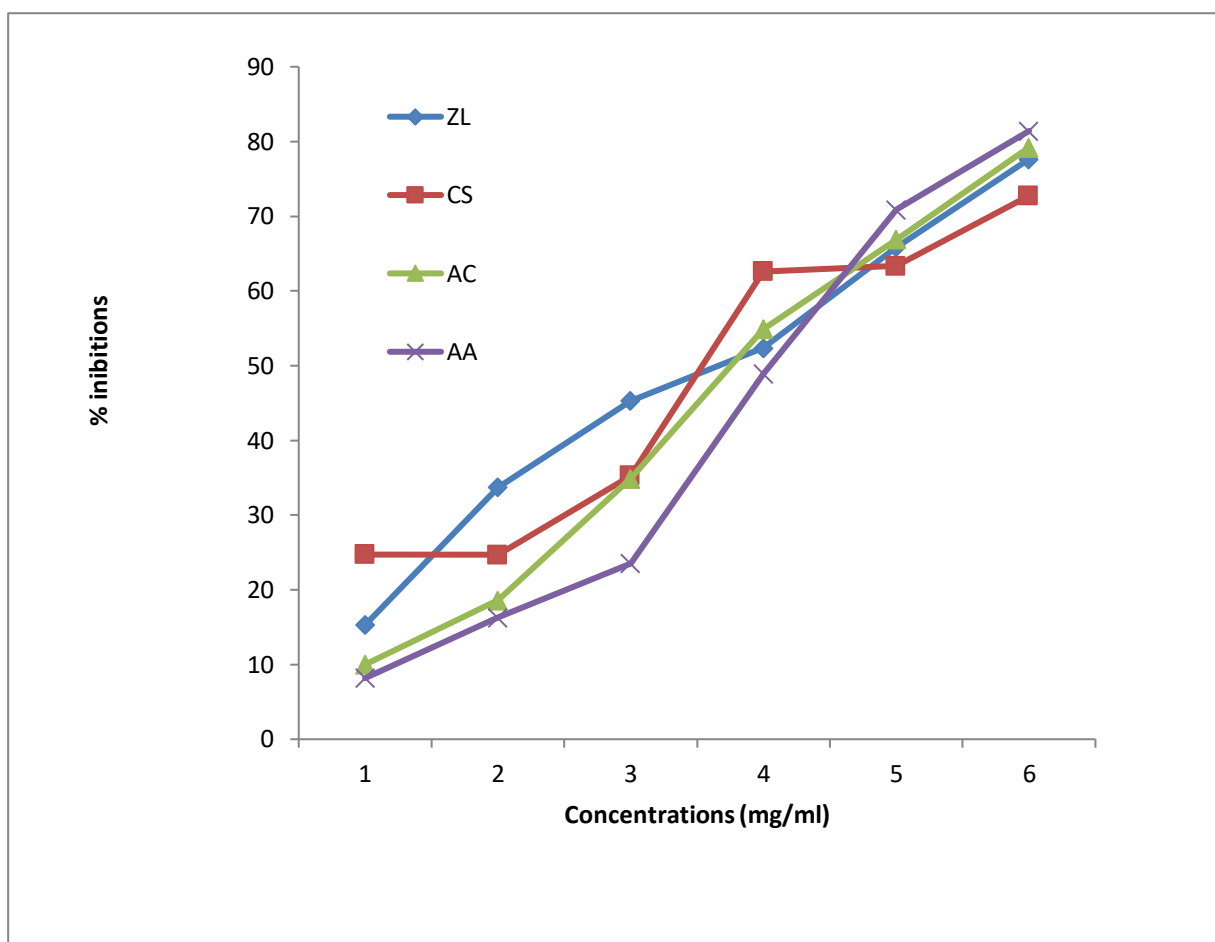
D'autres études qui ont utilisé autres solvants ont montré des résultats différents comme l'étude de **Djidel et Khennouf (2014)** sur l'extrait chloroformique d'*Artemisia campestris* qui a une teneur en flavonoïdes estimée de  $34,37 \pm 0,056 \mu\text{g EQ}/\text{mg}$  d'extrait. De plus, la teneur en flavonoïdes de l'extrait méthanolique de la même plante a été ( $43,13 \pm 0,14 \mu\text{g EQ}/\text{mg}$  d'extrait) (**Hendel et al., 2021**). Concernant *Capparis spinosa*, les résultats de **Arrar et al. (2013)** ont indiqué que l'extrait aqueux de cette plante a une teneur en flavonoïdes de ( $57,0 \pm 14,2 \mu\text{g EQ}/\text{mg}$  d'extrait) et l'extrait méthanolique de la même plante a une teneur de flavonoïdes de ( $24,6 \pm 3,0 \mu\text{g EQ}/\text{mg}$  d'extrait). Pour *Zizyphus lotus*, l'étude de **Letaief et ses collaborateurs (2012)** qui ont utilisé trois extraits (méthanolique, éthanolique et aqueux) a montré que les feuilles de cette plante ont une teneur en flavonoïdes peu importante ( $21,35 \pm 1,19$  ;  $28,54 \pm 1,89$  et  $17,10 \pm 1,30 \text{ mg EAG}/\text{g}$ ) respectivement.

## Résultats et discussion

### 5. Activité antioxydante

L'activité antioxydante d'un composé correspond à sa capacité à résister à l'oxydation. Les meilleurs antioxydants connus sont le  $\beta$ -carotène (provitamine A), le tocophérol (vitamine E) et l'acide ascorbique (vitamine C). Cette dernière est réalisée à une température ambiante, cela permet d'éliminer tous les risques de dégradation thermique des molécules thermolabiles (Aganga et Mosase, 2001).

Les résultats de l'activité antioxydante dans ce travail sont présentés dans les courbes d'étalonnage ci-dessous (Figure 11).



**Figure 11:** Les courbes d'étalonnage des trois extraits comparées à celle du témoin positif (l'acide ascorbique). (AC): *A. campestris*; (CS): *C. spinosa*; (ZL): *Z. lotus*.

## Résultats et discussion

---

Les résultats montrent que les pourcentages d'inhibition les plus hauts sont observés à la concentration (3 mg/ml) dont l'acide ascorbique est le plus important suivie par l'extrait d'*Artemisia campestris*, *Zizyphus lotus* et *Capparis spinosa* (81,5 > 78,82 > 77,4 > 72,4 % respectivement), mais pour les autres concentrations, l'acide ascorbique a le moindre pourcentage d'inhibition par rapport aux autres extraits comme dans la dernière (0,5 mg/ml) il a été remarqué que l'extrait de *Capparis spinosa* possède le plus haut pourcentage d'inhibition suivie par *Zizyphus lotus*, *Artemisia campestris* et en fin l'acide ascorbique (22,54 > 14,7 > 9,6 > 8,18 %) respectivement.

L'activation antioxydante s'exprime de façon significative dose-dépendante, d'une manière qu'à chaque fois la concentration d'extrait est augmentée, le pourcentage d'inhibition est augmenté. Ce phénomène est interprété par le transfert d'électrons unique qui sont localisés dans l'orbitale externe du DPPH, et après avoir atteint une certaine concentration, l'antioxydant va réagir complètement avec le radical, et quand on augmente la concentration, l'activité antioxydante restera constante puisque celle-ci s'accompagne par la saturation des couches électroniques du radical (**Bouyahya et al., 2017**).

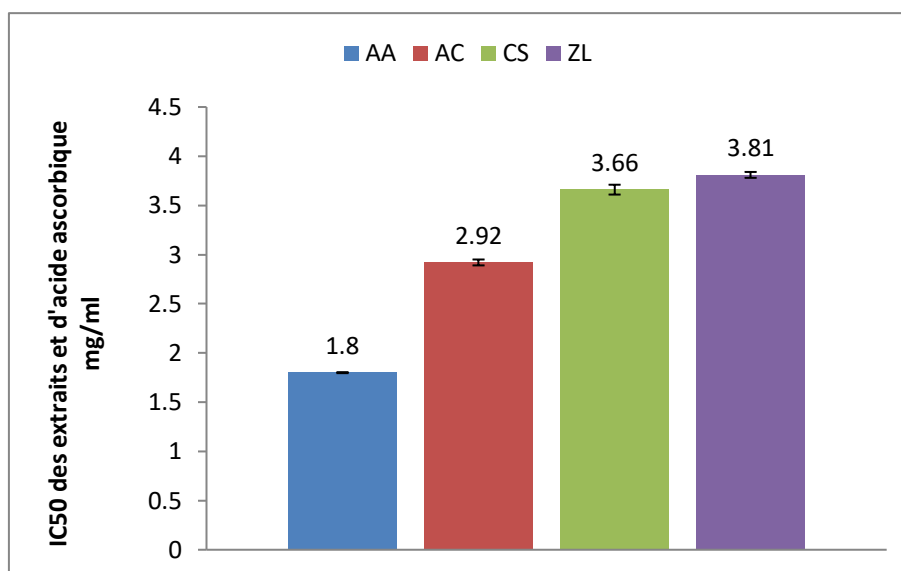
Certains extraits (extraits aqueux, les décoctés, les extraits hydro méthanoliques et les huiles essentielles) montrent un pouvoir antioxydant plus ou moins intéressant que l'acide ascorbique. Ce résultat peut être expliqué que les extraits ne contiennent pas les mêmes types d'antioxydants, et ils renferment d'autres molécules neutres (**Ramdhane, 2018**).

Les différences dans l'activité antioxydante des extraits pourraient être attribuées à la teneur en composés phénoliques et en flavonoïdes. De plus, plusieurs études ont montré une corrélation entre l'activité antioxydante et la teneur en stérols (**Kahkonen et al., 1999; Baghiani et al., 2012**)

La valeur d'IC<sub>50</sub> est inversement proportionnelle à la capacité anti-radicalaire (taux d'inhibition I%) d'un composé, car elle reflète la quantité d'antioxydant requise pour neutraliser 50% de la concentration initiale du radical libre dans le milieu. Plus la valeur d'IC<sub>50</sub> est faible, plus l'activité anti radicalaire d'un composé est appréciable (**Markowicz Bastos et al., 2007**)

Les valeurs IC<sub>50</sub> ont été déterminées graphiquement à partir de la courbe linéaire. Les valeurs des concentrations inhibitrices (IC<sub>50</sub>) sont illustrées dans la figure ci-dessous sous forme des histogrammes (Figure12).

