

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ KASDI MERBAH OUARGLA



Faculté des sciences appliquées

Département de Génie des procédés

**Thèse**

Pour l'obtention du diplôme de Doctorat en sciences

Filière : Génie des procédés

Option : Génie Chimique

**Thème**

**Optimisation de rendement et étude des activités des principes actifs de quelques plantes médicinales de la Wilaya de Ghardaïa (Sud Algérie)**

Présentée par :

**Abdelhakim LAKHDARI**

Soutenue le : 28/10/2022

Devant le Jury composé de :

M. CHENNOUF Nesreddine	Prof	Univ de Ouargla	Président
M BEN BRAHIM Fouzi	MCA	ENS de Ouargla	Examineur
M. LAOUINI Salaheddine	Prof	Univ de Eloued	Examineur
M. CHAOUKI Mourad	MCA	Univ de Ouargla	Examineur
M. SADINE Salaheddine	MCA	Univ de Ghardaïa	Examineur
M. MENNOUCHE Djamel	MCA	Univ de Ouargla	Rapporteur

Année universitaire : 2022/2023

## **Remerciements**

Au terme de ce travail, je tiens à remercier Dieu tout puissant de m'avoir accordé la force, la santé et la volonté d'achever ce modeste travail.

Je tiens à remercier vivement professeur MENNOUCHE Djamel de m'avoir encadrée, aidée et de m'avoir laissée la liberté d'action et d'autonomie nécessaires à l'accomplissement de ces travaux de thèse. Je lui suis profondément reconnaissante de ses conseils, ses encouragements. Son expérience et son tempérament chaleureux ont été pour moi une source permanente d'enrichissement.

A CHENNOUF Nassereddine, professeur à l'université de Ouargla qui a bien voulu me faire l'honneur de juger ce travail en tant que président de jury de ma thèse de doctorat. Qu'elle trouve ici mes remerciements les plus respectueux.

Je voudrais remercier également Dr BEN BRAHIM Fouzi maître de conférences classe (A), et directeur de l'ENS Ouargla, CHAOUKI Mourad, maître de conférences classe (A) à l'université de Ouargla, LAOUINI Salaheddine, professeur à l'université de Eloued et SADINE Salaheddine, professeur à l'université de Ghardaïa pour m'avoir consacré leurs temps et l'intérêt pour juger mon travail.

Ce travail n'aurait pas été complet sans l'aide de Dr. Khane Yasmina qui m'a beaucoup aidé et soutenu lors de ce parcours.

Je tiens à remercier également les techniciens et les ingénieurs du laboratoire de chimie et de la biologie de faculté de sciences et technologies à l'université de Ghardaïa pour leurs aides et leur disponibilité durant la réalisation des analyses de synthèses.

Enfin, je tiens également à remercier ceux qui ont contribué de proche ou de loin à réaliser ce travail.

---

كان الهدف من الجزء الأول من هذه الدراسة هو تقييم تأثير التجفيف على محتوى الزيوت الأساسية المستخرجة من الأجزاء الهوائية من نبتة القزاح المزروع في زلفانة (غرداية ، الجزائر) ، واختيار طريقة جيدة لاستخراج أفضل جودة الزيوت الأساسية من النباتات العطرية والطبية. تم تحليل التركيب الكيميائي لعينة الزيت المقطر بالماء بواسطة كروماتوجرافيا الغاز / قياس الطيف الكتلي لتحديد الفرق بين الزيت العطري للأجزاء الهوائية الطازجة وتلك لعينة القزاح الجافة من حيث الجودة والكمية من خلال توضيح المركبات الرئيسية. تم تحديد 18 مكونا تمثل 99.49% من الزيت من النبات الطازج و 89.74% من النبات الجاف. تميز الزيت العطري للعشب الطازج بشكل أساسي بـ سيس بيتا اوسيمان 20.77% و 20.48% ميرستيسين 17.08% الفا فيلاندران والليمونين 15.87% وكانت المكونات الرئيسية المحددة للزيت العطري للأعشاب الجافة هي: ميرستيسين 29.84% ، ليمونين 19.41% ، سابينين 13.05% وتربينين -4- أول 6.13%. يمكن أن يعزى هذا الاختلاف إلى تأثير تجفيف المكونات المتطايرة للزيوت الأساسية. الخواص المبيدة للجراثيم والفطريات للزيت العطري ضد أربعة أنواع من البكتيريا المسببة للأمراض (إيشيرشايا كولي، سلمونيلا تيفيميريوم، سلمونيلا أوريوس، أنتيروكوكيس فيسيوم)، وخميرة واحدة (كانديدا آلبيكانز) باستخدام طريقة نشر القرص ، بينما كان نشاط مضادات الأكسدة تم تقييمه باستخدام فحوصات (دي بي بي آش) و (آ بي تي أس). تظهر نتائجنا بوضوح أن الزيوت الأساسية لها نشاط مضاد للميكروبات ضعيف ضد جميع الكائنات الحية الدقيقة التي تم اختبارها ولكنها أظهرت نشاطاً قوياً مضاداً للفطريات ضد المطثية البيضاء. كما أكدت الاختبارات القوة المضادة للأكسدة لهذا الزيت العطري من القزاح.

في الجزء الثاني أجرينا دراسة على مستخلص أوراق نبات الألوي باربادنسيس ميلر، المعروف باسم *الوي فيرا* ، موجود منذ فجر التاريخ. إنه نبتة شمال أفريقية لها مجموعة متنوعة من الخصائص الطبية. كان هذا العمل مساهمة في دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية ، والمحتوى الكيميائي الضوئي والخصائص البيولوجية لـ الألوي باربادنسيس ميلر ، وهو نبات تم جمعه في حديقة محلية تقع في بلدة بريان الصغيرة (منطقة غرداية ، الجزائر). تم تحديد نشاط مضادات الأكسدة باستخدام طريقة (دي بي بي آش) ، واستخدمت طريقة انتشار الوسائط الصلبة لتقييم إمكانات مضادات الميكروبات ضد البكتيريا المسببة للأمراض البشرية سلالة بكتيرية موجبة الجرام (سلمونيلا

أوريوس)، واثنان من البكتيريا سالبة الجرام (بسودوموناس أرجينوزا و إشيريشيا كولي) والخميرة (المبيضات البيضاء) والفطريات. أظهر التحليل الكيميائي النباتي وجود مجموعة واسعة من المواد الكيميائية النباتية النشطة مثل الفينول والفلافونويد والعفص والقلويدات والصابونين والتربينويدات في مستخلص هلام الصبار. علاوة على ذلك ، أظهرت نتائج النشاط المضاد للبكتيريا لمستخلصات أوراق الصبار المختلفة قابلية البكتيريا سالبة الجرام للإصابة بالإشريكية القولونية مقارنة بالبكتيريا الأخرى (بسودوموناس أرجينوزا و سلمونيلا أوريوس) التي أظهرت مقاومة ، وأن هذا أظهر المستخلص فعالية مضادة للفطريات. بالإضافة إلى ذلك، تلقى مستخلص الصبار تأثيرًا مضادًا للأكسدة بطريقة الجذور الحرة (دي بي بي بي آش). سمحت لنا نتائج هذه الدراسة بتأكيد أن النشاط البيولوجي للصبار يرجع أساسًا إلى وجود العديد من المركبات الكيميائية النباتية ذات الأنشطة البيولوجية ، مثل المركبات الفينولية. وفقا لهذه النتائج التي تم الحصول عليها ، يتم استخراج أوراق اليو. يمكن استخدام الألوي باربادنسيس ميلر كمصدر للمكون الطبيعي المنشط بيولوجيًا لعلاج بعض الأمراض.

**الكلمات المفتاحية:** القزاح، الصبار، المستخلص، الزيت الأساسي، التركيب

الحيوي، نشاط مضاد للأكسدة، نشاط مضاد للميكروبات، تأثير التجفيف، غرداية (زلفانة).

## Abstract

---

The purpose of first part of this study is to evaluate the influence of the drying on the content and quality of essential oils extracted from aerial parts of *Pituranthos Chloranthus* cultivated in zalfana (Algeria).

The chemical composition of hydro-distilled oil samples was investigated by gas chromatography/mass spectrometry, to determine the difference between essential oil from fresh and dry aerial parts of *P. chloranthus* and finding major volatile compounds. Eighteen constituents were identified, representing 99.49 % of fresh plants oil and 89.74% of dry parts. The essential oil of fresh herb was characterized principally by cis- $\beta$ -ocimene (20.77%), Myristicin (20.48% ), alpha.-Phellandrene (17.08%), Limonene (15.87%) and sabinene (4.89%) and the principal constituents of dry herb was the Myristicin (29.84%), Limonene (19.41%), Sabinene (13.05%), terpinen-4-ol (6.13%), Butylidene dihydro-phthalide (6.13 %) and cis- $\beta$ -ocimene (4.01%). This variation might be attributed to the effect of drying in the volatile constituents of essential oils. The bactericidal and fungicidal properties of essential oil against three pathogenic bacterias including (*Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecium*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*); and one yeast (*Candida albicans*) by using the disk diffusion method while the Antioxidant activity was evaluated using DPPH and  $\beta$ -carotene-linoleic acid assays. Our results clearly exhibit that this essential oils have a weak antimicrobial activity against all the microorganisms strains tested but it showed a strong Antifungal activity against *C. albicans*. Also, the tests confirmed the significant antioxidative capacity of this essential oil.

In conclusion, these essential oils of selected plants can be used as an interesting alternative naturel antioxidant and biofungicides.

In the second part, we have studied the composition of *Aleo barbadensis Miller* extract. *Aloe barbadensis Miller*, better known as Aloe vera, has been around since the dawn of time. It is a North African plant that has a variety of medicinal properties. This work is a contribution to study the physico-chemical characteristics, the photochemical content, and the biological properties of *Aloe Vera*, a plant collected from a local garden located in the small town of Berriane (region of Ghardaïa, Algeria). The antioxidant activity was determined utilizing the DPPH method, and the solid medium diffusion method was used to assess the antimicrobial potential against human pathogenic bacteria a gram positive (*S. aureus*) bacterial strain, two gram negative bacteria (*E. coli* and *P. aeruginosa*), and one yeast (*Candida albicans*) and fungi.

The phytochemical analysis demonstrated the existence of wide range of active phytochemical substances such as phenol, flavonoid, tannin, alkaloid, saponin, and terpenoid in aloe vera gel extract. Furthermore, the results of the antibacterial activity of different Aloe vera leaf extracts revealed that the gram negative bacteria *E. coli* sensibility compared with the two other bacteria (*S. aureus* and *P. aeruginosa*), which showed resistance, and that this extract showed also an antifungal efficiency against the fungi. In addition, the aloe vera extract has given an antioxidant effect according to the DPPH free radical method. The findings of this study allowed us to confirm that *Aloe vera*'s biological activity is primarily due to the presence of various phytochemical compounds with biological activities, such as phenolic compounds. According to these obtained results, *A. barbadensis* leaf extract can be used as a source of a natural bioactive component to treat certain diseases.

**Keywords:** *Pituranthos chloranthus*, *Aloe vera*, extract, Essential oil, Bioactive composition, Antioxidant activity, Antimicrobial activity, Drying effect, Ghardaïa (Zalfana).

## Résumé

---

Le but de la première partie de cette étude était d'évaluer l'influence du séchage sur la teneur des huiles essentielles extraites des parties aériennes de la plante *Pituranthos Chloranthus* cultivé à Zalfana (Ghardaïa, Algérie), et de choisir une bonne méthode pour l'extraction de meilleure qualité des huiles essentielles des plantes aromatiques et médicinales. La composition chimique d'échantillon d'huile hydro-distillée a été analysée par chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse afin de déterminer la différence entre l'huile essentielle des parties aériennes fraîches et celles de sèches de *P. chloranthus* en terme de qualité et quantité en illustrant les principaux composés. 18 constituants ont été identifiés, représentant 99,49 % de l'huile de la plante fraîche et 89,74 % de la plante sèches. L'huile essentielle d'Herbe fraîche a été caractérisée principalement par le *cis*- $\beta$ -ocimène (20,77%), la Myristicine (20,48%), l' $\alpha$ -Phellandrène (17,08%) et le Limonène (15,87%) et les principaux constituants identifiés de l'herbe sèche l'huile essentielle était la myristicine (29,84%), le limonène (19,41%), le sabinène (13,05%) et le terpinen-4-ol (6,13%). Cette variation pourrait être attribuée à l'effet du dessèchement des constituants volatils des huiles essentielles. Les propriétés bactéricides et fongicides de l'huile essentielle contre quatre bactéries pathogènes (*S. aureus*, et *E. feacium*, *E. coli*, *S. typhimurium*), et une levure (*C. albicans*) en utilisant la méthode de diffusion sur disque, tandis que l'activité antioxydante a été évaluée à l'aide des dosages DPPH et ABTS. Nos résultats montrent clairement que les huiles essentielles ont une faible activité antimicrobienne contre tous les micro-organismes testés mais elles ont montré une forte activité antifongique contre *C. albicans*. Aussi, les tests ont confirmé le pouvoir antioxydant important de cette huile essentielle de *P. chloranthus*.

Dans la deuxième partie nous avons faire une étude sur l'extrait des feuilles *Aloe barbadensis* Miller. *Aloe barbadensis* Miller, mieux connu sous le nom d'*Aloe vera*, existe depuis la nuit des temps. C'est une plante d'Afrique du Nord qui possède une variété de propriétés médicinales. Ce travail a été une contribution à l'étude des caractéristiques physico-chimiques, du contenu photochimique et des propriétés biologiques de l'*Aloe Vera*, une plante récoltée dans un jardin local situé dans la petite ville de Berriane (région de Ghardaïa, Algérie). L'activité antioxydante a été déterminée en utilisant la méthode DPPH, et la méthode de diffusion en milieu solide a été utilisée pour évaluer le potentiel antimicrobien contre les bactéries pathogènes humaines une souche bactérienne gram positive (*S. aureus*), deux bactéries gram négatives (*E. coli* et *P. aeruginosa*), et une levure (*Candida albicans*) et champignons.

L'analyse phytochimique a démontré l'existence d'une large gamme de substances phytochimiques actives telles que le phénol, les flavonoïdes, les tanins, les alcaloïdes, les saponines et les terpénoïdes dans l'extrait de gel d'aloë vera. De plus, les résultats de l'activité antibactérienne de différents extraits de feuilles d'*Aloe vera* ont révélé que la sensibilité des bactéries gram négatives à *E. coli* par rapport aux deux autres bactéries (*S. aureus* et *P. aeruginosa*), qui a montré une résistance, et que cet extrait a montré une efficacité antifongique contre les champignons. De plus, l'extrait d'aloë vera a reçu un effet antioxydant selon la méthode des radicaux libres DPPH. Les résultats de cette étude nous ont permis de confirmer que l'activité biologique de l'*Aloe vera* est principalement due à la présence de divers composés phytochimiques à activités biologiques, tels que les composés phénoliques. Selon ces résultats obtenus, l'extrait des feuilles d'*Aleo. barbadensis* peut être utilisé comme source d'un composant bioactif naturel pour traiter certaines maladies.

**Mots clés:** *Pituranthos chloranthus*, *Aloe vera*, extrait, Huile essentielle, composition bioactive, Activité antioxydante, Activité antimicrobienne, Effet de séchage, Ghardaïa (Zalfana).



## Liste des Figures

N° de figure	Titre	Page
<b>Figure 01</b>	Principales classes de polyphénols	<b>8</b>
<b>Figure 2</b>	Structure générale de l'acide hydroxybenzoïque et quelques dérivés C <sub>6</sub> -C <sub>1</sub> Avec quelque exemples	<b>10</b>
<b>Figure 3</b>	Structure générale de l'acide hydroxycinnamique et quelques dérivés C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub>	<b>11</b>
<b>Figure 4</b>	Structure de base de coumarine	<b>12</b>
<b>Figure 5</b>	Structure des alcools formant la lignane et la lignine	<b>12</b>
<b>Figure 6</b>	Structure de base des flavonoïdes	<b>13</b>
<b>Figure 7</b>	Formule de B-carotène	<b>16</b>
<b>Figure 9</b>	Mécanisme réactionnel intervenant lors du test DPPH.	<b>18</b>
<b>Figure 10</b>	Mécanisme réactionnel intervenant lors du test ABTS	<b>19</b>
<b>Figure 11</b>	Méthode de la diffusion en disque.	<b>22</b>
<b>Figure 12</b>	Extractions par hydrodistillation	<b>27</b>
<b>Figure 13</b>	Description schématique du système d'extraction Clevenger.	<b>28</b>
<b>Figure 14</b>	Description schématique du Soxhlet	<b>29</b>
<b>Figure 15</b>	Extraction par micro-ondes	<b>30</b>
<b>Figure 16</b>	Schémas de principe d'extraction par CO <sub>2</sub> supercritique	<b>31</b>
<b>Figure 17</b>	Description schématique d'un système d'extraction par CO <sub>2</sub> supercritique	<b>31</b>
<b>Figure 18</b>	Méthodes d'analyse d'un mélange complexe	<b>33</b>
<b>Figure 19</b>	Illustration des plantes Apiacées	<b>37</b>
<b>Figure 20</b>	Catégorie des gymnospermes	<b>38</b>
<b>Figure 21</b>	Catégorie des angiospermes	<b>38</b>
<b>Figure 22</b>	Inflorescence des Apiacées	<b>39</b>
<b>Figure 23</b>	Morphologie générale de L'inflorescence ou ombelle	<b>40</b>
<b>Figure 24</b>	caractéristiques des fruits de plante Apiacées	<b>41</b>
<b>Figure 25</b>	Appareil reproducteur des Apiacées	<b>41</b>
<b>Figure 26</b>	Répartition géographique des plantes Apiacées	<b>42</b>
<b>Figure 27</b>	Pituranthos scoparius	<b>46</b>
<b>Figure 28</b>	Pituranthos reboudii	<b>47</b>
<b>Figure 29</b>	Pituranthos battandieri	<b>48</b>
<b>Figure 30</b>	Pituranthos chloranthus	<b>48</b>
<b>Figure 31</b>	Pituranthos chloranthus dans les régions sahariennes	<b>50</b>

<b>Figure 32</b>	Principaux métabolites secondaires constituant le <i>Pituranthos chloranthus</i>	<b>54</b>
<b>Figure 33</b>	Tablette d'argile sumérienne découverte, datées de 3000 ans avant JC.	<b>57</b>
<b>Figure 34</b>	A) Gravure égyptienne avec pieds d'Aloès (à droite). B) Plantations égyptiennes avec pieds d'Aloès (carre central).	<b>58</b>
<b>Figure 35</b>	Coupe transversale d'une feuille d'Aloe Vera	<b>60</b>
<b>Figure 36</b>	Fleur d'Aloe vera	<b>62</b>
<b>Figure 37</b>	Aloe Ferox	<b>62</b>
<b>Figure 38</b>	Aloe Arborescens	<b>62</b>
<b>Figure 39</b>	Aloe Aristata	<b>63</b>
<b>Figure 40</b>	Aloe Polyphylla	<b>64</b>
<b>Figure 41</b>	Aloe Ciliaris	<b>64</b>
<b>Figure 42</b>	Aloe Maculata	<b>65</b>
<b>Figure 43</b>	Aloe Barbadensis Miller (Aloe vera)v	<b>65</b>
<b>Figure 44</b>	Localisation géographique de la région de Zelfana et Bouhraoua	<b>72</b>
<b>Figure 45</b>	Carte géologique de la région de Ghardaïa.	<b>73</b>
<b>Figure 46</b>	Diagramme climatique de a région de Ghardaïa (ONM 2019)	<b>74</b>
<b>Figure 47</b>	Plante <i>P. Chloranthus</i> a) fraîche, b) séché à l'ombre	<b>75</b>
<b>Figure 48</b>	Carte géographique de site d'échantillonnage a) la wilaya de Ghardaïa b) Région de Zelfana (Google map, 2020), c) la région de Zelfana	<b>76</b>
<b>Figure 49</b>	Mécanisme de réaction de chlorure d'aluminium avec les flavonoïdes	<b>83</b>
<b>Figure 50</b>	Effet du séchage sur la composition en pourcentage d'huile essentielle des parties aériennes de <i>Pituranthos Chloranthus</i> .	<b>92</b>
<b>Figure 51</b>	Histogramme des composés majeurs des huiles essentielles.	<b>93</b>
<b>Figure 52</b>	Potentiel antimicrobien de l'Eo de <i>P. chloranthus</i> par essai de diffusion sur gélose.	<b>96</b>
<b>Figure 53</b>	Activité antimicrobienne de <i>P. chloranthus</i> et des composés de Référence contre les bactéries et champignons pathogènes.	<b>96</b>
<b>Figure 54</b>	Résultats de l'activité antioxydante d'Aloe vera gel extract.	<b>98</b>
<b>Figure 55</b>	Résultats d'IC <sub>50</sub> de l'Aloe Vera gel extract.	<b>99</b>

## Liste des Tableaux

N° de tableau	Titre	Page
<b>Tableau 1</b>	Structure des squelettes de composés phénoliques	<b>9</b>
<b>Tableau 2</b>	Quelques familles des plantes médicinales	<b>36</b>
<b>Tableau 3</b>	Classification botanique de la famille des Apiacées.	<b>39</b>
<b>Tableau 4</b>	Répartition mondiale des genres d'apiacées	<b>42</b>
<b>Tableau 5</b>	Activités biologiques de quelques plantes médicinales de la familles des Apiacées.	<b>44</b>
<b>Tableau 6</b>	Présentation les type principale de Pituranthos.	<b>46</b>
<b>Tableau 7</b>	Classification botanique de Pituranthos chloranthus.	<b>49</b>
<b>Tableau 8</b>	Composition chimique de P.chloranthus	<b>52</b>
<b>Tableau 9</b>	Composition Chimique de P. chloranthus d'après FERHI et al. (2014)	<b>53</b>
<b>Tableau 10</b>	Composition Chimique de l'huile essentielle de P. chloranthus d'après DAHIA (2009).	<b>53</b>
<b>Tableau 11</b>	Taxonomie d'Aloe vera D'après Cronquist (1981)	<b>56</b>
<b>Tableau 12</b>	Acides aminés essentiels et secondaire présents dans le gel d'Aloe vera L.	<b>67</b>
<b>Tableau 13</b>	Composé volatil (%) des huiles essentielles fraîches et séchées de Pituranthos chloranthus analysé par (GS-MS)	<b>90</b>
<b>Tableau 14</b>	Constituants majeurs des huiles essentielles fraîches et séchées de P. chloranthus.	<b>92</b>
<b>Tableau 15</b>	Pouvoir antioxydant de l'huile essentielle de Pituranthos chloranthus.	<b>94</b>
<b>Tableau 16</b>	Données de dépistage de l'activité antibactérienne et antifongique de P. chloranthus.	<b>95</b>
<b>Tableau 17</b>	Propriétés physico-chimiques de l'extrait de gel d'Aloe vera	<b>97</b>
<b>Tableau 18</b>	Propriétés phytochimiques de l'extrait de gel d'Aloe vera	<b>97</b>
<b>Tableau 19</b>	Activité antimicrobienne de l'extrait de gel d'Aloe vera	<b>99</b>

## Liste d'abréviations

---

<i>Symbole</i>	<i>Abréviations</i>
<i>CPG-SM</i>	Chromatographie en Phase Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse
<i>DMSO</i>	Diméthylsulfoxyde
<i>DPPH</i>	2,2 diphényle-1-picrylhydrazyl
<i>FID</i>	Détecteur à Ionisation de Flamme
<i>HE</i>	Huile Essentielle
<i>IK</i>	Indice de Kováts
<i>Ir</i>	Indice de rétention

---

<b>Titre</b>	<b>Page</b>
Remerciment	I
Liste des figures	II
Liste des tableaux	V
Liste d'abréviation	VI
Introduction générale	1
<b>Chapitre I. Généralité sur les métabolismes secondaires et méthode d'extraction</b>	
1.1 Introduction	5
1.2 Métabolismes primaires	5
1.3 Métabolismes secondaires	6
1.3.1 Composés phénoliques	7
1.3.1.1 Généralité sur Les composés phénoliques	7
1.3.1.2 Principales classes des composés phénoliques	9
1.3.2 Composés azotés	13
1.3.3 Composés terpènes	14
1.4 Rôle d'un métabolite secondaire	16
1.4.1 Propriétés biologiques	16
1.4.1.1 Activités antioxydants	16
1.4.1.2 Activités antibactériennes	19
1.5 Techniques d'extraction des constituants naturels	23
1.5.1 Huiles essentielles	23
1.5.1.1 Définition des huiles essentielles	23
1.5.2 Définitions d'extraction	24
1.5.2.1 Types d'extraction	24
1.5.3 Méthode d'extraction	25
1.5.4 Facteurs influencés sur composition chimique et du rendement d'extraction des huiles essentielles	32
1.5.5 Identification des constituants dans un mélange complexe	32
1.5.5.1 Chromatographie en phase gazeuse (CPG)	33
1.5.5.2 Couplages CPG-SM	34

## Chapitre II. Présentation des plantes étudiées

2.1 Plantes médicinales	36
2.2 Présentation de <i>Pituranthos chloranthus</i> (Guezzah)	36
2.2.1 Présentation de La famille des Apiacées	36
2.2.2 Distribution géographique	42
2.2.3 Recherche ethnobotanique de la famille des Apiacées	43
2.2.4 Intérêt de la famille Apiacées	43
2.2.4.1 Intérêt médicinale	42
2.2.4.2 Intérêt alimentaire	44
2.2.4.3 Intérêt économique	44
2.3 Genre <i>Pituranthos</i>	45
2.3.1 <i>Pituranthos chloranthus</i> Coss. & Dur.	49
2.3.1.1 Place dans la systématique	49
2.3.1.2 Noms communs	49
2.3.1.3 Morphologie et description botanique de l'espèce <i>P. chloranthus</i>	50
2.3.1.4 Habitat et répartition géographique	50
2.3.1.5 Recherche ethnobotanique et usage traditionnelle	51
2.3.1.6 Étude chimiques antérieures	52
2.3.1.6.1 Principaux constituants chimiques	52
2.3.1.6.2 Composition chimique de l'huile essentielle de <i>P. chloranthus</i>	53
2.3.1.7. Activités biologiques de l'huile essentielle de <i>P. chloranthus</i>	55
2.3.1.8. Toxicité	56
2.4 Présentation de L' <i>Aloe barbadensis</i> Miller ( <i>Aloe vera</i> )	56
2.4.1 Présentation de la famille <i>Liliaceae</i>	56
2.4.2 Présentation de la plante <i>Aloe barbadensis</i> Miller	56
2.4.2.1 Place dans la systématique	56
2.4.2.2 Histoire	57
2.4.2.3 Discription de la plante <i>Aloe vera</i>	59
2.4.2.4 Différentes espèces d'Aloès	62
2.4.2.5 Composition de l' <i>Aloe Vera</i>	65
2.4.2.6 Propriétés	68

## Chapitre III. Matériels et Méthode

3.1 Objectifs du travail	71
3.2 Caractéristiques de la zone d'étude	71
3.2.1 Situation géographique	71
3.2.2 Géologie	72
3.2.3 Climatologie	73
3.3 Matériel	75
3.3.1 Collecte du matériel végétal	75
3.3.1.1 Matériel végétal	75
3.3.2 Identification taxonomique de la plante	76
3.4 Extraction	76
3.4.1 Extraction d'huile essentielle P. Chloranthus	76
3.4.2 Préparation d'extrait de gel d'Aloe vera	77
3.5 Caractérisations	77
3.5.1 Caractérisation des huiles essentielles d'huile essentielle P. Chloranthus	77
3.5.1.1 Caractérisation organoleptique	77
3.5.1.2 Teneur en huile essentielle	77
3.5.2 Identification des composants par chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse (GC/MS) et analyses GC-FID d'huile essentielle P. Chloranthus	78
3.5.3 Analyse qualitative et quantitative de l'extrait de gel d'aloë vera L.	78
3.5.3.1 Calcul du rendement	79
3.5.3.2 Détermination des paramètres physicochimiques	79
a/Détermination du pH :	79
b/Détermination de taux d'humidité de la poudre	79
c/ Détermination de concentration des métaux :	79
3.5.3.3 Étude phytochimique	80
3.5.3.3.1 Test phytochimique qualitative	80
a/Détection des flavonoïdes	81
b/ Détection des tanins	81
c/Test pour les terpénoïdes	81
d/Détection de la saponine	81
e/Détection des alcaloïdes	81

3.5.3.3.2 Dosage des composés phénoliques	82
a/Dosage des poly phénols totaux	82
b/Dosage de la concentration en Ortho-diphénol	83
c/Dosage de la concentration en flavonoïde	83
3.5.3.4 Évaluation de la capacité antioxydante	84
3.5.3.4.1. Activité de piégeage des radicaux libres par dosage DPPH	84
3.5.3.4.2. Capacité de piégeage des radicaux libres par dosage ABTS	85
3.5.3.5 Test de l'activité antimicrobienne	85

#### **ChapitreIV. Résultats et Discusion**

4.1 Etude de la composition et de la variabilité chimique des huiles essentielles des parties aériennes de Pituranthos Chluranthus	88
4.1.1 Rendement	88
4.1.2 Composition chimique de l'huile essentielle	88
4.2 Activité antioxydante	93
4.3 Activité anti-microbienne	94
4.4. Caractéristiques physico-chimiques et biologiques de l'extrait de gel d'Aloe vera (Aloe Barbadensis Miller)	97
4.4.1. Propriétés qualitatives et quantitatives de l'extrait de gel d'Aloe vera :	97
4.4.1.1. Résultats physicochimiques	97
4.4.1.2. Activité antioxydante	97
4.4.1.3. Activité anti-microbienne:	99
Conclusion Générale	101



---

# **Introduction Générale**

## Introduction Générale

Historiquement, les plantes ne sont pas seulement une source de nutriments mais ont également été largement utilisées dans les remèdes traditionnels pour les problèmes de santé, cela est rapporté dans les littératures anciennes, Arabe, Chinoise, Egyptienne, Hindoue, Grecque et Romaine (Kamatou et al., 2017 ) et entre 70 et 95% de la population vivant dans les pays en développement ont recours aux plantes médicinales pour les traitements primaires faute d'accès aux médicaments prescrits. Ces effets thérapeutiques sont dus à la présence de divers composés chimiques à activités Biologiques, notamment des métabolites secondaires tels que les alcaloïdes, les flavonoïdes, les polyphénols, les polyterpènes, les saponosides, les stérols et les tanins... (Koffi et al., 2009).

L'Algérie de part sa position géographique, située au nord du continent africain, bordant la méditerranée d'ouest en est, se compose de quatre principaux ensembles de reliefs, le tell, les hauts plateaux, l'atlas saharien et le Sahara qui se succèdent du nord au sud, une topographie variée et des conditions climatiques variées qui permettent la croissance de près de 3 000 espèces de plantes différentes dont 168 espèces endémiques (Cheriti et al., 2006), lui conférant l'une des flores les plus riches et diversifiées au monde. En effet, l'Algérie est le plus grand pays riverain de la Méditerranée. Il est reconnu par sa diversité variétale en plantes médicinales et aromatiques, ainsi que leurs diverses utilisations populaires dans l'ensemble des terroirs du pays. Ce sont des savoir-faire ancestraux transmis de génération en génération chez les populations, le plus souvent, rurales. C'est un héritage familial oral, dominant en particulier chez les femmes âgées et illettrées. De plus, l'une des caractéristiques les plus importantes des plantes spontanées en Algérie est qu'elles offrent une très grande variabilité dans la composition chimique. C'est la raison pour laquelle, en plus de tout le potentiel que peuvent apporter les huiles essentielles et les extraits des plantes notamment leur utilisation comme agent antimicrobien, antioxydant, anti-inflammatoire ou insecticide..... Durant cette thèse, nous avons fait une étude pour valoriser deux espèces végétales (*Pituranthos Chloranthus* ; et *Aleo barbadensis Miller*) poussant spontanément en Sahara de l'Algérie, en procédant à la caractérisation et la variabilité chimique et à l'étude du pouvoir antimicrobien, antioxydant des huiles essentielles et des extraits obtenues à partir de ces plantes.

Le *Pituranthos* est une plante endémique et aromatique appartenant à la famille des Apiacées et comprend environ 2500 espèces (Mohamed Neffati et al. , 2017). Il est originaire d'Afrique du Nord (Oanda P, 1958 ; Quézel et Santa, 1963), et environ quatre espèces sont répandues en Algérie (*Pituranthos scoparius* (Coss. et Dur.) Benth. et Hook., *Pituranthos*

*Chloranthus* (Coss. et Dur) Benth. et Hook., battandieri Maire et *P. reboudii* (Coss. et Dur.) Benth. et Hook. *Pituranthos Chloranthus* nommé localement « Guezzah » (Bellakhdar j, 1997) et a été étudié pour la première fois par Touil et al., en 2006 par des huiles essentielles isolées de plantes poussant dans la région du Hoggar (sud de l'Algérie) en 1999 (Touil et al., 2006). de la composition chimique où les données de la littérature précédente ont montré l'effet des zones géographiques, des changements environnementaux et génétiques dans ces compositions (Neffati et al., 2009 ; Mostepha D et al., 2007 ; Malti et al., 2018). En effet, cette plante est traditionnellement utilisée dans diverses applications intéressantes, elle a été utilisée pour désinfecter les eaux souterraines et utilisée comme paille pour sécher les figes et les raisins en raison de son arôme qui adhère aux fruits secs et en raison de son effet insecticide. De plus, cette plante est utilisée pour traiter de nombreuses maladies telles que les maux de tête (Bellakhdhar J et al., 1997), les rhumatismes articulaires (Mostepha D et al., 2007), Pour traiter les douleurs, l'asthme, les rhumatismes, les soins post-partum, les spasmes, les fièvres, diabète, hépatite, difficultés digestives comme anti-oxydants naturels, infections urinaires (Yangui et al., 2009) et maladies causées par différents micro-organismes.

De plus, ces plantes contenaient une grande quantité de composés bioactifs et ceux-ci confèrent des propriétés pharmacologiques et phytochimiques intéressantes aux huiles essentielles et à l'extrait de cette espèce car l'HE isolée de cette plante possède des activités antibactériennes, antioxydantes, anti-génotoxiques et insecticides fortes (Neffati et al., 2009b).

Aloe est un genre de la famille des Liliacées, on le trouve dans le monde entier avec près de 500 espèces, de tailles et d'aspects très différents (Egbuna et al., 2020 ; Cock et al., 2016). L'espèce *Aloe Barbadosis* Miller, également connue sous les noms d'*Aloe vera* Linne, *Barbados* ou *Curaçao Aloe*, est originaire d'Afrique du Nord et pousse dans les climats arides et subtropicaux (Grundmann et al., 2012). C'est une plante vivace succulente ou xérophyte à tige courte aux feuilles charnues vertes allongées et pointues pouvant atteindre de quelques centimètres à plus de 2-3 mètres de haut et contenant trois couches différentes et emmagasinant beaucoup d'eau. La première membrane épaisse est la couche de protection pour filtrer l'air et l'eau et représente environ 20% à 30% de son poids total, qui contient plus de 18 couches de cellules entrecoupées de chloroplastes, où les glucides, les lipides et les protéines sont synthétisés (Boudreau et Beland, 2006 ; Ni et al., 2004). Ensuite, il y a la couche de derme de cellulose, qui a des propriétés laxatives et est connue sous le nom de "sang" d'aloès. Enfin, il y a le parenchyme transparent, qui est le gel recherché par la plante. Les caractéristiques de ce gel sont principalement influencées par le sol et les conditions environnementales (Schweizer,

1994). *Aloe Barbadensis Miller* est la variété la plus populaire et est souvent utilisée non seulement pour la décoration, mais aussi pour fabriquer une variété de composés thérapeutiques pour traiter les problèmes cutanés et digestifs en raison de l'abondance de métabolites secondaires bioactifs de la plante (Tanaka et al., 2012; Reynolds et Dweck, 1999). *L'aloë vera* est utilisé comme ingrédient de santé supplémentaire et conservateur dans une grande variété de produits alimentaires (Rodriguez et al., 2010; Mchugh et Senesi, 2000). Il sert de source importante d'ingrédients pharmacologiques utilisés dans un certain nombre d'applications médicales (Dal'Bel et al., 2006 ; Final Report, 2007), telles que bactéricide (Arunkumar et Muthuselvam, 2009 ; Nejatizadeh-Barandozi, 2013), antifongique (Sitara et al., 2011), antiviral (Zandi et al., 2007), anti-inflammatoire (Reuter et al., 2008; Davis et al., 1994), antioxydant (Ray et al., 2013) anticancéreux (Shalabi et a., 2015), antitumoral (Keum et al., 2000), cytotoxique (Srihari et al., 2015),...Etc. Il a également été utilisé pour traiter les brûlures allant du premier au deuxième degré (Thamlikitkul et al., 1991 ; Visuthikosol et al., 1995; Akhtar et Hatwar, 1996), la dermatite radique (Vardy et al., 1999) et les problèmes de peau (Davis et al., 1987; Roesler et al., 1991), ainsi que pour guérir les maladies du diabète en raison de ses propriétés antidiabétiques (Lans, 2006), pour traiter les maladies cardiovasculaires et pour améliorer le système immunitaire (Chatterjee et al., 2013).

Le gel frais d'*Aloe vera L.* est composé de 99,1 % d'eau et de 0,9 % de matière sèche, dont 16,2 % de paroi cellulaire, 0,7 % de microparticules et 83,1 % de gel liquide (Grundmann et al., 2012). Des études récentes révèlent que le gel d'*Aloe vera* contient une grande variété de compositions photochimiques telles que des acides phénoliques, des flavonoïdes, des acides salicyliques, des stilbènes, des anthraquinones, des coumarines, des phytostérols, des saponines, d'autres constituants tels que des glycoprotéines, des enzymes, des acides aminés, des polysaccharides, des vitamines et des minéraux.....etc (Boudreau et Beland, 2006; Ni et al., 2004; Rodriguez et Darias, 2010, doi: 10.1080/10915810701351186; Chatterjee et al., 2013; Surjushe et al., 2008; Peirce, 1999; Kahramanoglu, 2019).

L'objectif de cette étude est d'optimiser le rendement et d'établir les changements qualitatifs et quantitatifs des compositions de l'huile essentielle de *Pituranthos Chloranthus* isolée à partir de parties aériennes fraîches et séchées récoltées à Zelfana (Ghardaia, Algérie) par hydrodistillation en utilisant la chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse (GC-MS) et GC-FID pour déterminer l'effet de séchage, et comparez ces résultats avec des recherches antérieures sur les huiles essentielles de la même plante collectées dans différentes zones géographiques pour étudier l'effet de la phase de croissance et de l'origine géographique

sur les composés d'huiles essentielles. D'autre part l'évaluation des activités biologiques (antioxydante et antimicrobienne) sur cette huile essentielle. Dans la deuxième objectif, la détermination de la composition des extraits aqueux de la plante *Aloe vera L* préparés par macération et l'évaluation de leurs propriétés biologiques.

Dans ce contexte, nous avons structuré ce présent travail en trois grandes parties :

Une première partie qui regroupe une synthèse bibliographique, elle-même subdivisée en deux sous-chapitres. Un premier sous-chapitre nous présente les métabolites secondaires, les différentes méthodes d'extraction, les principales techniques d'analyse de ces dernières, et nous présentons les pouvoirs biologiques (antimicrobien, antioxydant, anti-inflammatoire...) des huiles essentielles et les extraits des plantes. Dans le deuxième chapitre, comportant une présentation botanique des deux espèces végétales étudiées, leurs propriétés thérapeutiques, ainsi que les travaux déjà réalisés sur ces plantes. La deuxième partie regroupe les données expérimentales. Nous détaillons dans un premier temps, l'échantillonnage des deux plantes étudiées récoltées dans différentes régions en Ghardaia, l'obtention des huiles essentielles et les extraits, ainsi que leur caractérisation physico-chimique ainsi que leur composition chimique avec des tests photochimiques et techniques d'analyse chromatographiques et spectroscopiques (Chromatographie en Phase Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse). Ensuite, nous abordons dans un second temps, l'étude des activités biologiques des huiles essentielles et des extraits à savoir : l'activité antimicrobienne, et antioxydante. L'activité antimicrobienne a été testée selon la méthode de diffusion sur disque. L'activité antioxydante a été évaluée par deux méthodes : la méthode du piégeage du radical libre DPPH• (2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl) et la méthode du piégeage du radical ABTS (acide 2,2'-azino-bis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique).

Dans la troisième et dernière partie, nous proposons une synthèse et une discussion des résultats obtenus, pour la caractérisation et la variabilité chimique des huiles essentielles et des extraits et leurs activités biologiques, et enfin, une conclusion viendra clôturer la présentation écrite.

---

**Chapitre I**

**Généralités sur les métabolismes  
secondaires et les méthodes  
d'extraction**

## **1.1 Introduction**

Les plantes ont une importance source pour la survie de l'homme et des différents écosystèmes. Elles renferment une part importante des composés qui interviennent dans l'ensemble des réactions enzymatiques ou biochimiques ayant lieu dans l'organisme. La plante est le siège d'une intense activité métabolique aboutissant à la synthèse de principes actifs les plus divers. Ces processus métaboliques sont liés aux conditions de vie de la plante.

Les métabolites sont les produits organiques intermédiaires du métabolisme. Généralement, Le terme métabolite est par définition, limité à de petites molécules. Les métabolites ont diverses fonctions, y compris l'énergie, la structure, la signalisation, un stimulant et des effets inhibiteurs sur les enzymes. Chez les plantes, les métabolites secondaires sont importants à la survie et à la propagation de l'espèce. Il joue chez celles-ci différents rôles, comme des phéromones ou des signaux chimiques permettant à la plante de s'adapter à l'environnement (Peter et al., 2007).

Les plantes contiennent de nombreux métabolites de structure variées, et leur fonction biochimique n'est pas toujours connue, y compris l'énergie, la structure, la signalisation, un stimulant et des effets inhibiteurs sur les enzymes ; ils sont les produits intermédiaires du métabolisme (Macheix et al., 2005).

On distingue deux types de métabolites: les métabolites primaires et les métabolites secondaires (Hartmann, 2007).

## **1.2 Métabolismes primaires**

Les métabolites primaires sont des molécules organiques qui se trouvent dans toutes les cellules de l'organisme d'une plante pour y assurer sa survie. Ils sont classés en quatre grandes catégories: les glucides, les lipides, les acides aminés et les acides nucléiques.

Le métabolisme primaire existe dans de nombreux organismes. Il représente tous les composés qui sont impliqués directement dans les processus de bases de la cellule, telle que la croissance et la reproduction normale d'une cellule ou la respiration. Généralement, Ces composés sont caractérisés par leurs caractères essentiels de la machinerie moléculaire de la cellule et vital à la survie de l'organisme, c'est une fonction physiologique dans cet organisme (Benslama, 2015; Macheix et al., 2005).

- Glucides : source d'énergie, paroi cellulaire
- Lipides : source d'énergie, membranes cellulaires
- Acides aminés : source primaire de construction des protéines

### 1.3 Métabolismes secondaires

Les plantes possèdent des métabolites dits « secondaires » par opposition aux métabolites primaires que sont les protéines, les glucides et les lipides. Ces composés diffèrent en fonction des espèces et, bien que leurs rôles soient encore mal connus, il est cependant clair qu'ils interviennent dans les relations qu'entretient la plante avec les organismes vivants qui l'entourent. Ils sont probablement des éléments essentiels de la coévolution des plantes avec les organismes vivants, tels que parasites, pathogènes et prédateurs, mais aussi pollinisateurs et disséminateurs. Ces différentes relations ont donné lieu à une extrême diversification des composés secondaires (Krief, 2003).

On peut classer les métabolites secondaires en plusieurs grands groupes : parmi ceux-ci, les composés phénoliques, les terpènes et stéroïdes et les composés azotés dont les alcaloïdes.

On conçoit donc que la plante doit faire face à de multiples agressions de l'environnement dans lequel elle vit (prédateurs, micro-organismes pathogènes, etc.); elle puisse développer un métabolisme particulier lui permettant de synthétiser les substances complexes les plus diverses pour se défendre : les métabolites secondaires (Zergui, 2016).

Les métabolites secondaires sont des molécules organiques complexes synthétisées en petites quantités par les plantes autotrophes (Boudjouref, 2011). Ces composés sont souvent considérés comme des molécules indirectement essentielles à la vie des plantes (Hanson, 2003), ils jouent un rôle dans les relations entre les plantes et leur environnement, leurs interactions plantes-animaux et dans la défense contre les herbivores, les prédateurs et les pathogènes, comme agents allopathiques ou pour attirer les agents chargés de la pollinisation (Guitton, 2010). Donc, ces produits sont très dispersés et très différents selon les espèces et leur teneur peut être modifiée par des facteurs abiotiques, facteurs environnementaux spatiaux (exposition, altitude, climat, ...) ou temporels (saison, âge, ...), et les molécules induites par des facteurs biotiques, telles les phytoalexines excitées par la présence d'un pathogène ou des herbivores (Guitton, 2010).

Ces molécules constituent un groupe de produits qui sont explorés pour des propriétés très divers : antioxydants, antimicrobiennes, anti-inflammatoires, anticancéreuses, antifongiques, analgésique ... etc. Qui représentent une source importante de molécules bioactives utilisables par l'homme (Krief, 2003).



### a-Classification des métabolites secondaires

Les métabolites secondaires dépassant actuellement des dizaines de milliers de molécules différentes classées en familles chimiques. Ces métabolites secondaires se caractérisent généralement par de faibles concentrations dans les tissus végétaux ainsi que par leur stockage souvent réalisé dans des cellules ou organes spécialisés. Son classifications sont généralement basées sur la nature biochimique des molécules, leurs propriétés et effets biologiques et/ou de leur origine biosynthétique (Bajaj, 1999).

Nous pouvons classer les métabolites secondaires en trois grandes catégories (Boudjouref, 2011):

*De type phénol* : tanins, lignine, flavonoïdes, polyphénol, stibènes ;

*De type azoté* : alcaloïdes, bêtalaine, hétérosides, cyonogènes et glucosinolates ;

*De type terpènes* : contenus dans les huiles essentielles.

### 1.3.1 Composés phénoliques

#### 1.3.1.1 Généralité sur Les composés phénoliques

Ces composés constituent les principes actifs de nombreuses plantes médicinales et largement distribué dans le règne végétal et abondant dans nos régimes alimentaires. On les trouve, d'une manière générale, dans toutes les plantes vasculaires, où ils peuvent être localisés dans divers organes: racines, tiges, bois, feuilles, fleurs et fruit. Les principales sources alimentaires de composés phénoliques sont les fruits et légumes, les boissons (thé, café, jus de fruits), les céréales, les graines oléagineuses et les légumes secs. Les fruits et légumes contribuent environ pour moitié à notre apport en polyphénols (Bouzabata, 2015).

Les composés phénoliques interviennent dans un grand nombre de processus physiologiques chez la plante et dans les interactions avec leur environnement, ils jouent un rôle nécessaire dans l'équilibre et l'adaptation de la plante au sein de son milieu naturel. Ils peuvent constituer des signaux de identification entre les plantes, ou bien lui permettant de résister aux diverses agressions vis-à-vis des organismes pathogènes. Ils participent de manière très efficace à la autonomie des végétaux à des stressés variés (Bechlen, 2018).

Plus de 8000 composés naturels appartiennent à cette famille et le nombre ne cessent de croître. La structure des composés phénoliques naturels varie depuis les molécules simples (acides phénoliques simples) vers les molécules les plus hautement polymérisées (tanins condensés) (Urquiaga and Leighton, 2000).

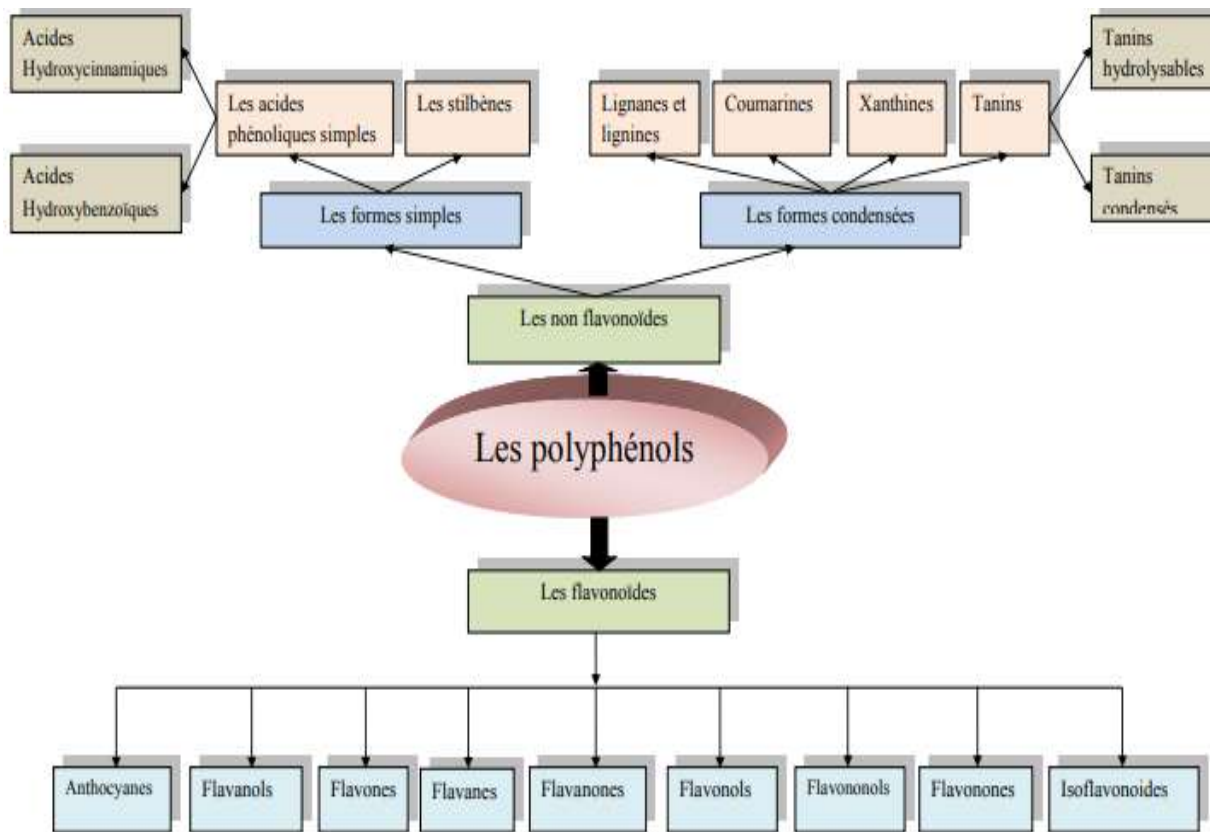





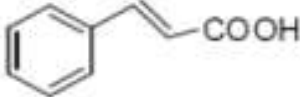

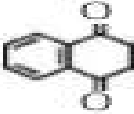
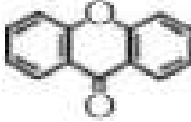

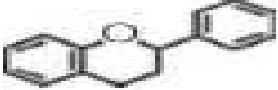
Figure 1: Principales classes de polyphénols (Collin, S & Crouzet, J. 2011 ; Macheix, 2005).

Les composés phénoliques sont des molécules spécifiques d'un poids moléculaire élevé et caractérisés par la présence d'un cycle aromatique benzénique portant une ou plusieurs des groupements hydroxyles libres ou engagés avec des glucides (Muand F. N, 2010). Ils comprennent essentiellement les phénols simples, les acides phénoliques, les flavonoïdes, les tanins, les lignanes et lignines. Ils peuvent être conjugués avec plusieurs résidus sucrés liés ou ils peuvent également être liés avec d'autres composés chimiques, tels que des acides carboxyliques, des amines ou des lipides ou avec d'autres phénols existants (Ajila et al., 2010 ; Morand et Milenkovic, 2014).

Les polyphénols forment un très vaste ensemble de substances chimiques, ils peuvent être classifiés selon le nombre et l'arrangement de leurs atomes de carbones. Selon le tableau 1, on distingue :

- Les acides phénoliques (C<sub>6</sub>-C<sub>1</sub> et C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>)
- Les flavonoïdes (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>)
- Les lignanes (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>)
- Les stilbènes (C<sub>6</sub>-C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub>)<sub>n</sub> (Crozier, A et al., 2006).

Tableau 1: structure des squelettes de composés phénoliques (Muand F. N, 2010)

Nombre de carbones	Squelette	Classification	Structure de base
6	C <sub>6</sub>	Phénol simple	
7	C <sub>6</sub> -C <sub>1</sub>	Acides phénols (acide hydroxybenzoïque)	
8	C <sub>6</sub> -C <sub>2</sub>	Acétophénonnes	
	C <sub>6</sub> -C <sub>2</sub>	Acide phénylacétique	
9	C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub>	Acides hydroxycinamiques	
9	C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub>	Coumarines	
10	C <sub>6</sub> -C <sub>4</sub>	Naphthoquinones	
13	C <sub>6</sub> -C <sub>1</sub> -C <sub>6</sub>	Xanthones	
14	C <sub>6</sub> -C <sub>2</sub> -C <sub>6</sub>	Stilbènes	
15	C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> -C <sub>6</sub>	Flavonoïdes	

1.3.1.2 Principales classes des composés phénoliques

- Acides phénoliques (C<sub>6</sub>-C<sub>1</sub> ou C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>):

Les acides phénoliques constituent la classe majeure des composés phénoliques se trouvent surtout dans les aliments d'origine végétale. Ce sont les composés non flavonoïdes (ne possèdent pas de squelette flavone) et ils sont une origine commune qui est l'acide aminé aromatique, la phénylalanine. Cet acide aminé est Produit à partir du produit à partir du produit final de la voie

des shikimates (Stalikas, 2007 ; Ajila et al., 2010 ; Wissam et al., 2012 ; Kumar et al., 2014). On distingue deux sous classes des acides phénoliques :

- Acides hydroxy benzoïques :

La concentration de l'acide hydroxy benzoïque est généralement très faible chez les végétaux comestibles. Ces dérivés sont assez rares dans l'alimentation humaine par contre ceux d'acides hydroxy-cinnamiques tels que les acides p-coumariques, férulique et sinapique sont très présents (Macheix et al., 2005 ; Morand et Milenkovic, 2014)

Nom	R1	R2	R3	R4
Acide benzoïque	H	H	H	H
Acide p-hydroxybenzoïque	H	H	OH	H
Acide vanillique	H	OCH <sub>3</sub>	OH	H
Acide gallique	H	OH	OH	OH
Acide protocatéchique	H	OH	OH	H
Acide syringique	H	OCH <sub>3</sub>	OH	OCH <sub>3</sub>
Acide gentisique	OH	H	H	OH
Acide veratrique	H	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	H
Acide salicylique	OH	H	H	H

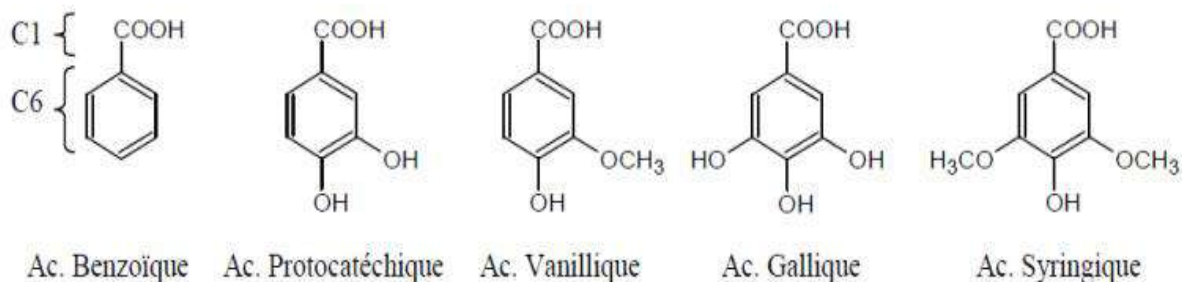
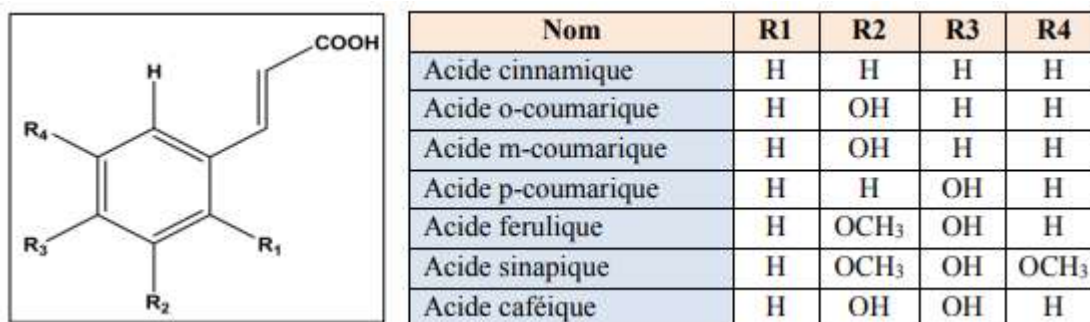


Figure 2: Structure générale de l'acide hydroxybenzoïque et quelques dérivés C6-C1 Avec quelque exemples (Macheix et al., 2005; Stalikas, 2007 ; Kumar et al., 2014).

- Acides hydroxy cinnamiques :

Les acides hydroxy cinnamiques représentent une classe très importante dont la structure de base (C6-C3) dérive de celle de l'acide cinnamique (Figure 1.3). Le degré d'hydroxylation du cycle benzénique et son éventuelle modification par des réactions secondaires (par méthylation chez les acides féruliques ou sinapique) sont un des éléments important de la réactivité chimique de ces molécules (Macheix et al., 2005 ; Dykes et Ronney, 2006 ; Stalikas, 2007).



**Figure 3:** Structure générale de l'acide hydroxycinnamique et quelques dérivés C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub> (Macheix et al., 2005; Dykes et Renney, 2006; Stalikas, 2007; Castellano, 2012).

Les acides phénoliques on distingue deux principales classes d'acide phénolique; les dérivés de l'acide benzoïque et les dérivés de l'acide cinnamique. La concentration de l'acide hydroxy-benzoïque est généralement très faible chez les végétaux comestibles. Ces dérivés sont assez rares dans l'alimentation humaine par contre ceux d'acides hydroxycinnamiques sont très présents.

- **Tanins**

Ils sont d'origine végétale et non azotée, ce sont des composés poly phénoliques de structures variées ayant en commun la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et les protéines.

Les tanins sont des composés naturels largement présents dans règne végétal (les racines, feuilles, fruits et graines), représentent une classe très importante de polyphénols complexes localisés dans les vacuoles (Boutaoui N, 2012).

Ce sont des composés d'origine végétale ayant une masse moléculaire comprise entre 500 et 3000 Da et qui présentent, à côté des réactions classiques des phénols, la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et d'autres protéines. Les tanins naturels sont subdivisés selon leur structure chimique et leur origine biosynthétique en deux groupes : les tanins hydrolysables et les tanins condensés (Sahli, R, 2017 ; Boutaoui N, 2012 ; Han, X et al., 2007 ; Vermerris, W & Nicholson, R. 2006).

- **Coumarines**

Les coumarines constituent une classe importante de produits naturels et donnent une odeur caractéristique semblable à celle du foin fraîchement fauché, ces composés sont les constituants caractéristiques du règne végétal chlorophyllien. Les familles les plus riches en coumarines sont : les Légumineuses, Rutacées, Apiécées et Thymeleacées. Elles se trouvent

dans toutes les parties de la plante et notamment dans les fruits et les huiles essentielles des graines (MACHEIX et al., 2005).

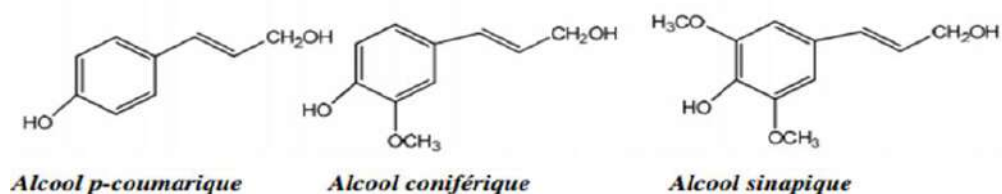


*Figure 4: Structure de base de coumarin*

- **Lignanes et les lignines**

Les lignanes sont des composés dont la formation implique la condensation d'unités phénylpropaniques (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>), ils sont un groupe de diphénols (deux unités de phénylpropane), relativement simples, ayant une structure de 2,3-dibenzylbutane, qui est formée par la dimérisation de deux résidus d'acide cinnamique (Keerthi et al., 2014 ; Kumar et al., 2014). Ce sont des composés mineurs non nutritifs et non caloriques, associés aux fibres alimentaires et se sont révélés produire des effets physiologiques importants. Ils sont produits dans une grande variété d'aliments végétaux, principalement dans les graines oléagineuses, les céréales, les légumes, les fruits et des légumineuses. La graine de lin et de sésame, ainsi que le thé est une source riche de lignanes (Ajila et al., 2010). Leur distribution botanique est large, plusieurs centaines de composés ont été isolés dans environ soixante-dix familles. Ils sont formés par dimérisation de trois types d'alcools : alcool p-coumarique, alcool coniférique et alcool sinapique, par des réactions de couplage radicalaire (Bouchoka, E, 2016 ; Keerthi et al., 2014 ; Kumar et al., 2014)

La lignine est le résultat de polymérisation d'unités en C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub> des lignanes, plus ou moins réticulé et d'une grande complexité structurale. C'est le deuxième biopolymère abondant sur la terre après la cellulose. Elle joue un rôle structural en conférant au bois sa rigidité (Saidi, I, 2019).

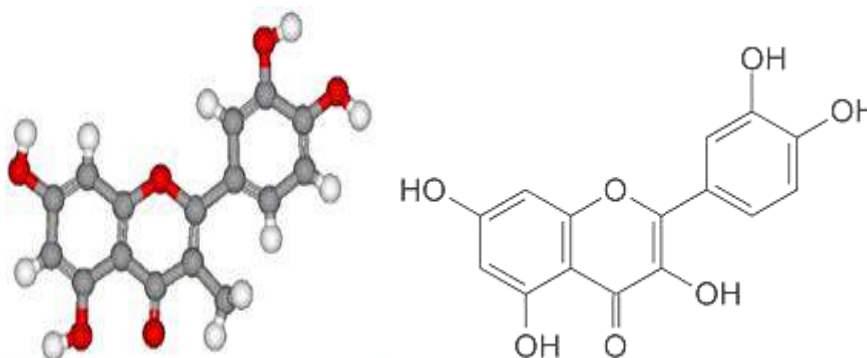


**Figure 5:** Structure des alcools formant la lignane et la lignine.

- **Flavonoïdes**

Les flavonoïdes constituent le plus grand groupe de composés phénoliques, avec plus de 6000 composés naturels qui sont quasiment universels chez les plantes vasculaires (Saidi, I, 2019). Ils constituent des pigments responsables des colorations jaune, orange et rouge de différents organes végétaux (Stalikas, 2007 ; Pavithra et al., 2013 ; Sousa et al., 2013). Les flavonoïdes sont représentés des molécules très répandues dans le règne végétal et souvent rencontrés dans les légumes feuilles (salade, Chou, épinard, etc.) ainsi que dans les téguments externes des fruits, les céréales, les graines et les aliments dérivés tels que les jus, vins, huiles et divers suppléments diététiques (Liu et al., 2008 ; Sousa et al., 2013). Les flavonoïdes sont importants pour la santé humaine en raison de leurs activités pharmacologiques et grâce à leurs multiples activités biologiques (Yao, LH et al., 2004).

Les flavonoïdes appartiennent à la grande famille des polyphénols avec un faible poids moléculaire (Liu et al., 2008 ; Ajila et al., 2010). Ils ont une origine biosynthétique commune et, de ce fait, présentent le même élément structural de base à savoir l'enchaînement 2-phénylchromane ; ils sont constitués de quinze atomes de carbone ( $C_6-C_3-C_6$ ), essentiellement, la structure se compose de deux cycles aromatiques A et B, reliés par un pont de trois carbones, le plus souvent sous forme d'un hétérocycle (Ajila et al., 2010 ; Pavithra et al., 2013 ; Engida et al., 2013 ; Mraïhi et al., 2015).



*Figure 6: Structure de base des flavonoïdes*

### 1.3.2 Composés azotés

- **Alcaloïdes**

On peut définir de manière simple « un alcaloïde est une substance organique azotée (appartenant au vivant) d'origine végétale, à caractère alcalin et présentant une structure complexe ». Leur atome d'azote est inclus dans un système hétérocyclique ; les alcaloïdes possèdent une activité pharmacologique significative. On trouve des alcaloïdes, en tant que



métabolites secondaires, principalement chez les végétaux, les champignons et quelques groupes animaux peu nombreux. Habituellement, les alcaloïdes sont des dérivés des acides aminés (Harborne, J.B. (1993).

Un alcaloïde est un composé organique azoté d'origine naturel (le plus généralement d'origine végétale), c'est un hétérocyclique avec l'azote comme hétéroatome, de structure moléculaire complexe plus ou moins basique et doué de propriétés physiologiques prononcées et forte activité biologique même à faible dose (Dontatien, K, 2009). Il existe une très grande diversité de sous-familles d'alcaloïdes, qui ont été classés en fonction de leurs origines biosynthétiques et de la nature des hétérocycles azotés ou bien selon leur structure moléculaire. On distingue généralement :

\*Les alcaloïdes vrais, Ils présentent le plus souvent toutes les caractéristiques des alcaloïdes vrais qui sont d'un point de vue de la biosynthèse dérivés d'acides aminés, et qui présentent au moins un hétérocycle

\*Les proto-alcaloïdes, qui dérivent d'acides aminés mais l'azote n'est pas inclus dans un système hétérocyclique, les amines biologiques sont considérées comme des amines simples dont le système hétérocyclique ne contient pas de l'azote, et ils sont solubles dans l'eau.

\*Les pseudo-alcaloïdes : Sont des métabolites présentant les caractéristiques des vrais alcaloïdes, excepté leur origine biosynthétique, Dans la majorité des cas connus, ce sont des dérivés d'isoprénoïdes (alcaloïdes terpéniques) et du métabolisme de l'acétate, mais ne sont pas des dérivés des acides aminés.

### 1.3.3 Composés terpènes

- *Terpénoides*

Les terpénoides (ou terpènes) regroupent un ensemble de molécules très différentes tant d'un point de vue structurel que fonctionnel. Au moins 15 000 terpénoïdes ont été décrits, et des milliers d'autres attendent indubitablement une découverte, ils constituent probablement la classe la plus vaste et la plus diversifiée de substances Secondaires (Guillaume, L, 2015).

Les terpénoïdes sont formés par la polymérisation des unités à 5 atomes de carbone ils sont des hydrocarbures naturels, et leur squelette carboné est constitué d'unités isopréniques reliées, c'est ce que l'on appelle la règle de l'isoprène. Ces squelettes peuvent être arrangés de façon linéaire ou bien cyclique (Kone Kouwelton, PFO, 2015). Ils sont appelés aussi isoprénoïdes car leur dégradation thermique libère le gaz isoprène, Ils sont responsables de la couleur et l'odeur des plantes et des épices (Bouta, O, 2012).



- ***Saponines***

Les saponines sont des métabolites secondaires hétérosidiques présents dans de nombreuses plantes et quelques organismes marins où ils auraient un rôle de défense contre des agents pathogènes extérieurs comme les champignons, bactéries et autres insectes. Ces hétérosides sont utilisés pendant de nombreuses années comme savon d'où le nom étymologique donné à cette classe de métabolites secondaires (sapo veut dire «savon» en latin). Ces produits issus du métabolisme secondaire des plantes, sont constitués d'une partie lipophile appelée génine ou aglycone et d'une partie hydrophile osidique. Les saponines possèdent de nombreuses activités biologiques plus ou moins marquées. On citera les activités antimicrobiennes, antifongiques, anti-inflammatoires, anti hémorroïdaires et anti-appétantes.

Les saponosides sont une classe d'hétérosides très répandue chez les plantes médicinales et les animaux marins. Du point de vue chimique, elles se caractérisent également par un radical glucidique (glucose, galactose) joint à un radical aglycone, donc c'est un des glycosides stéroïdiques ou triterpéniques qui ont la propriété de former des solutions moussantes en présence d'eau et de précipiter le cholestérol (Saihi, R, 2011).

- ***Stéroïdes***

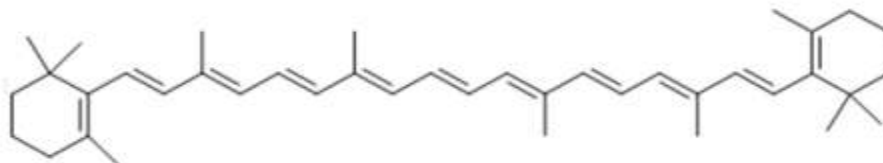
Les stéroïdes c'est une forme des saponosides .La structure chimique des stéroïdes est similaire a celle de nombreuses hormones humaines (œstrogène, cortisone), et de nombreuses plantes qui en contiennent ont un effet sur l'activité hormonale. Elles sont souvent expectorantes et facilitent l'absorption des aliments (Tahouo, SF, 2016).

- ***Caroténoïdes***

Les caroténoïdes constituent une imposante famille de pigments de nature terpénoïde, dont la couleur varie du jaune au rouge orangé (absorption de la lumière entre 400 et 550 nm.). Ils sont synthétisés par les plantes et les micro-organismes photosynthétiques. Ils agissent en piègeurs de photons et transmettent l'énergie aux chlorophylles. De plus, ils assurent une protection à la cellule contre les formes agressives de l'oxygène formées au cours de l'irradiation. Leur répartition est ubiquitaire car ils sont assimilés par voie alimentaire par de nombreuses espèces animales : insectes, crustacés, poissons et mammifères (Chanforan, C, 2010).

Six cents caroténoïdes sont actuellement identifiés, dont une soixantaine possède une activité pro vitaminique A, notamment, l'alpha, le bêta et le gamma-carotène ainsi que la crypto xanthine.

Chez l'homme, 34 formes caroténoïdiennes ont été isolées des tissus, du plasma, et des sécrétions. Chimiquement, ils dérivent de l'enchaînement de huit unités isopréniques qui s'organisent en un hydrocarbure acyclique en  $C_{40}H_{50}$



*Figure 7: Formule de B-carotène*

#### 1.4 Rôle d'un métabolite secondaire

De nombreux métabolites secondaires ont la particularité de dégager de fortes odeurs : Ils sont utilisés dans certains domaines comme la cosmétique, médecine et les industries alimentaires ou bien comme un agent de (Sabelle, F, 1986):

- ✓ Protection de l'attaque des pathogènes ou des herbivores ;
- ✓ Attraction des pollinisateurs ;
- ✓ Ils participent à des réponses allélopathiques ;
- ✓ Ils sont des molécules qui sont aussi très utiles pour l'homme, comme colorants, arômes, antibiotiques, herbicides, drogues etc.

##### 1.4.1 Propriétés biologiques

###### 1.4.1.1 Activités antioxydants

Certains constituants des extraits et des huiles essentielles des plantes présentent un pouvoir antioxydant très marqué. L'activité antioxydante se manifeste par diverses actions, telles que le transfert d'un hydrogène, la chélation des métaux de transition, l'inhibition des enzymes d'oxydation ou la détoxification enzymatique des ROS (Achat Sabiha, 2013).

###### a/ Définition

Un antioxydant (AOX) est une molécule qui ralentit ou empêche l'oxydation d'autres substances chimiques à leur contact.

L'oxydation fait partie d'une réaction d'oxydoréduction qui transfère des électrons d'une substance vers un agent oxydant. Cette réaction peut produire des radicaux qui entraînent des réactions en chaîne destructrices. Les antioxydants sont capables d'arrêter ces réactions en chaîne en se réduisant avec les radicaux et annihilant ainsi leur action. Ces propriétés se trouvent beaucoup dans les familles des thiols et des phénols (Thomas D, 2016).

***b/ Types d'antioxydants***

Les antioxydants sont classés selon leur origine en antioxydants naturels ou synthétiques et selon leur mode d'action en antioxydants primaires ou secondaires.

***Les antioxydants naturels :***

Les antioxydants les plus connus sont le  $\beta$ -carotène (provitamines A), l'acide ascorbique (vitamine C), le tocophérol (vitamine E), les polyphénols et le lycopène. Ceux-ci incluent les flavonoïdes (très répandus parmi les végétaux), les tanins (dans le cacao, le café, le thé, le raisin, etc.), les anthocyanes (notamment dans les fruits rouges) et les acides phénoliques (dans les céréales, les fruits et les légumes) (Aziouz AIDOU, 2014).

***Les antioxydants synthétiques***

Les plus utilisés dans l'industrie agroalimentaire sont : butylatehydroxyanisol (BHA), butylate hydrox toluène (BHT), propylée gallate et le ter butyle hydroquinone (Aziouz AIDOU, 2014).

**- Antioxydants primaires**

Ils englobent les composés qui interfèrent avec l'auto-oxydation lipidique en convertissant les produits d'oxydation lipidiques en produits plus stables grâce à leur propriété de donneurs de protons actifs.

**- Antioxydants secondaires**

Ce sont des composés qui retardent l'auto-oxydation lipidique selon différents modes d'action soient par absorption des radiations ultraviolettes, inactivation de l'oxygène singulet, chélation des métaux et décomposition des hydro peroxydent.