## Résultats et discussion



**Figure 12:** Histogramme des valeurs IC50 des trois extraits de plantes. Ces valeurs représentent les moyennes des trois répétitions  $\pm$  SD (AC): *A.campestris*, (CS): *C.spinosa*, (ZL): *Z. lotus* et l'acide ascorbique (AA).

Les résultats ont montré que la faible concentration est celle de l'acide ascorbique ( $1.81 \pm 0,005$  mg/ml), après de *d'Artemisia campestris* ( $2,92 \pm 0,03$  mg/ml), suivie par *Capparis spinosa* ( $3,66 \pm 0,05$  mg/ml) et enfin *Zizyphus lotus* ( $3,81 \pm 0,03$  mg/ml).

Dans d'autres études qui ont utilisés autres solvants d'extraction (méthanol ou autres) les résultats ont été différents. L'évaluation de l'activité de piégeage du DPPH par **Djidel et Khennouf (2014)** des extraits d'*Artemisia campestris* a confirmé que l'éthyle d'acétate est l'extrait le plus actif avec une IC50 de (0.0058 mg/ml), et pour *Capparis spinosa* **Elshibani** et ses collaborateurs (2020) ont montré dans leurs études sur l'extrait méthanolique (70%) de cette plante a une forte activité antioxydante avec un IC50 de ( $0.07 \pm 0.02$  mg/ml), alors que l'extrait méthanolique de *Zizyphus lotus* des études de **Kouchlaa** et ses collaborateurs (2017) ont révélé une activité antioxydante importante avec une IC50 de (0,7 mg/ml).

## 6. Etude de l'activité antimicrobienne

### 6.1. L'antibiogramme

Afin d'évaluer la sensibilité des souches bactériennes, neuf antibiotiques appartenant à différentes familles ont été utilisés et les résultats sont mentionnés dans le tableau (13).

## Résultats et discussion

Tableau 13: Résultats de l'antibiogramme vis-à-vis les souches à testées.

| ATB \ Souches   | <i>E.coli</i> | <i>P.aeruginosa</i> | <i>K. pneumoniae</i> | <i>B. cereus</i> | <i>S.aureus</i> | <i>S. clinique</i> |
|-----------------|---------------|---------------------|----------------------|------------------|-----------------|--------------------|
| Piperacilline   | R             | R                   | R                    | R                | R               | R                  |
| Erythromycine   | R             | R                   | R                    | R                | R               | R                  |
| Pristinamycine  | R             | R                   | R                    | R                | S               | R                  |
| Acide fucidique | R             | R                   | R                    | R                | S               | R                  |
| Vancomycine     | R             | R                   | R                    | R                | S               | R                  |
| Ofloxacine      | S             | S                   | R                    | S                | S               | S                  |
| Oxacilline      | R             | R                   | R                    | R                | S               | R                  |
| Chloramphénicol | S             | R                   | R                    | R                | S               | R                  |
| Tétracycline    | S             | R                   | R                    | R                | S               | R                  |

(R): souche résistante, (S): souche sensible.

*Staphylococcus aureus* montre une résistance vis-à-vis les deux antibiotiques Piperacilline et érythromycine et une sensibilité aux autres antibiotiques *E. coli* est sensible seulement à l'ofloxacine, le chloramphénicol et la tétracycline.

Concernant *P. aeruginosa*, *B. cereus* et *Staphylococcus clinique*, elles n'ont montré une sensibilité qu'avec l'ofloxacine, alors que la souche *K. pneumoniae* a montré une résistance à tous les antibiotiques testés.

## Résultats et discussion

### 6.2. Activité antibactérienne

**Tableau 14:** Résultats de l'activité antimicrobienne des trois extraits et DMSO.

| Extraits                      | <i>A. campestris</i> |          | <i>C. spinosa</i> |           | <i>Z. lotus</i> |                  |
|-------------------------------|----------------------|----------|-------------------|-----------|-----------------|------------------|
|                               | 100                  | 200      | 100               | 200       | 100             | 200              |
| <b>Concentrations (mg/ml)</b> |                      |          |                   |           |                 |                  |
| <i>S. aureus</i>              | 10,66 ± 0,57         | 12,3 ± 1 | 8 ± 0,00          | 11 ± 0,00 | 13 ± 1          | <b>22 ± 0,00</b> |
| <i>S. clinique</i>            | 8,66 ± 0,57          | 9 ± 0,00 | –                 | –         | –               | –                |
| <i>E. coli</i>                | –                    | –        | 7,33 ± 0,57       | 8 ± 0,00  | –               | –                |
| <i>B. cereus</i>              | 8 ± 0,00             | 9 ± 0,00 | 7 ± 0,00          | 8 ± 0,00  | –               | –                |
| <i>P. aeruginosa</i>          | 11 ± 1               | 11 ± 1   | –                 | –         | –               | –                |
| <i>K. pneumoniae</i>          | –                    | –        | –                 | –         | –               | –                |
| <b>DMSO</b>                   | –                    | –        | –                 | –         | –               | –                |

(-):absence d'activité antimicrobienne. Toutes les déterminations ont été effectuées en triple et tous les résultats ont été calculés en tant que moyenne ± écart type (SD).

L'activité antibactérienne la plus marquée est de l'extrait de *Z. lotus* sur la souche *Staphylococcus aureus* d'un diamètre de 13 mm à la concentration de 100 mg/ml et 22 mm à 200 mg/ml, en suite c'est l'activité d'*A. campestris* (10.66 mm et 12.3 mm à 100 mg/ml et 200 mg/ml, respectivement) alors que, la plus faible activité et celle du *C. spinosa* (8mm à 100 mg/ml et 11 mm à 200mg/ml). Concernant la souche *E. coli* elle a marqué une faible activité à l'extrait de *C. spinosa* avec des diamètres de 7.33 mm à 100 mg/ml et 8 mm à 200 mg/ml. Pour la souche *Bacillus cereus*, on a estimé une activité des deux extraits *A. campestris* (8 mm à 100 mg/ml et 9 mm à 200 mg/ml) et *C. spinosa* (7 mm à 100 mg/ml et 8 mm à 200 mg/ml). Il a été noté que *Pseudomonas aeruginosa* sensible seulement à l'extrait d'*A. campestris* (11 mm pour les deux concentrations). De plus, nos extraits n'ont montré aucun effet contre la souche *Klebsiella pneumoniae*. Le DMSO n'a aucun effet sur tous les extraits.

## Résultats et discussion

---

L'activité antimicrobienne des différents extraits due principalement à leurs principes actifs, plus particulièrement; les polyphénols et flavonoïdes qui ont montré leur spectre d'activité le plus large sur les microorganismes pathogènes d'après la littérature (**Weckessera et al., 2007 ; Hajji et al., 2010**). Ce pouvoir particulièrement sur les bactéries Gram positif peut être attribué aux flavonoïdes qui sont des bons inhibiteurs des sortases (enzymes trouvés dans la membrane cytoplasmique des bactéries à Gram positif qui catalysent l'ensemble des protéines de surface, par exemple adhésines et internalines. (**Ghedadba et al., 2015**).

En comparant ces résultats avec les travaux précédents mais avec d'autres solvants, des différences ont été remarquées, comme celles de **Djidel et Khennouf (2014)** qui ont trouvé que l'extrait méthanolique des feuilles d'*Artemisia campestris* a exercé une activité antibactérienne uniquement contre Gram-positif sans effets antagonistes contre les Gram-négatif, alors que les études de l'activité antibactérienne *in vitro* de **Shamam et al. (2019)** sur de l'extrait polyphénolique de *Capparis spinosa* ont révélé des diamètres de zones d'inhibitions comme suit: les feuilles ont montré une activité maximale contre les pathogènes *E. coli* et *P. aeruginosa* (12mm), ce qui est en accord avec l'étude de (**Veronica et al., 2019**) et une activité minimale vis-à-vis *S. aureus* (10mm) et *B.cereus* (11mm), cela pourrait attribué à l'enveloppe cellulaire comprenant la membrane cytoplasmique et la différence structurelle des composants de la paroi entre les Gram-positives et négative (**Hugo, 1998**).

D'autres extraits méthanoliques de (fleurs, câpres, feuilles et racines) du travail de **Benzidane et al. (2020)** ont donné des zones d'inhibition dose-dépendantes contre des souches de *S. aureus* (25mm). Alors que les extraits aqueux n'ont montré aucune zone d'inhibition sur toutes les souches (*S. aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa*) quelle que soit la dose utilisée.

Les travaux de **Elaloui** et ses collaborateurs (**2017**) sur les extrait éthanolique des feuilles de *Z. lotus* ont montré à la concentration de 100mg/ml une activité antibactérienne plus élevée contre *S. aureus* avec une zone inhibitrice (21.5 mm) qui est supérieure à celle de notre extrait (13 mm), cela pourrait justifier la richesse de *Z. lotus* en métabolite secondaires notamment la teneur en tanins. De plus, la zone d'inhibition de la souche *E. coli* est supérieure (20 mm) et de *K. Pneumoniae* (22 mm) contrairement à notre extrait qui n'a pas montré une activité vis-à-vis ces deux dernières souches.

## Résultats et discussion

### 6.2.1. Concentration minimale inhibitrice (CMI) et concentration minimale bactéricide (CMB)

**Tableau 15:** Résultats des concentrations minimales inhibitrices (CMI) et de la concentration minimale bactéricide (CMB)

| Extraits<br>Souches            | <i>A. campestris</i> |     | <i>C. spinosa</i> |     | <i>Z. lotus</i> |     |
|--------------------------------|----------------------|-----|-------------------|-----|-----------------|-----|
|                                | CMI                  | CMB | CMI               | CMB | CMI             | CMB |
| <i>Staphylococcus aureus</i>   | 25                   | 25  | 100               | 100 | 25              | 100 |
| <i>Staphylococcus clinique</i> | 25                   | 25  | –                 | –   | –               | –   |
| <i>E.coli</i>                  | –                    | –   | 100               | 100 | –               | –   |
| <i>Bacillus cereus</i>         | 100                  | 200 | 100               | 100 | –               | –   |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i>  | 50                   | 25  | –                 | –   | –               | –   |

Les CMI des deux extraits *A. campestris* et *Z. lotus* sont estimées de 25 mg/ml pour la souche *Staphylococcus aureus*, et 100 mg/ml pour l'extrait de *C. spinosa*. Concernant la souche *Staphylococcus clinique*, elle a été sensible qu'à l'extrait d' *A.campestris* d'une CMI de 25 mg/ml. La souche *E. coli* a révélé une CMI de 100 mg/ml que pour l'extrait de *C. spinosa*. De plus, une CMI de 100 mg/ml a été marquée contre *B. cereus* pour les deux extraits *A. campestris* et *C.spinosa* et enfin la souche *P. aeruginosa* a montré une CMI de 50 mg/ml pour l'extrait d'*A. campestris*.