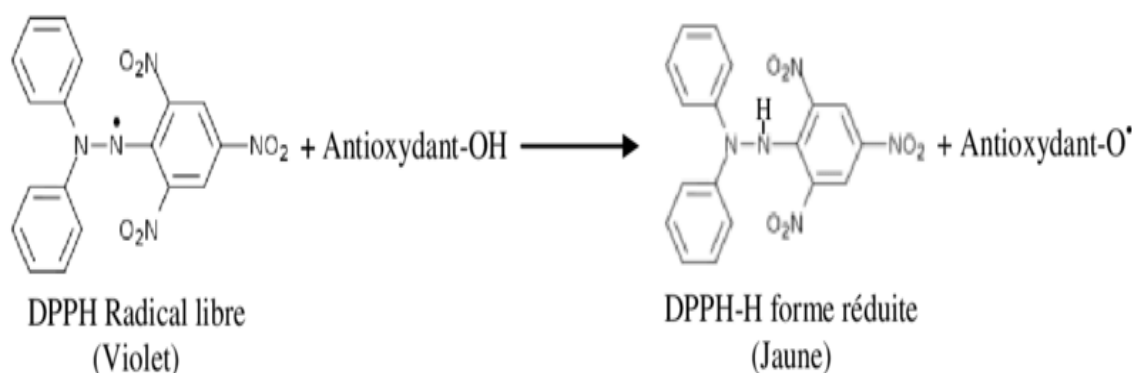
***c/ Techniques d'évaluation de l'activité antioxydant***

Plusieurs méthodes sont utilisées pour évaluer l'activité antioxydante par piégeage de radicaux différents, comme les peroxydes ROO• par les méthodes ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) et TRAP (Total Radical-Trapping Antioxidant Parameter) ; les ions ferriques par la méthode FRAP (Ferric ion Reducing Antioxidant Parameter); ou les radicaux ABTS• (sel d'ammonium de l'acide 2,2'-azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonique), ainsi que la méthode utilisant le radical libre DPPH• (diphényl-picrylhydrazyle) (Achat Sabiha, 2013).

Généralement le plus utilisé est le radical DPPH, la seconde utilisant le radical ABTS souvent utilisé pour les composés simples et d'autres mélanges complexes.

- **Test au DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle)**

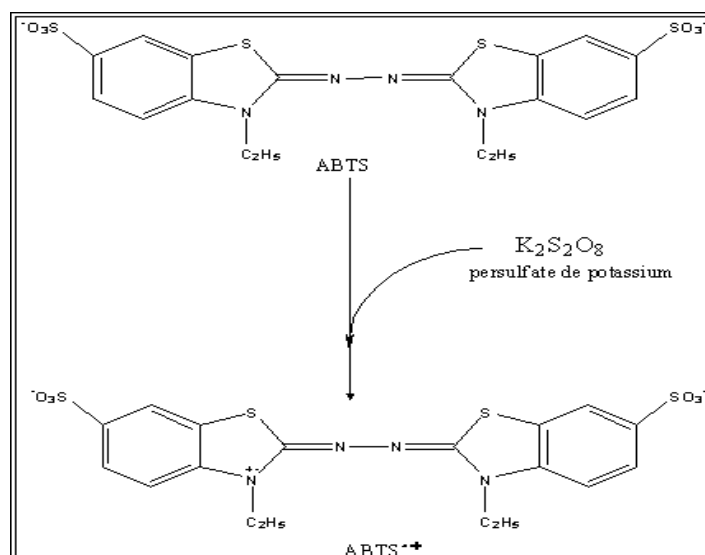
Le composé chimique 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle ( $\alpha,\alpha$ -diphényl- $\beta$ -picrylhydrazyle) fut l'un des premiers radicaux libres utilisé pour étudier la relation structure-activité antioxydant des composés phénoliques. Il possède un électron non apparié sur un atome du pont d'azote. Du fait de cette délocalisation, les molécules du radical ne forment pas des dimères, i.e. DPPH• reste dans sa forme monomère relativement stable à température ordinaire. La délocalisation provoque aussi la couleur bleue bien caractéristique de la solution de DPPH•. La mesure de l'efficacité d'un antioxydant se fait en mesurant la diminution de la coloration bleue, due à une recombinaison des radicaux DPPH•, mesurable par spectrophotométrie à 515-518 nm (Hynes M.J., O'Coinceanainn, 2004 ; Mochizuki et al., 2001).



**Figure 9:** Mécanisme réactionnel intervenant lors du test DPPH (Welch et al., 2008).

**Test au ABTS<sup>+</sup> (acide 2,2'-azinobis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique))**

L'estimation de l'activité antiradicalaire repose sur un test colorimétrique basé sur la mesure de la capacité relative d'un extrait à piéger le radical préformé ABTS<sup>+</sup>. Ce dernier est généré par l'oxydation de l'ABTS (acide 2,2'-azinobis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique)) avec le persulfate de potassium donnant une solution bleu-verte. Le radical ABTS<sup>+</sup> est réduit en présence d'un composé antioxydant donneur d'électron. Cette réduction se traduit par une décoloration proportionnelle au pourcentage d'inhibition du chromophore ABTS<sup>+</sup> et en fonction de la concentration de l'antioxydant. Ces mesures sont exprimées par rapport à la réactivité d'un composé référence, généralement le Trolox. On définit ainsi le TEAC (Trolox équivalent antioxydant capacity). La méthode de l'ABTS est employée pour l'étude de l'activité des composés antioxydants hydrophiles et lipophiles, des composés purs et pour les extraits alimentaires (Roberta, R, et al., 1999).



**Figure 10:** Mécanisme réactionnel intervenant lors du test ABTS.

#### 1.4.1.2 Activités antibactériennes

Les plantes n'ont pas un système immunitaire proprement dit qui peut identifier une infection spécifique, leur propriété antimicrobiennes sont généralement efficaces contre une large gamme de micro-organisme. Ces propriétés sont utiles pour les infections chez les humains (Remmal, 1993; Chami, 2005).

Les composants avec des structures poly phénoliques comme les flavonoïdes et les tannins étaient fortement actifs contre les microorganismes testés. Les membres de cette famille sont connus pour être, selon la concentration utilisée, soit bactéricides ou bactériostatiques. Les polyphénols entraînent notamment des lésions irréversibles sur les membranes et sont utiles dans les infections bactériennes, virales et parasitaires, quel que soit leur localisation (Dugo et al., 1998; Dorman, 2000; Chaumont et al., 2001).

Les alcools monoterpénols, viennent immédiatement après les phénols, sont connus pour avoir une action plus bactéricide que bactériostatique. Molécules à large spectre, elles sont utiles dans de nombreuses infections bactériennes, Il agissait comme des agents dénaturants des protéines ou comme des agents déshydratants (Onawunmi, 1984).

Les aldéhydes sont également quelque peu bactéricides. Les plus couramment utilisées sont le néral et le géranial (des citrals), le citronnellal et le cuminal (Inouye, 2001).

#### a/ Définition

Les plantes n'ont pas un système immunitaire proprement dit qui peut identifier une infection spécifique, leurs propriétés antimicrobiennes sont généralement efficaces contre une large gamme de microorganisme, ces propriétés sont utiles pour les infections chez les humains

(Jean-Yves C, 2010 ; Remmal, 1993; Chami, 2005). L'activité antimicrobienne des composés phénoliques des végétaux et des plantes médicinales est largement étudiée contre un large éventail de microorganismes. Parmi les polyphénols, les flavan-3-ols, les flavonols et les tanins ont reçu plus d'attention en raison de leur large spectre et leur forte activité antimicrobienne en comparaison avec d'autres polyphénols et au fait que la plupart d'entre eux ont capables de supprimer le facteur de virulence de certain nombre de microbes telles que l'inhibition de la formation de biofilm, la réduction de l'hôte ligands adhérence et la neutralisation des toxines bactériennes et montrent une synergie avec des antibiotiques (Jean-Luc A, 2013). Les propriétés antimicrobiennes de certains types de polyphénols ont été proposés pour développer de nouveaux conservateurs alimentaires et d'éviter les conservateurs de synthèse ou pour développer des thérapies innovantes pour le traitement de diverses infections microbiennes, compte tenu de l'augmentation de la résistance microbienne contre la conventionnelle antibiothérapie (Jean-Luc A, 2013).

Les composants avec des structures poly phénoliques comme les flavonoïdes et les tannins étaient fortement actifs contre les microorganismes testés. Les membres de cette famille sont connus pour être, selon la concentration utilisée, soit bactéricides ou bactériostatiques. Les polyphénols entraînent notamment des lésions irréversibles sur les membranes et sont utiles dans les infections bactériennes, virales et parasitaires, quel que soit leur localisation (Dugo et al., 1998; Dorman, 2000;Chaumont et al.,2001) .

Les alcools monoterpénols, viennent immédiatement après les phénols, sont connus pour avoir une action plus bactéricide que bactériostatique. Molécules à large spectre, elles sont utiles dans de nombreuses infections bactériennes, Il agissait comme des agents dénaturants des protéines ou comme des agents déshydratants(Onawunmi,1984).

Les aldéhydes sont également quelque peu bactéricides. Les plus couramment utilisées sont le néral et le géraniol (des citrals), le citronnellal et le cuminal (Inouye, 2001).

#### ***b/ Nature de l'activité antibactérienne :***

Lorsque l'on parle d'activité antibactérienne, on distingue deux sortes d'effets (Hammer, 1999) :

- ❖ Une activité létale (bactéricide):c'est la propriété de tuer les bactéries dans des conditions définies.
- ❖ Une inhibition de la croissance (bactériostatique): inhibition momentanée de la multiplication d'une population.

***c/ Mode d'action contre les bactéries :***

Les extraits possèdent plusieurs modes d'action sur les différentes souches bactériennes, mais d'une manière générale leur action se déroule en trois phases (Dorman, 2000).

- ❖ Attaque de la paroi bactérienne par l'extrait végétal, provoquant une augmentation de la perméabilité puis la perte des constituants cellulaires.
- ❖ Acidification de l'intérieur de la cellule, bloquant la production de l'énergie cellulaire et la synthèse des composants de structure.
- ❖ Destruction du matériel génétique, conduisant à la mort de la bactérie.

***d/ Méthodes d'évaluation de l'activité antibactérienne:***

➤ *Technique en milieu solide (la diffusion en disque) (Alawa et al., 2003)*

La diffusion de l'agent antimicrobien dans le milieu de cultureensemencé résulte d'un gradient de l'antimicrobien. Quand la concentration de l'antimicrobien devient si diluée qu'il ne peut plus inhiber la croissance de la bactérie testée, la zone d'inhibition est démarquée. Le diamètre de cette zone d'inhibition autour du disque de l'antimicrobien est corrélée avec la concentration minimale inhibitrice (CMI) pour la combinaison particulière bactérie/antimicrobien, la zone d'inhibition correspond inversement à la CMI de l'essai.

Généralement, plus la zone d'inhibition n'est importante, plus la concentration d'antimicrobien nécessaire pour inhiber la croissance bactérienne des organismes est faible. La mesure manuelle des zones d'inhibition peut prendre du temps. Les dispositifs automatisés avec zone de lecture sont disponibles et peuvent être intégrés avec le rapport de laboratoire et les systèmes de manipulation de données. Les disques devraient être distribués également de sorte que les zones d'inhibition autour des disques antimicrobiens dans l'essai de diffusion en disque ne se chevauchent pas et qu'ainsi la zone d'inhibition puissent être déterminées. Généralement cela peut être effectué si les disques sont distants d'au moins 24 mm de centre à centre, bien que cela dépende de la concentration du disque et de la capacité de l'antimicrobien à diffuser dans la gélose pas et qu'ainsi la zone d'inhibition puisse être déterminée. Généralement cela peut être effectué si les disques sont distants d'au moins 24 mm de centre à centre, bien que cela dépende de la concentration du disque et de la capacité de l'antimicrobien à diffuser dans la gélose.

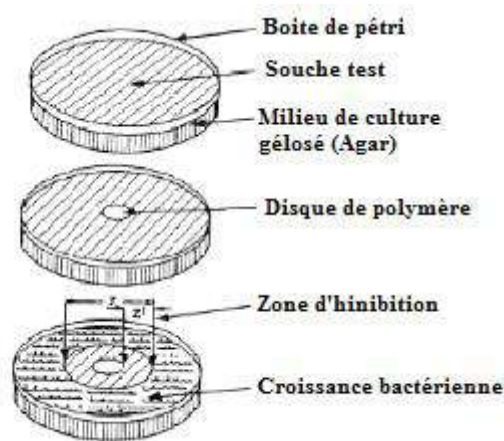


Figure 11: Méthode de la diffusion en disque.

### ➤ *Technique en milieu liquide (méthode de dilution)*

Le but des méthodes de dilution en bouillon et en gélose est de déterminer la concentration la plus faible de l'antimicrobien testé qui inhibe la croissance de la bactérie testée (la CMI, habituellement exprimée en mg/ml ou mg/L). Cependant, la CMI ne représente pas toujours une valeur absolue. La « véritable » CMI est un point entre la plus basse concentration qui empêche la croissance de la bactérie et la concentration inférieure immédiate. Concernant les huiles essentielles, les techniques de détermination de la concentration minimale inhibitrice CMI sont décrites par plusieurs études (Nakagawa et al., 1982 ; Bendahou et al., 2008).

### ➤ *Dilution en bouillon*

La dilution en bouillon est une technique dans laquelle une suspension bactérienne (à une concentration optimale ou appropriée prédéterminée) est testée contre des concentrations variables d'un agent antimicrobien dans un milieu liquide. La méthode de dilution en bouillon peut être effectuée dans des tubes contenant un volume minimum de 2 ml (macro dilution) ou dans de plus petits volumes à l'aide de plaques de micro titration (micro dilution). L'utilisation de ces plaques avec un protocole documenté, y compris les précisions sur les micro-organismes de référence approprié, peut faciliter la comparaison des résultats entre analyses.

### ➤ *Dilution en gélose*

La dilution en gélose implique l'incorporation d'un agent antimicrobien dans un milieu gélosé à des concentrations variables, en général une dilution en série de 2 en 2, suivie de l'ensemencement d'un inoculum bactérien défini à la surface de la gélose de la boîte.

### ➤ *Méthode bio-autographique*

La méthode bio autographique consiste en l'isolement des constituants actifs à travers une cible après dilution rapide. Les chromatogrammes sont recouverts d'un milieu de culture incorporé de microorganismes. Après une incubation pendant 24 heures à 37 °C, un révélateur approprié permet d'observer l'activité (Nakagawa et al., 1982 ).



## 1.5. Techniques d'extraction des constituants naturels

### 1.5.1 Huiles essentielles

Depuis des siècles, l'homme a utilisé les plantes, et en particulier les plantes aromatiques, dans plusieurs domaines tels que la parfumerie, la pharmacologie et l'agroalimentaire, grâce à leurs propriétés découvertes par hasard. Les plantes produisent un grand nombre de métabolites secondaires. Les huiles essentielles représentent une petite fraction de la composition d'une plante mais lui confèrent les propriétés caractéristiques pour lesquelles les plantes aromatiques sont utilisées dans les industries pharmaceutiques, cosmétiques et alimentaires. Bien qu'il semble relativement simple d'isoler de telles huiles, la composition de ces dernières peut varier dans une large mesure en fonction de la méthode d'extraction utilisée (Anitescu et al., 1997; Cassel et al., 2009). Ainsi, il est important que la proportion naturelle des composants soit maintenue pendant l'extraction des huiles essentielles des plantes par toutes méthodes employées. A cet égard, de nombreuses méthodes d'extraction ont été développées pour récupérer ces huiles

#### 1.5.1.1 Définition des huiles essentielles:

Les huiles essentielles sont des composés naturels complexes de structures organiques variées, liquides, volatiles, limpides et odorantes, synthétisées par des plantes aromatiques et médicinales comme métabolites secondaires (Bakkali et al., 2008). Elles sont insolubles dans l'eau et solubles dans l'alcool et les solvants organiques. Elles ne contiennent pas de corps gras, leur appellation « huile » vient de leur caractéristique hydrophobe et le terme « essentielle » de leur caractéristique d'odorat (Bouhdid S, 2009). Beaucoup de végétaux renferment des HEs, mais seulement en toute petite quantité, ne permettant pas leur extraction. Seules les plantes dites « aromatiques » produisent des quantités suffisantes d'HE. Ces plantes appartiennent pour la plupart aux familles des Lamiaceae (lavande, thym, menthe...), des Lauraceae (cannelle, camphrier...), des Myrtaceae (eucalyptus, niaouli...), des Pinaceae (pin, cèdre, cyprès, genévrier...), des Rutaceae (citron, orange...) ou des Apiaceae (cumin, fenouil, anis vert...) (Gerault G and Mary R, 2009). Les huiles essentielles peuvent être synthétisées par tous les organes ou structures sécrétrices des plantes à savoir les fleurs, les feuilles, les tiges, les graines, les fruits, les racines, du bois ou de l'écorce et sont stockées dans des cellules sécrétoires, des cavités sécrétrices, des canaux sécréteurs ou des trichomes glandulaires et qui sont souvent localisés sur ou à proximité de la surface de la plante (Burt S, 2004 ; Bakkali Fet al., 2008; Solórzano-Santos F and Miranda-Novales MG, 2012).

Sur le plan chimique, les huiles essentielles sont des mélanges de structures extrêmement complexes, pouvant contenir plus de 300 composés différents (Sell CS, 2006). Ces substances sont des molécules très volatiles qui appartiennent principalement à deux groupes de composés odorants distincts en fonction de leur voie de biosynthèse. Il s'agit du groupe des terpènes et des terpénoïdes d'une part (beaucoup plus fréquent) et celui des composés aromatiques dérivés du phénylpropane d'autre part. Les HEs peuvent aussi renfermer différents composés acycliques (Bruneton J, 2009).

### **1.5. 2 Définitions d'extraction**

L'homme utilise des colorants, des parfums, des arômes, et des extraits de produits naturels depuis la haute Antiquité. L'extraction est une opération unitaire utilisée pour extraire sélectivement un ou plusieurs composés d'un mélange initial, sur la base de propriétés chimiques ou physiques.

L'extraction consiste à transférer un composé d'une phase à une autre :

- D'une phase liquide à une autre phase liquide.
- D'une phase solide à une phase liquide (Daniel M, 2009).

#### **1.5.2.1 Types d'extraction**

L'extraction est une opération qui consiste à séparer certains composés d'un organisme végétal selon diverses techniques. Le choix de la procédure d'extraction est basé sur les caractéristiques physicochimiques des composés à extraire (Ben Rahal N, 2012).

Deux procédures d'extraction sont généralement utilisées (Vigneron M, 1954):

##### ***a/ Extraction solide-liquide***

L'extraction solide-liquide est l'opération fondamentale qui a pour but d'extraire, de séparer, de dissoudre soit par immersion soit par percolation d'un liquide, un ou plusieurs composants (liquide ou solide) mélangés à un solide. C'est un phénomène lent qui permet de transfert ou d'échange d'une substance présente dans une matière solide pour la faire passer dans un solvant liquide avec différentes méthodes telles que : la macération, l'infusion et la décoction sont des méthodes d'extraction solide-liquide (Poirot R, 2007).

*\* Principe et mécanisme de L'extraction solide-liquide :*

L'extraction solide-liquide est une opération physique qui consiste à faire passer une substance à partir d'une matière solide (une phase solide) vers un solvant (une phase liquide) dans

lequel elle est soluble et dont elle sera facilement isolable. Suite au long contact entre le solvant et le solide hétérogène préalablement broyé, les substances ayant une affinité pour le solvant sont solubilisées et passent de la phase solide dans la phase liquide.

Au cours de l'extraction, leurs teneurs (fractions) dans la phase solide diminuent et leurs concentrations dans la phase liquide augmentent. Le transfert de matière se réalise par diffusion moléculaire et par convection. La solution obtenue est appelée extrait. La source solide épuisée après l'extraction contient très peu ou pas de soluté. Elle est appelée raffinat ou résidu. Dans certains cas, la matière végétale est prétraitée avant l'extraction pour améliorer le contact entre les phases. Le séchage, le broyage et le morcellement sont souvent utilisés comme opérations de prétraitement. Après l'extraction, l'extrait obtenu est séparé du solide épuisé par sédimentation, filtration ou centrifugation (Vigneron. M, 1954).

### ***b. Extraction liquide-liquide***

L'extraction liquide/liquide encore appelé extraction par solvant, est une opération fondamentale consiste de transfert ou d'échange de matière entre deux phases liquides immiscibles (la solution et le solvant) l'une étant en général une solution aqueuse et l'autre une solution organique contenant un ou plusieurs solutés à extraire. Cette technique permet d'extraire une substance particulier dissoute dans un solvant, à l'aide d'un autre solvant non miscibles, appelé solvant d'extraction, dans lequel elle est plus soluble à pouvoir dissolvant plus spécifique de chaque groupe. L'extraction liquide-liquide s'agit d'une extraction systématique en continu, réalisée par le contact intime du solvant avec la solution dans des appareils destinés à mélanger les deux phases (ampoules, colonnes, mélangeurs). La séparation des phases s'obtient par décantation gravimétrique ou centrifuge (Bostyn S, 2019).

#### *\*Principe de l'extraction liquide-liquide :*

Du fait que l'eau ne s'évapore pas facilement, l'espèce chimique est difficilement récupérable si elle est en solution dans l'eau. Dans ce cas, il faut utiliser un solvant organique dans lequel la substance est très soluble (beaucoup plus que dans l'eau), celle-ci va passer de l'eau au solvant organique. Il faut que l'eau et le solvant organique ne soient pas miscibles (Fouduet. H, 2012)

### ***1.5.3 Méthode d'extraction***

Le choix de la méthode d'extraction est basé sur des données préalables sur les caractéristiques physicochimiques des métabolites à extraire. On distingue de nombreuses

méthodes d'extraction (solide-liquide) des composés phytochimiques : des méthodes conventionnelles et des méthodes nouvelles.

#### ***a/Méthodes conventionnelles***

Parmi les méthodes conventionnelles, on trouve la macération, l'infusion, la digestion, la décoction, la percolation, entrainement à la vapeur d'eau, Extraction à chaud en continu (*Soxhlet*) et chauffage sous reflux.

Les méthodes conventionnelles d'extraction se basent le plus souvent sur l'affinité des molécules pour différents solvants et sur l'utilisation de chauffage et/ou d'agitation.

#### ***Macération*** (Saidi I, 2019)

La macération est connue et exploitée au moins depuis l'antiquité et tout comme la décoction ou l'infusion il s'agit d'une technique d'extraction solide-liquide destinée à retirer d'une substance solide les espèces chimiques qu'elle contient en les dissolvant dans un liquide.

Cette technique est le plus souvent mise en œuvre avec des parties végétales (feuilles, fleur, racine, écorce etc.) en utilisant un solvant qui peut-être de l'eau, de l'alcool et souvent une huile ou une autre matière grasses.

La macération se fait en plongeant directement les substances solides dans un liquide. Ces dernières sont en général laissées en suspension pendant un certain temps qui peut aller de quelques heures à quelques jours. La macération est en effet une extraction "à froid", ce qui ne signifie pas qu'elle s'accompagne d'un refroidissement mais tout simplement qu'elle se fait à température ambiante sans bénéficier d'une hausse de température qui accélère la plupart des phénomènes chimiques.

A la fin du processus il est nécessaire de retirer du solvant les résidus solides, ils sont en général éliminés par filtration.

#### ***Décoction***

La décoction est une méthode d'extraction des principes actifs et/ou des arômes d'une préparation généralement végétale par dissolution dans l'eau bouillante. Elle s'applique généralement aux parties les plus dures des plantes : racines, graines, écorce, bois ou aux plantes qui supportent bien les hautes températures (même supérieures à 100°C)

La décoction ne doit pas être confondue avec l'infusion, l'hydro-distillation ou la macération. La décoction permet une extraction des principes actifs plus complète que l'infusion car elle se fait à

haute température mais ne s'applique pas partout, la température modifiant ou dégradant certains principes actifs (Saidi I, 2019).

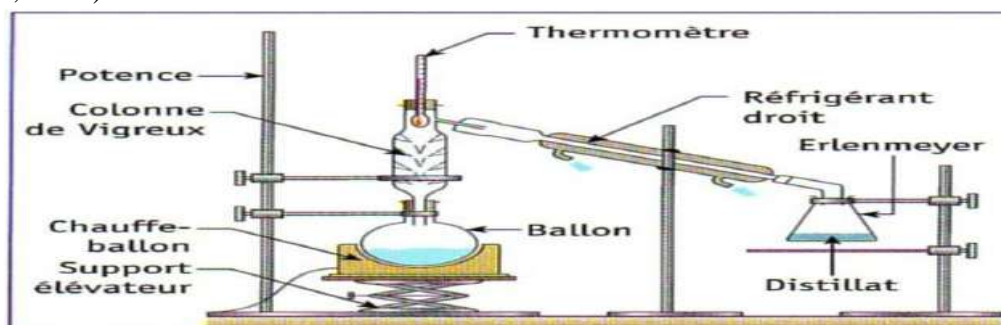
### ***Entraînement à la vapeur d'eau***

Cette méthode a les mêmes principes que l'hydrodistillation est l'une des méthodes officielles pour l'obtention des huiles essentielles, sauf que dans cette technique ne met pas en contact direct de l'eau et la matière végétale à traiter, la génération de vapeur se produit en dehors de l'alambic de distillation une chaudière traverse la matière végétale située au-dessus d'une grille (Masango, 2005). Le processus d'extraction fonctionne de telle sorte que l'application de vapeur combinée à la pression atmosphérique permet aux huiles essentielles contenues dans le matériel végétal d'être entraînée à une température inférieure à 100 °C (Masango, 2005 ; Rojas et Buitrago, 2015).

L'absence de contact direct entre l'eau et la matière végétale, puis entre l'eau et les molécules aromatiques évite certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation pouvant nuire à la qualité de l'huile (Saidi I, 2019).

### ***Hydrodistillation***

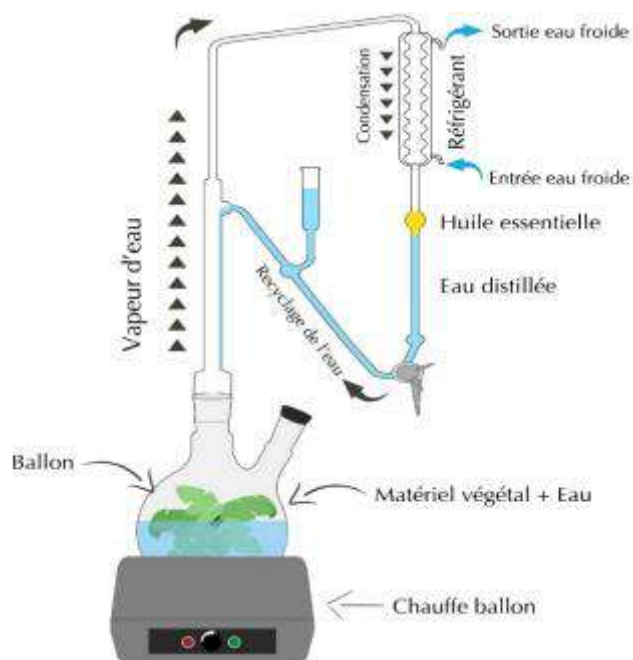
Il s'agit de la méthode la plus simple et de ce fait la plus anciennement utilisée. Le principe de l'hydrodistillation est celui de la distillation des mélanges binaires non miscibles. Il consiste à immerger la biomasse végétale dans un alambic rempli d'eau, que l'on porte ensuite à l'ébullition. La vapeur d'eau et l'essence libérée par le matériel végétal forment un mélange non miscible. Les composants d'un tel mélange se comportent comme si chacun était tout seul à la température du mélange, c'est-à-dire que la pression partielle de la vapeur d'un composant est égale à la pression de vapeur du corps pur. Cette méthode est simple dans son principe et ne nécessite pas un appareillage coûteux. Cependant, à cause de l'eau, de l'acidité, de la température du milieu, il peut se produire des réactions d'hydrolyse, de réarrangement, de racémisation, d'oxydation, d'isomérisation, etc. qui peuvent très sensiblement conduire à une dénaturation (Bruneton, 1999).



**Figure 12:** Extractions par hydrodistillation

La durée d'une hydrodistillation peut considérablement varier, pouvant atteindre plusieurs heures selon le matériel utilisé et la matière végétale à traiter. La durée de la distillation influe non seulement sur le rendement mais également sur la composition de l'extrait (Saidi I, 2019).

Le système « Clevenger » préconisé par la troisième édition de la Pharmacopée Européenne pour la détermination des rendements en huiles essentielles permet le recyclage de la phase aqueuse du distillat à travers un système de cohobation. Ainsi, l'eau et les molécules volatiles (huile essentielle) sont séparées par leurs différences de densité (Clevenger JF. (1928); Asbahani AE et al, 2015).



*Figure 13: Description schématique du système d'extraction Clevenger.*

### **Hydrodiffusion**

L'hydrodiffusion est une variante de l'entraînement à la vapeur. Cette technique relativement récente et particulière. Elle exploite ainsi l'action osmotique de la vapeur d'eau. Elle consiste à faire passer, du haut vers le bas et à pression réduite, la vapeur d'eau au travers de la matrice végétale (AFSSAPS, 2008).

L'avantage de cette méthode est d'être plus rapide donc moins dommageable pour les composés volatils, et de ne pas mettre en contact le matériel végétal et l'eau. De plus, l'hydrodiffusion permet une économie d'énergie due à la réduction de la durée de la distillation et donc à la réduction de la consommation de vapeur (Abderrahim EL HAIB, 2011).

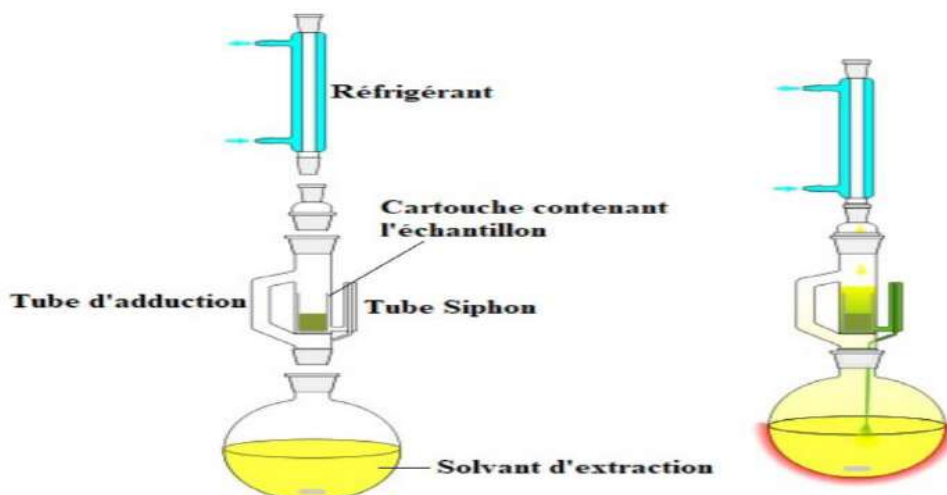
### *Extraction par expression*

Est souvent utilisée pour extraire les huiles essentielles des agrumes comme le citron, l'orange, la mandarine, etc. Son principe consiste à rompre mécaniquement les poches à essences. L'huile essentielle est séparée par décantation ou centrifugation. D'autres machines rompent les poches par dépression et recueillent directement l'huile essentielle, ce qui évite les dégradations liées à l'action de l'eau (Abderrahim EL HAIB, 2011). L'extraction à froid est une technique qui a pris naissance en Sicile, avant d'être utilisée par tous les pays producteurs d'agrumes. Elle se faisait autrefois manuellement par un procédé dit (à l'éponge).

### *Soxhlet (extraction à chaud en continu)*

*Soxhlet* est une méthode classique pour l'extraction solide-liquide, inventé pour la première fois en 1879 par l'allemand *Franz von Soxhlet* (1848-1926). L'extraction par Soxhlet est une méthode simple et convenable permettant de répéter infiniment le cycle d'extraction avec du solvant frais jusqu'à l'épuisement complet du soluté dans la matière première. Elle est relativement peu coûteuse (Bruneton, 1999).

L'hexane est le solvant le plus couramment utilisé pour extraire les huiles de plantes, est le solvant plus utilisé pour extraction *soxhelt*.



*Figure 14: Description schématique du Soxhlet*

### *b/ Méthodes nouvelles*

En général, des méthodes d'extraction conventionnelles telles que la distillation à la vapeur et l'extraction par solvant ont été traditionnellement utilisées. Cependant, ces méthodes présentent des inconvénients tels qu'un faible rendement, la perte de composés volatils, de longs temps d'extraction et des résidus de solvants toxiques (Khajeh M, Yamini Y, Bahramifar N,



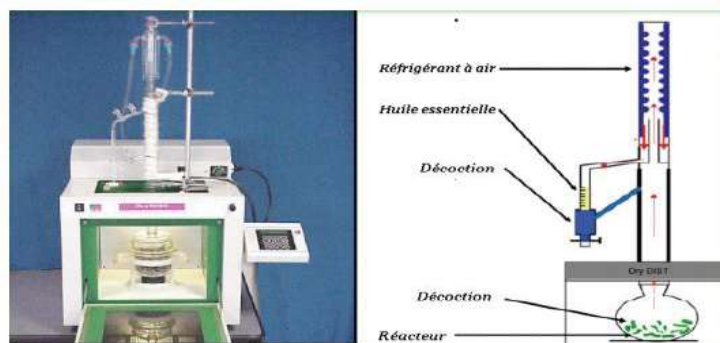
Sefidkon F, Pirmoradei MR. (2005). Comparison of essential oils compositions of *Ferula assafoetida* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and hydrodistillation methods. *Food Chemistry*, 91, 639-644.). Cela a conduit au développement de techniques d'extraction alternatives capables de surmonter ces problèmes.

### *Extraction par micro-ondes*

Cette technique d'extraction a été développée au cours des dernières décennies à des fins analytiques (Koubaa M, et al., 2016).

C'est une technologie caractérisée par un mécanisme de chauffage unique (basé sur la friction), la fréquence de l'énergie électromagnétique générée par les équipements des micro-ondes est comprise entre 0,3 et 300 GHz (Barba Orellana FJ et al., 2016). Son principe est basé sur l'impact direct sur les composés polaires composant le solvant d'extraction ou la matrice à traiter. Comparé aux méthodes d'extraction conventionnelles, l'extraction assistée par microondes conduit à d'obtenir un bon rendement d'extrait et réduire considérablement la durée de distillation, allant de quelques heures à 20-30 min pour l'extraction (Chen F et al., 2007).

Le procédé consiste à irradier par micro-ondes de la matière végétale broyée en présence d'un solvant absorbant fortement les micro-ondes (le méthanol) pour l'extraction de composés polaires ou bien en présence d'un solvant n'absorbant pas les microondes (hexane) pour l'extraction de composés apolaires. L'ensemble est chauffé sans jamais atteindre l'ébullition durant de courtes périodes entrecoupées par des étapes de refroidissement.



*Figure 15: Extraction par micro-ondes*

### *Extraction par du CO<sub>2</sub> supercritique*

L'extraction par fluide supercritique est l'une des technologies émergentes et respectueuses de l'environnement. Cette technique se rapproche énormément de l'extraction par solvant, le CO<sub>2</sub> supercritique a la même fonction qu'un solvant sauf qu'il n'est pas nocif et qu'il ne reste plus aucune trace de celui-ci dans l'huile essentielle obtenu.



La technique est fondée sur la solubilité des constituants dans le dioxyde de carbone à l'état supercritique. Grâce à cette propriété, le dioxyde de carbone permet l'extraction dans le domaine liquide (supercritique) et la séparation dans le domaine gazeux. Le dioxyde de carbone est liquéfié par refroidissement et comprimé à la pression d'extraction choisie. Il est ensuite injecté dans l'extracteur contenant le matériel végétal, puis le liquide se détend pour se convertir à l'état gazeux pour être conduit vers un séparateur où il sera séparé en extrait et en solvant. (Chemat F, 2009)

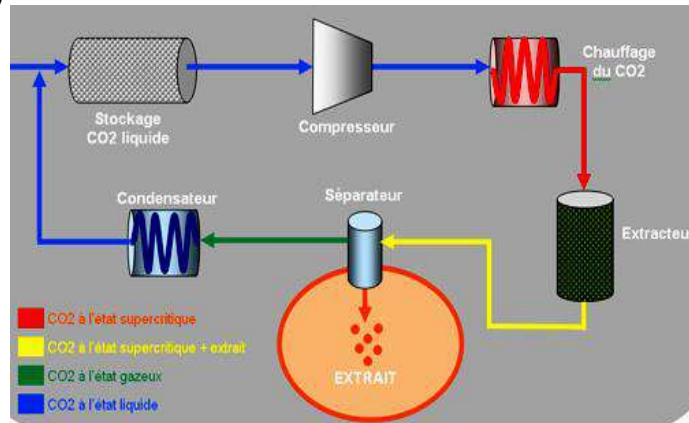


Figure 16: Schémas de principe d'extraction par CO<sub>2</sub> supercritique

Cette technique est aujourd'hui considérée comme la plus prometteuse car elle fournit des extraits volatils de très haute qualité (Wenqiang G et al., 2007) avec la possibilité d'éliminer et de recycler le solvant par simple compression détente. L'extraction par CO<sub>2</sub> supercritique est généralement effectuée à basse température, ce qui en fait une méthode très appropriée pour les composés thermosensibles et non agressives pour les constituants les plus fragiles. Cette technique est utilisable pour les essences difficilement distillables.