Les CMB des deux extraits *Capparis spinosa* et *Zizyphus lotus* sont estimées de 100 mg/ml, et de 25 mg/ml pour l'extrait d'*Artemisia campestris* contre la souche *Staphylococcus aureus*, et pour la souche *E. coli* les CMB ont été estimées de 100 mg/ml pour les deux extraits *A. campestris* et *C. spinosa*, alors que pour *Bacillus aureus* les CMB ont été de 200 mg/ml pour *A. campestris* et 100 mg/ml pour *C. spinosa*. La CMB de *Pseudomonas aeruginosa* a été de 25 mg/ml pour l'extrait d'*A. campestris* et de même sur la souche clinique de *Staphylococcus* pour l'extrait d'*A. campestris*.

## Résultats et discussion

---

### 6.3. Activité antifongique

Dans notre travail, les extraits hydro-éthanoliques d'*Artemisia campestris*, *Capparis spinosa* et *Zizyphus lotus* n'ont montré aucune activité antifongique contre *Aspergillus niger*.

L'étude de (Al-Snafi, 2015) a montré qu'*Aspergillus niger* est résistant à l'huile essentielle d'*Artemisia campestris*, alors qu'elle possède une forte activité antifongique vis-à-vis autre espèces de champignons comme *Fusarium graminearum*. D'après les résultats de Benzidane *et al.* (2020), les feuilles de *Capparis spinosa* n'ont montré aucune activité antifongique vis à vis *Candida albicans* et une faible activité de  $(8.43 \pm 0.38)$  mm de diamètre d'inhibition contre *Aspergillus flavus* à une concentration de 1mg/ml, alors que Tadjine et ses collaborateurs (2017), ont trouvé dans leur étude que *Z. lotus* a une activité antifongique vis-à-vis *Aspergillus niger* avec différents extraits des feuilles avec un pourcentage d'inhibition de  $6.42 \pm 0.3 \%$  pour l'extrait méthanolique,  $28.8 \pm 0.2\%$  pour le chloroforme et  $45.6 \pm 0.2 \%$  pour l'acétate d'éthyle, par contre l'extrait aqueux n' a pas montré une activité antifongique.

Il est important de souligner qu'il est difficile de comparer nos résultats avec ceux de la littérature en raison des changements dans la teneur totale en composés phénoliques et flavonoïdes d'une plante à l'autre et aussi cette différence peut être attribuée à plusieurs facteurs:

- Conditions expérimentales : méthode d'extraction peut également affecter l'estimation de la teneur en composés phénoliques (Lee *et al.*, 2003) ;
- Facteurs climatiques et environnementaux : zone géographique, sécheresse, sol, attaques et maladies etc. (Ebrahimi *et al.*, 2008) ;
- Facteurs génétiques, moment de la récolte et le stade de développement plantes (Miliauskas *et al.*, 2004) ;
- De plus, une forte variabilité n'est connue pour affecter la teneur en composés phénoliques à différents stades de maturation et dans différentes conditions croissance).

# *Conclusion*



## Conclusion

---

La connaissance et l'usage des plantes médicinales constituent un vrai patrimoine de l'être humain. Leur importance dans le domaine de la santé publique est très accentuée dans ces dernières années grâce aux thérapeutiques qu'elles procurent. L'objectif primordial assigné par notre étude est l'évaluation de quelques propriétés biologiques ainsi que la composition chimique de trois plantes de la région des Aurès (*Zizyphus lotus*, *Capparis spinosa* et *Artemisia campestris*). Le choix de ces plantes de différentes familles est basé sur quelques données ethno-pharmacologiques.

La première étape de notre travail (screening phytochimique) nous a conduit à l'élucidation de la composition chimique des extraits à savoir : les flavonoïdes, les terpénoïdes, les tanins, les saponines, les alcaloïdes, les polyuronoides...*etc.* Il a été trouvé que les extraits de *Zizyphus lotus* et *Artemisia campestris* riches en quelques composés en comparaison avec l'extrait de *Capparis spinosa*.

Quantitativement, l'évaluation du contenu des polyphénols totaux et flavonoïdes par le dosage spectro photométrique a révélé la présence des quantités importantes de ces composés dans les trois extraits.

Par ailleurs, Les extraits hydro éthanoliques des trois plantes ont présenté une forte activité antioxydante en termes d'activité antiradicalaire vis-à-vis le DPPH. Cependant, l'extrait de *Artemisia campestris* a montré l'activité antioxydante la plus efficace en comparaison avec les autres extraits avec une IC50 de (2.91 mg/ml).

De plus, l'activité antimicrobienne a été déterminée sur 6 souches bactériennes et un champignon selon la méthode de diffusion sur milieu gélosé. Tous les extraits ont exercé une activité contre la souche *S. aureus* avec des zone d'inhibitions allant jusqu'à (22mm) pour l'extrait de *Z. lotus*. Ils sont aussi montrés une activité modérée sur quelques souches bactériennes. Cependant ils se sont révélés inactifs contre *K. pneumoniae* et la souche fongique *Aspergillus niger*.

Ces résultats entraînent de justifier, partiellement, l'utilisation de ces plantes en médecine traditionnelle dans la région des Aurès. Il est donc nécessaire que des études analytiques structurales soient entreprises et approfondies afin de mettre en évidence les principaux principes actifs qui permettraient de traiter de nombreux problèmes de santé humaine.

## Conclusion

---

Il est également envisageable d'élargir le domaine des tests biologiques pour rechercher par exemple des antalgiques, des anti inflammatoires, des insecticides, des inhibiteurs d'enzyme, des anticoagulants ou autres.

# *Références Bibliographiques*



## Références bibliographiques

---

### A

- ❖ Aganga, A. A. & Mosase, K.W.2001.Tannins content, nutritive value and dry matter digestibility of *Lonchocarpus capussa*, *Ziziphus mucropata*, *Sclerocaryabirrea*, *Kirkiaacuminata* and *Rhus lancea* seeds. *Animal Feed Science and Technology*, 91, 107-113
- ❖ Akiyama, H., Fujii, K., Yamasaki, O., Oono, T., & Iwatsuki, K. 2001. Antibacterial action of several tannins against *Staphylococcus aureus*. *Antimicrobial chemotherapy*, 48(4), 487-491.
- ❖ Akrouf, A., Gonzalez, L. A., El Jani, H., & Madrid, P. C. 2011. Antioxidant and antitumor activities of *Artemisia campestris* and *Thymelaeahirsuta* from southern Tunisia. *Food and Chemical Toxicology*, 49(2), 342–347.
- ❖ Al Jahid, A., Essabaq, S., Elamrani, A., Blaghen, M. & Jamal Eddine, J. 2016. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and the hydro-alcoholic extract of *Artemisia campestris* L. leaves from southeastern Morocco. *Journal of Biologically Active Products from Nature*, 5(6), 393–405
- ❖ Al-Snafi, A. E. 2015. The pharmacological importance of *Artemisiacampestris*-A review. *Asian Journal of Pharmaceutical Research*, 5(2), 88-92.
- ❖ Anton, R. & Wichtel. M. 2009. Plantes thérapeutiques tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. Paris: lavoisier.
- ❖ Arrar, L., Benzidane, N., Krache, I., Charef, N., Khennouf., S & Baghiani, A. 2013. Comparison between polyphenol contents and antioxidant activities of different parts of *Capparis spinosa* L. *Pharmacognosy Communications*, 3(2), 70.
- ❖ Atmani, D.C.N. 2009. Antioxidant capacity and phenol content of selected Algerian medicinal plants. *Food Chemistry*, 122(2), 303-309.
- ❖ Awor et Samseny R-R. 2003. Contribution à l'étude phytochimique d'une plante traditionnellement utilisée comme poison d'épreuve au Gabon : le *Strychnos Icaja* Baillon (Mbundu), Loganiacée. Thèse du doctorat. Université de Bamako, - Stomatologie, Mali.
- ❖ Ayoola G.A., Coker H.A., Adesegun S.A., Adepoju A.A. , Obaweya K & Ezennia E.C.,(2008). Atangbayila1 Phytochemical Screening and Antioxidant Activities of Some Selected Medicinal Plants Used for Malaria Therapy in Southwestern Nigeria. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 7: 3, 1019-1024

## Références bibliographiques

---



- ❖ Baba Aissa, A. 1999. Encyclopédie des plantes utiles. Flore d'Algérie et du Maghreb. Edas, 368
- ❖ Babayi, H. K. 2004. The antimicrobial activities of methanolic extracts of *Eucalyptus camaldulensis* and *Tarminalia catappa* against some pathogenic microorganisms. *Biokemistri*, 16(2), 102-5
- ❖ Baghiani. A, Ameni. D, Boumerfeg. S, Adjadj. M, Djarmouni. M, Charef. N, Khennouf. S., & Arrar. L. 2012. Studies of Antioxidants and Xanthine Oxidase Inhibitory Potentials of Root and Aerial Parts of Medicinal Plant *Capparis Spinosa* L. *Am. J. Med. Medical Science*, 2(1), 25–32
- ❖ Bamforth, C. W. 2000. Perceptions of deer foam. *J. Inst. brew*, 106, 229- 38
- ❖ Bayer, E., Buttler, K. P., Finkenzeller, X., & Grau, J. 2009. Guide de la flore méditerranéenne: Caractéristiques, habitats, distribution et particularités de 536 espèces. Edition Delachaux et Niestlé, Paris, 94.
- ❖ Beloued A., 2009. Plantes médicinales d'Algérie. 5 Ed. Office de Publications Universitaires, 281
- ❖ Beloued, A. 2001. Plantes médicinales d'Algérie. Office de Publications Universitaires. 56-57
- ❖ Benslama, A., Harrar, A., Gül, F., & Demirtaş, I. 2017. Phenolic Compounds, Antioxidant and Antibacterial Activities of *Zizyphus lotus* L. Leaves Extracts. *The Natural Products Journal*, 7, 1-7
- ❖ BentabetLasgaa, N. 2015. Étude phytochimique et évaluation des activités biologiques de deux plantes *Fredolia aretioides* et *echiumvulgare* de l'ouest algérien. Thèse de doctorat, 20-21.  
Benzidane, N., Aichour, R., Guettaf, S., Laadel, N., Khennouf, S., Baghiani., Abderrahmane., & Arrar, L. 2020. Chemical investigation, the antibacterial and antifungal activity of different parts of *Capparis spinosa* extracts. *Drug Delivery and Therapeutics*, 10(5), 118-125.
- ❖ Berthod, A. B. 1999. Polyphenols in countercurrent chromatography. An exemple of large scaleseparational analysis. EDP sciences, Wiley-VCH.
- ❖ Biyiti, L. F., Meko'o, D. J. L., Tamzc, V., & AmvamZollo, P. H. 2004. Research of the anti bacterial activity of four Cameroonian medicinal plants. *Pharmacopoeia and African Traditional Medicine*, 13, 11-20.