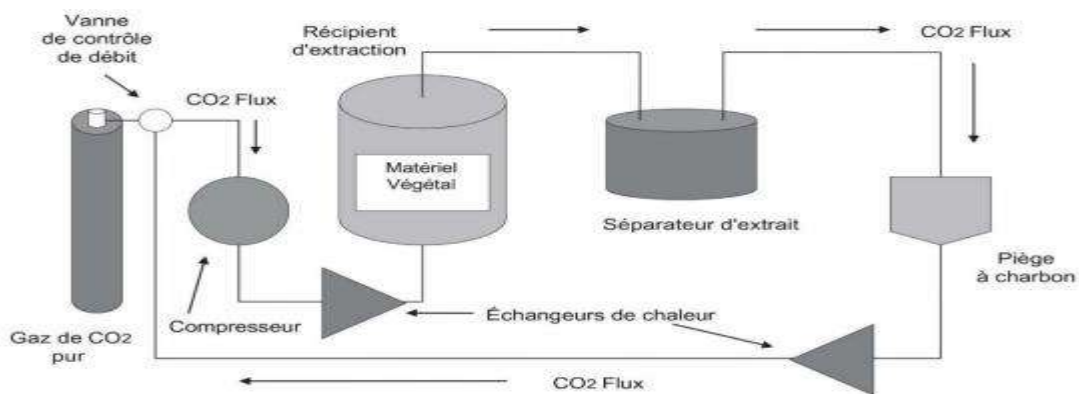


Figure 17: Description schématique d'un système d'extraction par CO<sub>2</sub> supercritique (Hunter M, 2009).

#### ***1.5.4 Facteurs influençant sur la composition chimique et le rendement d'extraction des huiles essentielles***

Etant formées de mélanges généralement complexes, les huiles essentielles de chaque plante présentent une très grande variabilité, tant au niveau de leur composition, qu'au plan du rendement d'extraction. Cette variabilité peut s'expliquer par différents facteurs, qui peuvent être regroupé en deux catégories (Oussou, 2009 ; Kouamé, 2012) :

- **Facteurs intrinsèques** : le taux d'humidité, la durée d'ensoleillement, la composition du sol, la partie de la plante utilisée, le cycle végétatif de la plante, la période de récolte de la plante, la zone de récolte,

Les cellules productrices d'huile essentielle peuvent se situer dans différents organes, il est possible d'obtenir différentes huiles selon les parties sélectionnées d'une même plante. Plusieurs études montrent des différences au niveau de la composition chimique des huiles essentielles en raison d'organes différents (feuilles, fleurs, tiges et racines) et de sous-espèces différentes (Oussou *et al.*, 2009).

Le stade végétatif au moment de la récolte est un facteur déterminant pour le rendement et la composition de l'huile essentielle des plantes (Vekiari *et al.* 2002).

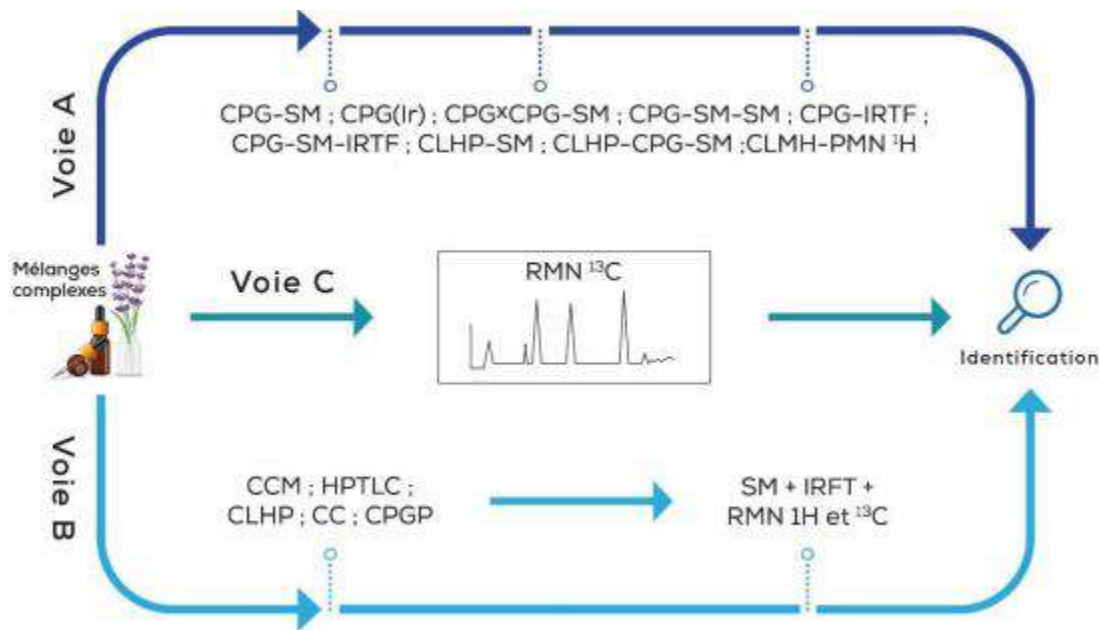
- **Facteurs extrinsèques** : en lien avec la méthode d'extraction.

Bechaalany *et al.*, (2005), ont montrés l'influence des méthodes d'extraction sur la composition chimique des huiles essentielles. Selon Himed *et al.*, (2011), le stockage des matières premières avant distillation peut également influencer la composition chimique et le rendement des huiles essentielles. Plusieurs études, ont mis en évidence l'influence de l'origine géographique de la matière végétale (Helall, 2011).

#### ***1.5.5 Identification des constituants dans un mélange complexe***

Les produits naturels d'origine végétale -extraits, huiles essentielles, résines- sont de nos jours très recherchés. Ils se présentent pratiquement toujours sous forme d'un mélange complexe constitué de plusieurs dizaines -voire d'une centaine et plus- de composés en proportions variables. Ces produits naturels présentent un grand intérêt comme matière première destinée à différents secteurs d'activité tels que la pharmacie, le cosmétique, la parfumerie et l'agro-alimentaire. De plus, dans le domaine industriel, les molécules qui peuvent en être isolées, dans la plupart des cas optiquement actives, constituent des substrats intéressants pour l'hémi-synthèse de produits pharmaceutiques, de vitamines, de substances odorantes, etc. (Bruneton J, 1993). Cependant, l'identification et la quantification des constituants d'un mélange naturel

demeurent toujours des opérations délicates qui nécessitent souvent l'utilisation conjointe de plusieurs techniques analytiques complémentaires (Joulain D, 1994) L'analyse de la composition chimique d'un mélange naturel, telle qu'une huile essentielle s'effectue de manière conventionnelle selon les voies A ou B (Figure I.19). L'analyse peut également être menée selon la voie C (Figure 3) qui met en œuvre la Résonance Magnétique Nucléaire du carbone-13 (RMN  $^{13}\text{C}$ ) pour l'identification des composés en mélange sans séparation préalable ou précédée d'une étape de fractionnement réduite au minimum. Cette technique peut en outre être employée pour la quantification des constituants si nécessaire.



CPG : Chromatographie en Phase Gazeuse ; SM : Spectrométrie de Masse ; IRTF : Infra -Rouge à Transformée de Fourier ; CLHP : Chromatographie Liquide à Haute Performance ; RMN : Résonance Magnétique Nucléaire ; CCM : Chromatographie sur Couche Mince ; CC : Chromatographie sur Colonne ; CPGP : Chromatographie en Phase Gazeuse Préparative ; HPTLC : Chromatographie sur Couche Mince Haute Performance.

**Figure 18:** Méthodes d'analyse d'un mélange complexe (Nam AM, 2014)

### 1.5.5.1 Chromatographie en phase gazeuse (CPG)

La chromatographie en phase gazeuse (CPG) est une technique très répandue, dont les premières applications sont maintenant vieilles de plus de 60 ans. Son développement qui n'a cessé depuis, est dû à son extrême sensibilité, à sa polyvalence, à la rapidité de mise au point des analyses nouvelles et aux possibilités d'automatisation, qui augmentent encore plus son intérêt. La séparation sur la colonne se faisant sur des composés qui doivent être à l'état gazeux, l'analyse des liquides ou solides impose de pouvoir les transformer à l'état de vapeur par chauffage. C'est sans doute la principale contrainte à laquelle il faut penser avant de choisir cette technique, puisqu'elle limite son emploi à l'étude des composés moléculaires thermostables et suffisamment volatils. La très grande sensibilité des détecteurs permet de déceler des quantités

de l'ordre du picogramme pour certains composés (Rouessac F et al., 2004). Un appareil de CPG réunit dans un bâti unique, outre les trois modules classiques, injecteur, colonne et détecteur, un four qui permet de porter, si nécessaire, la colonne à une température élevée. La phase mobile qui entraîne l'échantillon dans la colonne est un gaz, appelé gaz vecteur. Les débits, contrôlés avec précision, permettent une grande répétabilité des temps de rétention. L'analyse débute à l'instant où on introduit une très petite quantité de l'échantillon, sous forme liquide ou gazeuse, dans l'injecteur, qui a la double fonction de le porter à l'état de vapeur et de l'amener dans le flux gazeux en tête de la colonne. Celle-ci se présente comme un tube de faible section enroulé sur lui-même, de 1 à plus de 100 m de longueur suivant les cas et contenant la phase stationnaire. Cette colonne est placée dans une enceinte à température régulée. Elle peut servir pour des milliers d'injections successives. La phase gazeuse qui a traversé la colonne passe dans un détecteur avant de sortir à l'air libre (Rouessac F et al., 2004). La CPG permet aussi, grâce à la comparaison des aires des pics, de fournir une quantification relative des constituants. L'identification d'un composé ne peut être basée uniquement sur la connaissance de son temps de rétention ( $t_r$ ). En effet, cette valeur dépend fortement de plusieurs paramètres concernant la phase stationnaire (nature, vieillissement) et les conditions expérimentales (programmation de température). Aussi, dans le domaine des huiles essentielles, les constituants sont caractérisés par un couple d'indices de rétention ( $I_r$ ) (plus fiables que les temps de rétention), l'un obtenu sur colonne apolaire, l'autre sur colonne polaire (colonnes capillaires). Ceux-ci sont calculés à partir des temps de rétention d'une gamme d'étalon d'alcane linéaires à température constante (Indice de Kováts,  $I_K$ ) (Kováts E, 1965) ou en programmation de température (Indices de rétention,  $I_r$ ) (Van den Dool H, Kratz PD, 1963). Ils sont ensuite comparés avec ceux de composés de référence, mesurés au laboratoire ou décrits dans la littérature. Cependant, des informations supplémentaires sont nécessaires pour établir la structure chimique de ces composés séparés et quantifiés. Cette information est fournie par des détecteurs dont le signal est lié à la structure chimique, qui est des détecteurs spectroscopiques ou spectrométriques (Jennings W, Shibamoto T, 1980). Parmi eux, le plus utilisé, est le détecteur spectrométrique de masse (SM).

### 1.5.5.2 Couplages CPG-SM

Le couplage de la CPG avec la spectrométrie de masse (SM) en mode impact électronique (IE) est probablement le plus répandu dans les laboratoires d'analyses. Ce couplage a l'avantage, dans la majorité des cas, de fournir des informations concernant la masse molaire d'un composé et d'autre part d'identifier un composé en comparant son spectre à ceux contenus dans des bibliothèques informatisées ou sous format papier construites au laboratoire ou commerciales (Masada Y, 1976 ; Jennings W, Shibamoto T, 1980; Sandra P, Bicchi C, 1987; Mc Lafferty FW, Stauffer DB, 1994; Adams RP, 1989 ; Adams RP et al., 1998; Joulain D, König WA, 1998). En

règle générale, l'utilisation de la bibliothèque de spectres réalisée au sein du laboratoire permet d'obtenir des résultats plus fiables, ceci est particulièrement vrai pour l'analyse des huiles essentielles comprenant un grand nombre de sesquiterpènes, qui, construits à partir d'un même synthon isoprénique, présentent des spectres de masse souvent identiques ou insuffisamment différenciés.

## **Chapitre II**

### **Présentation des plantes étudiées**

## 2.1 Plantes médicinales

Les plantes médicinales sont des plantes qui renferment un ou plusieurs principes actifs capables de prévenir, soulager ou guérir des maladies (Adoumou et al., 2012). Il faut dire que les plantes médicinales représentent une source de matière première essentielle pour la découverte de nouvelles molécules nécessaires pour la synthèse des médicaments (Sofowora, 1993). Le tableau 1 reprend les grandes familles des plantes médicinales qu'on rencontre dans le règne végétal.

**Tableau 2:** Quelques familles des plantes médicinales (Rabiai, 2014)

Familles	Espèces
Liliacées	Tulipe, Ail, Poireau
Lamiacées	Basilic, Menthe, Origan, Lavande
Lauracées	Laurier
Lauranthacées	Gui
Polygonacées	Rhubarbe
Borraginacées	Bourrache, Consoude
Papavéracées	Pavot, Chélidoine
Ombellifères	Cerfueil, Persil, Coriandre
Myrtacées	Eucalyptus, Girofle
Chénoposacées	Arroche
Saxifragacées	Groseillier, Cassiser

## 2.2 Présentation de *Pituranthos chloranthus* (Guezzah)

### 2.2.1 Présentation de La famille des Apiacées

La famille des Apiacées (Apiaceae), qui appelées anciennement Ombellifères (Umbelliferae) (Couplan, 2009), Il a été la première famille de plantes à fleurs d'être reconnu par les botanistes, vers la fin du XVIe siècle, ce fut aussi le premier groupe de plantes faisant l'objet d'une étude systématique publiée par Robert Morison en 1672. Apiacées appartiennent à l'embranchement des Spermatophytes ou Phanérogames, comprennent environ 3000 à 3750 espèces réparties entre 300 – 455 genres et les espèces de cette famille sont difficiles à distinguer les unes des autres et leur détermination n'offre pas de grandes difficultés notamment les espèces de *Pituranthos* (Ozenda P, 1958 ; Ozenda P, 1983 ; Tabanca et al., 2006) En effet, elles



ne se distinguent les unes des autres grâce à sa caractérisation par les rayon de l'inflorescence en ombelles composés.



*Figure 19: Illustration des plantes Apiacées*

Les plantes de la famille des apiacées appartiennent à l'embranchement des spermatophytes (ovule) car ce sont des plantes à graines. Les spermatophytes sont classées en deux catégories (Guignard, 1989):

- les gymnospermes qui sont des plantes à ovules nus (Figure 2-2), à savoir :

Gymno = nu, et sperme = graine.

- les angiospermes (plantes à ovaire) qui par évolution ont des ovules protégés par des ovaires.





*Figure 20: Catégorie des gymnospermes*



*Figure 21: Catégorie des angiospermes*

En botanique, il existe plusieurs classifications la plus utilisée est la classification des Angiospermes de Cronquist (1981) et Guignard J.L. (1989), basée sur des critères anatomiques, morphologiques et chimique. Pour résumer la position systématique, on peut situer la famille des Apiacées comme suit :

Tableau 3: Classification botanique de la famille des Apiacées.

Règne :	Plantae (Eucaryote)
Sous-règne	Tracheobionta (Cormophytes)
Embranchement	Spermatophytes (plantes à graine)
Sous-embranchement	Euangiospermes (plantes à ovaire)
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida (Eudicotylédones (embryon à deux cotylédons))
Sous-classe	Astériidae : Fleurs pentamères gamopétales à carpelles soudés et étamines
Ordre	Apiales
Famille	Apiaceae (L.).

Les plantes Apiacées sont souvent des plantes herbacées annuelle, bisannuelle, vivaces, aromatiques et plus rarement arbustes (Botineau M., 2010). Elles représentent les caractéristiques suivantes (Filliat P, 2012).

- Appareil végétatif : ce sont essentiellement des herbes annuelles comme le cerfeuil, bisannuelles comme la carotte ou le plus souvent vivaces;
- L'inflorescence ou ombelle : elle définit la famille et il comprend une ou plusieurs ombelles composées, soit terminant la tige ou terminales, soit latérales et opposées aux feuilles. L'inflorescence est rarement réduite à une ombelle simple ou à un capitule.

L'ombelle est constituée par des pédoncules floraux ou rayons, divergeant sensiblement d'un même point, et dont les fleurs s'épanouissent toutes à un même niveau (Ozanda P, 1991);

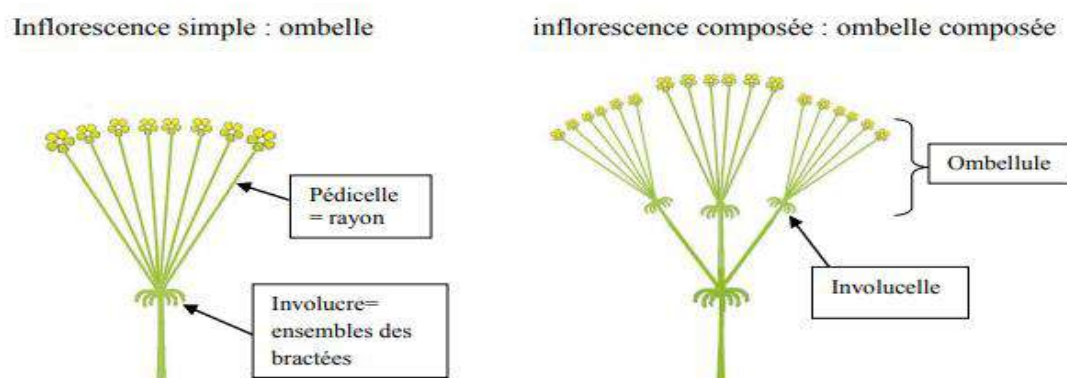
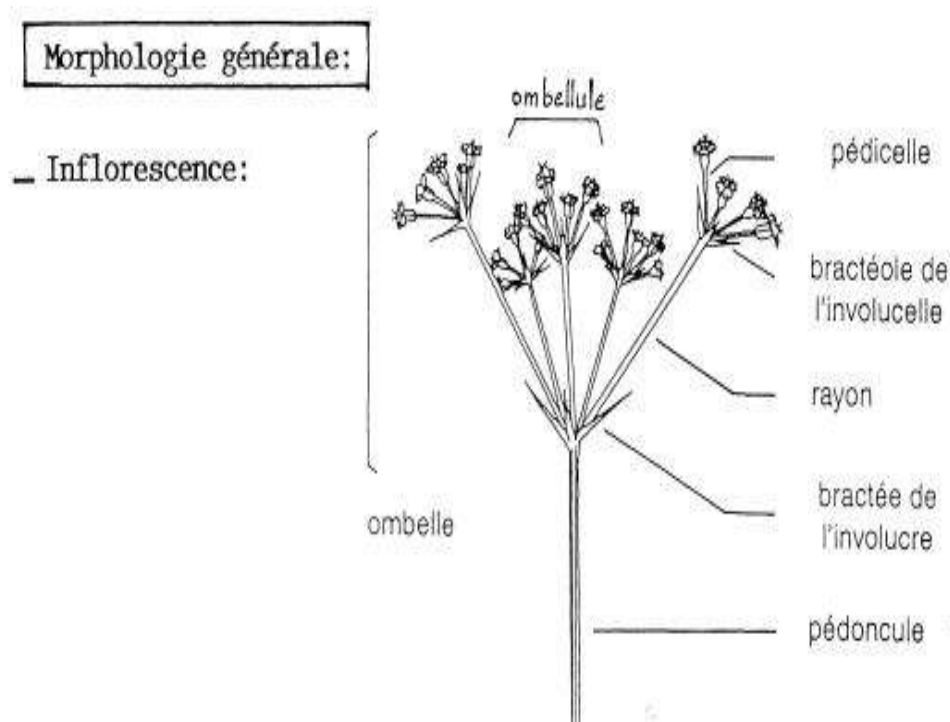


Figure 22: Inflorescence des Apiacées



*Figure 23: Morphologie générale de L'inflorescence ou ombelle (Leurquin Jea, 2007)*

- La Fleur : sont souvent des petite taille, pentamères, en symétrie radial avec une couleur blanches ou, plus rarement, Jaunâtre, verdâtre, ou. Leur disposition, en une inflorescence relativement condensé, explique : qu'elles soient toujours de dimension réduite ; ils sont constitués de 5 pétales 5 Sépales et l'androcée est formé par 5 étamines (Quézel et Santa, 1963; GUINARD, 1980);
- Feuille : les feuilles sont alternes, sans stipule et en général très divisées, tous les intermédiaires existent, suivant les espèces, entre des feuilles très petites et des feuilles géantes, des feuilles à limbe simple et entier et des feuilles très découpées, pinnatifiques à pinnatiséquées ou ternées, ou même divisées en éléments filiformes (Quézel et Santa, 1963);
- Fruit : les fruits sont souvent cannelés et contiennent des substances oléagineuse et odorantes, constituées par diakène couronné et se décomposant en ses 2 parties (méricarpe) (Quézel et Santa, 1963; DE WIT, 1965) ;

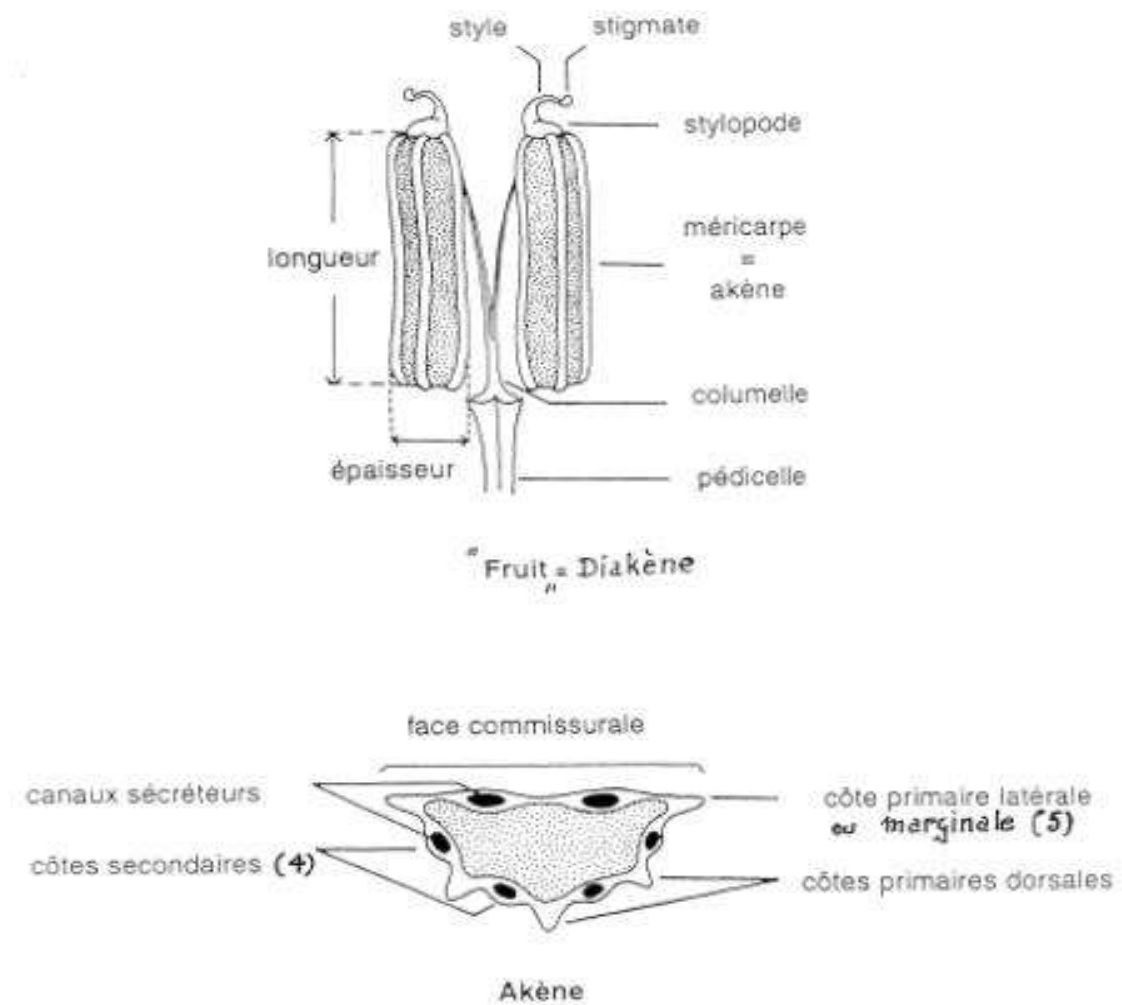


Figure 24: Caractéristiques des fruits de plante Apiacées (Leurquin Jea, 2007)

- Des canaux sécréteurs d'origine schizogène dans les tiges, feuilles et racines, ou des bandelettes sécrétrices au niveau des fruits ;
- Des essences que l'on perçoit au fraissement des organes et qui font des Apiacées des espèces aromatiques.

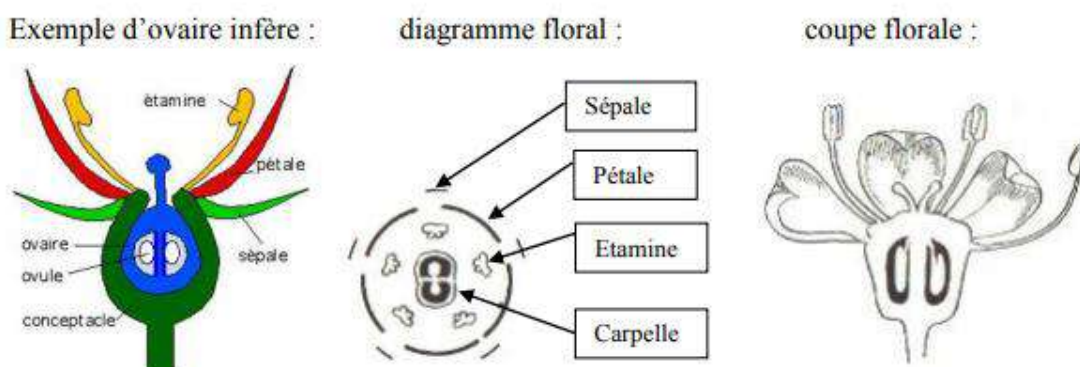
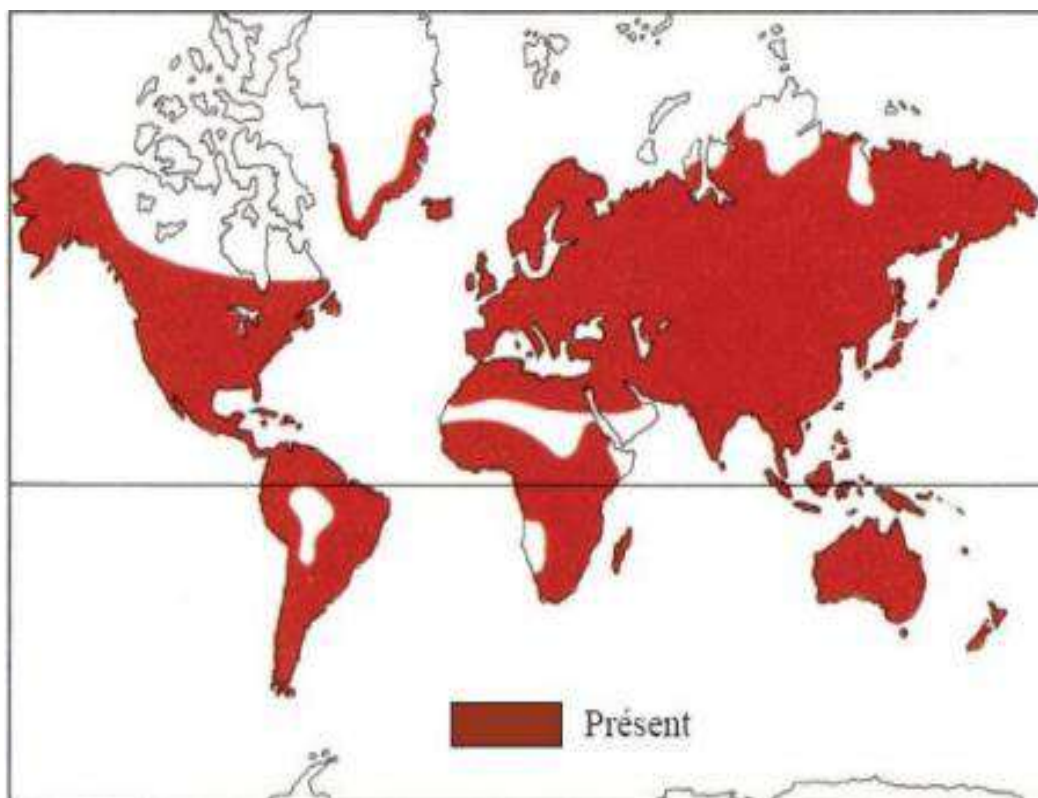


Figure 25: Appareil reproducteur des Apiacées (Deysson G, 197)



### 2.2.2 Distribution géographique

C'est une famille présente dans la majeure partie du globe, largement répandu dans les régions tempérées de l'hémisphère nord et des montagnes tropicales (Botineau M, 2010) (dans les régions subtropicales et tempérées, en particulier les vieux monde) et relativement assez rare dans les régions tropicales. Cette vaste famille rassemble environ 3500 espèces réparties en 446 genre, présentent une répartition entre les divers continents, avec une prédominance pour le continent asiatique avec 265 genres suivi par L'Amérique et l'Europe par 197 et 139 genres respectivement.



*Figure 26: Répartition géographique mondiale des plantes Apiacées (Pimenov M.G. et Leonov M.V, 1993).*

*Tableau 4: Répartition mondiale des genres d'apiacées (Pimenov M.G. et Leonov M.V, 1993).*

Continent	Genres	Endémiques
<b>Asie</b>	265	159
<b>Amérique</b>	197	52
<b>Europe</b>	139	29
<b>Afrique</b>	126	50
<b>Australie</b>	36	11

Les genres de la famille d'apiacées est présentée dans la flore Algérienne où elle est représentée par 55 genres, 130 espèces et 27 sous – espèces (Quézel et Santa, 1963).

### 2.2.3 Recherche ethnobotanique de la famille des Apiacées

Certaines plantes Apiacées sont le plus souvent aromatiques et possèdent, dans tous leurs organes, des canaux sécréteurs de gommes-résines ou d'huiles essentielles avec des odeurs et des saveurs caractéristiques, ce qui explique leur emploi à la fois comme aliments, condiment et un traitement en médecine traditionnelle.

La plupart des plantes Apiacées sont très riche avec des molécules bioactives qui sont également connus pour leurs nombreuses propriétés médicinales telles que : l'anis vert *Pimpinella anisum* L. utilisée comme relaxant dans les troubles digestifs (Tirapelli et al.2007). L'angélique officinale (*Angelica archangelica* L.) utilisé comme hépatoprotectrice (Yeh et al., 2003), ou encore des plantes qui possèdent des propriétés diurétiques (Choi et Hwang, 2004) activité antioxydantes anti-inflammatoires antibactérienne et anti tumeur ou anticancer ....ect

### 2.2.4 Intérêt de la famille Apiacées

L'étude des apiacées est très intéressante pour les types de produits chimiques qu'elles possèdent, qui doivent certainement trouver leurs applications dans plusieurs domaines.

#### 2.2.4.1 Intérêt médicinale

Les Apiacées sont le plus souvent des plantes aromatiques. Elles sécrètent des huiles essentielles qui leur confèrent des odeurs et des saveurs caractéristiques, ce qui explique leur emploi à la fois comme aliments et condiments, et comme traitement en médecine traditionnelle.

La plupart des Apiacées utilisées comme condiments sont également réputées pour leurs nombreuses propriétés médicinales. Parmi les connues, nous pouvons citer l'anis vert (*Pimpinella anisum* L.) relaxant utilisé dans les troubles digestifs (Tirapelli et al., 2007). L'angélique officinale (*Angelica archangelica* L.) hépatoprotectrice (Yeh et al., 2003), ou encore le fenouil commun qui possède en plus de ses propriétés diurétiques et carminatives des activités antioxydantes et anti-inflammatoires (Choi et Hwang, 2004).

D'autres Apiacées, qui ont fait l'objet d'études pour leurs diverses activités biologiques sont focalisés surtout sur l'évaluation des activités antioxydantes et antimicrobiennes des extraits brutes et spécifiques des plantes, sont regroupés dans le tableau N°01.

*Tableau 5: Activités biologiques de quelques plantes médicinales de la familles des Apiacées.*

Plantes	Parties utilisées	Extraits utilisés	Activité biologiques	Références
Alepidea amatymbica	Feuilles et rhizomes	Brut : aqueux et organique	antibactérienne	Mulaudzi et al., 2009
Ferula hermonis	Racines et rhizomes	Huiles essentielles	antifongique	Al-Ja'fari et al., 2011
Arctopus spevies	Racines	brut : hydro-méthanoïque	Antibactérienne et antifongique	Magee et al., 2007
Prangos ferulacea (L.)	Partie comestible	Brut : méthanoïque	antioxydante	Coruh et al., 2007
Crithmum martimum L	Feuilles	Extraits de polyphénols	antioxydante	Meot-Duros et Magné, 2009

#### 2.2.4.2 Intérêt alimentaire

Certaines plantes de la famille des apiacées peuvent être utilisées comme aliments. Les racines de la carotte (*Daucus carota* L.), du panais (*Pastinaca sativa* L.) et du céleri (*Apium graveolens* L.) peuvent être consommées ainsi que les feuilles de persil (*Petroselinum crispum* L.) et de céleri. Le cerfeuil (*Anthriscus cerefolium* L.) est utilisé en tant que condiment (le cumin, *Cuminum cyminum* L.). Les souches et le pétiole d'angélique (*Angelica archangelica* L.) sont utilisées en confiserie car elles sont riches en glucides (Bruneton J, 2009 ; Botineau M. 2010).

#### 2.2.4.3 Intérêt économique

Les apiacées renferment de nombreuses plantes alimentaires et aromatiques (Heywood VH, 1996): *Anethum graveolens* L. (l'aneth), *Apium graveolens* L. (le céleri), *Coriandrum sativum* (le coriandre), *Cuminum cyminum* (le cumin), *Foeniculum vulgare* (le fenouil), *Pastinaca sativa* L. (le panais), et *Pimpinella anisum* L. (l'anis).

D'autres apiacées sont utilisées comme additifs naturels dans l'industrie alimentaire, certaines espèces sont comestibles, telles que : *Daucus carota* (carotte), *Pastinaca sativa* (panais), *Foeniculum vulgare*, etc. Certaines espèces sont utilisées comme condiments ou épices, comme *Carum carvi* (cumin), *Pimpinella anisum* (anis), *Foeniculum vulgare* var. (fenouil) et *Coriandrum sativum* (coriandre).

D'autres sont utilisées comme arômes pour les boissons, tel est le cas d'*Angelica archangelica* (angélique), *Laserpitium gallicum* et plusieurs espèces d'*Heracleum* (Doneanu C, Anitescu G, 1998 ; Olle M, Bender I, 2010). Certains genres sont cependant très toxiques, comme *Conium* (la grande ciguë, dont on dit qu'elle a été utilisée pour le suicide de Socrate), et *Cicuta* (la ciguë vireuse).

### 2.3 Genre *Pituranthos*

*Pituranthos* sont spécifiques à l'Afrique du nord (Huang et al., 2005; Burda, 2001) et sont souvent rencontrées dans les régions arides ou désertiques. *Pituranthos* une plante saharienne vivace, totalement aphyllé, à tige très ramifiées, portant des ombelles à involucre et involucelles polyphylles et des péricarpes ovoïdes à six bandelettes (Quézel et Santa, 1963).

Cependant, la différenciation entre les espèces de *Pituranthos* est généralement difficile (Sanchez, 2002). En effet, elles ne se distinguent les unes des autres que par la couleur des fleurs et la taille de leur pédoncule (Marc, 2004, Haba H, 2002). Dont le potentiel floristique algérien de ce genre comporte quatre espèces endémiques : (Quézel et Santa, 1963; SMAILI et al., 2011 ; LOGRADA et al., 2013; MOSBAH, 2013 ).

- *Pituranthos chloranthus*, espèce particulièrement moins présente au sahara.

- *Pituranthos scoparius*, espèce abondante dans les Aurès.


-*Pituranthos reboudii*


-*Pituranthos battandieri* : endémique au Sahara et l'oranie (Antolovich, 2002).

[4] Nègre, R. Petite Flore des Régions Arides du Maroc Occidental, Tome 2 Ed.CNRS, Paris France 1962. [5] Kaabeche, M. Les Groupements Végétaux de la région de Bousaada, Thesis Université Paris Sud, 1990.



Tableau 6: Présentation les type principe de *Pituranthos*.