## Références bibliographiques

---

- ❖ Blamey, M. & Grey-Wilson, C. 2000. All the flowers of the Mediterranean, the naturalist guides, and Delachaux Niestlé. Dunod, Paris, 23-24.
- ❖ Botineau, M. 2015. Compte rendu de la mini-session «Charente» du 8 au 12 mai 2013. *Botanique*, 71(1), 71-84
- ❖ Bouallaoui, I., Khaldi, A., & Brikat, A. 2022. Extraction, caractérisation et évaluation de l'activité antibactérienne d'huile essentielle d'*Artemisia campestris* L. Mémoire de Master. Université Ahmed Draïa- Adrar. Algérie.
- ❖ Boudjouref, M. 2011. Etude de l'activité antioxydante et antimicrobienne. Mémoire de Magister. Université Ferhat Abbas, Sétif. Algérie.
- ❖ Boukhalifa, N., Boutahala, M., & Djebri, N. 2017. Synthesis and characterization of ZnAl-layered double hydroxide and organo-K10 montmorillonite for the removal of diclofenac from aqueous solution. *Adsorption Science & Technology*, 35(1-2), 20-36.
- ❖ Boust, D., & Ennabili, A. 2011. L'Institut national des plantes médicinales et aromatiques au service du développement de la phytothérapie au Maroc. *Phytothérapie*, 9, 297-303.
- ❖ Bouyahya, A., Abrini, J., Bakri, Y., & Dakka, N. 2017. Screening phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante et antibactérienne des extraits d'*Origanum compactum*. *Pharmacognosie*, 15, 379-383.
- ❖ Bouziane, K., et Rouibah, L. 2019. Etude des propriétés antioxydantes, antidiabétiques et anti inflammatoires *in vitro* des extraits de la plante médicinale *Capparis spinosa* L (*Capparidaceae*). Mémoire de Master. Université des Frères Mentouri Constantine 1. Algérie.
- ❖ Bruneton, J. 1999. Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes Médicinales. Techniques et Documentation. Lavoisier. Paris.

## C

- ❖ Chabrier, J.Y. 2010. Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie. Thèse de doctorat. Université Henri Poincaré-Nancy1 (France).
- ❖ Chaouche, T. M., Haddouchi, F., Ksouri, R., Medini, F., & Atik-Bekara, F. 2013. In vitro evaluation of antioxidant activity of the hydro-methanolic. *Phytothérapie*, 11, 244-249.

## Références bibliographiques

---

- ❖ Chelli- Chentouf, N., Tir, T., Meddah, A., Mullie., C, & Aoues, A. 2012. *In vitro* and *in vivo antimicrobials* activity of Algerian Hoggar *Salvadora persica* L. extracts against microbial strains from children's oral cavity. *Ethno pharmacology* 144, 57-66.
- ❖ Clément, R.P. 2005. Aux racines de la phytothérapie: entre tradition et modernité (1ère partie). *Législation*, (4), 10-11
- ❖ Clifford, M. A. 2000. Ellagitannins-nature, occurrence and dietaryburden. *Sci. Food Agric*, (2), 3-6
- ❖ Connolly, J.D.1992. Dictionary of terpenoids. Chapman and Hall. *CRC Press*. New York. USA.
- ❖ Cowan, M.M. 1999. Plant products as antimicrobial agents. *Clinical microbiology reviews*, (15), 12-15
- ❖ Crozier, A., Clifford, M.N., & Ashihara, H. 2006. Plant Secondary Metabolites. Occurrence, Structure and role in the Human diet. Black well Pub. Oxford, Ames, Iowa, XII, 372.
- ❖ Curtay, J. P., & Robin, J. M. 2000. Intérêt des complexes antioxydants. Centre d'Etude et de Développement de la Nutrithérapie, 1-4



- ❖ Dacosta, E. 2003. Les phytonutriments bioactifs. Yves Dacosta. Paris, 317p.
- ❖ Delphine, D. N., Bonyo, A. L., Mapongmestem, P. M., & Bayegone, E. 2018. Etude ethnobotanique et phytochimique des plantes médicinales utilisées dans le traitement des maladies cardiovasculaires à Moundou (Tchad). *Biological and Chemical Sciences*, 12, 203-216
- ❖ Dib, I., & El Alaoui-Faris, F. E. 2019. *Artemisia campestris* L.: review on taxonomical aspects, cytogeography, biologicalactivities and bioactive compounds. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 109, 1884-1906
- ❖ Dillemann, G. (1960). La différenciation chimique infraspecificoue. *Planta medica*, 8(03), 263-274.
- ❖ Djeridane, A., Yous, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P & Vidal, N. 2006. Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*, 97: 654-660.

## Références bibliographiques

---

- ❖ Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Vidal, N., Lesgards, J. F. & Stocker, P. 2007. Screening of some Algerian medicinal plants for the phenolic compounds and their antioxidant activity. *European Food Research and Technology*, 224, 801–809.
- ❖ Djerroumi, A., & Nacef, M. 2004. 100 plantes médicinales d'Algérie. Palais du livre, Alger, 150
- ❖ Djidel, S., Chater, C. F., Khennouf, S., Baghiani, A., & Harzallah, D. 2014. Evaluation of phenolic compounds, flavonoids and antioxidant properties of *Argania spinosa* (L.) Skeels leaf extracts. *Research on Medicinal Plants & Indigenous Medicine*, 3(11), 416.
- ❖ Dohou, N., Yani, K., Thahrouch, S., Idrissi Hassani, L-M., Badoc, A G & mira N. (2003). Screening phytochimique d'une endémique ibéro- Marocaine; *Thynelaea lythroides*. Bull. Soc, Pharm. Bordeaux, 142, 61-78.
- ❖ Dunet, J. 2009. Réaction de Michael et de Mannich appliquées à des arylcyclohexa-2, 5-diènes en vue de la synthèse d'alcaloïdes de type aspidosperma et morphinanes (Doctoral dissertation, Bordeaux 1).

ع

- ❖ Ebrahimi, S.N., Hadian, J., Mirjalili, M.H., Sonboli, A. & Yousef zadi, M. 2008. Essential oil composition and antibacterial activity of *Thymus caramanicus* at different phenological stages. *Food Chemistry*, 110, 927-931.
- ❖ Elaloui, M., Ennajah, A., Ghazghazi, H., Ben Youssef, I., Ben Othman, N., Hajlaoui, M.R., Khouja, A. & Laamouri, A. 2017. Quantification of total phenols, flavonoides and tannins from *Ziziphus jujuba* (mill.) and *Ziziphus lotus* (Desf). Leaf extracts and their effects on antioxidant and antibacterial activities. *Secondary Metabolite*, 4, 18-26.
- ❖ Elshibani, F., Alamami, A., Alshalmani, S., El Naili, E. A., Gehawe, H. A., Sharkasi, M. A., & Elremali, N. 2020. Estimation of phenolic content, flavonoid content, antioxidant properties and alpha-amylase inhibitory activities of *Capparis spinosa* L. *Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(2), 24-28.

ف

## Références bibliographiques

---

- ❖ Faugas, G. 1965. Guide des travaux pratique en matière médicale pharmacognosie. France : JOUVE.
- ❖ Fleuriet, A., Jay-Allemand, C., & Macheix, J. J. 2005. Composés phénoliques des végétaux un exemple des métabolites secondaires d'importance économique. *Presses polytechniques et universitaires romandes*, 121, 216.

### G

- ❖ Ghedadba, N., Hambaba, L., Ayachi, A., Aberkane, M., C., Bousselsela, H, &OueldMokhtar, S. M. 2015. Polyphénols totaux, activités antioxydante et antimicrobienne des extraits des feuilles de *Marrubiumdeserti* de Noé. *Phytothérapie*, 13 ,118-129.
- ❖ Ghedira, K. 2005. Les flavonoïdes: structure, propriétés biologique, rôle prophylactique et emploi en thérapeutiques. *Phytothérapie*, 4,162-169
- ❖ Ghedira, K. 2013. *Zizyphus lotus* L. Desf. (*Rhamnaceae*): jujubier sauvage. *Phytothérapie*, 11, 149-153.
- ❖ Gleason, H., Cronquist, A. 1963. Manual of vascular plants of Northeastern United States and adjacent. Canada. Pinceton. Van Nostrand, 14- 20.

### H

- ❖ Hachani, R. 2014. Evaluation de l'activité biologique de différents extraits de fruit de *Capparis spinosa* L. sur les Entérobactéries causants la diarrhée. Mémoire de master. Universiré Mohamed Khider Biskra. Algérie.
- ❖ Haddouchi, F., Chaouche, T. M., Ksouri, R., & Halla, N. 2014. Phytochemical screening and in vitro antioxidant activities of aqueous-extracts of *Helichrysumstoechassub sp. rupestre* and *Phagnalon saxatile subsp. saxatile*. *Chin J Nat Med*, 12(6), 415-22.
- ❖ Haddouchi, F., Chaouche, T. M., Zaouali, Y., Ksouri, R., Attou, A., & Benmansour, A. 2013. Chemical composition and anti microbial activity of the essential oils from four *Rutas pecies* growing in Algeria. *Food chemistry*, 141(1), 253-258.
- ❖ Hajji, M., Jarrayab, R., Lassoueda, I., Masmoudia, O., Damakb, M., &Nasria, M. 2010. GC/MS and LC/MS analysis, and antioxidant and antimicrobial activities of various solvent extract from *Mirabilis jalapa* tubers. *Process Biochemistry* 45(9),1486–1493.