Type de <i>Pituranthos</i>	Description de la plante
 <p data-bbox="260 779 563 869"><b>Figure 27:</b> <i>Pituranthos scoparius</i> (E1)</p>	<p data-bbox="639 293 1394 439"><i>Pituranthos scoparius</i> (Coss. &amp; Durieu) Benth. &amp; Hook. ex Schinz (1894), également connu sous le nom (Cosson E, 1855 ; Malti C E W, 2019 ; E1 ; E2) :</p> <p data-bbox="639 461 995 495">Deverra juncea Ball (1876)</p> <p data-bbox="639 517 1166 551">Deverra scoparia Coss. &amp; Durieu (1855)</p> <p data-bbox="639 573 1326 607">Pituranthos virgatus (Coss. &amp; Durieu) Hochr. (1904)</p> <p data-bbox="639 629 1394 1267">Description : forme des touffes plus ou moins denses, de quelques dizaines de centimètres de diamètre. Feuilles rarement visibles. Tiges grêles, chlorophylliennes, de couleur vert jaunâtre ou plus ou moins glauques, ramifiées dans la partie supérieure. Feuilles supérieures réduites à des écailles et feuilles basales très fugaces (adaptation à la sécheresse). Fleurs à pétales blancs, inflorescence en ombelles latérales sur un pédoncule court. Fruits : akènes globuleux, petits (moins de 2,5 millimètres de diamètre) et couverts de courts poils blancs. La plante dégage une odeur agréable d'ombellifère.</p> <p data-bbox="639 1290 1394 1480">Cette grande ombellifère forme des touffes hautes de 40 à 80cm de tiges sans feuilles. Les tiges sont parallèles à la base ; les ombelles sont compactes et courtement pédonculées ; les fleurs sont blanches</p> <p data-bbox="639 1514 743 1547"><i>Habitat</i></p> <p data-bbox="639 1581 1394 1671">Cette plante pousse préférentiellement sur des sols rocheux : hamadas, regs, krebs.</p> <p data-bbox="639 1704 1394 1906">L'espèce colonisant les oueds rocailleux au Sahara central (à plus de 800 mètres d'altitude) et descendant en plaine lorsque l'aridité diminue dans le Sahara septentrional.</p> <p data-bbox="639 1928 1394 2018">Appelé aussi Deverra scoparia Coss. &amp; Dur (nom arabe : guezzah) est une espèce endémique d'Afrique du Nord et</p>

	<p>est très répandue en Algérie, surtout dans les hauts plateaux et dans la majeure partie du Sahara (pâturages arides rocailloux) (BENISTON, 1984; VERITE et al., 2004 ; SMAILI et al., 2011 ; VERNIN et al., 1999; LOGRADA et al., 2013 ) difficile à distinguer de l'espèce <i>P.chloranthus</i> (BENCHELAH et al., 2000, cité par BENLARABI et HACHEMI, 2013). <i>P. scoparius</i> est une plante vivace, aphyllé ; les feuilles supérieures sont réduites à leur gaine, les tiges sont dressées, de 40 à 80 cm de haut, formant des touffes denses qui envoient latéralement de courts rameaux rigides, avec des fleurs blanches et des petits fruits (BENISTON, 1984; QUEZEL et SANTA, 1962-1963 cité par LOGRADA et al., 2013).</p>
	<p><b><i>Pituranthos reboudii</i></b> (Coss. et Dur.) Benth et Hook. Tiges longues de 10-20 cm. Souche ligneuse ramifiée émettant de nombreuses rosettes de feuilles 1-2 fois triséquées, longues de 1-3 cm. Feuilles caulinaires supérieures linéaires. Ombelles terminales et latérales courtement pédonculées, larges de 2-3 cm à 2-7 rayons, se localise dans les pâturages arides (QUEZEL et SANTA, 1963 , E3).</p>

**Figure 28:** *Pituranthos reboudii* (E3)



**Figure 29:** *Pituranthos battandieri*

*Pituranthos battandieri* Maire (1918) connu sous le nom *Deverra battandieri* (Maire) Podlech

*Pituranthos battandieri* subsp. *abbreviatus* Maire

*Pituranthos battandieri* subsp. *leptactis* Maire [1940]

Cette ombellifère vivace a une grosse racine pivot d'où émergent de nombreuses tiges feuillées à la base ; cette plante est broutée et dépasse rarement 30cm de hauteur.

*Habitat*

On rencontre le plus souvent cette plante sur des regs sablonneux.

Endémique au Sahara marocain et l'oranie (BELLAKHDAR, 1997 cité par NAIT SAID, 2007).

Feuilles basales toujours persistantes sous les tiges. Tige grêles à ramification plus ou moins étalées, développées et persistantes 1-3 séchées. Plante d'un vert glauque. Stigmates pourpres. Se localise dans les rocailles, pâturages désertiques. Maire avec deux sousespèces (QUEZEL et SANTA, 1963): - ssp. *abbreviatus* Maire ; - ssp. *Leptactis* Maire.



**Figure 30:** *Pituranthos chloranthus*

Cette grande ombellifère forme des touffes hautes de 40 à 80cm de tiges sans feuilles. Les tiges sont ramifiées dès la base ; les ombelles sont petites et longuement pédonculées ; les fleurs sont verdâtres.

*Habitat*

Cette plante pousse préférentiellement dans des sols sablonneux.

Espèce propre à l'Afrique du Nord, qu'on rencontre dans les régions

arides pré désertiques et désertiques.

Espèce particulièrement peu présente. Maire avec trois sous-espèces (QUEZEL et SANTA, 1963 ; DAHIA, 2009): - ssp. *cossonianus* Maire : Fruits de 1-1,5 mm, tige

	<p>florifère très ramifiées. - ssp. Robustus Maire : Ombelles à pédoncule robustes, longues de 2-5 cm ; fruits de 2mm, tiges ramifiées seulement dans le haut - ssp. Intermedius Maire : Ombelles à pédoncules grêles et bien plus allongés.</p>
--	--

### 2.3.1 *Pituranthos chloranthus* Coss. & Dur

#### 2.3.1.1 Place dans la systématique

Pour résumer la position systématique, on peut classer l'espèce *Pituranthos chloranthus* (Bent. et Hook.) selon la Classification de Cronquist (1981) comme suit [9- 13]: (TOUIL, 2009)

*Tableau 7: Classification botanique de Pituranthos chloranthus.*

Règne :	Plantae (Eucaryote)
Sous-règne	Tracheobionta (Cormophytes)
Embranchement	Spermatophytes (plantes à graine)
Sous-embranchement	Angiospermes
Division	Magnoliophyta
Classe	Eudicots
Sous-classe	Austéridées
Ordre	Apiales
Famille	Apiaceae (L.).
Genre	Pituranthos
Espèce	<i>Pituranthos chloranthus</i> (Coss. & Dur.) Benth. et Hook.
Noms vernaculaires	Gouzah (Maiza et al. 1993). Qessou (Quezel et Santa, 1963).

#### 2.3.1.2 Noms communs

Le mot *Pituranthos* dérive de deux mots grecs, *anthus* = fleur et *Pituron* = son de blé [2], mais aussi *Deverra chlorantha* Coss. & Dur (= *Pituranthos chloranthus* Benth & Hook.) (= *Deverra denudata*) *Deverra* : déesse de l'accouchement ; *Chloranthus* : vert-fleuri. Arabe: Gouzah (Guezzah). Berbère : Tattayt [3]

Le mot Pituranthos dérive de 2 mots grecs, anthus = fleur et Pituron = son de blé (BENISTON, 1984), mais aussi *Deverra chlorantha* Coss. & Dur (=Pituranthos chloranthus Benth & Hook.) (=Deverra denudata) Deverra : déesse de l'accouchement ; Chloranthus : vert-fleuri. Arabe: Gouzah (Guezzah). Berbère : Tattayt (IUCN., 2005; SBF., 2011).

### 2.3.1.3 Morphologie et description botanique de l'espèce *P. chloranthus*

Selon Ozenda [1] et (Quézel & Santa, 1963), l'espèce *Pituranthos chloranthus* (Coss et Dur) Benth et Houk est une plante saharienne vivace poussant en touffes et fortement aromatique (proche de l'odeur de fenouil). Ses tiges vertes aphyllées, robustes à ramifications dévraquées dès la base atteignant plus d'un mètre de haut et avec une taille moyenne de 50 centimètres avec plus ou moins dichotomes et portant des petites fleurs de 5 pétales de couleurs vert jaunâtre ou jaune verdâtres à nervures dorsales pubescentes et larges et sont regroupées en ombelles longuement pédonculées; Les feuilles basales sont minuscules, divisées à 2 ou 3 lanières étroites à la base de la plante et chutent rapidement. Les fruits poilus est un petit diakène ovoïde et complètement couvert de petits poils brunâtres. Il fleurit en premier ressort, entre mars et avril (Quézel & Santa, 1963; IUCN., 2005; DAHIA, 2009; TOUIL, 2009; FERHI et al., 2014) (Figure 31).

**Figure 31.** *Pituranthos chloranthus* dans les régions sahariennes (NAIT SAID, 2007; FERHI et al., 2014)



**Figure 31:** *Pituranthos chloranthus* dans les régions sahariennes

### 2.3.1.4 Habitat et répartition géographique

L'espèce *Pituranthos chloranthus* est une plante endémique du Sahara septentrional et central de nord-africaine (Chehema, 2006) (Algérie, Tunisie, Maroc et Egypte). Elle est



rencontrée dans le Sahara central (Tassili des Ajjers et Hoggar) et occidental jusqu'à EL Golea et au Tademait au sud.

L'espèce *Pituranthos chloranthus* est souvent poussée spontanément dans des habitats arides ou désertiques avec des précipitations n'excédant pas 120 mm par an. La plante prospère dans des sols pierreux, des oueds non salins, parcours de lits d'oueds (Oued Metlili), Parcours de hamadas (CHEHMA et al., 2005; IUCN., 2005; TOUIL et al., 2006; DAHIA, 2009). Plantes pérennes broutées par le dromadaire dans le sud-ouest algérien (plante occasionnellement appréciée) (BOUALLALA et al., 2011). [7].

### 2.3.1.5 Recherche ethnobotanique et usage traditionnelle

La médecine traditionnelle demeure le recours principal pour une grande majorité des populations pour résoudre leurs problèmes de santé. Elle a été transmise d'une génération à l'autre par la communication orale, posant le danger de perte d'une certaine connaissance. Les études ethnobotaniques et ethno médicinales sont aujourd'hui reconnues comme des méthodes de choix pour la connaissance des plantes médicinales et leurs utilisations.

Le plante médicinale est largement utilisée en Algérie et les autres pays comme additif alimentaire naturel et dans le médecine traditionnelle. Les espèces *Pituranthos* sont utilisées en médecine traditionnelle (VERITE et al., 2004; HAMMICHE et MAIZA, 2006; BENMEKHBI et al., 2008; YANGUI et al., 2008; KRIFA et al., 2011; LOGRADA et al., 2013). Les huiles obtenues des tiges et des graines de *Pituranthos scoparius* sont largement utilisées comme remède contre le rhumatisme et la fièvre [7]. Les espèces *triradiatus* et *tortuosus*, sont utilisées par la population bédouine contre les douleurs d'estomac, les parasites intestinaux ou comme agent régulateur de la menstruation chez les femmes; [25] (NOVAK et al., 1966 et AL KADI, A. A. 1989 cité par NAIT SAID, 2007). En plus, l'espèce *Pituranthos chloranthus* (Guezzah) est employée, en cataplasmes sur la tête Gatefossé (1921), contre les céphalées (BELLAKHDAR, 1997 cité par NAIT SAID, 2007).

L'espèce *Pituranthos chloranthus* a un double avantage : tout d'abord, elle est utilisée pour son arôme et le goût distinctif qui adhèrent aux fruits secs. Au Maroc, les Berbères mangent les jeunes pousses et l'intérieur des racines crues, ils mélangées les parties aériennes de cette plante avec les cendres pour aromatiser les viandes rôties et les galettes de pain (IUCN., 2005) (BOUTAGHANE et al., 2004). Elle a aussi des utilisations traditionnelle dans les assaisonnements (VERITE et al., 2004; IUCN., 2005; BENMEKHBI et al., 2008) et elle est également utilisée fromagerie artisanale pour la conservation et l'aromatisation (Hellal, 2001),

dont les extraits aqueux sont utilisés pour leurs effets de conservation. Cependant, l'application de son huile essentielle en vue de la conservation d'un corps gras n'a pas été rapportée.

Les agriculteurs ont été utilisés les tiges de *P. chloranthus* comme paille pour sécher les figues et les raisins traditionnellement. Dans le sud tunisien, Les touffes de fleur *P. chloranthus* sont placées à la surface de l'eau pour désinfecter traditionnellement le stockage de l'eau de pluie utilisée pour les boissons (YANGUI et al., 2009) et pour extraire le composant doux. Dans la région de Djannet (sud algérien), les gens font traiter les morsures des scorpions grâce à cette plante (DAHIA, 2009). En plus, L'espèce *Pituranthos chloranthus* a un effet insecticide.

### 2.3.1.6 Étude chimiques antérieures

Une recherche bibliographique exhaustive faite sur les espèces du genre *Pituranthos*, nous a permis de constater que ces plantes sont peu étudiées et que leur composition chimique reste à déterminer.

La recherche bibliographique relative aux études chimiques de l'espèce *chloranthus* montrent que quatre flavonoïde glucosidique ont été isolées des parties aériennes de l'espèce *Pituranthos chloranthus* collecté dans la région d'El Hoggar, de l'extrait n-butanolique par A.touil et collaborateurs (Touil A et al., 2006)

#### 2.3.1.6.1 Principaux constituants chimiques

CHEHMA (2005), CHEHMA et YUCEF (2009) et BOUALLALA et al. (2011) ont réalisé des études dans le cadre de l'évaluation de la composition chimique de quelques espèces vivaces considérées comme principales plantes broutées par le dromadaire, parmi lesquelles *Pituranthos chloranthus* (Tableau 2-6).

**Tableau 8:** Composition chimique de *P.chloranthus* (BOUALLALA et al., 2011)

Espèce	Matière sèche	En pourcentage de la matière sèche			
		Matière minérale	Matière organique	Cellulose brute	Matière azotée total
<i>P.chloranthus</i>	93.25±0.35	7.83±0.24	92.17±0.24	33.77±2.27	3.76±0.12

<i>P. chloranthus</i>	Quantité en % (w/w, en ce qui concerne les matières sèches en four) (%)
Extrait d'eau froide	25
Extrait d'eau chaude	26.7
Extrait de NaOH 1%	49
Solubilité dans l'éthanol-toluène	9.5
Lignin	17.6

Cellulose	46.5
Holocellulose	62
Cendre	5

**Tableau 9:** Composition Chimique de *P. chloranthus* d'après FERHI et al. (2014)

De même FERHI et al. (2014) ont étudié la composition chimique de *P. chloranthus* parmi les quatre espèces de Tunisie (Tableau 2-7).

### 2.3.6.2 Composition chimique de l'huile essentielle de *P. chloranthus*

La famille des Apiacées, est connue par sa richesse en coumarines et particulièrement des furocoumarines, considéré comme responsable de nombreuses activités biologiques observées pour les plantes de cette famille (HAMADA et al., 2004). À titre d'exemple et d'après SMAILI et al. (2011), des études phytochimiques des espèces de *Pituranthos* ont signalé l'isolement des dérivés de polyphénol (DAHIA et al., 2009), isocoumarines (HAMADA et al., 2004), huiles essentielles (VERNIN et al., 1999) et des flavonoïdes glycosylée (SINGAB et al., 1998 ; TOUIL et al., 2006 ; BENMEKHBI et al., 2008). L'étude phytochimique réalisée sur les parties aériennes de *P. chloranthus* par NAIT SAID (2007) a conduit à l'isolement par chromatographie d'un composé naturel 24-ethyl-cholest-5-èn-3ol ( $\beta$ -sitostérol). DAHIA (2009) a identifié 54 composés dans les huiles essentielles de *P. chloranthus* recueillies en Algérie (Laghouat) au stade de floraison (Tableau VI) par (GC-MS), dont les composés majeurs sont : myristicine (27,4%), limonène (15,8%),  $\alpha$ -pinène (11,4%) et  $\alpha$ phellandrène (8,3%) ; et les composés mineurs sont : Sabinène (6,4%),  $\beta$ -Pinène (3,9%) et  $\beta$ Phellandrène (3,2%).

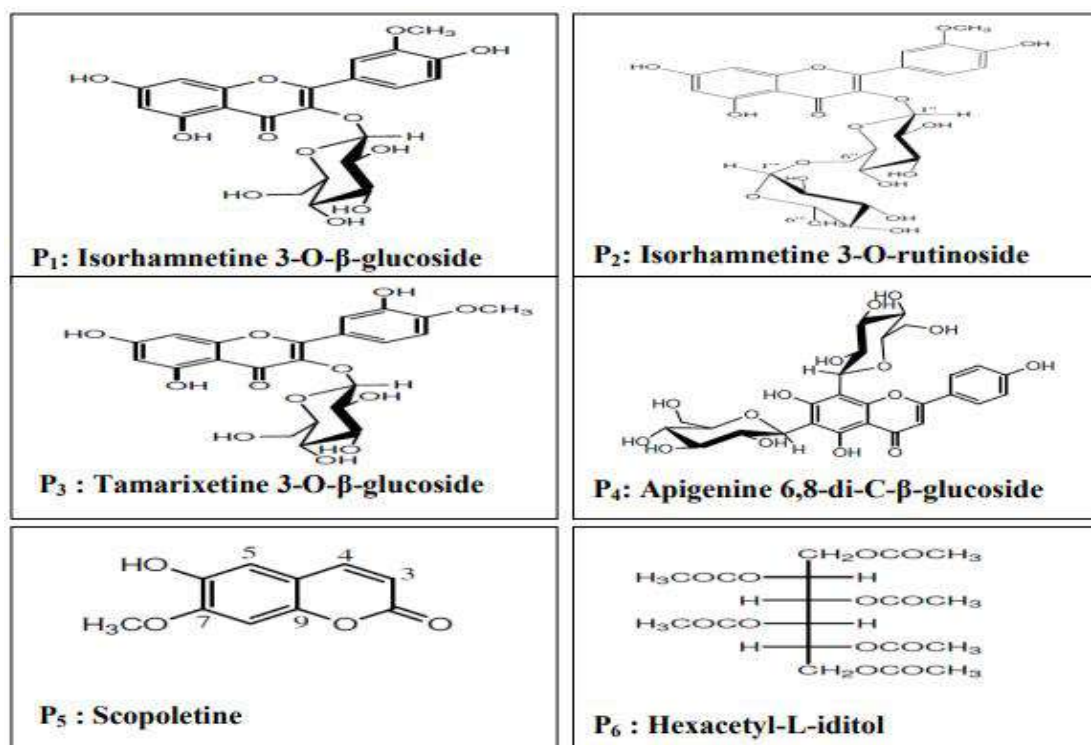
**Tableau 10:** Composition Chimique de l'huile essentielle de *P. chloranthus* d'après DAHIA (2009).

Groupe	Groupes chimiques	Nombre de composants chimiques
01	Monoterpènes	17
02	Alcools	12
03	sesquiterpènes	10
04	Esters	1
05	Alcanes	1

Six produits naturels (P1 – P6) ont été isolés des fractions de *Pituranthos chloranthus* collectées de la région d'EL Hoggar (méridionale de l'Algérie) et identifiées par TOUIL (2009) dont quatre (P3, P4, P5, P6) sont cités pour la première fois pour le genre *Pituranthos*. La (Figure



4) illustre ces composés. TOUIL et al. (2006) ont déjà présenté quatre de ces métabolites secondaires et ils les ont classé comme des flavonoïdes glycosylés.



**Figure 32:** Principaux métabolites secondaires constituant le *Pituranthos chloranthus* (TOUIL, 2009).

Les analyses faites sur les huiles essentielles de *P. chloranthus* par NEFFATI et al., (2009a,b) en utilisant la CPG/SM, indiquent que la classe principale des composés détectés en nos huiles était la classe de monoterpènes avec le thymol et le carvacrol parmi les molécules principales de cette classe. Considérant que la classe de sesquiterpènes était moins importante dans la plupart des populations analysées. D'autres composants non-terpéniques ont été également identifiés dans ces huiles essentielles telles que des alcanes, des alcools et des aldéhydes. De même YANGUI et al. (2009) ont identifié un total de 40 composés représentant 78,10 % des huiles essentielles de *P. chloranthus*. Les monoterpènes étaient le groupe de composés le plus abondant d'huile (71,05%) où les constituants principaux d'huile étaient : terpinène-4-ol (30,34%), 8-hydroxy-p-cymène (4,23%), le myrténol (4,12%), p-menth-2-en-1-ol (3,97%) et  $\alpha$ -terpinéol (3,50%). Ces huiles essentielles contiennent une proportion élevée de monoterpènes oxygénés et parmi les composants identifiés, terpinène-4-ol est le principal (30,34%). En outre, LIEN et al. (2010) ont rapporté la présence de 4,7-diméthoxy-5-(2-propen-1-yl)-1,3-benzodioxole, également nommé apiole, dans l'huile essentielle de *P. chloranthus*, ce composant pourrait avoir des effets inhibiteurs vis-à-vis du cancer de colon. La composition chimique d'une plante est avant tout déterminée par sa biosynthèse et son profil génétique.

Ainsi, pour une même espèce, de nombreux chémotypes aux profils chimiques différents peuvent exister (TEUSCHER et ANTON, 2005).

### 2.3.1.7. Activités biologiques de l'huile essentielle de *P. chloranthus*

Il existe de nombreuses études phytochimiques sur l'espèce *Pituranthos chloranthus*, en particulier, sur ses huiles essentielles (FERHI et al., 2014), qui ont été étudiée du point de vue des activités suivantes : D'après NEFFATI et al., (2009a,b), les huiles essentielles de trois populations de *P.chloranthus*. Ces huiles essentielles démontrent une activité antimicrobienne contre *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Enterococcus faecalis*; attribuée à la présence dans les huiles du linalol, camphre, cymene, spathulenol (VAGIONAS et al., 2007; HERNANDEZ et al., 2005),  $\alpha$ -terpinéol, terpinen-4-ol, 1,8-cineole, thymol, et  $\alpha$ -terpinéol (YU et al., 2007). Ces auteurs suggèrent que ces huiles essentielles présentent aussi des effets antimutagènes et antigenotoxiques qui peuvent être dû à leur activité antioxydante, comme suggéré pour d'autres extraits d'origine végétale par plusieurs autres travaux (RUBERTO et BARATTA, 2000; KULISIC et al., 2004; SHON et al., 2004; KAMATOU et al., 2008). Leur efficacité peut être attribuée en partie à la présence du carvacrol et du thymol en tant que composants principaux. En fait, ces deux composés ont montré une activité antimutagène contre le 2-aminotoluène et le 4-nitro-o-phénylènediamine (IPEK et al., 2005).

Les résultats de Yanguï et al. (2009) indiquent clairement l'action bactéricide et fongicide efficace d'huiles essentielles de *P. chloranthus* tunisienne. Les activités antioxydantes de ces huiles essentielles peuvent être attribuées à la présence de certains composants : terpinène-4-ol, myrtenol, p-menth-2-en-1-ol, 8-hydroxy-p-cymene qui sont des constituants principaux ou majeurs d'huile essentielle de *P. chloranthus* où l'effet antimicrobien vis-à-vis de quatre microorganismes : *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Enterococcus hirae*, ainsi que sur les levures : *Candida albicans* et *Aspergillus niger*, pourrait être dû à leur richesse en terpinène-4-ol, connu pour son activité anti-inflammatoire, toxicité contre les larves et son action sur les cellules du mélanome humain. Ces données concordent avec des études antérieures qui démontrent que le terpinène-4-ol est le composant le plus actif sur les phytopathogènes (TERZI et al., 2007; Loughlin et al., 2008). De plus, BENLARABI et HACHEMI (2013) ont indiqué une bonne activité bactériostatique de l'huile essentielle de *P. chloranthus* vis-à-vis de toutes les bactéries à Gram positifs étudiés, en particulier *S. aureus* et *L. monocytogène* ; mais aussi cette huile essentielle présente une activité sur toutes les souches mycéliennes testées, l'*Aspergillus flavus* a été la plus sensible.

### 2.3.1.8. Toxicité

Les nomades connaissent le haut pouvoir allergisant des plantes du genre *Pituranthos* pour les animaux, en période de leur floraison [6]. En effet, le pollen des espèces chloranthus et scoparius engendrent des ophtalmies graves, quand il pénètre dans les yeux des animaux. Le dromadaire en particulier y est très sensible. Très allergisant, ce pollen rend les animaux aveugles pendant plusieurs jours. Les nomades traitent ces ophtalmies en instillant dans les yeux du dromadaire, du jus de tabac ou en introduisant du sel sous les paupières [6].

## 2.4 Présentation de L'*Aloe barbadensis* Miller (*Aloe vera*)

### 2.4.1 Présentation de La famille *Liliaceae*

Il s'agit d'une plante grasse, horticole qui souvent intéresse l'herboriste Nathan (1967).

### 2.4.2 Présentation de la plante *Aloe barbadensis* Miller

#### 2.4.2.1 Place dans la systématique

On peut résumer la classification l'espèce *Aloe barbadensis* Miller selon la configuration taxonomique de Cronquist (1981) et représenté dans le tableau 2-9 (Michayewi, 2013).

**Tableau 11:** Taxonomie d'*Aloe vera* D'après Cronquist (1981) (Michayewi, 2013).

<b>Embranchement</b>	<b>SPERMAPHYTES</b>
<b>Sous-embranchement</b>	Sous-embranchement ANGIOSPERMES
<b>Classe</b>	MONOCOTYLEDONES
<b>Ordre</b>	LILIFLORAE
<b>Famille</b>	LILIACEAE
<b>Genre</b>	ALOE
<b>Espèce</b>	ALOE VERA L
<b>Synonymie</b>	ALOES BARBADENSIS
<b>Nom commun</b>	ALOES
<b>Noms vernaculaires</b>	MAR ou SBAR dans l'Est Algérien
<b>(MAHMOUDI YAHIA 1990)</b>	ACIBA – TSSABARA en Kabylie

#### 2.4.2.2 Histoire

Il s'agit d'une plante mythique connue et consommée depuis plus de 5000 ans, à des époques différentes et dans des régions du monde fort éloignées les unes des autres. Il existe près

de 420 espèces d'Aloès présentes dans le monde entier (Dagne et al., 2000) Cette espèce est originaire de la région méditerranéenne (ou var.chinensis en Inde), mais elle est maintenant largement répandue dans le sud de l'Amérique du Nord, en Europe et en Asie (Waller et al., 1978).

En effet, l'usage de la plante est extrêmement ancien. De tout temps, utilisée pour ses propriétés préventives et curatives, vis-à-vis de nombreuses pathologies humaines et animales, il a été fait mention de sa culture et de ses emplois dans de nombreux écrits et œuvres d'art laissés par les grandes civilisations (Donadieu, 2006).

En effet, maintes preuves archéologiques et historiques témoignent de ses multiples et identiques usages médicaux dans toutes les grandes civilisations sans aucune exception (Surjushe et al., 2008 ; Mehta, 2017)..



**Figure 33:** *Tablette d'argile sumérienne découverte, datées de 3000 ans avant JC.*

#### **a/ Civilisation sumérienne**

On retrouve les premières traces de l'usage thérapeutique de l'Aloès sur des tablettes d'argile gravées en caractères cunéiformes remontant au 3ème millénaire avant JC (environ 5000 ans), découverte dans les ruines de Nippur (Donadieu, 2006).

#### **b/ Civilisation chinoise**

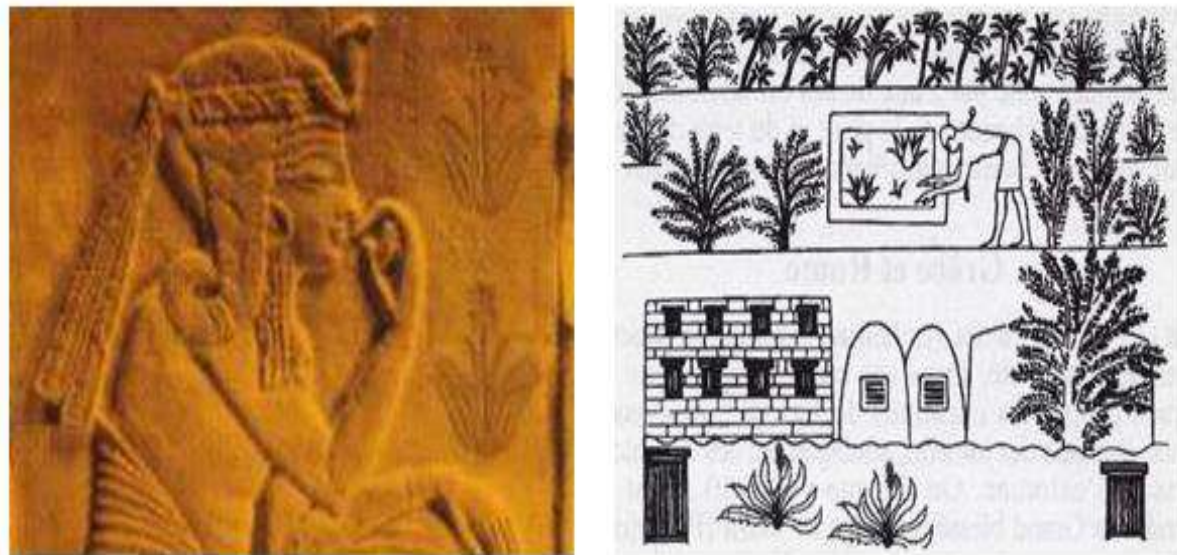
Le Pen T'sao, l'un des premiers ouvrages sur les plantes médicinales, qui date également du 3ème millénaire avant JC (environ 4700 ans), et surtout l'illustre Li Che Tchen qui a révisé ce traité au 16ème siècle, classe l'Aloès parmi les plantes aux vertus thérapeutiques majeures sous l'appellation de "Remède d'harmonie" et la considère comme la plante spécifique du traitement des brûlures et des affections de la peau (Donadieu, 2006).

#### **c/ Civilisation mésopotamienne**

L'Aloès apparaît encore sur des tablettes d'argile gravées en caractères cunéiformes, remontant au 2<sup>ème</sup> siècle avant JC (environ 4000 ans), découvertes dans les ruines de l'antique Elba en 1973 (Donadieu, 2006).

#### d/ Civilisation égyptienne

Les anciens égyptiens vénéraient l'Aloe Vera, qu'ils appelaient « Plante de l'immortalité » (Ravi et al., 2011). Les pharaons le considéraient comme un « Élixir de longue vie ». Les pharaons l'ont considéré un élixir de la longue vie. Il était traditionnel d'apporter une plante d'aloès à l'enterrement comme cadeau, parce que c'était un symbole d'une nouvelle vie (Schweizer, 2006). Le jus d'aloès a fait partie intégrale des ingrédients utilisés pour la taxidermie des morts, comme dans le cas du roi Ramsès (Bassetti et Sala, 2005).



**Figure 34:** A) Gravure égyptienne avec pieds d'Aloès (à droite). B) Plantations égyptiennes avec pieds d'Aloès (carre central) (Bassetti et Sala, 2005).

#### e/ Civilisation arabe

Les bédouins et les guerriers Touaregs du Sahara connaissent depuis la plus haute antiquité les vertus de l'Aloès qu'ils appellent « Lys du désert ». Dès le 6<sup>e</sup> siècle avant J.C., la civilisation arabe fut l'une des premières à produire des extraits commerciaux d'Aloès à base de sève et pulpe mélangées. Ces extraits résineux, qui servaient surtout de laxatif, mais aussi à bien d'autres usages internes et externes, ont largement contribué à la diffusion de l'Aloès dans de nombreux pays du Moyen-Orient et d'Asie (Boudreau, M. D et al., 2006 ; Inguez-Fern´, R. N. D et al., 2012).

#### f/ Civilisation indienne

L'Aloès figure en bonne place parmi les plantes majeures citées dans les textes fondamentaux de l'Hindouisme consacrés aux plantes et aux préparations secrètes destinées à soigner toutes sortes de maladies sous l'appellation de "Guérisseur silencieux" (Donadieu, 2006).



**g/ Civilisation gréco-romaine**

Hippocrate (père fondateur de notre médecine occidentale), Aristote, Celsus, Dioscoride (l'auteur du célèbre *De Materia Medica*, qui restera le livre de référence en matière de médecine par les plantes jusqu'au 15<sup>ème</sup> siècle), Pline l'Ancien, Galien, et bien d'autres illustres médecins ou savants de l'Antiquité, signalent tous l'intérêt de l'Aloès comme laxatif, comme coagulant du sang, pour soigner les contusions, les blessures oculaires, pour soulager les ulcères génitaux, pour arrêter la chute des cheveux, pour embellir la peau, etc (Donadieu, 2006).

**h/ Civilisation africaine, amérindienne et autres :**

Même s'il n'existe pas de traces écrites très anciennes, il est pratiquement certain que l'usage traditionnel de l'Aloès, toujours présent de nos jours par transmission orale, tire ses racines de temps extrêmement lointains (Donadieu, 2006).

**i/ Civilisation européenne**

L'utilisation de l'Aloès, introduit et utilisé assez tardivement (seulement à l'époque de la Renaissance), restera pratiquement cantonnée à ses propriétés laxatives jusqu'à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, époque où l'on commence enfin à parler de quelques autres vertus, alors que, dans le même temps, il continue d'être abondamment utilisé dans tous les pays où il pousse à l'état sauvage (Donadieu, 2006).

**2.4.2.3 Description de la plante Aloe vera**

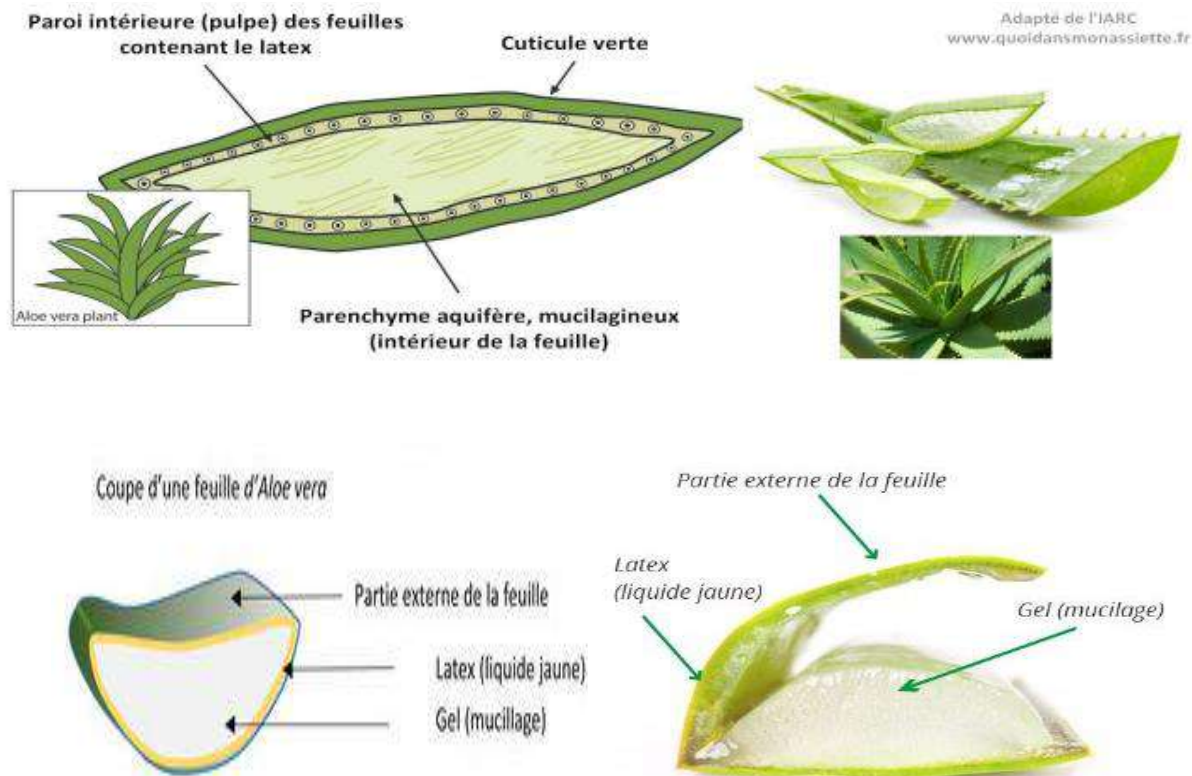
*Aloe Vera* ou *Aloe Barbadosensis Miller* est une plante vert de la famille des Liliacées à feuilles charnues évoquant un cactus, originaire d'Afrique du Sud. Prénommée également «Le Lys du désert», cette plante est facile à cultiver car malgré le fait qu'elle pousse à l'extérieur dans les pays chauds, elle peut également pousser à l'intérieur, dans des pots, dans le monde entier. C'est en fait une plante vivace succulente, arborescente d'environ 80 à 100 cm de haut aux racines courtes et peu profondes (Michayewicz, 2013).

**a/ Feuilles d'Aloe vera :**

L'Aloe vera possède des feuilles charnues, fragiles et pourvues d'épines, qui poussent en forme de rose, disposées en spirale. D'une très belle couleur verte lorsqu'elles sont indirectement au soleil, elles atteignent 80 cm de long et 10 cm dans leur plus grande largeur, avec des bords munis d'épines jaune clair (Geagea, 2014). Les feuilles les plus jeunes poussent au centre de la plante, les plus âgées se retrouvent donc à l'extérieur. La forme caractéristique des feuilles a valu à la plante le surnom de «langue de crocodile» (Boullard, 2001 ; Morin, 2008).