## Références bibliographiques

---

- ❖ Harbone, J. B. (1994). Phenolics in natural products: their chemistry and biological Eds .Mann J. Davidson RS, Hobbs JB .London, 6.
- ❖ Harkati, B. 2011.Valorisation et identification structurale des principes actifs de la plante de la famille : *Scorzonera Undulata*. Université Mentouri Constantine, 6-22
- ❖ Haslam, E. 1994. Natural polyphenols (vegetable tannins): Gallic Acidmetabolism. *Nat. Prod*, 4, 21-22.
- ❖ Hellal, Z. 2011. Contribution à l'étude des propriétés antibacteriennes et antioxydantes de certaines huiles essentielles extraites des citrus. application sur la sardine (*Sardina pilchardus*). Mémoire de Magister. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou.
- ❖ Hendel, N., Sarri, D., Sarri, M., Selloum, M., Boussakra, F., & Driche, O. 2021. Screening for *in vitro* antioxidant activity and antifungal effect of *Artemisia campestris* L. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*, 5, (3), 251-259.
- ❖ Houel, E. 2012. Etude de substances bioactives issues de la flore amazonienne analyse de préparation phyto thérapeutiques à base de *Quassia amara* L. (*Simaroubaceae*) et de *Psidium acutangulum* DC. (*Myrtaceae*) utilisées en Guyane française pour une indication antipaludique. Identification et analyse métabolique d'huiles essentielles à Université des Antilles et de la Guyane.
- ❖ Hubert, M., Rousseeuw, P. J., & Vanden Branden, K. 2005. ROBPCA: a new approach to robust principal component analysis. *Technometrics*, 47(1), 64-79.
- ❖ Hugo, C., Nangaku, M., Shankland, S. J., Pichler, R., Gordon, K., Amieva, M. R., ... & Johnson, R. J. 1998. The plasma membrane-actin linking protein, ezrin, is a glomerular epithelial cell marker in glomerulogenesis, in the adultkidney and in glomerular in jury. *Kidney international*, 54(6), 1934-1944.

↵

- ❖ Iserin, P. 2001. Encyclopédie des plantes médicinales. Larousse-Bordas, Paris, 275.

↵

- ❖ Jacamon, M. 1992. Guide de dendrologie. *ENGREF. Nancy*, 274.
- ❖ Jiang, H., Dong, H., Yu, B., Liu, X., Li, Y., Ji, S., & Zhang, C. L. 2007. Microbial response to salinity change in Lake Chaka, a hypersaline lake on Tibetan plateau. *Environmental microbiology*, 9(10), 2603-2621.

## Références bibliographiques

---



- ❖ Kähkönen, M. P., Hopia, A. I., Vuorela, H. J., Rauha, J. P., Pihlaja, K., Kujala, T. S., & Heinonen, M. 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Agricultural and foodchemistry*, 47(10), 3954-3962.
- ❖ Kalla, A. 2012. Etude et valorisation des principes actifs de quelques Plantes du sud algérien : *Pituranthos scoparius*, *Rantherium adpressum* et *Traganum nudatum*. Mémoire de doctorat. Université Mentouri. Constantine. Algérie.
- ❖ Kelly Samara, L.M,Guilherme, E. N.D., Meri, E. F. P., Anderson L-F., Alba Regina Monteiro, S-B, Clélia Akiko, H-L., José Maria B-F., Leônia, M. B. 2009. Flavonoids with gastro protective activity, *Molecules*, 14, 979-1012
- ❖ Kholkhal, F., Lazouni, H A., Bendahou, M., Boublenza, I.,Chabane, S D.,Chaouch, T. 2013. Étude phytochimique et évaluation de l'activité anti-oxydante de *Thymus Ciliatus*ssp. *Coloratus*. Afrique Science. *Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 9(1) 151-158
- ❖ Khouchlaa, A., Bouyahya, A., Ait Lahcen,S., Bakri, Y., Dakka, N &Tijane, M. 2017. Phytochemical screening, evaluation of antioxidant activity and litholytic effect of *zizyphus lotus* L. Extracts. *Pharmaceutical Research*, 6, 1354-1367.
- ❖ Kirtikar, K.R., Basu, B.D. 1984. Indian Medicinal Plants. Lalit Mohan Publication, *Allahabad*, 1, 593.
- ❖ Kothe, L. 2007. 1000 plantes médicinales. Terres, France, 75.
- ❖ Krief, S. 2003. Métabolites secondaires des plantes et comportement animal, thèse de docteur du muséum national d'histoire naturelle.



- ❖ Laouer, H., Zerroug, M.M., Sahli, F., Chaker, A.N., Valentini, G., Ferretti, G., Grande M. & Anaya, J. 2003. Composition and antimicrobial activity of Ammonites Pussilla (Brot.) .Breistr essential oil. *Essential oil reaserche*,15, 135-138.
- ❖ Lattanzio, V., Lattanzio, V. M., & Cardinali, A. 2006. Role of phenolics in the resistance mechanisms of plants against fungal pathogens and insects. *Phytochemistry: Advances in research*, 661(2), 23-67.
- ❖ Laughton, M. J., Evans, P. J., Moroney, M. A., Hault, J. R. S., & Halliwell, B. 1991. Inhibition of mammalian 5-lipoxygenase and cyclo-oxygenase by flavonoids and

## Références bibliographiques

---

- phenolic dietary additives: relationship to antioxidant activity and to iron ion-reducing ability. *Bio chemical pharmacology*, 42(9), 1673-1681.
- ❖ Lazli, A. 2018. Étude ethnobotanique et inventaire des plantes médicinales dans la région de Bougous (Parc National d'El Kala- Nord-est algérien). Mémoire doctorat. Université Chadli Bendjedid. Tarf.
  - ❖ Lee, K.W., Kim, Y.J., Lee, H.J. & Lee, C.Y. 2003. Cocoa Has More Phenolic Phytochemicals and a Higher Antioxidant Capacity than Teas and Red Wine. *J. Agric. Food Chem*, 51(25), 7292-7295.
  - ❖ Lekbir, A., Sebsis S. 2022. Contribution à l'étude des métabolites secondaires des feuilles de la plante *Jujubier Zizyphus lotus L.* et leurs effets biologiques. Mémoire de Master. Université de Larbi Ben M'hidi- Oum El Bouaghi.
  - ❖ Letaief, T., Garzoli, S., Masci, V.L., Mejri, J., Abderrabba, M., Tiezzi, A. & Ovidi, E., 2012. Chemical composition and biological activities of Tunisian *Zizyphus lotus* extracts, Evaluation of drying effect, solvent extraction, and extracted plant parts. *Plants*, 10(2), 2651.
  - ❖ Lieutaghi, P., 2004. Le livre des arbres, arbustes et arbrisseaux. Actes sud, Paris, 291-298.

### m

- ❖ Ma, J. F., Zheng, S. J., Matsumoto, H., & Hiradate, S. 1997. Detoxifying aluminium with buckwheat. *Nature*, 390(6660), 569-570.
- ❖ Mansouri, A., Embarek, G., Kokkalou, E. & Kefalas, P. 2005. Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit. (*Phoenix dactylifera*). *Food Chemistry*, 89 (3), 411-420.
- ❖ Martin, S. A. 2002. Mécanismes de la protection cardiaque et vasculaire des polyphénols au niveau d'endothélium. Éditions scientifiques et médicales. *Elsevier*, 51, 304-315.
- ❖ Meddour, A. 2020. Etude des activités biologiques des extraits méthanoliques des fruits et des écorces de racine de *Capparis spinosa L.* Thèse doctorat. Université de Batna 2. Algérie.
- ❖ Miliuskas, G., Venskutonis, P.R. & Van Beek, T.A. 2004. Screening of radical medicinal and aromatic plant extract. *Food Chemistry*, 85(2), 231-237.

## Références bibliographiques

---

- ❖ Mounni, S. 2008. Etude de la fraction glucidique des fruits de *Celtis australis* L., *Crataegus azarolus* L., *Crataegus monogyna* Jacq., *Elaeagnus angustifolia* L., et *Zizyphus lotus* L. Mémoire de Magistère. Université de Batna. Algérie.

*N*

- ❖ Naili, O. 2016. Effet des Extraits de *Abies numidica de lannoy* sur la croissance et sur la microflore caecale et fécale des poussins de chairs, Thèse de doctorat Université Ferhat Abbas. Sétif. Algérie.
- ❖ Tadjine, N., Messgo-Moumene, S., Aissat, A. K., Saddek, D., Javai, A & Ben Hadda, T. 2019. *In vitro* evaluation of the antifungal potential of *Zizyphus lotus* L. against toxigenic molds of hydroponic barley. *Mycopath*, 17(1), 39-43.

*P*

- ❖ Pincemail, J. 2002. Mécanismes Physiologiques de la défense anti-oxydante. Physiological action of antioxidant Defences. Nutrition clinique et métabolismes, 16. pharmacie: Botanique-Pharmacognosie Phytothérapie - Homéopathie. Lavoisier Tec et Doc, Paris.

*R*

- ❖ Rahmoune, Z. 2014. Contribution à l'Etude quantitative des polyphénols et flavonoïdes des fruits de *Capparis spinosa* L. Mémoire de Master, Université Mohamed Khider. Biskra, Algérie.
- ❖ Ramdhane, F., 2018. Contribution à l'étude des activités biologiques de quelques plantes médicinales du Sahara algérien: *Nauplius graveolens*, *Zizyphus lotus* et *Capparis spinosa*. Thèse doctorat. Université Kasdi Merbah Ouargla. Algérie.
- ❖ Rosine C., & Momo D. (2009). Evaluation de l'activité antidermatophytique des extraits au méthanol et fractions d'*acalyphamma hirtum* (melastomatacees). Mémoire du Master. Université de Dschang.
- ❖ Royer, M. 2013. Étude des relations entre croissance, concentrations en métabolites primaires et secondaires et disponibilité en ressources chez la tomate avec ou sans bio agresseurs. Université de Lorraine Laboratoire Agronomie & Environnement. Nancy Colmar.

## Références bibliographiques

---

- ❖ Rozier, M. 1972. cours complets d'agriculture. Hôtel Serpente. Tome premier. Paris.