La coupe transversale de la feuille permet de distinguer de l'extérieur vers l'intérieur (Eshun, K.; HE ; 2004) :

- ❖ la cuticule, couche épidermique chlorophyllienne
- ❖ une zone sous-épidermique dans laquelle circule une sève (ou suc) rouge brunâtre, substance très amère
- ❖ au centre une pulpe épaisse, parenchyme mucilagineux incolore, qui est le précieux jus utilisé pour ses salutaires vertus du fait des nombreuses substances thérapeutiques qu'il contient.



**Figure 35:** Coupe transversale d'une feuille d'Aloe Vera, (Eshun, 2004)

### ***b/ Ecorce***

L'écorce est la partie extérieure de la feuille, elle représente 20% à 30% de son poids. Cette partie, d'un vert caractéristique de la plante, est composée de dix-huit couches de cellules avec des chloroplastes où sont synthétisés des lipides, des carbohydrates ainsi que des protéines. (Guo, X.; Mei N ; 2016).

### ***c/ Latex***

Juste au dessous de l'écorce se trouve la sève de l'Aloe Vera aussi nommée le latex. Ce mucilage jaune et amer est riche en composés phénoliques (dont les anthraquinones). Il s'agit du système vasculaire de la plante, il permet, entre autres, le transport jusqu'à la pulpe de l'eau, des minéraux et des molécules synthétisées dans les racines. Lorsqu'il est déshydraté, ce latex est utilisé comme agent laxatif régulé par la FDA. Il peut aussi servir comme agent d'amertume dans certaines boissons et est considéré comme un antibactériens en particulier contre les bactéries Gram +. (Boudreau et Beland, 2006 ; Of, J, 2016).

*d/ Pulpe*

La partie blanche et mucilagineuse à l'intérieur de la feuille est composée de cellules parenchymateuses à paroi fine contenant le gel d'Aloe Vera. Il représente 65% à 80% du poids de la plante. Ce gel, incolore, sert de réserve énergétique, suivant les études, il y aurait entre 98% et 99,5% d'eau ainsi que les carbohydrates synthétisés et stockés par la plante. (Eshun, K.; HE ; 2004; Boudreau et Beland, 2006 ; Femenia et al., 1999) Le pH du gel d'Aloe Vera est entre 4,4 et 4,7. Cette acidité peut être due à l'accumulation par la plante d'organites acides comme l'acide malique. (Boudreau et Beland, 2006).

*e/ Fleur*

L'inflorescence jaune à jaune orangée, non ramifiée, longue de 60 à 90 cm, supporte des fleurs pendantes et tubuleuses, en forme de petites trompettes, bisexuées. Ces fleurs sont réparties sur une ou plusieurs hampes, disposées en racèmes compacts, rétrécis vers le haut. La hampe florale peut présenter de 3 à 5 ramifications et atteindre 1 mètre de haut (Perrot, 1971).

Le périanthe charnu comporte :

- ❖ Six tépales (pièce florale externe et interne du périanthe, dont on ne peut pas dire s'il s'agit de pétale ou de sépale, lorsque les deux ont la même apparence) pétaloïdes de 2,5 cm de long, soudées en tube à la base.
- ❖ Six étamines (organe mâle de la reproduction chez les angiospermes) qui dépassent légèrement le périanthe.

Ces étamines entourent l'ovaire qui est supère et qui comprend 3 loges qui donnent le fruit. Ce dernier est une capsule loculicide, c'est à dire s'ouvrant par 3 fentes longitudinales, renfermant un grand nombre de graines légères, irrégulièrement anguleuses et pourvues d'une petite aile membraneuse plus ou moins développée. Sa reproduction s'opère par graines ou plus facilement par les rejets (stolons) qui poussent autour de son pied (Perrot, 1971).



**Figure 36:** Fleur d'Aloe vera (Perrot, 1971).



#### 2.4.2.4 Différentes espèces d'Aloès

Actuellement, il existe plus de 500 espèces différentes d'Aloès, avec des tailles et des aspects très différents. Parmi les différentes espèces d'Aloe vera on trouve (Pharmacopée française, 1998):

##### *a/ Aloe Ferox*

Aloe Ferox est aussi connu sous le nom de "aloe de capa", "aloe rojo" ou "aloe de Grifo". Il peut atteindre 10 pieds (3 mètres) de hauteur, ses fleurs rouges poussent de 2 à 4 pieds au-dessus de ses feuilles (60cm à 120cm). Des extraits de cette plante ont des propriétés laxatives naturelles et des études montrent qu'elle est efficace contre la constipation occasionnelle. Les chercheurs ont découvert que l'huile des graines contient des niveaux élevés d'acides gras linoléiques, stéariques et oléiques utilisés dans de nombreux cosmétiques et qui offre un moyen naturel pour nourrir et rajeunir la peau



*Figure 37: Aloe Ferox*

##### *b/ Aloe Arborescens*

Souvent appelé "candélabre d'aloe", l'aloe arborescent peut pousser jusqu'à 3 mètres de haut et devenir aussi grand qu'un petit arbre. Des fleurs cylindriques rouge-orange vives s'élèvent haut sur les feuilles de la plante pour lui donner un aspect distinctif. Comme pour beaucoup de plantes d'Aloe, les chercheurs rapportent de nombreuses propriétés curatives. L'Aloe arborescens aide à la cicatrisation des plaies chez les animaux et agit contre les organismes nuisibles. Une étude italienne a également montré que lorsqu'il est utilisé comme thérapie nutritive, il aide le système immunitaire et a d'autres avantages pour la santé.



*Figure 38: Aloe Arborescens*

*c/ Aloe Aristata*

L'Aloe sans tige, aussi appelé "aloès dentelle" et "aloès pintade", est connu pour sa couleur vert intense, ses feuilles dentelées et ses taches blanches uniques. Elle ressemble beaucoup à une autre succulente commune, l'Haworthia, et est souvent confondue avec cette cousine éloignée. Ses grandes fleurs oranges attirent une grande variété d'oiseaux et d'insectes, en particulier les abeilles, ce qui favorise la santé et la longévité de cette plante et d'autres plantes dans son habitat. Cela en fait une excellente plante de jardin, nécessitant peu d'entretien et prospérant dans des climats chauds et frais. L'Aloe Aristata a également des propriétés thérapeutiques, car il est utilisé pour la cicatrisation des plaies en Ayurveda (Médecine traditionnelle Indienne).



*Figure 39: Aloe Aristata*

*d/ Aloe Polyphylla*

Cette espèce d'Aloe est très convoitée pour sa beauté, son utilisation excessive comme plante ornementale a considérablement préjudicié cet Aloe en particulier et a conduit à un déclin sévère de sa population. Fréquemment appelée "Aloe en spirale", cette plante a un schéma de croissance distinct de 5 pointes, avec des fleurs de différentes nuances de rouge et des feuilles aux bords dentelés et aux pointes pointues



*Figure 40: Aloe Polyphylla*

*e/ Aloe Ciliaris*

L'Aloe Ciliaris, souvent appelé "Aloe commun grimpant", est une plante mince et rustique connue pour sa croissance incroyablement rapide. Il a aussi des fleurs rouges tubulaires et des dents douces et poilues. L'Aloe Ciliaris est un Aloe qui fonctionne bien dans un jardin, car il est connu pour attirer les abeilles et les oiseaux ce qui enrichit et soutiennent la vie des autres plantes autour de lui.



*Figure 41: Aloe Ciliaris*

*f/ Aloe Maculata*

La sève d'Aloe Maculata, appelée « savon d'Aloe Vera », forme une mousse savonneuse dans l'eau. Cette espèce d'Aloe se reconnaît grâce à ses longues fleurs tubulaires dont la couleur varie du rouge au vert avec des taches qui ressemblent à la lettre « H ». Une caractéristique unique de cette espèce particulière d'Aloe est que sa production de pollen peut être augmentée par la fumée. Ceci fait de l'Aloe Maculata un choix populaire parmi les jardiniers qui sont capables d'utiliser la capacité unique de cette plante pour maintenir son environnement le plus proche.



*Figure 42: Aloe Maculata*



**g/ *Aloe Barbadensis* Miller**

Connue aussi sous les appellations : Aloe Vera (Linné) ou aloe Vulgaris (Lamarck), cette espèce est la plus connue et appelé la plante miracle et nous avons consacré notre étude dans cette recherche sur ce dernier.



**Figure 43:** *Aloe Barbadensis* Miller (*Aloe vera*)

**2.4.2.5 Composition de l'Aloe Vera**

La feuille d'*Aloe vera* contient plus de 200 substances actives. Toutes les principales propriétés et vertus de la plante sont concentrées dans le gel: ou la pulpe (appelé mucilage) contenu à l'intérieur de la feuille.

La teneur en eau est très élevée (98 à 99%) (Atherton, 1997 ; Reynolds, 2004 ; Pousset, 2006). La fraction solide obtenue par la déshydratation du gel extrait à partir de la pulpe de ses feuilles, représente uniquement environ 0,5 à 1,5% de la masse totale. Il renferme plus de soixante-dix principes actifs connus, divisés en différents groupes (Atherton, 1997 ; Phyllis, 2002).

**a/ Saponosides**

Appelés également saponines, ils sont très fréquents chez les végétaux; Ils constituent un vaste groupe d'hétérosides.

Les oses qui constituent ces substances sont : le glucose, le galactose, le rhamnose et l'arabinose. Ces oses sont souvent associés à l'acide glucuronique.

Les saponines peuvent être classées selon la nature de leur partie aglycone en 2 types structuraux :

- Saponines à génine stéroïdique : à 27 atomes de carbone.
- Saponines à génine triterpénique : à 30 atomes de carbone.

Les saponines se dissolvent dans l'eau formant des solutions moussantes. Leur nom Saponis dérive du mot savon. Les saponosides sont connues pour leurs propriétés : hémolytique antifongiques, antibactériennes et antivirale, ce qui fait d'elles des agents protecteurs des plantes contre les germes (Attele et al., 1999 ; Tenney et Elkins, 1997).

Les saponosides possèdent des propriétés : dermatologique, anti-oedémateuse, antiinflammatoire et cicatrisante (Schweizer, 1995 ; Atherton, 1997). Connues aussi comme antalgiques et immunorégulatrices (Bruneton, 1999).

### **b/ Tanins**

Ce sont des substances polyphénoliques hydrosolubles qui se caractérisent par une masse moléculaire élevée. Leur principale propriété consiste à tanner la peau c'est à dire à la rendre imputrescible. Cette propriété est due aux tanins qui possèdent une aptitude naturelle à se combiner aux macromolécules ex : les protéines et les polysaccharides. Les tanins dérivent de l'acide gallique et d'autres acides polyphénoliques. Leur structure chimique comporte toujours une partie polyphénolique (Bruneton, 1999). Chez les plantes supérieures, on distingue en général deux groupes de tanins qui diffèrent entre eux par leur structure: les tanins hydrolysables et les tanins condensés (Bruneton, 1993). Grâce à leur capacité de former des complexes avec les macromolécules. Les tanins utilisés par voie externe possèdent la propriété d'imperméabiliser les couches sous jacentes, ils possèdent aussi un effet vasoconstricteur sur les vaisseaux superficiels en limitant la perte en fluide et en empêchant les agressions externes favorisant ainsi la régénération des tissus en cas de blessures ou brûlures. Par voie interne, les tannins sont des anti-diarrhéiques. Quelque soit la voie d'administration, l'effet antiseptique est démontré (Bruneton, 1999).

### **c/ Mono et polysaccharides**

Le gel d'*Aloe vera* L. représente une source très riche en carbohydrates sous ses différentes formes (monosaccharides et polysaccharides) dont les plus importants sont :

\* Les monosaccharides : Le glucose et le mannose-6P représentent les monosaccharides les plus abondants dans le gel d'*Aloe vera* L., qui possèdent la propriété d'accélérer la cicatrisation (Surjushe et al., 2008).

\* Les polysaccharides: Les polysaccharides sont arbitrairement définis comme des polymères de haut poids moléculaire. Ils résultent de la condensation d'un grand nombre de molécules d'oses (Bruneton, 1999). Le gel d'Aloe vera L. renferme un polysaccharide appelé Acemannan : qui est formé de chaîne de  $\beta$  (1-4) mannane acétylé ou  $\beta$  (1-4) glucomannane acétylé (Fleurentin J., Pelt, 2004; Pourrat et al., 1993). Bien que le degré de polymérisation soit élevé, l'ensemble demeure soluble en raison des acétylations latérales. Ce qui empêche la formation de liaisons hydrogènes inter-chaines et leurs agglomérations (Potier, 1997). Ce polysaccharide possède les propriétés immunostimulante (active les macrophages), antimicrobienne, antivirale et cicatrisante (Atherton, 1997 ; Schweizer, 1995 ; Reynolds, 2004 ; Barcraft et Myskja, 2003 ; Adams, 2007; Reynolds et Dweck, 1999 ; Leung et al., 2006).

**d/ Acides aminés**

Le gel d'Aloe vera L. renferme 17 acides aminés. 7 acides aminés sont dits essentiels et 10 dits acides aminés secondaires (Atherton, 1997 ; Adams, 2007; Ebadi, 2007).

**Tableau 12:** Acides aminés essentiels et secondaire présents dans le gel d'Aloe vera L.

Les acides aminés essentiels	Les acides aminés secondaires
Isoleucine- Leucine- Lysine- Méthionine- Phénylalanine - Thréonine- Valine	acide aspartique- acide glutamiquealanine- arginine- cystine- histidinehydroxiproline- proline- sérinetyrosine.

**e/ Minéraux**

C'est la fraction inorganique du gel d'Aloe vera L., qui contient plus de 20 sels minéraux, tous essentiels à l'organisme humain (Schweizer, 1995 ; Ebadi, 2007 ; Ross, 2003 ; Park et Seung, 2006).

- Calcium ( $Ca^{2+}$ ): Favorise la croissance osseuse et la coagulation.
- Fer ( $Fe^{3+}$ ): Favorise la synthèse de l'hémoglobine.
- Sodium ( $Na^+$ ): Maintient l'équilibre acido-basique des liquides organiques et favorise le métabolisme de l'eau au sein des tissus et des cellules.
- Chlore ( $Cl^-$ ): Antiseptique désinfectant.
- Magnésium ( $Mg^{2+}$ ) : Maintient le bon fonctionnement des muscles et du système nerveux.
- Cuivre ( $Cu^{2+}$ ): Indispensable au maintien de l'équilibre de l'organisme.

→ Zinc ( $Zn^{2+}$ ): Stimule l'activité des protéines dans la cicatrisation.

### **f/ Vitamines**

Le gel d'Aloe vera L. renferme plusieurs vitamines indispensables au corps humain (Atherton, 1997 ; Schweizer, 1995 ; Nice J., Davies, 2000):

→ Vitamine A (carotène) et Vitamine E (tocophérol): Améliore la vision, favorise la santé de la peau et protège les cellules des radicaux libres.

→ Vitamine C (acide ascorbique): Combat l'infection, favorise la cicatrisation et maintient la santé de la peau. → Vitamine B1 (thiamine), B2 (riboflavine), B6 (pyridoxine): Nécessaire à la croissance des tissus, la formation du sang et la production de l'énergie.

### **g/ Enzymes**

Le gel d'Aloe vera L. contient :

→ Cellulase, Lipase, Amylase et Protéase : Des enzymes qui facilitent la digestion (Surjushe et al., 2008).

→ Catalase : Une enzyme qui empêche toute accumulation d'eau oxygénée dans les tissus (Choi S. et Chung, 2003).

→ Bradykinase : Une enzyme présentant une action analgésique, anti-inflammatoire et stimulante des défenses immunitaires (Reynolds , 2004 ; Surjushe et al., 2008).

## **2.4.2.6 Propriétés (Sharrif et Sandeep, 2011)**

### ***a/ Propriétés thérapeutiques***

Dans le milieu cosmétique, l'Aloe vera est principalement reconnue pour son activité hydratante, Anti-inflammatoire et ses bienfaits sur les brûlures et les cicatrices.

#### ***Activité hydratante***

L'Aloe-vera est une plante parfaite pour revendiquer l'hydratation. L'image de la petite plante pouvant survivre en plein désert grâce à ses réserves d'eau et de polysaccharides est parfaite pour convaincre les consommateurs aux peaux fragiles ou déshydratées.

#### ***Activité anti-inflammatoire***

L'activité anti-inflammatoire du gel d'Aloe vera a été révélée par un certain nombre d'études in vitro et in vivo.

### ***Activité antimicrobienne et antifongique***

L'Aloe vera est réputée dans la médecine traditionnelle pour ces bienfaits apaisants et antimicrobiens :

- Il a été démontré que les anthraquinones présentes dans le latex d'Aloe vera sont hautement antimicrobiennes elles sont efficaces contre les bactéries Gram moins (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*) mais aussi contre les bactéries Gram plus (*Staphylococcus aureus*..).
- Un autre composant, présent cette fois dans le gel d'Aloe vera, a été caractérisé grâce à son activité antimicrobienne, l'acide fumarique a démontré son efficacité contre quatre bactéries courantes : *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus*, *Escherichia coli* et *Salmonella*. Il serait donc efficace à la fois contre les bactéries gram plus et gram moins. Cet acide, très connu et utilisé comme conservateur alimentaire est donc présent dans le gel et fait partie des composés lui conférant une action antimicrobienne.
- d'autres études ont été faites permettant d'isoler quatre autres composants efficaces contre les bactéries : le pyrocatechol, l'acide cinnamique, l'acide coumarique et l'acide ascorbique.
- L'activité antifongique de l'Aloe vera a aussi été testé dans différentes études, il a été démontré qu'il était efficace contre différents types de champignons donc *Candida albicans* et *Trichophyton rubrum*.

### ***Activité cicatrisante***

La capacité cicatrisante de la plante s'explique par le fait que certains de ses composants augmentent la réticulation des tissus et la synthèse de collagène par stimulation de la production de cytokines et macrophages. L'acemannan contenu dans le gel est responsable de la stimulation de la production de macrophages. L'acide ascorbique présent dans l'*Aloe vera* améliore la synthèse du collagène et contrebalance sa dégradation. Comme le gel est composé essentiellement d'eau, il empêche le dessèchement de la plaie et augmente la migration des cellules épithéliales.

### ***b/ Propriétés gastro-intestinales***

#### ***Ulcère gastrique***

Le gel d'Aloe-vera a la capacité de minimiser les ulcères gastriques tant chez l'homme que chez l'animal. Les extraits de feuilles de cette plante ont également été largement recommandés pour favoriser la digestion et le traitement de l'ulcère peptique en raison de son action cytoprotectrice importante.



### *Constipation*

Le suc d'aloès a une action laxative dite stimulante, c'est-à-dire qu'il n'agit pas sur le volume du bol fécal mais directement sur la motilité intestinale. L'effet laxatif se fait alors en accélérant les mouvements de l'intestin et donc la vidange de celui-ci.

#### **2.4.2.7 Application**

L'Aloe Vera est une plante à plusieurs usages et utilisations parmi ceux-ci on peut citer les :

##### **a. Utilisations alimentaires**

Les aloés sont des plantes riches en différents nutriments de haute valeur nutritionnelle, telle que : les vitamines, les minéraux, les sucres et les protéines, .....etc. (Bassetti et Sala, 2005).

Le gel des aloés est utilisé comme une source nutritionnelle (complément alimentaire) dans l'industrie agroalimentaire, surtout pour la préparation des boissons de santé sans effets laxatifs, il est aussi utilisé comme ingrédients dans divers produits alimentaires par exemple, produits laitiers, crème glacée, la confiserie ...etc. (Ramachandra et Rao, 2008). L'*Aloe Vera* peut être consommée comme légume (au Japon) et être transformée en nourriture ou boissons (Chang et al., 2011).

##### **b. Utilisations cosmétiques**

L'aloès s'utilise depuis des siècles comme lotion pour la peau, des légendes disent que, Cléopâtre devait sa beauté à cette plante (Isrine, 2001). L'industrie des produits cosmétiques utilise de plus en plus le gel des aloés pour ses propriétés (hydratantes) dans la formulation des baumes pour les lèvres, des masques, de crèmes et produits solaires pour éviter et guérir les brûlures. Aussi bien dans les dermatites obtenues après irradiation par les rayons que dans les brûlures accidentelles. Le gel accélère la guérison plus ou moins selon leur gravité, ainsi l'aloès en crème de peau a les propriétés de supprimer les boutons, la poudre d'aloès dans les produits et les savons de douche a un excellent effet anti irritant et de désodorisant (Li, 2009).

##### **c. Utilisation comme produits de santé**

Les produits de santé d'aloès peuvent être employés extérieurement ou intérieurement (Schweizer, 2006). Aujourd'hui il y a des capsules et des comprimés d'Aloe au marché (Li, 2009). En Afrique du sud, une décoction de feuilles est administrée aux femmes pour faciliter

leur accouchement, en Italie des jus de feuille d'Aloe sont commercialisés comme des boissons curatives (Fakim et Schmelzer, 2008).

#### *d. Utilisation ornementale et horticulture*

Les aloés sont des plantes décoratives et fortement collectables. Elles sont devenues communes dans les jardins de service et du commerce horticole général (Grace ,2011 ; O'Brien, 2005).

#### **2.4.2.8 Toxicité**

La toxicité de l'Aloe Vera reste un sujet tabou et peu étudié. Cette plante dite des miracles bénéficiant d'une histoire vue sous un prisme sans faille permet un marketing hors pair. La découverte d'une certaine toxicité pourrait alors faire l'effet d'une bombe dans le milieu de la cosmétique. Aujourd'hui, seul 8% des publications concernant l'Aloe Vera s'intéresse à sa toxicité et très peu concernent le gel d'Aloe Vera. Il existe d'ailleurs une grande disparité entre les résultats démontrés. Ceci peut s'expliquer par un grand nombre de facteurs différents, notamment les conditions de vie de la plante (saison, localisation, irrigation...) mais aussi des différences dans la préparation des gels. (Guo, X.; Mei, N, 2016).

#### **2.4.2.9 Marché**

L'utilisation de l'Aloe vera a pris des proportions énormes, plus de 60 720 tonnes ont été utilisées en 2016 ce qui représente plus 1,6 billions de dollars américains. Le plus gros consommateur est sans aucun doute le domaine de la cosmétique avec plus de 45% des parts du marché ce qui représente un volume de près de 27 460 tonnes, c'est-à-dire une augmentation de 6,2% par rapport à 2015. L'Allemagne est aujourd'hui le plus gros consommateur mais les pays d'Asie en sont de plus en plus friands. Le retour à la médecine traditionnelle ainsi qu'aux produits naturels assure à l'Aloe vera un beau succès pour encore de nombreuses années. D'après les estimations du FMI, le marché de l'Aloe vera pourrait rapporter plus de 3,3 billions de dollars d'ici 2026 (Global demand for Aloe Vera, 2016).

---

## **Chapitre III.**

### **Matériels et Méthodes**

Ce chapitre est consacré à la description des différents matériaux et produits chimiques expérimentales utilisés, détaillent les méthodes et techniques expérimentales employés tout au long de ce travail.

### 3.1 Objectifs du travail

L'objectif recherché à travers ce travail est d'étudier l'effet de séchage sur le rendement, les propriétés physico-chimique, la composition et l'activité biologique des huiles essentielles des plantes ; Pour se faire, nous avons procédé par :

- Collecte des plantes sahariennes.
- Extraction des huiles essentielles et l'extrait de chaque plante fraîche et sèche, suivit par une évaluation de leur qualité (les paramètres : acidité, indice de peroxyde, les acides gras, les pigments, les composés phénoliques et l'activité biologique)
- Etablir une comparaison pour déterminer l'effet de séchage.
- Calcul de rendement et analyse qualitative et quantitative de l'extrait de gel d'Aloe vera L.

Ce travail expérimentale a été réalise au niveau du laboratoire pédagogique de chimie et microbiologie de la faculté des Sciences de l'Université de Ghardaïa (Algérie).

### 3.2 Caractéristiques de la zone d'étude

#### 3.2.1 Situation géographique

La Wilaya de Ghardaïa se situe dans la partie centrale du Sahara septentrional aux portes du désert (le Sahara Nord-central algérien). Les coordonnées (GPS) : X : 32° 29' 39". Y : 03° 41' 23". Z : 548 m. Elle comporte 13 communes parmi lesquelles la commune de Bouhraoua et Zelfana.





**Figure 44:** Localisation géographique de la région de Zelfana et Bouhraoua

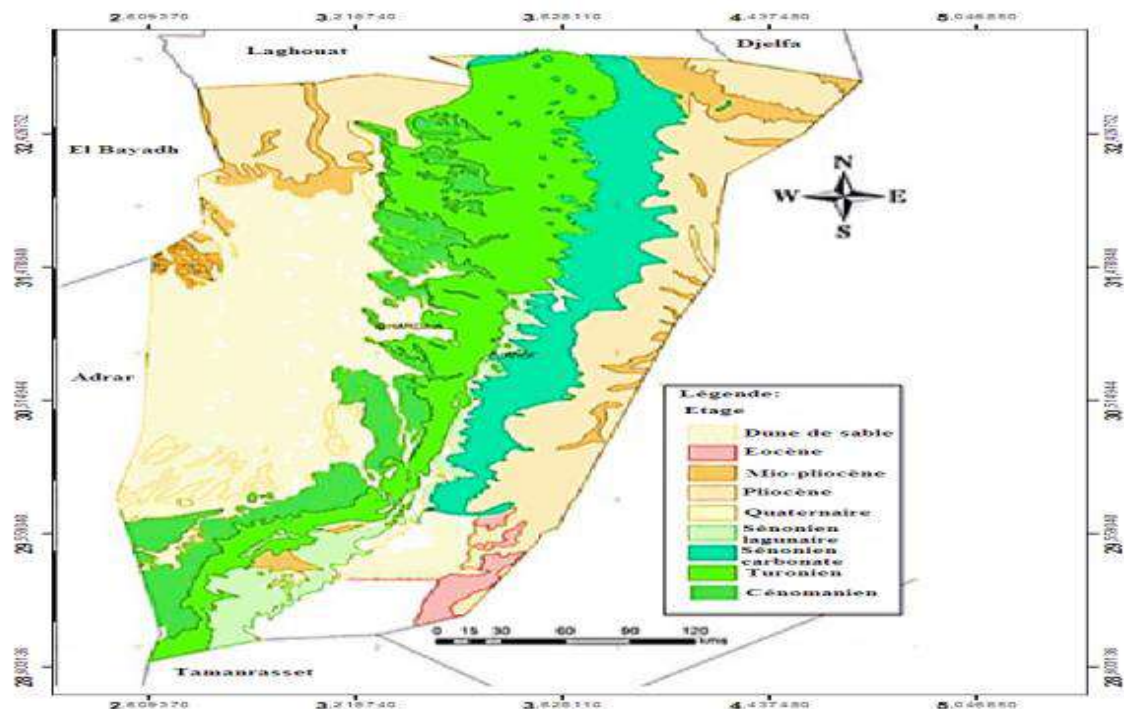
Zelfana est une commune de la wilaya de Ghardaïa en Algérie, située à 67 km à l'est de Ghardaïa. La commune est située au Nord de la wilaya de Ghardaïa ; sa superficie de la commune est de 2 220 km.

La commune de bouhraoua fait partie de la wilaya de Ghardaïa, située dans la partie sud de la wilaya, s'étend sur une assiette réelle s'élevant à 37 105 Km<sup>2</sup>.

### 3.2.2 Géologie

L'ensemble géomorphologique dans lequel s'inscrit dans la vallée du M'Zab est un plateau rocheux, le HAMADA. Le paysage est caractérisé par une vaste étendue pierreuse où affleure une roche nue de couleur brune et noirâtre.

Ce plateau a été masqué par la forte érosion fluviale du début du quaternaire qui a découpé dans sa partie Sud des buttes à sommets plats et a façonné des vallées. L'ensemble se nomme la CHEBKA «Filet» à cause de l'enchevêtrement de ses vallées. L'Oued M'Zab traverse ce filet de 38.000 km<sup>2</sup> du Nord-Ouest vers le Sud-Est.



*Figure 45: Carte géologique de la région de Ghardaia.*

La ville de Zelfana est considérée comme une ville oasis avec un environnement agricole important qui lui permet de préserver son caractère traditionnel. Sa superficie agricole totale est de 103323 hectares répartis sur les zones propices à la culture, aux pâturages, aux routes et aux terres improductives [Urbatia, 2019].

Du point de vue géologique, la région du Zelfana est située aux bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du bas-Sahara. Les formations affleurantes sont d'âge Crétacé supérieur, elles sont tabulaires légèrement inclinées vers le Nord-Est (centre du bassin) [ANRH, 2020].

### 3.2.3 Climatologie

Les données climatologiques fournies par la station météorologique de Ghardaïa, montrent que les régions de Ghardaia se caractérisent par un climat saharien aride de type sec et se caractérisent par deux saisons : Une saison chaude et sèche allant du mois d'avril au mois de septembre, et une autre saison tempérée allant de d'octobre à mars, donc les hivers sont courts et rigoureux et les étés sont longs et chauds.

#### - Pluviométrie :

Les précipitations annuelles sont très faibles et irrégulières varient entre de 84 et 200 mm/an sur une durée moyenne de quinze ( 15 ) jours par an avec des précipitations

moyennes allant 11 à 68 mm font du mois de février le mois le plus sec et les précipitations sont les plus importantes de l'année avec une moyenne de 35.6 mm en juillet.

Ces caractéristiques climatiques se répercutent directement sur l'hydrographie saharienne entraînant la rareté des eaux superficielles et l'importance des eaux souterraines.

- **Température**

Elle est caractérisée par des températures élevées comme celles des autres régions du sud. La période chaude commence au mois de Mai et dure jusqu'au mois de Septembre avec une température moyenne annuelle est de l'ordre de 22,6 °C. La température moyenne enregistrée au mois de Juillet le plus chaud est de 36,3 °C, le maximum absolu de cette période a atteint 47 °C. Pour la période hivernale, janvier est le plus froid avec une température moyenne enregistrée ne dépasse pas 9,2 °C, le minimum absolu de cette période a atteint -1 °C.

- **Vents**

Pendant certaines périodes de l'année, en général en Mars et Avril.

Les vents de sable sont très fréquents dans la région d'El-Ménéa surtout pendant le printemps, les mois d'Avril, Mai et Juin.

Pour ce qui est du Sirocco, dans la zone de GHARDAIA on note une moyenne annuelle de 11 jours/an pendant la période qui va du mois de Mai à Septembre.

- **Humidité**

L'humidité relative de l'air à Ghardaïa est très faible avec une moyenne annuelle de 36,86%. Elle atteint son maximum au mois de novembre (56,6%) et son minimum au mois de juillet (19,7%). La moyenne de l'évaporation est assez importante cela est dû aux températures de la région très élevées

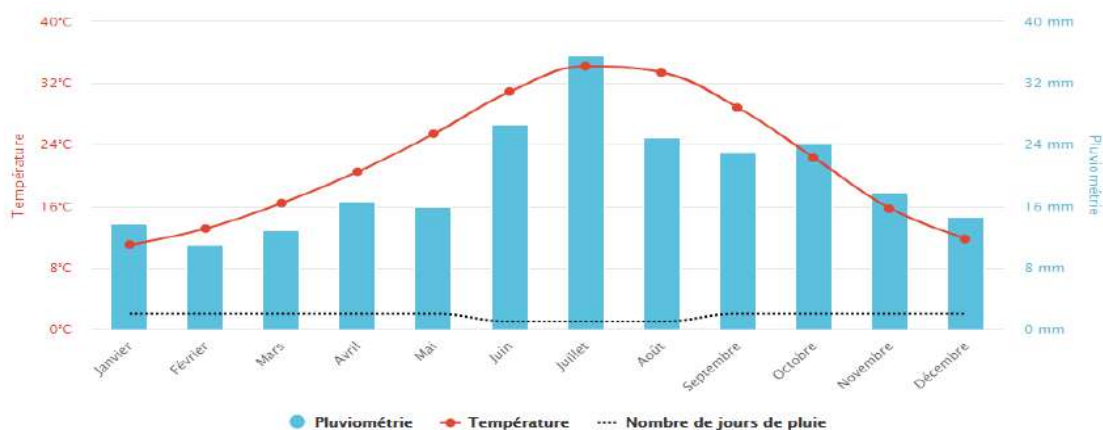


Figure 0-3: Diagramme climatique de a région de Ghardaïa (ONM 2019)

Zelfana et Bouhraoua ont un climat aride désertique chaud, avec des étés très chauds et des hivers doux, et très peu de précipitations. Donc ces régions ont caractérisé par la rareté des écoulements sur le sol dû aux faibles précipitations et à la forte évaporation.

### 3.3 Matériel

#### 3.3.1 Matériel végétal

##### 3.3.1.1 Collecte du Matériel végétal :

###### - Plante 01 : (*P. chloranthus*)

Les travaux de la présente thèse ont été effectués sur la partie aérienne (tiges et racines) de la plante *Pituranthos chloranthus* fraîche et sèche (Figure 7) de la famille des Lamiaceae qui a été récoltées à la main dans la région de Ghardaia (Zelfana) 32°23'49"N 4°13'34" E GPS située à 35° 10 ' 59" N, 1° 10' 23" W, à une altitude de 561 m en février 2018 et récupérée dans un sac en tissu épais propre (Figure 12). Ensuite, La biomasse a été récoltée manuellement puis rincée à l'eau distillée pour se débarrasser des impuretés, et divisée en deux parties. La première quantité utilisée comme herbe fraîche, elle a été découpée en petits morceaux de 2-3 cm de longueur, puis amenée directement à l'hydro distillation. La deuxième quantité a été étalée horizontalement sur un plan en bois recouvert d'un tissu épais propre, et séchée au laboratoire à température ambiante (27-29C°) pendant 07 jours. Enfin, elle a été découpée en parties très fines (2-5 mm) pour servir à l'extraction de l'huile essentielle, puis conservé hermétiquement dans un endroit sec.

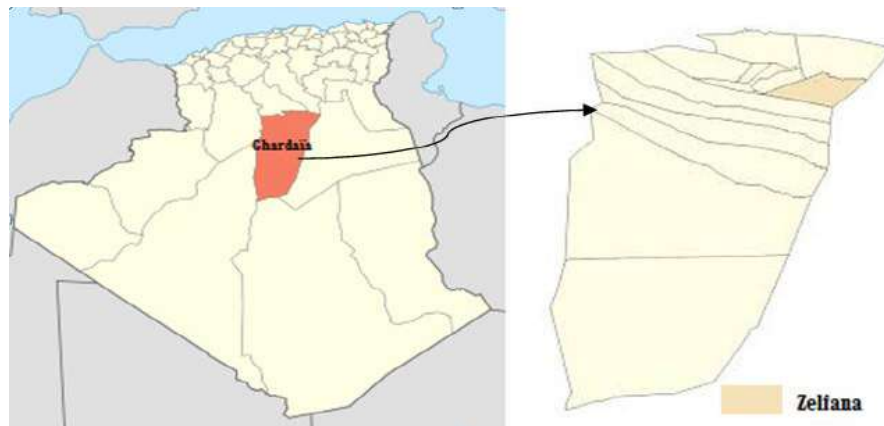


**Figure 47:** Plante *P. Chluranthus* a) fraîche, b) séchée à l'ombre

- Le 28 février 2021, les feuilles fraîches d'*Aloe Barbadensis Miller L.* ont été récoltées à la main, au hasard, sur la même plante, d'un jardin local situé à Bouhraoua, une petite commune de la ville de Ghardaïa (Algérie) (Fig. 1).
- Les échantillons sélectionnés doivent être volumineux et ne montrer aucun signe d'infection et être amenés directement à notre laboratoire pour commencer les expériences.



Après rinçage avec l'eau distillée pour se débarrasser des impuretés, la plante est divisée en deux groupes, l'un reste fraîche et le deuxième séchée à l'ombre à une température ambiante (27-29°C) à l'abri de l'humidité pendant 07 jours. Enfin, elle est malaxée en poudre très fine, puis conservée hermétiquement dans un endroit sec.



**Figure 48:** Carte géographique de site d'échantillonnage dans la wilaya de Ghardaïa, région de Zelfana, (Google map, 2021)

### 3.3.2 Identification taxonomique de la plante

Le matériel végétal a été authentifié par **Pr. CHEHMA** (Département d'Ecologie Appliquée, Faculté Science de la Nature et de la Vie, Université Kasdi Merbah, Ouargla).

L'identification botanique du matériel végétal a été confirmée aussi avec logiciel de botanique *Plantnet* et confirmé par le moteur de recherche *Google chrome*. Avec le logiciel *Plantnet*, l'identification botanique a consisté à la reconnaissance de l'espèce grâce à une photographie de plante.

## 3.4 Extraction:

### 3.4.1 Extraction d'huile essentielle *P. Chloranthus*

En présente étude, L'extraction et la séparation de l'huile essentielle a été fait par l'extraction solide-liquide de la partie aérienne du *Pithoranthus chloranthus* de *Guezzah* par la méthode d'hydrodistillation.