### S

- ❖ Saadaoui, E., Guetat, A., Tlili, N., El-Gazzah, M., &Khaldi, A. 2011. Subspecific variability of Tunisian wild populations of *Capparis spinosa* L. *Medicinal Plants Research*, 5(17), 4339-4348.
- ❖ Sanago. R. 2006. Le rôle des plantes médicinales en médecine traditionnelle. Université Bamako. Mali, 15, 20-21.
- ❖ Santos-Buelga, C., & Scalbert, A. 2000. Proanthocyanidins and tannin-like compounds—nature, occurrence, dietary intake and effects on nutrition and health. *Science of Food and Agriculture*, 80(7), 1094-1117.
- ❖ Schauenberg et Ferdinand., 2010. Guide des plantes médicinales : analyse, description et utilisation de 400 plantes. Delachaux et Niestlé, Paris, 5-267.
- ❖ Seaman, F. C. 1982. Sesquiterpene lactones as taxonomic characters in the Asteraceae. *The botanical review*, 48, 121-594.
- ❖ Seenivasan, P. 2006. *In vitro* antibacterial activity of some plant essential oils. *Journal of complementary and alternative medicine*, 9, 6-39.
- ❖ Shamam K. Oudah', Raid M.H. Al-Salih, Sajid H. Gusar & Ali B. Roomi. 2019. Study of the role of polyphenolic extract of *Capparis spinosa* L. Leaves as acute toxicity and antibacterial agent. *Plant Archives*, 19(2), 3821-3829.
- ❖ Sijelmassi, A. 1993. Les plantes médicinales du Maroc. Le Fennec. Casablanca.
- ❖ Sökmen, A., Sökmen, M., Daferera, D., Polissiou, M., Candan, F., Ünlü, M., & Akpulat, H. A. 2004. The *in vitro* antioxidant and antimicrobial activities of the essential oil and methanol extracts of *Achillea biebersteini* Afan. (*Asteraceae*). *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 18(6), 451-456.

### T

- ❖ Tadjine, N., Messgo-Moumene, S., Aissat, A. K. Saddek, D., Javai, A., & Ben Hadda, T. 2019. *In vitro* evaluation of the antifungal potential of *Zizyphus lotus* L. against toxigenic molds of hydroponic barley. *Mycopath*, 17, 39-43.

## Références bibliographiques

---

- ❖ Tawaha, K., Alali, F. Q., Gharaibeh, M., Mohammad, M., & El-Elimat, T. 2007. Antioxidant activity and total phenolic content of selected Jordanian plant species. *Food chemistry*, 104(4), 1372-1378.
- ❖ Tiwari & Kakkar H.P.A.(1990). Phytochemical examination of *Spilanthus acemella* (Murr.). *Indian Chemical Society*, 67, 9, 784–785.
- ❖ Tlili, I., Hdider, C., Lenucci, M. S., Ilahy, R., Jebari, H., & Dalessandro, G. 2011. Bioactive compounds and antioxidant activities during fruit ripening of watermelon cultivars. *Food Composition and Analysis*, 24(7), 923-928
- ❖ Tondi, G., Schnabel, T., Wieland, S., & Petutschnigg, A. 2013. Surface properties of tannin treated wood during natural and artificial weathering. *Wood Products*, 4(3), 150-157.

### W

- ❖ Weckessera, S., Engela, K., Simon-Haarhaus, B., Wittmer, A., Pelzb, K & Schemppa, C.M. 2007. Screening of plant extracts for antimicrobial activity against bacteria and yeasts with dermatological relevance, *Phytomedicine*, 14, 508-516.
- ❖ Wong CC., Cheng K.W & Chen, F. 2006: A systematic survey of antioxidant activity of 30 Chinese medicinal plants using the ferric reducing antioxidant power assay. *Food Chemistry*, 97, 705-711.

### Y

- ❖ Ya-Qin M., Xing-Qian Y., Zhong-Xiang F., Jian-Chu C., Gui-Hua X & Dong-Hong L. 2008. Phenolic Compounds and Antioxidant activity of extracts from ultrasonic treatment of Satsuma Mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) Peels. *Agricultural Food Chemistry*, 56(14), 5682-5690.
- ❖ Yazdani, D & Tan, Y. H., Kamaruzaman, S. et Jaganath, T. B., 2012. Screening of phytochemical from ethnomedicinal plants in Malaysia for use against toxigenic *Aspergillus flavus*. *Medicinal Plants Research*, 6, 5464-5468.
- ❖ Yu, F., & Utsumi, R. 2009. Diversity, regulation, and genetic manipulation of plant mono- and sesqui terpenoid biosynthesis. *Cellular and molecular life sciences*, 66, 3043-3052.

## Références bibliographiques

---

2

- ❖ Zeghad, N. 2009. Étude du contenu polyphénolique de 2 plantes médicinales d'intérêt économique (*Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*) et évaluation de leur activité antibactérienne. Mémoire de Magister. Université de Mentouri, Constantine. Algérie.
- ❖ Zellagui A., Said, N. L., Gherraf N & Rhouati, S. (2012). Phytochemical screening of five Algerian plants and the assessment of the antibacterial activity of two Euphorbia guyoniana extracts. *Der Pharmacia Lettre*, 4,(5),1438-1444.

### Sites internet

- ❖ **Site 01:** [https://www.researchgate.net/figure/Les-differentes-classes-de-flavonoides-Les-flavanols-egalement-appelles-flavan-3-ols-a\\_fig5\\_343303798](https://www.researchgate.net/figure/Les-differentes-classes-de-flavonoides-Les-flavanols-egalement-appelles-flavan-3-ols-a_fig5_343303798) (Consulté le 13/03/2023)
- ❖ **Site 02 :** <https://www.google.com/imgres?imgurl=https://www.aquaortail.com/pictures1712/aninacidegallique.jpg&tbnid=ueRGaAkfkjtlqM&vet=1&imgrefurl=https://www.aquaortail.com/definition5295tanin.html&docid=c1wYf6FXW1OQJM&w=1024&h=1024&hl=frFR&source=sh/x/%20m>. (Consulté le 01/06/2023)
- ❖ **Site 03 :** <https://notesdeterrain.over-blog.com/2018/08/jujubier-sauvage.html>. (Consulté le 05-06-2023)

# *Anneæes*



## Annexe 01:

### Compositions et préparation des milieux de culture

#### 1- Mueller Hinton

Boîte de 500g

Formule en g/l d'eau distillée

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| Peptone tryptique de caséine ..... | 17,5 |
| Extrait de viande.....             | 2,0  |
| Amidon .....                       | 1,5  |
| Agar .....                         | 15,0 |

pH 7.4±0.2 à 25 C°.

#### Préparation:

Mélanger 19g de la poudre de milieu déshydraté dans 500ml de l'eau distillée dans un bécher et bien agiter. Verser la solution obtenue dans des flacons ensuite mettre dans un autoclave pendant 15 min à 121C°.

#### 2- Gélose Nutritive

Formule en g/l d'eau distillée

|                          |      |
|--------------------------|------|
| Extrait de viande.....   | 1,0  |
| Extrait de levure .....  | 2.0  |
| Peptone .....            | 5.0  |
| Chlorure de sodium ..... | 5.0  |
| Agar .....               | 15.0 |

pH 6.8±0.2 à 25C°

## Annexes

---

### Préparation:

Mettre 14g de la poudre de gélose déshydraté dans 500ml de l'eau distillée et bien agiter dans un bécher. Verser la solution obtenue dans des flacons puis stériliser dans un autoclave pendant 15min à 121C°.

### 3- Bouillon nutritif

Formule en g/l d'eau distillée

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| Extrait de viande.....   | 1,0 |
| Extrait de levure .....  | 2.0 |
| Chlorure de sodium ..... | 5.0 |

pH 6.5±0.2 à 25C°.

### Préparation:

Ajouter 2g du milieu bouillon nutritif en poudre à 250 ml de l'eau distillée dans un bécher et bien agiter. La solution obtenue est versée dans des tubes et stérilisée dans l'autoclave pendant 15min à 121C°.

### 4- Potato Dextrose Agar

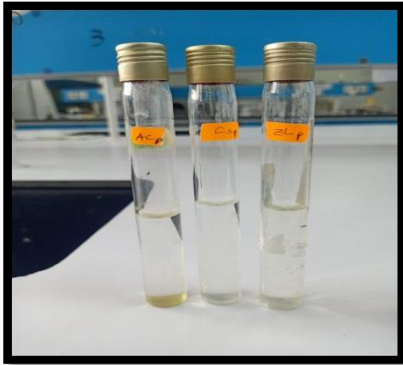
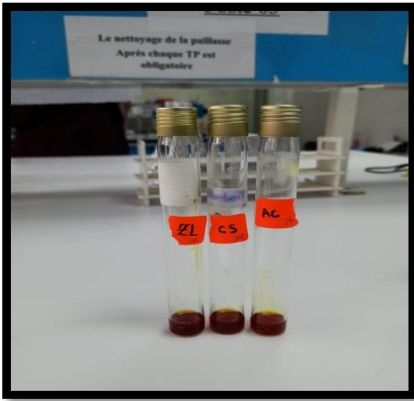
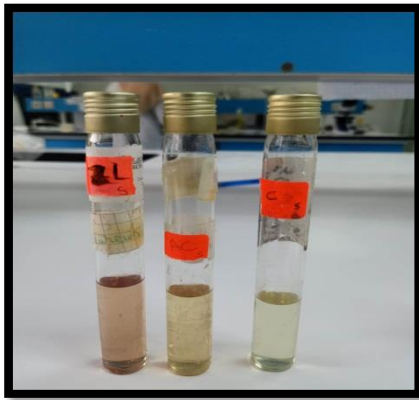

Formule en g/l d'eau distillée

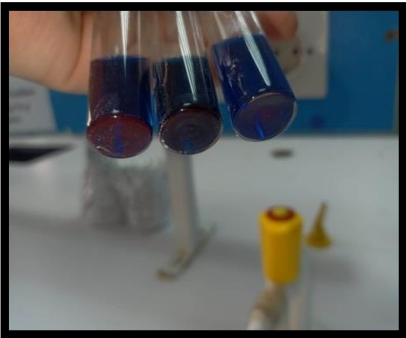
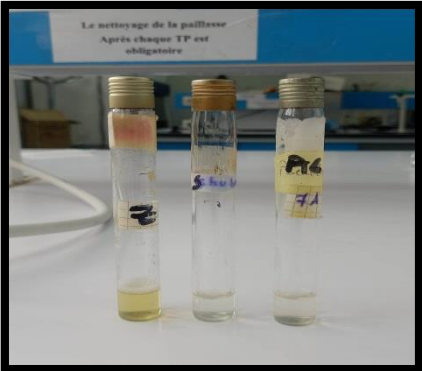

|                     |     |
|---------------------|-----|
| Glucose.....        | 20  |
| Pomme de terre..... | 200 |
| Agar.....           | 200 |
| Eau distillée.....  | 15  |