Une quantité de 300 grammes de la partie aérienne fraîche de la plante *P. chloranthus* est introduite dans un ballon à fond rond de 2 litres imprégné d'eau distillée (environ 1,5 L). Le mélange a ensuite été bouilli pendant 3 heures. L'huile essentielle se condense à travers le réfrigérant et tombe dans une ampoule à décanter. On récupère deux phases (aqueuse et organique) d'où le distillat avec une couche d'huile relativement fine, leur séparation se fait par différence de densité après décantation du mélange pendant 15 min. Après décantation, l'huile essentielle est recueillie à la seringue, déshydratée avec du Sulfate de Sodium et conservée dans

des flacons en verre scellés ambrés stérilisés et conservés au réfrigérateur à 4°C jusqu'à analyse pour éviter leur dégradation due à l'action de l'air ou de la lumière.

Les rendements en huiles essentielles sont calculés par le rapport entre la masse d'huile essentielle et la masse végétale sèche à traiter (Carré, 1953).

### 3.4.2 Préparation d'extrait de gel d'*Aloe vera*

Les feuilles fraîches d'*Aloe Barbadensis Miller L.* sélectionnés doivent être volumineux et ne montrer aucun signe d'infection et être amenés directement à notre laboratoire pour commencer les expériences. Les feuilles fraîches d'*Aloe vera* ont été lavées plusieurs fois avec de l'eau distillée froide pour éliminer la poussière et les impuretés, puis laissées sécher. Après cela, nous avons utilisé un couteau pour fileter et récupérer le gel de mésophylle situé au centre de la feuille d'*aloe vera*, qui a été homogénéisé pendant 15 min à l'aide d'une cointreuse domestique. Enfin, le mélange a été réduit en poudre par séchage dans une étuve à 40°C pendant cinq jours. Pour préparer un extrait aqueux du gel de feuilles d'*Aloe vera*, 50 g de poudre sèche d'*Aloe vera* obtenue ont été extraits selon la méthode de macération à froid [36] dans 150 ml d'eau distillée sous agitation continue pendant 24 h. Après incubation, le mélange a été filtré à l'aide d'un filtre de Whatmann, puis évaporé à 40 ° C dans un bain-marie thermostaté pour donner l'extrait. Un extrait méthanolique de gel de feuilles d'*Aloe vera* a été préparé en extrayant 50 g de la poudre séchée dans 150 ml de méthanol sous agitation constante pendant 24 heures. Après incubation, le mélange a été filtré à l'aide d'un filtre de Whatmann puis évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif sous vide à 40°C pour éliminer le solvant et traiter l'extrait. Les deux extraits ont été conservés à 4°C dans des flacons sombres stériles pour toute investigation ultérieure.

## 3.5 Caractérisations

### 3.5.1 Caractérisation des huiles essentielles d'huile essentielle *P. Chloranthus*

#### 3.5.1.1 Caractérisation organoleptique

La caractérisation organoleptique des huiles essentielles de *P. Chloranthus* a consisté à évaluer ; l'aspect, la couleur et l'odeur, en utilisant les sens.

#### 3.5.1.2 Teneur en huile essentielle

La teneur en huile essentielle, exprimée en ml du distillat par 100 g de matière sèche, est exprimée par la relation suivante :

$$T_{HE} = \left( \frac{V}{M_s} \times 100 \right) \pm \left( \frac{\Delta V}{M_s} \times 100 \right)$$

$T_{HE}$  : Teneur en huiles essentielles

$V$  : Volume d'huiles essentielles recueilli (ml)

$\Delta V$  : Erreur sur la lecture

$M_s$  : Masse végétale sèche (g)

### 3.5.2 Identification des composants par chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse (GC/MS) et analyses GC-FID

L'analyse qualitative des huiles essentielles a été réalisée par GC/MS à l'aide d'un détecteur sélectif de masse Agilent 6890N couplé à un détecteur inerte MSD Agilent 5975 B chromatographe en phase gazeuse, équipé d'une colonne capillaire HP-5-MS (30m x 0.32mm, et 0.25  $\mu\text{m}$  d'épaisseur de film). 1,0  $\mu\text{l}$  Les échantillons ont été injectés avec un rapport sans division en utilisant de l'hélium comme gaz vecteur, à 20  $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ . La pression de la colonne était de 100 Kpa et les températures de l'injecteur et du détecteur étaient de 250°C et 230°C respectivement. Four La température de la colonne a été maintenue à 60°C pendant 8 min, puis portée à 280°C à 3°C  $\text{min}^{-1}$ , et maintenue pendant 15 min à 300°C à 15°C.  $\text{min}^{-1}$ . Les spectres de masse ont été exécutés en mode d'ionisation par impact électronique à 70 eV avec une plage de masse de 50 à 550 m/z.

La quantification des composants de l'huile a été réalisée par chromatographe en phase gazeuse (GC) couplé à un détecteur à ionisation de flamme (FID) avec les mêmes conditions que celles du GC-MS sur la base de leurs indices de rétention RI, leurs schémas de fragmentation spectrale de masse ont été comparés à celui de la série des alcanes normaux comme référence et ceux rapportés dans la bibliothèque MS (base de données NIST).

### 3.5.3 Analyse qualitative et quantitative de l'extrait de gel d'*Aloe vera L*

L'extrait de gel aqueux et méthanolique d'*Aloe vera L*. utilisé pour déterminer la qualité et les propriétés de cette plante telles que le pH, la densité, l'eau et la biomasse sèche soluble et pour rechercher la présence de composés phytochimiques, notamment le phénol total, les flavonoïdes, les alcaloïdes, la saponine, le tanin et la concentration de chaque pigment a été calculée. Les analyses ont été effectuées en utilisant la méthode spectrophotométrique selon la méthode standard avec de légères modifications :

### 3.5.3.1 Calcul du rendement

Les pourcentages en extrait brut ont été calculés par la formule suivante :

$$R(\%) = M/M_0 \times 100$$

R : Rendement exprimé en %

M : Masse en gramme de l'extrait sec résultant

M<sub>0</sub> : Masse en gramme du matériel végétal à traiter.

### 3.5.3.2 Détermination des paramètres physicochimiques :

#### *a/Détermination du pH*

L'abréviation pH renvoie à la notion de potentiel hydrogène. Un indicateur de l'acidité, Le pH s'exprime selon une échelle logarithmique de 0 à 14 unités. Un pH inférieur à 7 indique que l'eau est acide alors qu'un pH supérieur à cette valeur indique qu'il s'agit d'une eau alcaline. Une eau « neutre » possède un pH de 7 unités. C'est le cas de l'eau pure à 25 °C [138].

Le pH des échantillons a été mesuré en utilisant un pH-mètre digital préalablement calibré avec des solutions tampons d'eau distillé à pH 7,0. La détermination du pH a été réalisée à une température de 16±0,5°C en maintenant l'électrode immergée dans l'extrait agité avec un agitateur magnétique.

#### *b/ Détermination de taux d'humidité de la poudre (AFNOR, 1982)*

Le taux de l'humidité de la matière végétal a été déterminé par la méthode « NF T 60-305, juin (1976) normalisé, décrite par AFNOR 1982 Cette méthode consiste en une dessiccation du produit après chauffage à une température de 103± 2°C dans une étuve jusqu'à obtention d'une masse constante.

Le taux d'humidité exprimé en pourcentage est calculé selon la formule suivant :

$$H\% = ((M_1 - M_2) * 100) / P$$

Dans laquelle :

M<sub>1</sub> : masse de l'ensemble capsule et la matière végétale avant étuvage(g).

M<sub>2</sub> : masse de l'ensemble capsule et la matière végétale après étuvage(g).

P : masse de la prise d'essai(g).

#### *c/Détermination de concentration des métaux*

La spectroscopie UV / VIS / est généralement utilisée pour déterminer les concentrations d'analyte ou la conversion chimique d'un composant en solution. La technique mesure l'absorption de la lumière sur la plage optique souhaitée. Un échantillon est distribué dans une

cuvette et placé sur le trajet entre la source de lumière optique et un détecteur. Selon la loi de Beer-Lambert, avec une longueur de trajet lumineuse constante et un coefficient d'absorption connu (dépendant de la longueur d'onde), la concentration d'un composé en question peut être déterminée à partir de la lumière absorbée à cette longueur d'onde.

Dans ce test on prend comme échantillon l'extrait de méthanol. Et le méthanol comme solution blanc Pour la mesurer on utilise le Spectrophotomètres UV / Visible. La concentration et l'absorbance de chaque métal est enregistré.

### 3.5.3.3 Analyse phytochimique

L'examen phytochimique quantitative est un premier pas dans la recherche des classes chimiques. Il permet de détecter les différentes familles chimiques présentes dans l'*Aloe vera* gel.

Avant de mettre en évidence les principes actifs se trouvant au sein de la plante d'*Aloe vera*, les extraits aqueux et Méthanolique ont été préparés pour les tests ultérieurs :

**a) extrait aqueux :** 50 g de matériel végétal ont été mis en contact avec 300 ml d'eau dans un ballon monocol surmonté d'un réfrigérant. L'ensemble a été porté à reflux pendant une heure. Le mélange a été filtré et l'extrait aqueux a été soumis aux différents tests.

**b) extrait Méthanolique :** La plante pulvérisée en poudre (50 g), a subi une macération dans un mélange des solvants : (Méthanol / eau, 80/20) (v/v) pendant 24 heures, puis on a filtré et ensuite on a recueilli le filtrat en suite on répète une seconde fois ce procédé. Les diverses fractions récupérées ont été réunies et évaporées sous pression réduite sur le rotavapeur à une température de 40 °C.

La mise en évidence des principes actifs, a consisté à la détection des polyphenol, flavonoïdes, tanins, alkaloïde, saponosides, au sein de l'échantillon *Aloe vera* gel.

#### 3.5.3.3.1 Test phytochimique qualitative

##### a/ Détection des phénols

Test de chlorure ferrique: Les extraits d'eau d'échantillons ont été traités avec 3-4 gouttes de solution de chlorure ferrique. La formation de couleur noir bleuâtre indique la présence de phénols (Singleton et al., 1999).

**b/Détection des flavonoïdes**

**Test de réactif alcalin:** 1 g de matériau en poudre a été bouilli dans de l'eau distillée et 5 ml de solution d'hydroxyde de sodium. Il donne une couleur jaune intense, qui devient incolore lors de l'ajout d'acide dilué, indique la présence de flavonoïdes (Barek et al., 2015).

**c/Détection des tanins**

**Test de gélatine:** l'extrait d'eau des échantillons a été traité avec une solution de gélatine à 1% contenant du chlorure de sodium. La formation de précipité blanc indique la présence de tanins (Singh et al., 2012).

Un test positif est révélé par l'apparition d'une coloration bleue-noire (tanins galliques), vert ou bleu-verte (tanins catéchiques) (Karumi et coll, 2004).

**d/Test pour les terpénoïdes**

2,0 ml de chloroforme ont été ajoutés avec l'extrait aqueux de plante de 5 ml et évaporés sur le chemin de l'eau, puis bouillis avec 3 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré. Une couleur grise s'est formée qui montrait l'entité des terpénoïdes (Ferguson, 1956).

**e/Détection de la saponine**

- **Test de mousse:**

2 ml de filtrat aqueux ont été prélevés dans un tube à essai et secoués vigoureusement. La formation de mousse de plus de 1 cm de long indique la présence de saponines (Bruneton, 2009).

- **Test de saponification:**

Quelques gouttes de solution d'hydroxyde de potassium alcoolique de 0,5 N sont ajoutées à une petite quantité d'extrait avec une goutte de phénolphthaléine. Le mélange est chauffé au bain-marie pendant 2 heures. La formation de savon ou la neutralisation partielle de l'alcali indique la présence d'huiles et de graisses fixes (Obdoni et Ochuko, 2001).

**f/ Détection des alcaloïdes (Harborne, 1973 ; Paris et al, 1969))***Réactifs***Réactif de Mayer**

[ Iodure mercurique ou HgCl<sub>2</sub> — 1,36 g, dans 60 mL d'eau ]

[ Iodure de potassium KI— 5 g. dans 10 mL d'eau H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> — 30 mL]

**Réactif de Wagner**

[Iode — 1,27 mg. KI — 2 mg. Eau de distillation — 100 mL]

- **Test de Mayer**

À quelques ml d'extrait d'échantillon de plante, deux gouttes de réactif Mayer sont ajoutées le long des côtés du tube à essai. L'apparition d'un précipité crémeux blanc indique la présence d'alcaloïdes.

- **Test de Wagner**

Quelques gouttes de réactif de Wagner sont ajoutées à quelques ml d'extrait de plante le long des côtés du tube à essai. Un précipité rougeâtre-brun confirme que le test est positif.

### **3.5.3.3.2 Dosage des composés phénoliques**

#### **a/Dosage des poly phénols totaux**

La concentration des phénols totaux a été déterminée par la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu avec spectrophotométrie UV-visible et a été décrit en 1965 par Singleton et Rossi.

#### **Principe**

Le réactif de Folin-Ciocalteu est un acide de couleur jaune constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMO_{12}O_{40}$ ). Il est réduit lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleu de tungstène et de molybdène la coloration produite, dont l'absorption maximum à environ 760-765 nm est proportionnelle aux taux des composés phénoliques oxydés présents dans les extraits végétaux.

#### **Mode opératoire**

Le dosage des polyphénols totaux est réalisé selon la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu avec quelques modifications pour réaliser ce dosage, Une quantité de 100  $\mu$ l des échantillons (de sirop et des extraits des dattes) sont mélangés avec 500  $\mu$ l du réactif de Folin-Ciocalteu fraîchement préparé (dilué 10 fois) et incubées à température ambiante dans l'obscurité. Après 2min, 1,5 ml de carbonate de sodium  $Na_2CO_3$  (20%) sont ajoutés. Le mélange final subit une agitation à l'aide d'un vortex.

Un blanc, contenant tous les réactifs, excepté l'échantillon qui est remplacé par le méthanol, est préparé dans les mêmes conditions.

Après 2 heures d'incubation à l'obscurité, la lecture est réalisée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 760 nm.

La détermination de la concentration en polyphénols totaux est effectuée en se basant sur une courbe d'étalonnage  $y=ax+b$  réalisée en parallèle par l'acide gallique. L'acide gallique est utilisé comme standard pour préparer une gamme étalon dans la marge de concentration 0-2 mg/ml, dans les mêmes conditions et les mêmes étapes du dosage. La teneur des polyphénols totaux ont été exprimés en mg d'équivalent d'acide gallique par gramme.

#### **b/Dosage de la concentration en Ortho-diphénol**

La concentration en ortho-diphénols des extraits méthanoliques des échantillons est déterminée suivant le protocole de Mateos. Cette méthode est basée sur la formation de complexes entre les ortho-diphénols et les ions molybdates.

A 4 ml d'extrait méthanolique, sont ajoutés 1 ml d'une solution de molybdate de sodium déshydraté à 5% dans l'éthanol-eau (v/v). Le mélange est agité vigoureusement et après 15 mn d'incubation à l'obscurité, l'absorbance des solutions phénoliques est mesurée à 370nm.

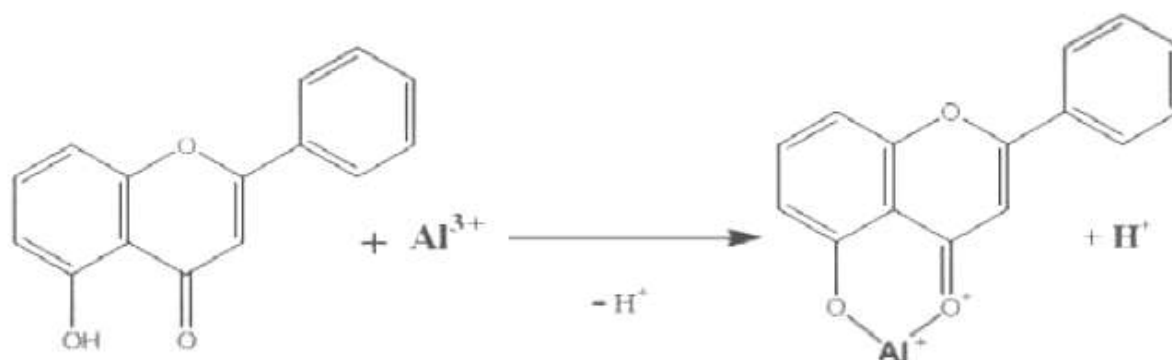
L'acide caféique est utilisé comme standard pour préparer une gamme étalon dans la marge de concentration 0 -100 mg L<sup>-1</sup>. Les teneurs en ortho-diphénols des échantillons sont calculées à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide caféique.

#### **c/Dosage de la concentration en flavonoïde**

Le dosage des flavonoïdes est basé sur la complexation des flavonoïdes par l'aluminium suite à la chélation de métaux ( $Al^{3+}$ ) utilisés sous forme de trichlorure d'aluminium ( $AlCl_3$ ), par les groupements OH.

Le chlorure d'Aluminium forme des complexes jaunâtres avec les atomes d'oxygène présents sur les carbones 4 et 5 des flavonoïdes comme le montre la figure (37).





**Figure 49 :** Mécanisme de réaction de chlorure d'aluminium avec les flavonoïdes

2 ml de jus ou des extraits méthanoïques sont mélangés avec 2 ml de solution de chlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3, 6 \text{H}_2\text{O}$ ) (2%). Puis homogénéiser et laisser au repos pendant 15 min à température ambiante à l'obscurité. Le blanc est préparé dans les mêmes conditions. Après 2 heures d'incubation à l'obscurité, la lecture est réalisée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 760 nm.

La quantité de flavonoïdes contenue dans notre échantillon est calculée en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée avec la quercitrine (1mg/ml). La quercitrine est utilisée comme standard pour préparer une gamme étalon dans la marge de concentration 0 - 250  $\text{mg L}^{-1}$

### 3.5.3.4 Évaluation de la capacité antioxydante

Pour établir l'activité antioxydante de l'huile essentielle de *P. chloranthus* et de l'extrait de gel d'*Aloe vera* L, nous avons utilisé deux méthodes simples et rapides.

#### 3.5.3.4.1 Activité de piégeage des radicaux libres par dosage DPPH

Dans cette étude, nous avons utilisé la méthode de piégeage des radicaux libres DPPH pour examiner l'activité antioxydante de l'extrait et l'huile essentielle selon le protocole utilisé par Brand-Williams et al. [49] et en utilisant l'acide ascorbique comme étalon de référence. Les résultats donnaient le pourcentage d'inhibition des radicaux libres DPPH (I %) et la valeur  $\text{IC}_{50}$  qui indiquait la concentration de l'extrait testé qui pouvait inhiber 50 % des radicaux DPPH. La concentration inférieure indique une activité antioxydante plus élevée [50]. 2 ml de solution de DPPH préparée (0,1 mM) ont été ajoutés à 1 ml de solutions d'échantillon à différentes concentrations (0-40 mg/ml) préparées en dissolvant l'échantillon avec du méthanol. Après avoir été secoué vigoureusement, le mélange a été incubé dans  $\text{As}_0$  été vérifiée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV vis JASCO-V530).

L'activité de piégeage des radicaux (pourcentage d'inhibition I%) a été calculée à l'aide de l'équation:  $\text{I}\% = [(\text{As}_0 - \text{As}_1)/\text{As}_0] \times 100$

Où,  $\text{As}_0$  : est l'absorbance du contrôle.  $\text{As}_1$  : est l'absorbance de l'échantillon.

La valeur  $IC_{50}$  est la concentration d'huile essentielle qui pourrait inhiber 50% des radicaux DPPH a été calculée à partir du graphique par une régression linéaire. La solution de 1 ml de méthanol et 2 ml de DPPH· ont été servis comme contrôle négatif et en utilisant Trolox comme contrôle positif.

#### 3.5.3.4.1 Capacité de piégeage des radicaux libres par dosage ABTS

La capacité de piégeage des radicaux libres a été déterminée en utilisant la méthode d'action de décoloration radicalaire ABTS comme précédemment rapporté par Roberta et al. (1999). Avant l'utilisation, 2 ml d'une solution étalon d'ABTS de concentration 7mM préparée avec de l'eau ultra pure et mise à réagir avec 2 ml de solution aqueuse de persulfate de potassium ( $K_2SO_8$ ) de concentration 2,45 mm.

Le mélange a ensuite été maintenu à l'obscurité à température ambiante pendant 12 à 16 h avant l'utilisation. La solution  $ABTS^+$  a été diluée dans du méthanol jusqu'à obtenir une absorbance d'environ 0,7 ( $\pm 0,02$ ) à 734 nm (lecture à blanc). Après addition de 2 ml de solution diluée d'ABTS à 0,5 ml de la préparation de solutions éthanoliques de différentes concentrations de l'extrait (0, 1, 2, 5, 5, 10, 20 mg/ml) et du standard Trolox (40, 80, 120, 200, 300, 400  $\mu M$ ) comme contrôles positifs, les lectures d'absorbance ont été prises après 6 min.

Les résultats de capacité antioxydante ont été exprimés en TEAC (équivalent Trolox). La valeur  $IC_{50}$  correspond aux concentrations des échantillons qui pourraient inhiber 50 % des radicaux ABTS ( $IC_{50}$ ) a également été calculée en parallèle à partir du graphique par une régression linéaire.

#### 3.5.3.5 Test de l'activité antimicrobienne

Pour L'évaluation de l'effet antimicrobienne de différents extraits on utilise la méthode de diffusion sur disque » (Essawi et Srour, 2000).

##### *a/ Souches microbiennes et milieux de culture*

L'huile essentielle des parties aériennes fraîches et sèches de *P. chloranthus* a été testée contre cinq souches microbiennes dont deux bactéries gram positives (*Enterococcus faecium* ATCC 19434, et *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, deux bactéries gram négatives (*Salmonella typhimurium* ATCC 14028, *Escherichia coli* ATCC 8739) une levure (*Candida albicans* ATCC 10231).

L'activité antimicrobienne de l'extrait aqueux de gel d'Aleo vera a été testée contre une bactérie gram positive (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923) deux bactéries gram négatives (*Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Escherichia coli* ATCC 25922) ; une levure (*Candida albicans* ATCC 10231).

La gélose et le bouillon Mueller-Hinton et la gélose et le bouillon Sabouraud ont été utilisés comme milieux de culture bactérienne et fongique.

Les disques de gentamycine (10 µg/disque) et de nystatine (100 µg/disque) ont été utilisés comme antibiotique standard contre les bactéries et les champignons, respectivement

#### ***b/ Méthodes***

**a) Conservation des souches étudiées :** Les souches référentielles sont conservées à 4 °C dans des tubes stériles contenant 10 ml de milieu de culture incliné gélose de M-H pour les bactéries et PDA pour la souche fongique (levure).

**b) Ensemencement des souches conservées :** Dans un endroit stérile et à partir de la souche conservée, un ensemencement a été faite sur des boites pétri contenant de la gélose de M-H pour les bactéries et PDA pour la souche fongiques (levure), puis incubation de 24h à 37°C.

**c) Préparation des suspensions microbiennes :** Des colonies bien isolées des cultures pures ont été repiquées dans le BMH (Bouillon Muller-Hinton) puis incubées à 37 °C pendant 18h. pour conserver le maintien de la culture et favoriser leur croissance bactérienne.

La levure a été revivifiée dans le BS (Bouillon Sabouraud) à 30 °C pendant 48h, pour conserver le maintien de la culture et favoriser leur croissance.

#### ***c/ Méthode de diffusion sur disque (Aromatogramme)***

La méthode des aromatogrammes est la technique choisie pour déterminer l'activité antimicrobienne des extraits de la plante, cette méthode est décrite par Jacob et Tonei, 1979. Elle consiste à utiliser des disques de papier stérile de 6 mm imprégnés dans les différentes concentrations des extraits.

Les disques sont stérilisés puis imbibés de 20 µl d'extraits à tester et un disque imbibé de DMSO est utilisé comme un témoin. .

Par ailleurs, l'agar Muller-Hinton (MH) stérile a été coulé dans des boites de pétri stériles jusqu'à la solidification du milieu, ensuite les boites sontensemencées par écouvillonnage à l'aide d'un écouvillon stérile en tournant la boite d'environ 60°, l'ensemencement s'effectue de telle sorte à assurer une distribution homogène des souches.

A l'aide d'une pince stérile, les disques imprégnés sont déposés à la surface de la gélose inoculée au préalable, sept disques sont déposés dans chaque boite. Ensuite elles sont fermées et laissées à une température ambiante pendant 20 min.

L'activité antimicrobienne est déterminée après l'incubation des boites dans une étuve à 37 °C pendant 24 h pour les bactéries et 48h à 30°C.

*d/Lecture des résultats*

Après la culture, l'effet des extraits se traduit par l'apparition autour du disque d'une zone circulaire transparente correspondant à l'absence de la croissance et donc la zone d'inhibition du principe actif (Choi et al, 2006). La mesure de la distance millimétrique de la zone est reportée sur l'échelle de concordance afin que la souche soit interprétée comme étant : sensible, intermédiaire ou résistante vis-à-vis du principe actif étudié.

Les résultats sont exprimés selon quatre niveaux d'activité (Ponce et al. 2003) :

- ❖ Souche résistante ( $D < 8$  mm)
- ❖ Souche sensible ( $9\text{mm} \leq D \leq 14\text{mm}$ )
- ❖ Souche très sensible ( $15\text{mm} \leq D \leq 19$  mm)
- ❖ Extrêmement sensible ( $D > 20$  mm)

**Test de sensibilité à l'antibiotique et l'antifongique**

Ce test a été réalisé pour étudier l'antibiogramme standard des germes et le comparer avec l'effet de nos extraits bruts. Les disques d'antibiotiques sont déposés à la surface d'un milieu gélosé, préalablement ensemencé avec une culture pure de la souche à étudier. La sensibilité des bactéries aux antibiotiques est appréciée selon le même protocole qu'avec les disques de papiers imprégnés d'extrait.

---

## **Chapitre IV**

# **Résultats et Discussion**

## 4.1 Etude de la composition et de la variabilité chimique des huiles essentielles des parties aériennes de *Pituranthos Chluranthus*

### 4.1.1 Rendement

Dans le but d'évaluer, l'effet de séchage sur la variabilité intra-populationnelle ainsi que la variation au cours du cycle de développement de la plante et sur deux périodes de développement, nous avons étudié la composition chimique de 2 échantillons d'huile essentielle de *Pituranthos Chluranthus*.

#### Rendements d'extraction

Les huiles essentielles des parties aériennes de *Pituranthos Chluranthus* ont été obtenues par hydrodistillation. Elles ont un aspect liquide et une couleur jaune pâle. Les rendements sont calculés par rapport à la matière végétale sèche. Une très grande variabilité concernant les rendements en huile essentielles a été observée, allant. Cette variabilité existe entre l'échantillon sec et fraîche et le rendement le plus élevé a été obtenu pour plante sèche allant de 0,7 à 0,36%. Compte tenu de ces résultats, Nous pouvons conclure que les plantes sèches produisent une quantité plus importante d'huile essentielle.

Plusieurs travaux relatifs au séchage des plantes indiquent des modifications considérables, particulièrement sur le plan quantitatif, au niveau des huiles essentielles.

Dans ce sens, Singh et al. (1977) ont trouvé que la teneur en huiles essentielles des feuilles d'*Eucalyptus citriodora* séchées à l'ombre pendant une semaine est de 1,70 % contre 1,14 % pour les feuilles fraîches. L'augmentation de la teneur en huiles essentielles avec le séchage suggère la continuité et l'accélération de la biosynthèse des huiles essentielles après la récolte du matériel végétal. La biosynthèse des huiles essentielles continue et s'accélère après la récolte du matériel végétal en réponse au stress hydrique (Zrira, 1992; Silou et al., 2002).

Toutefois, lors du séchage, une plante aromatique pourrait perdre une partie de son huile essentielle par volatilisation et par entraînement avec la vapeur d'eau éliminée. Ces pertes sont d'autant plus importantes que la durée de séchage est longue (Benjilali et Zrira, 2005) et que la température est trop élevée.

### 4.1.2 Composition chimique de l'huile essentielle

L'effet du séchage sur la composition chimique de l'huile essentielle (HE) obtenue par hydrodistillation des parties aériennes de *P. Chloranthus* a été déterminé par chromatographie en phase gazeuse/masse. Le résultat de l'analyse a identifié 18 composants, qui représentaient

respectivement 99,49 % et 89,74 % des huiles essentielles des plantes fraîches et séchées. Le niveau le plus élevé d'huile essentielle a été observé dans les plantes fraîches comme indiqué dans les tableaux 1. Le résultat a montré des changements mineurs dans la composition chimique obtenue à partir d'herbes fraîches et sèches des HE de *P. chloranthus* et les principaux constituants se sont avérés être le *cis*- $\beta$ -ocimène (20,77 %), la myristicine (20,48 %) ,  $\alpha$ -Phellandrène (17,08%), Limonène (15,87%), Sabinène (4,89%) et Germacrène D (3,49%) dans l'Herbe fraîche, la Myristicine (29,84%), Limonène (19,41%), Sabinène (13,05% ), terpinène-4-ol (6,13 %), butylidène dihydroptalide (6,13 %) et *cis*- $\beta$ -ocimène (4,01 %) dans l'herbe sèche. Ensuite, le *cis*- $\beta$ -ocimène, la myristicine, le limonène et le sabinène sont les principaux constituants volatils des deux huiles essentielles, mais avec des pourcentages différents.

Dans l'huile essentielle obtenue à partir de biomasse sèche, une augmentation significative de la concentration de sabinène de 8,16 %, de myristicine de 9,36 % et de limonène de 3,54 % mais la teneur en *cis*- $\beta$ -ocimène est diminuée de 16,76 % par rapport à l'huile essentielle obtenue à partir de matière fraîche.

Certains composés tels que l' $\alpha$ -Phellandrène et le germacrène D l'ont trouvé dans les échantillons frais, mais disparaissent après le séchage et remplacés par d'autres composés tels que le butylidène dihydroptalide et le terpinène-4-ol dans les échantillons séchés, ce qui a montré que le séchage a eu un effet sur la formation de nouveaux composés qui n'ont pas été détectés dans la composition chimique de l'huile essentielle de matériel frais de *P. chloranthus*.

Ces variations dans les caractéristiques organoleptiques des plantes sont probablement dues à certaines réactions biochimiques qui se sont produites en raison du dessèchement ou de son effet sur les enzymes hydrolases stimulées, ce qui peut entraîner des modifications particulières de la quantité de composés volatils (Díaz-Maroto et al., 2003 ; Hamrouni-Sellami et al., 2012). Ce résultat est en accord avec une étude antérieure réalisée par plusieurs auteurs (Krzysztof et al., 2011 ; Mejri et al., 2010 ; Venskutonis, 1997 ; Okoh et al., 2008).

Dans l'huile végétale fraîche, les valeurs en pourcentage de la principale classe de composés étaient les monoterpènes, ce qui est similaire à celui de l'huile végétale séchée mais avec une variation quantitative. Par ailleurs, la composition de nos HE isolées des parties aériennes de *P. Chloranthus* de zalfana (Ghardaïa) semble être différente des autres régions d'Algérie et d'autres pays. En effet, M.Dahia et al. (2007) ont établi que les principaux constituants de l'HE de *P. chloranthus* collectés à Berrayane (Ghardaïa - sud algérien -) étaient la myristicine (27,4%), le limonène (15,8%), l' $\alpha$ -pinène (11,4%), et l' $\alpha$ -phellandrène ( 8,3 %). Une autre étude de T. Yanguï et al. (2009) ont signalé la présence de terpinène-4-ol (30,3%), de 8-



hydroxy-p-cymène (4,2%), de myrtenol (4,1%). dans l'HE de *P. chloranthus* collectée à Sfax (centre-est de la Tunisie). Sur l'autre huile essentielle collectée à Douiret (Tatouine -Sud Tunisie-) par Mighri et al (2015), l' $\alpha$ -pinène, le sabinène, le cis-ocimène et le myrcène étaient principalement composés de l'HE obtenue à partir d'herbe fraîche de *P. chloranthus* et celle-ci les auteurs notent une augmentation importante de certains composés tels que l' $\alpha$ -phellandrène, le  $\Delta$ ,3-carène et le  $\beta$ -phellandrène dans la biomasse sèche. Aussi, L'étude de A. Neffati et al (2009b) ont montré un intérêt à l'évolution de la composition chimique des HE de *P. chloranthus* récoltées dans trois zones géographiques différentes de la Tunisie et on y retrouve l' $\alpha$ -pinène, le  $\beta$ -pinène, l' $\alpha$ -phellandrène,  $\beta$ -myrcène,  $\beta$ -phellandrène, p-cymène, 8-méthyl-décàl, acétate d'exo-2-hydroxycinéole et carvacrol les composent principalement. Cependant, cette composition variait avec le changement de l'aire géographique et de la saison. (Delmacia et al., 2020).

**Tableau 13:** Composé volatil (%) des huiles essentielles fraîches et séchées de *Pituranthos chloranthus* analysé par chromatographie en phase gazeuse-spectromètre de masse.

N°	IR	Composant	Frêche		séchée	
			TR (min)	TIC (%)	TR (min)	TIC (%)
1	937	alpha.-Pinene	3.321	0.36	3.321	0.32
2	971	sabinene	3.796	4.89	3.831	13.05
3	980	beta.-Pinene	4.025	1.26	4.025	2.57
4	1002	alpha.- Phellandrene	4.305	17.08	4.305	3.05
5	1028	Limonene	4.706	15.87	4.763	19.41
6	1034	cis- $\beta$ -ocimene	4.815	20.77	5.038	4.01
7	1056	$\gamma$ -Terpinen	5.398	3.92	5.404	3.97
8	1100	4-Carene	6.068	1.78	5.982	2.15
9	1129	terpinen-4-ol			8.694	6.13
10	1175	4-Terpineol			10.542	0.41
11	1377	Copaene	10.611	0.38		
12	1390	$\beta$ -Cubebene	10.954	0.28		
13	1428	Caryophyllene	11.567	0.36	11.538	0.23
14	1468	Germacrene D	12,745	3.49	12.728	1.30

15	1507	Delta- cadinene	13.054	1.33	13.501	0.31
16		Naphthalene	13.501	1.63	13.478	2.44
17	1519	Myristicin	15,223	20.48	15,326	20.84
18	1623	Dillapiole	16,745	3.07	16,642	2.96
19	1720	BUTYLIDENE PHTHALIDE	18,216	0.12	17.735	0.46
20		BUTYLIDENE DIHYDRO – PHTHALIDE	19.034	2.42	18.685	6.13
		Total (% Identification)		99.49		89.74

**IR** : Indice de rétention (Kovalts) sur la colonne HP-5 relative à n-alkanes (C<sub>9</sub>–C<sub>26</sub>).

**TR**: Temps de rétention

La variation qualitative et quantitative des huiles essentielles de *P. chloranthus* entre cette étude et celles d'autres recherches citées dans la littérature pourrait être attribuée aux conditions climatiques, géographiques (collecte à différentes périodes et différentes zones géographiques) et aussi au type de plante (génétique et croissance des plantes) (Kamatou et al., 2008).

Les résultats concernant l'effet du séchage sur la qualité chimique des huiles essentielles des feuilles *P. chloranthus* sont comparables avec ceux trouvés pour l'*Eucalyptus* et de Thuya de Berberie du Maroc. En effet, Zrira et al. (1991) ont remarqué que le séchage à l'air libre et au soleil n'affecte pas d'une manière significative la composition chimique des huiles essentielles de plante *Eucalyptus camaldulensis*. Par ailleurs, Silou et al. (2002) et Roger et al. (2007), travaillant respectivement sur les feuilles d'*Eucalyptus citriodora* et les feuilles d'*Ocimum basilicum* L., ont rapporté que le séchage a nettement influencé la composition chimique des huiles essentielles de ces espèces surtout les composés majoritaires. L'étude de Bourkhiss et al., (2009) a été montré que la teneur en huiles essentielles des feuilles de Thuya de Berberie augmente significativement avec le mode et la durée de séchage. La meilleure concentration, soit 0,81 %, est obtenue au neuvième jour au séchage à l'ombre. Dans ces mêmes conditions, la composition chimique n'est pas affectée de manière notable.