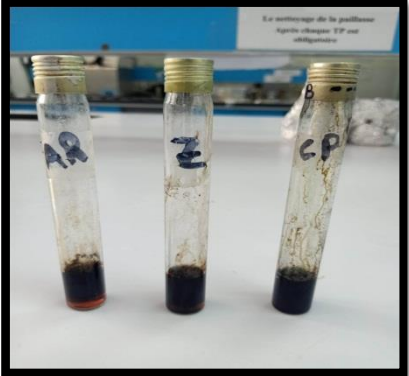

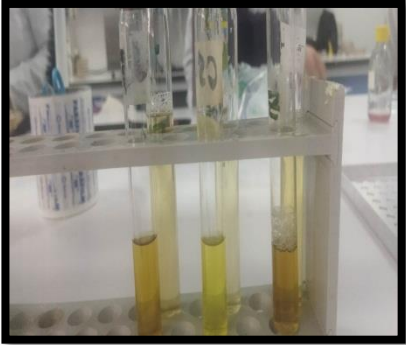
pH 6.5

## Annexe 02

### Résultats des tests phytochimique

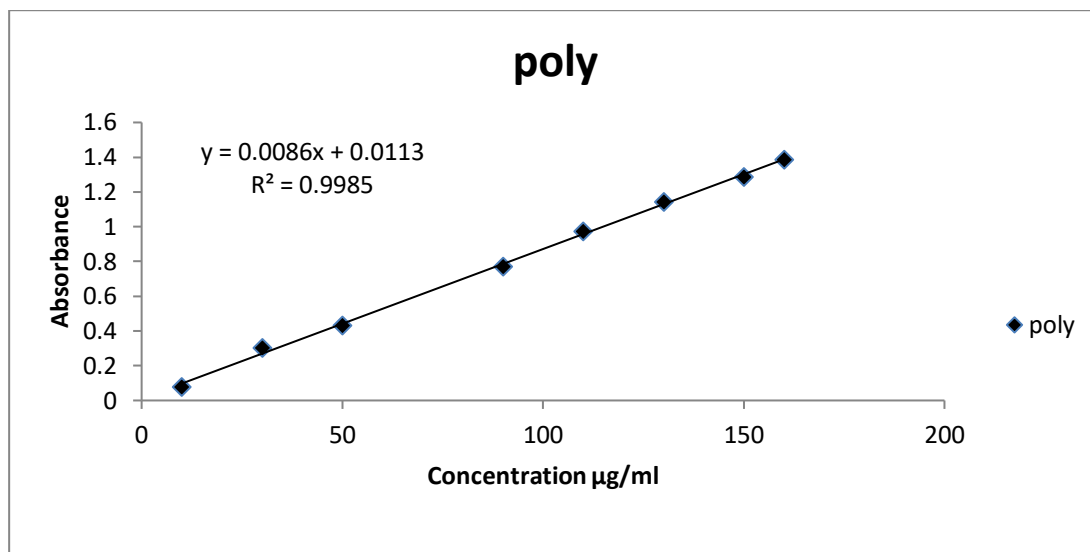
| Test                     | Résultats  | Interprétation  |
|--------------------------|--|---|
| Polyuronides             |     | <b>AC: (positif)</b><br>Précipité épais   |
|                          |  | <b>CS: (-)</b><br>Pas de précipité  |
|                          |  | <b>ZL: (-)</b><br>Pas de précipité  |
| Alcaloïdes               |    | <b>AC: (-)</b><br><br><b>CS: (-)</b><br><br><b>ZL: (-)</b><br><br>Pas de précipité ni turbidité |
| Stéroïdes                |  | <b>AC: (-)</b><br><br><b>CS: (positif)</b><br><br><b>ZL: (-)</b>                                |
| Composés polyphénoliques |   | <b>AC: (positif)</b><br>Couleur bleu verdâtre   |
|                          |  | <b>CS: (-)</b><br>Pas de virage de couleur  |
|                          |  | (No text for ZL in this row)  |

|                     |  |   |
|---------------------|--|---|
|                     |  | <p><b>ZL: (positif)</b><br/>Couleur bleue verdâtre</p>    |
| Composés réducteurs |    | <p><b>AC: (positif)</b><br/>Précipité rouge brique</p>    |
|                     |  | <p><b>CS: (-)</b><br/>Pas de précipité</p>                |
|                     |  | <p><b>ZL: (positif)</b><br/>Précipité rouge brique</p>    |
| Saponines           |   | <p><b>AC: (-)</b><br/>Pas de mousse</p>                   |
|                     |  | <p><b>CS: (-)</b><br/>Pas de mousse</p>                   |
|                     |  | <p><b>ZL: (faiblement positif)</b><br/>Mousse de 6 cm</p> |
| Mucilage            |  | <p><b>AC: (-)</b><br/>Pas de précipité</p>                |
|                     |  | <p><b>CS: (-)</b><br/>Pas de précipité</p>                |
|                     |  | <p><b>ZL: (-)</b><br/>Pas de précipité</p>                |
| Terpenoides         |  | <p><b>AC: (positif)</b><br/>Couleur rouge brunâtre</p>    |
|                     |  | <p><b>CS: (-)</b><br/>Pas de couleur rouge brunâtre</p>   |

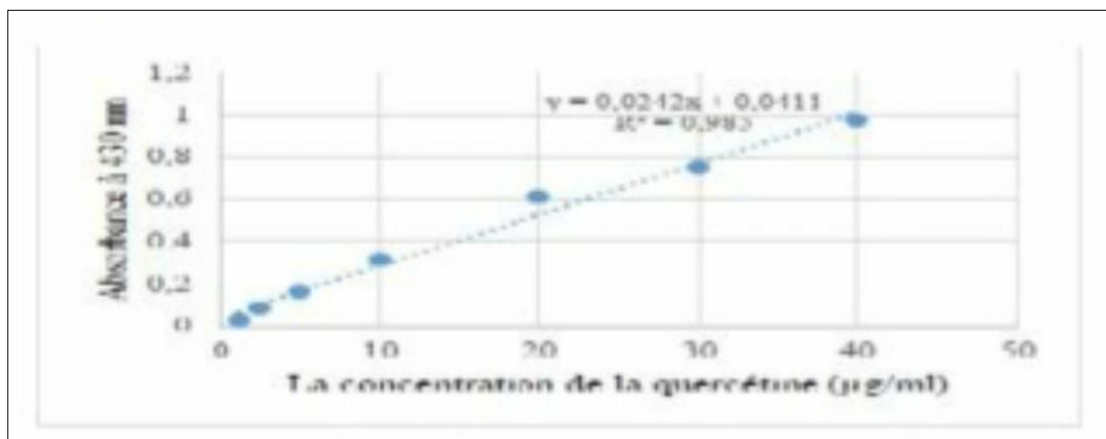
|                          |  |  |
|--------------------------|--|--|
|                          |    | <p><b>ZL: (positif)</b><br/>Couleur rouge brunâtre</p>   |
| <p><b>Tanins</b></p>     |   | <p><b>AC:(positif)</b><br/>Couleur bleue noire</p> <hr/> <p><b>CS: (-)</b><br/>Pas de virage de couleur</p> <hr/> <p><b>ZL: (positif)</b><br/>Couleur bleue verdâtre</p> |
| <p><b>Coumarines</b></p> |  | <p><b>AC: (-)</b></p> <p><b>CS: (-)</b></p> <p><b>ZL: (-)</b></p> <p>Aucune fluorescence aux UV</p>  |

## Annexe 03

### Courbes d'étalonnage de l'acide gallique et la quercétine



Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

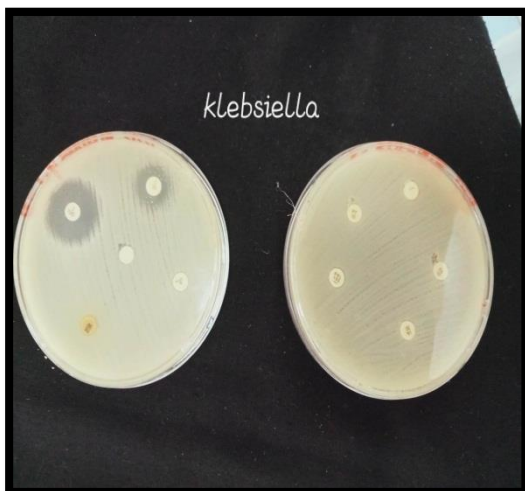
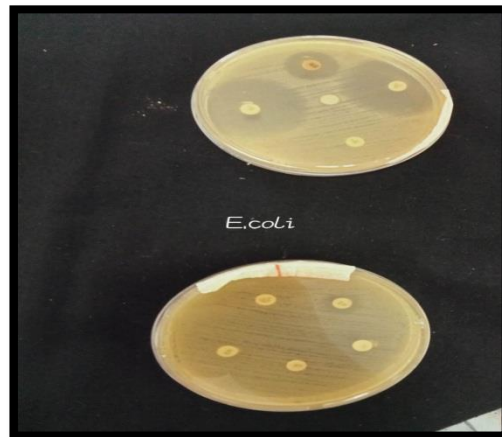
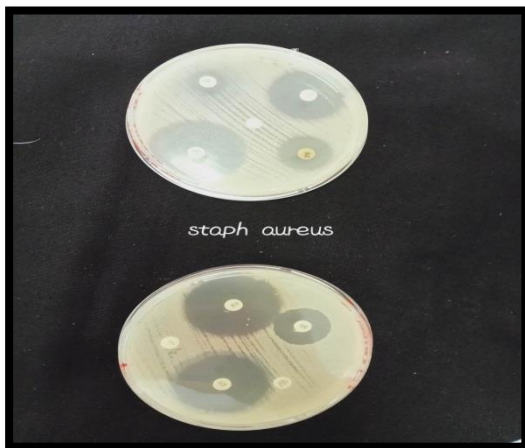
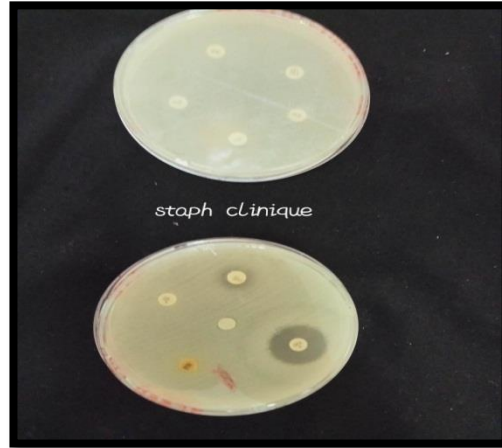
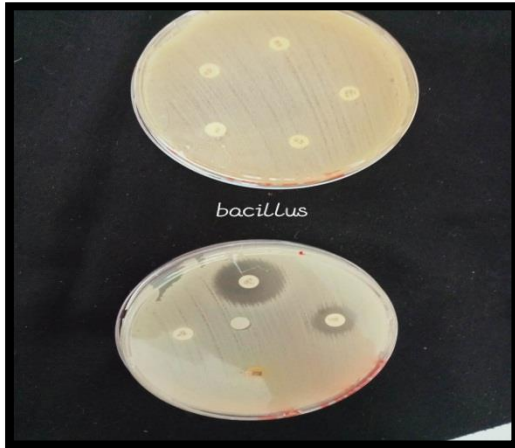


Courbe d'étalonnage de la quercétine

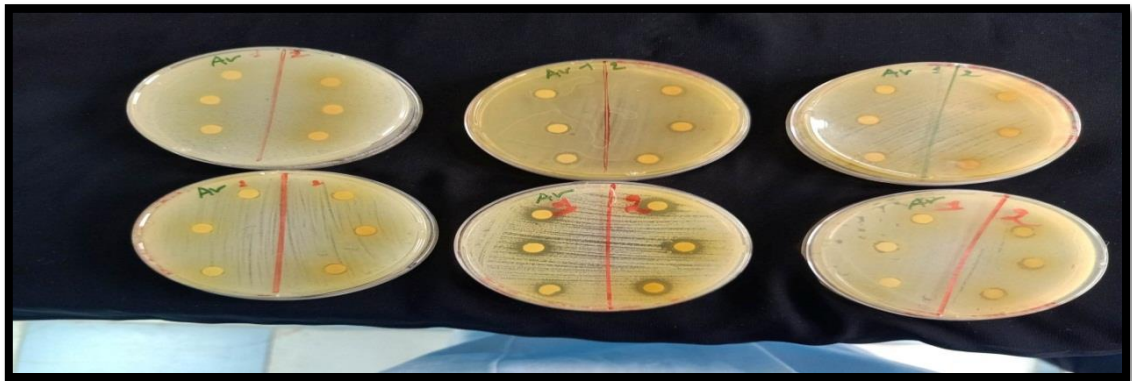
## Annexe 04

### Résultats de l'activité antimicrobienne

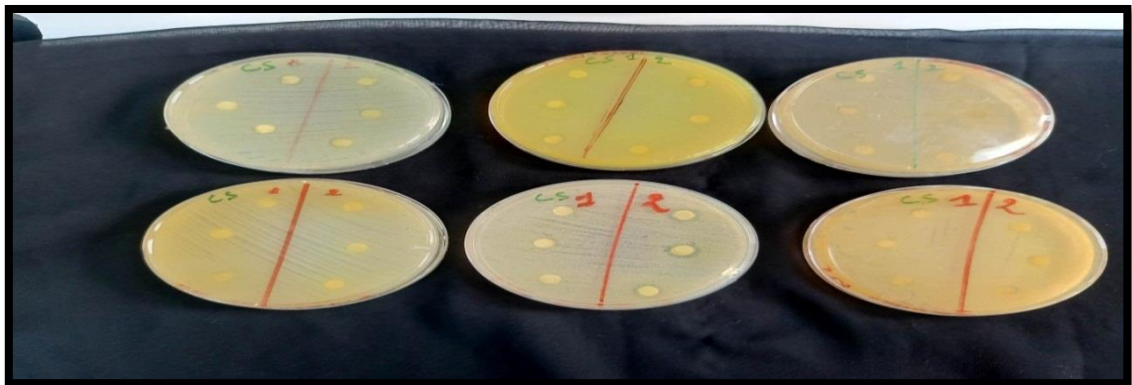
#### 1-Résultats de l'antibiogramme



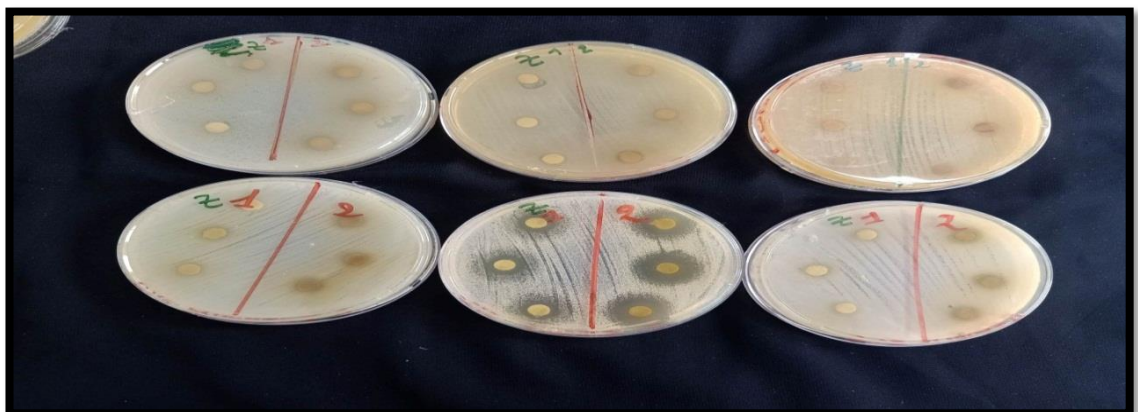
## 2- Résultats de l'activité antibactérienne vis-à-vis les six souches bactériennes



Extrait d'*Artemisia campestris*



Extrait de *Capparis spinosa*



Extrait de *Zizyphus lotus*

### 3- Résultats de l'activité anti fongique vis-à-vis *Aspergillus niger*



Extraits d'*Artemisia campestris*, *Capparis spinosa* et *Zizyphus lotus* respectivement

## Annexe 05



Carte géographique de la région de récolte de la plante *Artemisia campestris*.



Carte géographique de la région de la récolte des deux plantes *Capparis spinosa* et *Zizyphus lotus*.

## Résumé

Notre étude est basée sur la valorisation de trois plantes médicinales (*Artemisia campestris*, *Capparis spinosa* et *Zizyphus lotus*) collectées de la région des Aurès (Est de l'Algérie). Les tests photochimiques effectués ont montré la richesse de l'extrait hydroéthanolique de ces espèces végétales en polyuronoïdes, composés phénoliques, composés réducteurs, tanins, saponines et terpénoïdes, et l'absence totale des alcaloïdes, stéroïdes, flavonoïdes, mucilage et coumarines. Les dosages colorimétriques ont révélé des teneurs en polyphénols et en flavonoïdes totaux estimées de  $118,1 \pm 0,007$ ;  $57,4 \pm 0,005$  et  $145,89 \pm 0,002$  ( $\mu\text{g EAG/mg d'extract}$ ),  $33,42 \pm 0,001$ ;  $27,51 \pm 0,001$  et  $26,77 \pm 0,001$  ( $\mu\text{g EQ/mg d'extract}$ ) pour *Artemisia campestris*, *Capparis spinosa* et *Zizyphus lotus*, respectivement. Par ailleurs, les extraits étudiés ont présenté un pouvoir antioxydant moins élevé en comparaison avec l'acide ascorbique ( $\text{IC}_{50} = 1,81 \pm 0,01 \text{ mg/ml}$ ) sachant que, l'extrais de *Artemisia campestris* a une activité antioxydante plus efficace ( $\text{IC}_{50} = 2,91 \text{ mg/ml}$ ) que les autres extraits. L'activité antimicrobienne a été évaluée *in vitro* par la méthode de diffusion sur milieu gélosé et les résultats obtenus ont montré une sensibilité élevée de la souche *Staphylococcus aureus* avec des diamètres des zones d'inhibition allant de 11-22 mm, et une sensibilité modérée des autres souches (Gram positif et Gram négatif) aux trois extraits. Cependant, ces extraits n'ont aucun effet sur la bactérie *K. pneumoniae* et le champignon *Aspergillus niger*. Devant ces résultats, on peut conclure que les extraits hydroéthanoliques de *Artemisia campestris*, *Capparis spinosa* et *Zizyphus lotus* peuvent être appliqués dans les différents domaines

**Mots clés :** *Artemisia campestris*, *Capparis spinosa*, *Zizyphus lotus*, activité antimicrobienne, activité antioxydante, Aurès.

## ملخص

تستند دراستنا إلى تمييز ثلاثة نباتات طبية (الشيخ الحقلي ، الكبار والسدر) تم جمعها من منطقة الأوراس (شرق الجزائر). أظهرت الاختبارات الكيميائية النباتية التي أجريت ثراء المستخلص المائي الإيثانولي لهذه الأنواع النباتية بالبوليفورونويدات والمركبات الفينولية ومركبات الاختزال والدباغيات والصابونين والتربينويدات والغياب التام للقلويدات والستيرويدات والفلافونويد والصمغ والكومارين. كشفت المعايير اللونية عن كميات البوليفينول والفلافونويد و المقدر بـ  $118.1 \pm 0.007$ ;  $57.4 \pm 0.005$  و  $145.89 \pm 0.002$  (ميكروغرام مكافئ/مغ مستخلص) ،  $33.42 \pm 0.001$  و  $27.51 \pm 0.001$ ;  $26.77 \pm 0.001$  (ميكروغرام مكافئ/مغ مستخلص) في كل من الشيخ الحقلي ، الكبار، السدر ، على التوالي. علاوة على ذلك ، أظهرت المستخلصات التي تمت دراستها نشاط مضاد للأكسدة أقل مقارنة بحمض الأسكوربيك ( $\text{IC}_{50} = 1.81 \pm 0.01 \text{ مغ / مل}$ ) علما أن مستخلص الشيخ الحقلي نشاط مضاد للأكسدة أكثر فعالية ( $\text{IC}_{50} = 2.91 \text{ مغ / مل}$ ) من المستخلصات الأخرى. كما تم تقييم النشاط المضاد للميكروبات في المختبر من خلال طريقة الانتشار على وسط أجار وأظهرت النتائج المتحصل عليها حساسية عالية لسلسلة *Staphylococcus aureus* بأقطار مناطق التثبيط تتراوح بين 11 إلى 22 مم، وحساسية متوسطة للسلاسل الأخرى (إيجابية الجرام وسالبة الجرام) للمستخلصات الثلاثة. ومع ذلك، فإن هذه المستخلصات ليس لها أي تأثير على بكتيريا *K. pneumoniae* وفطر *Aspergillus niger*. بالنظر إلى هذه النتائج ، يمكننا أن نستنتج أن المستخلصات المائية الكحولية للشيخ ، الكبار والسدر، يمكن استعمالها في مختلف المجالات.

**الكلمات المفتاحية:** الشيخ الحقلي، الكبار، السدر، النشاط المضاد للميكروبات، النشاط المضاد للأكسدة، الأوراس .