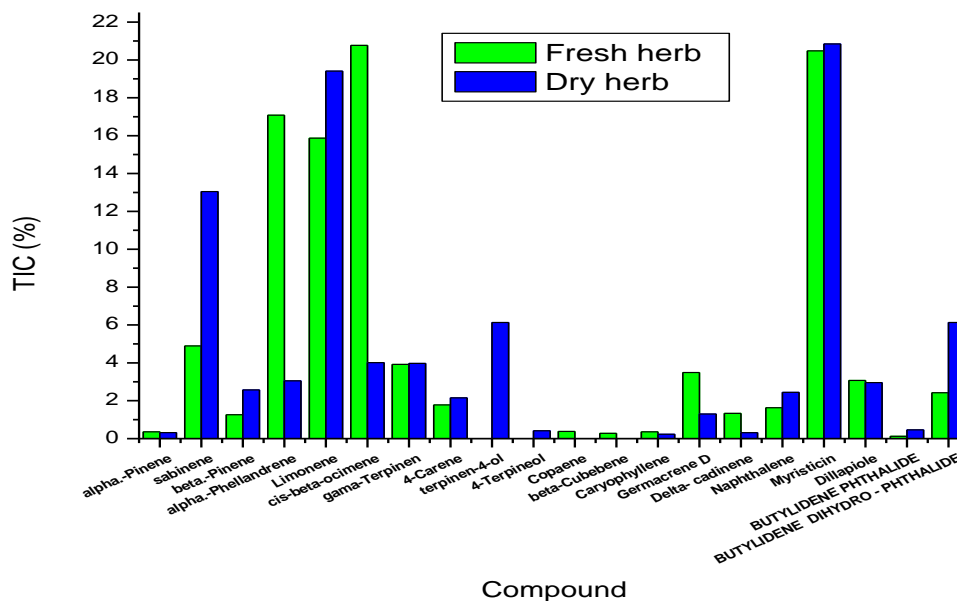
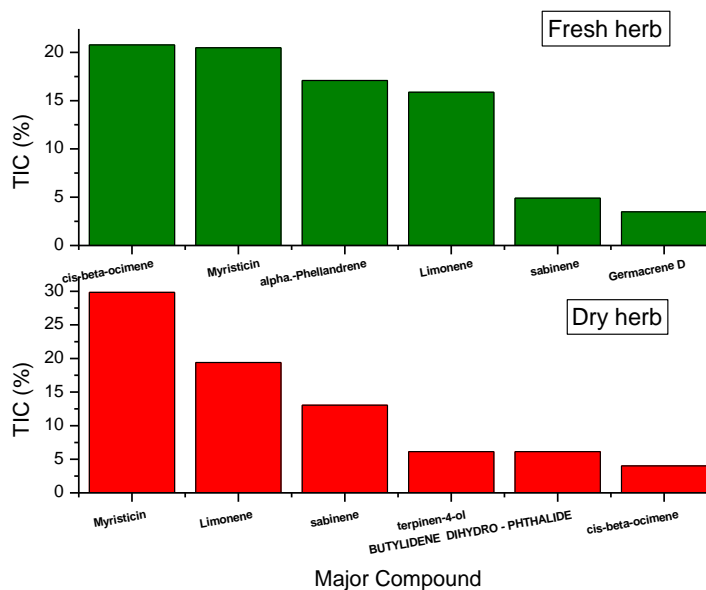


Figure 50: Effet du séchage sur la composition en pourcentage d'huile essentielle des parties aériennes de Pituranthos Chloranthus.

Tableau 14: Constituants majeurs des huiles essentielles fraîches et séchées de P. chloranthus.

fraîche		Séchée	
Composant majeur	TIC (%)	Composant majeur	TIC (%)
cis-β-ocimene	20.77	Myristicin	29.84
Myristicin	20.48	Limonene	19.41
alpha.-Phellandrene	17.08	sabinene	13.05
Limonene	15.87	terpinen-4-ol	6.13
sabinene	4.89	BUTYLIDENE DIHYDRO – PHTHALIDE	6.13
Germacrene D	3.49	cis-β-ocimene	4.01



**Figure 51:** Histogramme des composés majeurs des huiles essentielles.

Dans la présente étude, l'huile essentielle obtenue par extraction solide-liquide de la partie aérienne de la plante *Pithoranthus chloranthus*

## 4.2 Activité antioxydante

L'activité antioxydante de l'huile essentielle obtenue à partir de *Pituranthos chloranthus* a été déterminée en utilisant deux méthodes, la méthode radicalaire 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyle (DPPH) et la méthode radicalaire 2,2-azinobis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonate) (ABTS \*) comme mentionné ci-dessus. Le tableau 3 a montré le résultat de l'IC<sub>50</sub> calculée à l'aide de DPPH et d'ABTS de ces huiles essentielles par rapport à l'antioxydant synthétique (Trolox) utilisé comme référence. Nos résultats ont révélé que les huiles essentielles de *Pituranthos chloranthus* signifiaient une bonne activité antioxydante qui est supérieure à celui de l'antioxydant synthétique Trolox dans les deux dosages. Avec une valeur (IC<sub>50</sub>) de 9,86 mg/mL. L'huile essentielle de *P. chloranthus* était capable de réduire le radical stable DPPH au DPPH-H et ceci plus efficacement que les standards avec TEAC de 45.642 µM. De plus, cette huile présente une bonne efficacité contre le radical ABTS, avec IC<sub>50</sub> (1,74 ± 0,05 mg/mL) avec TEAC de 127,02 µM, ce qui était meilleur que le contrôle positif Trolox avec TEAC de 221,02 µM.

L'effet antioxydant le plus élevé pourrait être attribué à la composition chimique de l'huile essentielle, en particulier la présence de divers composants qui possèdent une activité antioxydante comme les hydrocarbures monoterpènes oxygénés (Amorati et al., 2013), tels que le bêta-myrcène et le limonène (Yang et al., 2010) et un pourcentage élevé de composés

phénoliques (Benyoucef et al., 2018 ; Ardalan et al., 2013). De ce fait, nous pouvons considérer que l'espèce choisie comme une excellente source d'antioxydant naturel pour les usages traditionnels.

**Tableau 15:** Pouvoir antioxydant de l'huile essentielle de *Pituranthos chloranthus*.

Composant	DPPH		ABTS <sup>+</sup>	
	(mg /mL)	(TEAC, $\mu$ M Trolox)	mg/ml	(TEAC, $\mu$ M Trolox)
Pituranthos chloranthus	9.86	4,629	1.74 $\pm$ 0.05	127.02
Trolox		45.642 $\mu$ M		221.02 $\mu$ M

### 4.3 Activité anti-microbienne

La méthode de diffusion sur disque de papier a été utilisée pour évaluer les activités antibactériennes et antifongiques de l'huile essentielle de *P. chloranthus* contre différents microbes pathogènes (*Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* et *Candida albicans*) et après incubation, une zone inhibitrice est apparue dans les plaques de gélose Muller-Hinton contenant des organismes pathogènes comme le montre la figure 4. Cette zone inhibitrice a été mesurée et tabulée dans le tableau 4. Le résultat a montré que l'huile essentielle de *P. chloranthus* possède diverses activités antimicrobiennes contre les cinq microorganismes étudiés (quatre bactéries et levure) avec des zones d'inhibition allant de 9,50 à 33,75 mm. L'huile essentielle de *P. chloranthus* a montré une activité relativement faible contre les souches bactériennes, montrant des zones d'inhibition allant de 9,50 à 11,25 mm, et les données ont indiqué que *S. aureus* ATCC 6538 (bactéries Gram-positives) était la souche la plus sensible avec la plus grande zone d'inhibition de 11,25 mm. Le micro-organisme le plus résistant était *E. coli* ATCC 8739. Généralement, les bactéries Gram-négatives sont connues pour être résistantes à plusieurs huiles essentielles (Halpin-Dohnalek et Marth, 1989). L'huile essentielle de *P. chloranthus* était plus efficace contre la levure, elle a révélé une activité importante contre *Candida albicans* ATCC 10231, montrant des zones d'inhibition atteignant 33,75 mm ce qui était mieux que 100  $\mu$ g de Nystatine (antibiotique standard). Cet effet pourrait être attribué à son pourcentage élevé en monoterpène notamment en *cis*- $\beta$ -ocimène (20,77%), Myristicine (20,48 %) et sabinène (4,89 %),  $\alpha$ -Phellandrène (17,08 %), Limonène (15,87 %) (Dorman et al., 2000 ; Hamdani et al., 2015).

Tableau 16: Données de dépistage de l'activité antibactérienne et antifongique de *P. hloranthus*.

Micro-organisme Composant	Zone d'inhibition (mm)				
	Bactéries				Champignon
	Gram +		Gram -		
	<i>Enterococcus faecium</i> ATCC 19434	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	<i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 14028	<i>Escherichia coli</i> ATCC 8739	<i>Candida albicans</i> ATCC 10231
Huile essentielle de <i>Pituranthos chloranthus</i> (10µl)	9,75±1.0	11,25±1.0	10,75±0.7	9,5±0.3	33,75±1.0
6/ Solvant (DMSO/Eau, 50%)* (controle negative)	0	0.	0	0	0
<b>Disques des antibiotiques de référence (contrôle positive)</b>					
Ampicilline 10µg	18.5±0.7	35,5±0.7	13,75±1.0	11,75±0.3	/
Nystatine 100µg	/	/	/	/	26±0.3



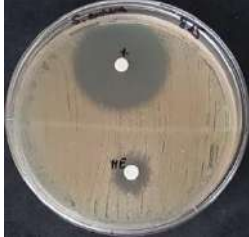


		
<i>Escherichia coli</i> ATCC 8739	<i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 14028	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538
		
<i>Enterococcus faecium</i> ATCC 19434	<i>Candida albicans</i> ATCC 10231	

Figure 52: Potentiel antimicrobien de l'Eo de *P. chloranthus* par essai de diffusion sur gélose.

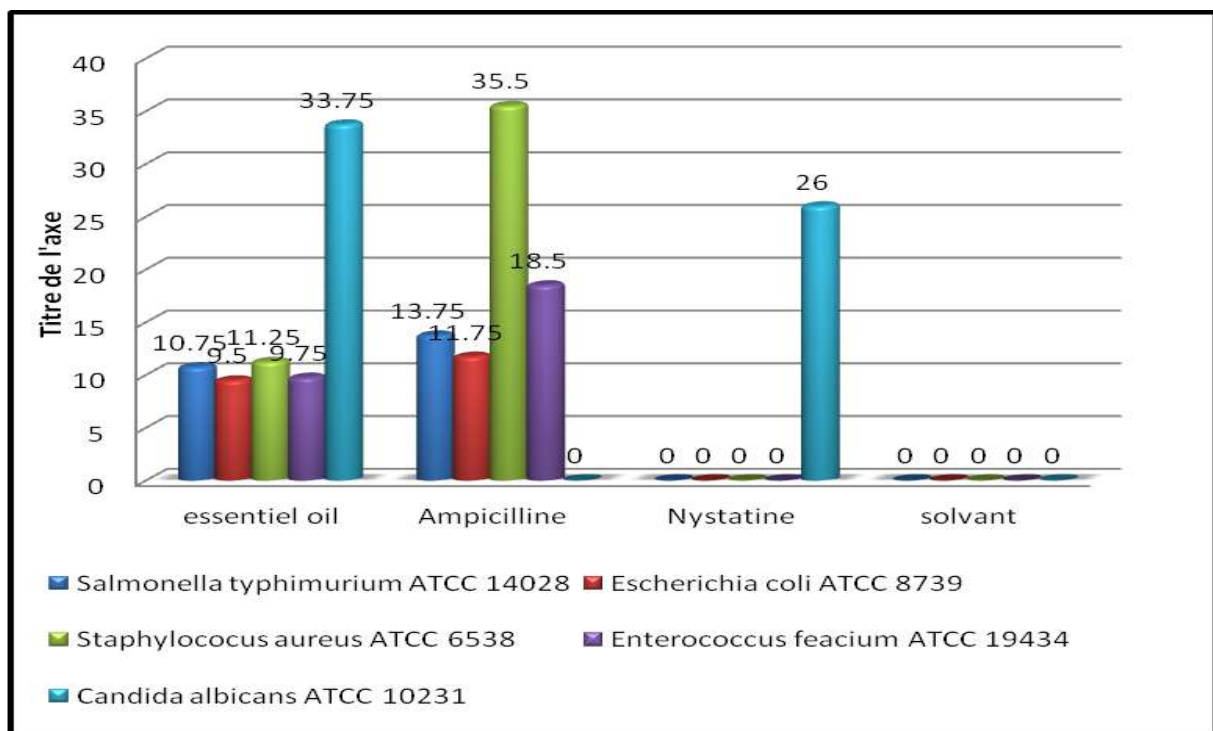


Figure 53: Activité antimicrobienne de *P. chloranthus* et des composés de référence contre les bactéries et champignons pathogènes



#### 4.4. Caractéristiques physico-chimiques et biologiques de l'extrait de gel d'Aloe vera (Aloe Barbadensis Miller)

##### 4.4.1. Propriétés qualitatives et quantitatives de l'extrait de gel d'Aloe vera

##### 4.4.1.1. Résultats physicochimiques

**Tableau 17:** Propriétés physico-chimiques de l'extrait de gel d'Aloe vera

	pH	Matière fraîche (%)	Matière sèche (%)
<b>Aloe vera Extrait (gel)</b>	4.97	96.778	3.222

Le pH est l'un des trois paramètres utilisés habituellement pour l'évaluation et l'identification du gel d'aloès commercial. Selon le tableau (4.5), le pH de l'extrait de gel est de 4,97 et l'acidité élevée du gel d'Aloe vera probablement parce que l'accumulation d'acide organique aime l'acide gallique (Taukoorah et Mahomoodally, 2016).

Comme le montre le tableau 2, le gel d'aloè vera était très riche en eau 96,778 % et la teneur en matière sèche a été estimée à 3,222 %. Ces résultats sont logiques et confirment que la feuille de la plante Aloe vera est composée d'une grande quantité d'eau (Boudreau et Beland, 2006).

##### 4.4.1.2. Composés phytochimiques de l'extrait de gel d'Aloe barbadensis

**Tableau 18:** Propriétés phytochimiques de l'extrait de gel d'Aloe vera

Test	Resultats
Total Phenoles (mg GAE/g )	36.25 ± 0.8
Total Flavonoides (mgQE/g )	63.26±0.62
Tannins (mg GAE/g)	6.29±0.23
Alkaloides (mg /g)	24.89±0.79
Total saponines (mg/g)	8.23±0.65
Terpenoides (mg/g)	14.56±19

*Valeur Moyenne ± Erreur Standard*

Le résultat des résultats du criblage phytochimique (tableau 4.6) montre que l'extrait frais de gel d'Aloe vera obtenu par macération était très riche en composés bioactifs tels que le phénol, les flavonoïdes, les tanins, les alcaloïdes, les saponines et les terpénoïdes.

La teneur totale en flavonoïdes est le composé de métabolite secondaire le plus élevé trouvé dans l'extrait de gel d'aloë vera avec  $63,26 \pm 0,62$  mg QE/g et cette valeur est très proche de la valeur établie par Taukoorah et Mahomoodally (2017).

L'extrait de gel d'A. Barbadensis s'est avéré avoir une bonne quantité de phénol total à  $36,25 \pm 0,8$  mg GAE/g. Ce résultat est en accord avec l'étude récente réalisée par Kumar et al. [6] où les valeurs du phénol total variaient entre 32,9 et 65,7 mg GAE/g de poids sec (Sonam et Tiwari, 2016).

D'après les données, nous pouvons observer que notre extrait contient une quantité appréciable d'alcaloïde ( $24,89 \pm 0,79$  mg/g) et de terpénoïde ( $14,56 \pm 19$  mg/g), ce qui est proche des valeurs établies par Sonam et Archana (2017) à  $23,83 \pm 0,28$  mg/g et mg/g  $13,5 \pm 0,86$ , respectivement.

Cette étude a montré que la teneur totale en tanin dans l'extrait de gel Aloe était de  $6,29 \pm 0,13$  mg GAE/g, et cette quantité est supérieure au résultat trouvé dans l'étude réalisée par R. Bista et al. est de  $1,13 \pm 0,19$  mg GAE/g (Aljesri, 2015).

La différence de quantité de métabolites secondaires contenus dans l'extrait de gel d'A. barbadensis obtenu à Ghardaia par rapport à un autre pays, comme indiqué dans une étude antérieure, dépendait de la variation de l'âge de la plante, des conditions climatiques et des facteurs environnementaux (Hu et al., 2003).

#### 4.4.1.3. Activité antioxydante:

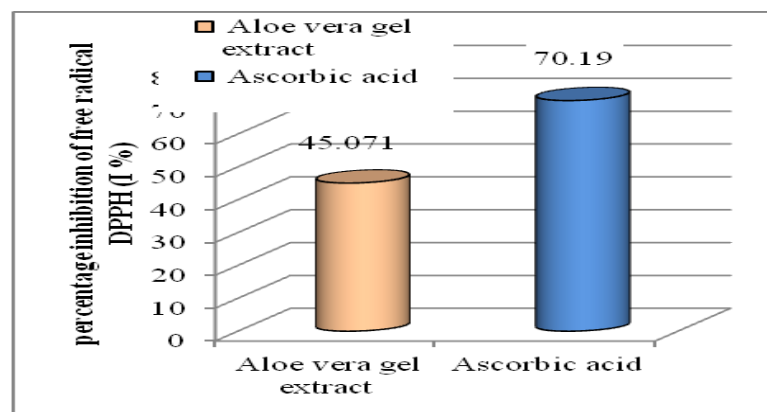


Figure 54: Résultats de l'activité antioxydante d'Aloe vera extrait de gel

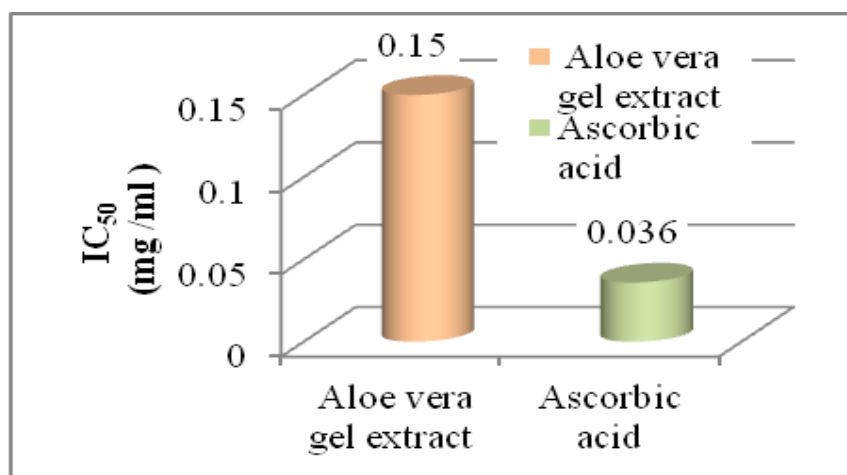


Figure 55: Résultats IC<sub>50</sub> de l'Aloe Vera extrait de gel.

Le test de potentiel antioxydant utilisant la méthode radicalaire 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyle (DPPH) a déterminé que notre extrait de gel présentait une activité antioxydante significative en réduisant 45 071 % du radical DPPH avec une valeur IC<sub>50</sub> de 0,15 mg/mL. De plus, cet extrait présente un pouvoir antioxydant efficace mais inférieur à celui de l'antioxydant standard (acide ascorbique).

Ce pouvoir antioxydant peut être efficacement attribué à la présence de molécules bioactives telles que les flavonoïdes et les acides phénoliques (Dharajiya, 2017 ; Gorski, 2019).

#### 4.4.1.3. Activité anti-microbienne:

La capacité antifongique et antibactérienne de l'extrait de gel d'Aloe vera a été évaluée à l'aide de la technique de la méthode de diffusion sur disque contre les quatre bactéries pathogènes et un champignon de différents microbes pathogènes, comme indiqué dans le tableau 4.

Tableau 19 : Activité antimicrobienne de l'extrait de gel d'Aloe vera

	Gram	Aloe-vera Extrait de gel	antibiotique	
			Gentamycine	nystatine
<b>E. coli</b>	-	15±0.15	22±0.12	/
<b>P. aeruginosa</b>	-	-	21±0.2	/
<b>S. aureus</b>	+	8±0.04	25.5±17	/
<b>C. albicans</b>	fungi	6±0.12	33±54	15±0.1

Zone d'inhibition = Valeurs moyennes ± SD (mm), (-): Pas de zone d'inhibition

L'extrait présentait une zone d'inhibition entre 6 et 15 mm, ce qui indiquait que l'extrait de gel d'aloès révélait une activité antibactérienne maximale contre les bactéries *E. coli* gram négatives avec une inhibition d'environ  $15 \pm 0,15$  mm, ce qui était inférieur à la gentamycine standard antibiotique.

Les deux autres souches *S. aureus* et *P. aeruginosa* ont montré une résistance à notre extrait testé, alors l'extrait de gel d'Aloe vera ne peut pas inhiber la croissance de ces deux bactéries. De l'autre côté, l'extrait de gel d'aloé vera a révélé une faible activité antifongique contre *C. albicans*.

Les mêmes résultats ont été rapportés dans la recherche de Darshan T Dharajiya et al.. Cette capacité antibactérienne de l'extrait de gel d'Aloe barbadensis contre *E. coli* pourrait être attribuée à la présence d'une activité photochimique comprenant du phénol, des flavonoïdes, des alcaloïdes, des saponines et des tanins qui préviendraient plusieurs maladies.

---

## **Conclusion Générale**

### Conclusion Générale

L'analyse GC–MS des huiles essentielles extraites de la partie aérienne fraîche et séchée de *P. chloranthus* par hydro-distillation présente des changements qualitatifs et quantitatifs dans les composants par identification de 18 composés. Cette variation pourrait être attribuée à l'effet du séchage des constituants volatils des huiles essentielles et la différence de composition entre les huiles de cette étude et celles d'autres recherches citées dans la littérature pourrait être attribuée à la zone géographique et à la saison.

L'huile essentielle de *P. chloranthus* a démontré une excellente activité antifongique contre *Candida albicans* meilleure que celle de l'antibiotique standard (Nystatine), mais l'activité antibactérienne s'est avérée inférieure à celle de l'Ampicilline, les huiles essentielles ont montré des propriétés bactéricides médiocres à intermédiaires contre les bactéries pathogènes (*Salmonella typhimurium* ATCC 14028, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Enterococcus faecium* ATCC 19434, *Escherichia coli* ATCC 8739). Les huiles avaient bien à d'excellentes activités antioxydantes ; il est plus actif que le trolox.

Les résultats suggèrent que l'huile essentielle de *P. chloranthus* pourrait être utilisée dans le traitement des infections causées par *C. albicans* et comme source naturelle d'antioxydant. Nos résultats confirment les utilisations traditionnelles de *P. chloranthus* comme antioxydant désinfectant naturel.

La présence de composés bioactifs tels que le phénol, les flavonoïdes, les tanins, les alcaloïdes, les saponines et les terpénoïdes dans l'extrait de gel d'*Aloe barbadensis* confère à cette plante des propriétés thérapeutiques et pharmacologiques importantes, comme indiqué dans la littérature antérieure. Ces constituants phytochimiques peuvent être extraits et utilisés pour le développement de médicaments à activité antimicrobienne, antivirale, anti-inflammatoire, antioxydante et anticancéreuse.

L'aloevera est la plus vieille plante médicinale jamais connue et la plus appliquée dans le monde entier. Cette efficacité a été démontrée au fil des années à travers différentes études même s'il serait nécessaire de les approfondir en détaillant la composition exacte du gel utilise et en diversifiant les types de plaies à traiter ainsi que les traitements comparatifs.

En effet, il est assez difficile de généraliser sur les bienfaits de l'*Aloe vera* même si plusieurs essais mettent en avant un temps de cicatrisation plus court avec une meilleure hydratation de la plaie permettant un résultat plus esthétique.

Le gel riche en polysaccharides, vitamines, enzymes, stérols et minéraux, possède des activités anti-inflammatoires, anti-ulcéreuses, immunostimulantes, antioxydantes, cicatrisantes, antitumorales et hypoglycémiantes. Il présente également un certain intérêt dans le traitement des maladies parodontales.

L'extraction de feuille d'Aloe-vera a permis d'obtenir un rendement de 1,2481%.

Quantitativement, l'évaluation du contenu des polyphénols totaux en adoptant la méthode de Folin-Ciocalteu et dosage des flavonoïdes par la méthode d'AlCl<sub>3</sub>, qui nous mène à conclure que la plante Aloe vera contient une quantité importantes de polyphénols et flavonoïdes.

Concernant l'activité antioxydante, nous avons étudié le pouvoir antioxydant de tous les extraits par la capacité de piégeage de radical DPPH, afin de localiser l'extrait qui représente l'activité la plus élevé, pour le piégeage du radical libre DPPH et en comparant les IC<sub>50</sub> des différents extraits testés par rapport à celle de l'acide ascorbique, nous avons remarqué une activité antioxydante très importante dans le Gel d'Aloe-vera brut .L'étude du pouvoir antioxydant par la méthode de DPPH a confirmé les propriétés puissantes que possèdent les composées phénoliques à piéger les radicaux libres. Ensuite on a étude l'activité bactérienne des extraites contre quatre souche : une Gram positive (*Staphylococcus aureus*), deux Gram négative (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*) et une levure (*Candida albicans*); notre résultat montre que l'activité variée selon les types des bactéries et le type de l'extrait.



### Recommandations :

En perspectives, nous proposons les recommandations suivantes :

- Perfectionner les résultats de ce travail en adoptant un plan d'expérience afin d'optimiser le rendement ou la composition à différents variants, (Effet de température, effet des paramètres opératoires, effet du sol,...etc).
- Identification des molécules responsables de l'activité biologique des extraits.
- Tester les extraits sur d'autres espèces, afin d'élargir les champs d'exploitation des molécules actives (effet pesticides, antibiotiques...).
- Extension de l'expérimentation sur d'autres espèces végétales sahariennes.

---

## **Références bibliographiques**

### Références

---

- A. Peirce, The American pharmaceutical association practical guide to natural medicines, Vol 1. First ed: William Morrow, 1999.
- A. Ray, S.D. Gupta, and S. Ghosh, Evaluation of anti-oxidative activity and UV absorption potential of the extracts of Aloe vera L. gel from different growth periods of plants, *Industrial Crops and Products*, 49 (2013) 712-719.
- A. Surjushe, R. Vasani, and D.G. Saple, Aloe vera: A short review, *Indian J. Dermatol.*, 53(4) (2008) 163-166.
- A.D. Vardy, A.D. Cohen, T. Tchetov, A double-blind, placebo-controlled trial of Aloe vera (*A. barbadensis*) emulsion in the treatment of seborrheic dermatitis, *J Derm Treatment*. 10(1) (1999) 7-11
- Abdel Ghani A, Hafez S.S. GC-MS Analysis and antimicrobial activity of volatile oil of Adams RP, Thappa RK, Agarwal SG, Kapahi BK, Srivastava TN, Chaudhary RP, The Leaf Essential Oil of *Juniperus recurva* Buch.-Ham. ex D. Don from India and Nepal Compared with *J. recurva* var. *squamata* (D. Don) Parl. *Journal of Essential Oil Research*, (1998), 10(1), 21-24.
- Adams RP, Identification of essential oils by ion trap mass spectroscopy, Academic Press, San Diego, (1989), 780.
- Adoumou H, Yedomonham K, Etudes ethnobotanique des plantes médicinales vendues sur le marché d'Abomey-Calavi au Bénin, Mémoire de master, Université d'Abomey-Calavi, Benin, 2012.
- Alonso. A, M., Oliveros. B, A and Calcagno. P, M.P. (2007). Phenolics and condensed tannins of high altitude *Pteridium arachnoideum* in relation to sunlight exposure, elevation, and rain regime. *Biochemical Systematics and Ecology*, 35:1-10.
- AFNOR, 2000. Huiles essentielles : Monographies relatives aux huiles essentielles, Ed 6, Tome 2, Paris.
- AFSSAPS, 2008. Recommandations relatives aux critères de la qualité des huiles essentielles. Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé. Ed Saint-Denis, p.12
- Agnihotri A., Khatoon S., Shanta M. (2003). Pharmacognostic evaluation of an antioxidant *Plantago scalamus* L. *Nat. Prod. Sci.*, 9, 264-269.
- AJILA C.M., BRAR S.K., VERMA M., TYAGI R.D., GOUBOUT S. et VALERO J.R. (2016). Extraction and analysis of polyphenols: Recent trends. *Critical Reviews in Biotechnology*. 1-22.
- AL KADI A. A. 1989. Usage de quelques plantes dans la médecine populaire en Libie, Vol 1-2. Cité par : NAIT SAID N., 2007. Etude phytochimique des extraits chloroformiques des plantes:

- « Pituranthos chloranthus » et « Marrubium vulgare ». Thèse pour l'obtention du diplôme de magister en chimie. Option : chimie organique. Université ElHadj Lakhdar – Batna. 112 p.
- Alawa C.B.I., A.M. Adamu, J.O. Gefu, O.J. Ajanusi, P.A. Abdu, N.P. Chiezey, J.N. Alawa, D.D. Bawman, (2003) In vitro screening of two Nigerian medicinal plants, *Vernonia amygdalina* And *Annonasenegalensis*, for anthelmintic activity. Elsevier Science, 73- 81.
- Aliliche.M, Boulebtina.A, Foughalia.A, 13 /01 /2014 ; Essai de fabrication d'une boisson médicinale à base de gel d'aloë vera arborescens et du miel et évaluation de sa qualité. Arnnok P, Ruangviriyachai C, Mahachai R, Techawongstien S &Chanthai S (2012). Determination of total phenolics and anthocyanin contents in the pericarp of hot chilli pepper. International Food Research Journal. 19(1): 235-243.
- Al-Ja'fari A. H., Vila R., Freixa B., Tomi F., Casanova J., Costa J., Cañigueral S. (2011) Composition and antifungal activity of the essential oil from the rhizome and roots of *Ferula hermonis*. Phytochemistry, 72(11), 1406-1413.
- Amel Bouzabata. CONTRIBUTION A L'ÉTUDE D'UNE PLANTE MÉDICINALE ET AROMATIQUE MYRTUS COMMUNIS L.. Sciences pharmaceutiques. Faculté de Médecine, Université Badji-Mokhtar, Annaba, Algérie., 2015. Français. fftel-01493134f
- Arvouet–Grand et al. (1994) Antioxidant activity of phenols and flavonoides contents of aqueous extract of *Pelargonium graveolens* origin in the North-East Morocco. Aspects of Medicine, 31: 495–502.
- Asbahani AE, Miladi K, Badri W, Sala M, Aït Addi EH, Casabianca H, El Mousadik A, Hartmann D, Jilale A, Renaud FNR, Elaïssari A. (2015) Essential oils: from extraction to encapsulation. International Journal of Pharmaceutics, 483, 220-243.
- Atawodi S. E. 2005. Antioxidant potential of African plants. African. J. of Biotec.4 (2): 128-133.
- Atherton, P: «The essential Aloe vera»; Newport Pagnell; 1997; Mill Enterprises.
- Attabi B (2012). Etude comparative de l'activité antioxydante de cinq plantes médicinales 35.
- Attele, A.S., Wu J. A, Yuan, C.S., “Ginseng pharmacology; Multiple constituents and multiple actions”, Biochem. Pharmacol, V.58, n° 11, (December 1999), 1685 – 1693.
- Aziouz AIDOU, Effets de l'ingestion des huiles d'olive et d'argan enrichies en lycopène de tomate sur les paramètres fonctionnels et structuraux chez le rat de souche Wistar, Thèse de doctorat, ENSA El-Harrach, 2014.
- B. Obdoni, P. Ochuko, Phytochemical studies and comparative efficacy of the crude extracts of some homostatic plants in Edo and Delta States of Nigeria, Global J. Pure Appl. Sci 8 (2001) 203–208.

- Baba Aissa F., 2011. Encyclopédie des plantes utiles. Flore Algérienne. Plantes méditerranéennes (Maghreb, Europe méridionale). Substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident. Plantes médicinales, plantes aromatiques, plantes alimentaires. Editions el Maarifa: 42-43.
- BACHELOT C., BLAISE A., CORBEL T. ET LE GUERNIC A. 2006. Les huiles essentielles : extraction et comparaison. U.C.O Bretagne. Pp: 1-18.
- Bahorun T(1997). Substances Naturelles actives.La flore Mauricienne. Bazeeb, A .S: « The medicinal plants in Yemen»; (3rd edn. Ed) .EL Ershad press, 2002. Sana'a, Yemen.
- Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M. (2008) Biological effects of essential oilsA review. Food and Chemical Toxicology, 46, 446-475.
- Barba Orellana FJ, Zhu Z, Koubaa M, Sant'Ana AS, Orlien V. (2016) Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and by- products: a review. Trends in Food Science & Technology, 49, 96-109.
- Barcraft A., Myskja A., "Aloe vera ; Nature's silence healer", iuniverse, US, (2003), 134.
- Barillier, D, Mosrati, R, Chekir-Ghedira, L and Ghedira, K, 2009. Antigenotoxic and antioxidant activities of Pituranthos chloranthus essential oils. Environmental Toxicology and Pharmacology, 27, 187-194.
- Barroso, JG, Pedro, LG, Viljoen, AM, 2008. Seasonal variation in essential oil composition, oil toxicity and the biological activity of solvent extracts of three South African Salvia species. South African Journal of Botany, 74(2), 230-237.
- Bassetti A., Sala S., 2005. The great aloe book history, botany, composition, and pharmacological aspects of this legendary plant. Zuccari editions. 1. 191p.
- Bellakhdar, J, 1997. Médecine Arabe Ancienne et Savoirs Populaires. La pharmacopée marocaine traditionnelle, IbsPress, 341.
- Bellakhdar, J. Médecine Arabe Ancienne et Savoirs Populaires La pharmacopée marocaine traditionnelle, ibis Press , 1997. 76 P
- Ben Rahal Neïla. Extraction, identification et caractérisation des molécules bioactives de la graine et de l'huile de Silybum marianum. Étude de leurs activités antioxydante et antitumorale. Alimentation et Nutrition. Université de Lorraine, 2012. Français. ffNNT : 2012LORR0137ff. fftel-01749373
- Bénard C (2009) .étude de l'impact de la nutrition azotée et des conditions de culture sur le contenu en polyphénols chez la tomate.Biothechnology and Molecular Biology Review (9) : 24-39.
- Bendahou M., A. Muselli, M. Grignon- Dubois, M. Benyoucef, JM. Desjobert, AF. Bernardini, J. Costa, (2008) Antimicrobial activity and Chemical composition of Origanum glandulosum

- Desf. Essential Oil and Extract Obtained by Microwave extraction: Comparison with Hydrodistillation. Food chemistry, 106: 132-139.
- BENISTON NT et WS. 1984. FLEUR D'ALGERIE, Ed : entreprise nationale du livre Alger, N°d'édition : 1822/84. 359p
- BENISTON NT et WS. 1984. FLEUR D'ALGERIE, Ed : entreprise nationale du livre Alger, N°d'édition : 1822/84. 359p.
- Benjlali, B. et S. Zrira. 2005. Plantes aromatiques & médicinales. Atouts du secteur et exigences pour une valorisation durable. Actes éditions. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II Rabat Maroc.
- Benkaci–Ali F., Baaliouamer A., Meklati B.Y., Chemat F. (2006). Chemical composition of seed essential oils from Algerian *Nigella sativa* extracted by microwave and hydrodistillation. Flavour And Fragrance Journal, 22, 148–153.
- Benmaazouz N. H, Ben abderrahmane W, 2017 ; etude de l'activité antioxydante des extraits de feuille aloe vera (L) Burm et de *Solenostemma argel* (Delile) Hayne.
- BENMEKHBI L., KABOUCHE A., KABOUCHE Z., AIT-KAKI B., TOUZANI R., BRUNEAU C. 2008. FIVE GLYCOSYLATED FLAVONOIDS FROM THE ANTIBACTERIAL BUTANOLIC EXTRACT OF *Pituranthos scoparius*, Chemistry of Natural Compounds. 44: 5, 639-641.
- BENSLAMA A.2015. substances d'origine végétale
- Benyoucef, F, El Amine, Dib M, Arrar, Z, Costa, J, Muselli, A, 2018. Synergistic antioxidant activity and chemical composition of essential oils from *Thymus fontanesii*, *Artemisia herba-alba* and *Rosmarinus officinalis*. J Appl Biotechnol Rep, 5(4):151-156.
- Bergougroux V. (2005). Biosynthèse et sécrétion du parfum chez *Rosa x hybrida* L. Thèse de Doctorat, Académie de Lyon, France.
- Blois, M.S. (1958). Antioxydant determination by the use of stable free radical, Nature : 181.
- Bostyn Stéphane, Olivier Chedeville, Henri Fauduet.2019. Génie chimique et des procédés - 2e année: Procédés de séparation et de réaction
- Botineau M. (2010). Botanique systématique et appliqué des plantes à fleurs, Tech. Et Doc (eds): 1335.
- Botineau M., (2010). Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs ; Ed. TEC et doc, Lavoisier, Paris.
- Bottin I. (2006). Déterminants de la variation moléculaire et phénotypique d'une espèce forestière en milieu insulaire : cas de *Santalumaustrocaledonicum* en Nouvelle-Calédonie. Thèse de doctorat, Montpellier.

- BOUALLALA M., CHEHMA A., BENSETTI M. 2011. Variation de la composition chimique de principales plantes broutées par le dromadaire du Sud-Ouest Algérien, *Livestock Research for Rural Development*. 23 (5): 2-9
- BOUCHOUKA ELMOULOU D (2016): Extraction des polyphénols et étude des activités antioxydante et antibactérienne de quelques plantes Sahariennes. Thèse de doctorat en Phytochimie. Université Badji Mokhtar ANNABA.]
- Boudjouref M. 2011. Etude de l'activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits d'*Artemisia campestris* L. Thèse de magister, Université Ferhat Abbes, Sétif, Algérie.
- Boudjouref, M. (2011). Etude de l'activité antioxydant et antimicrobienne d'extraits d'*Artemisia campestris* L. Thèse de Magister en Biochimie. Université Ferhat Abbes, Sétif. Algérie. 99 p.
- Boudjouref, M. (2011). Etude de l'activité antioxydant et antimicrobienne d'extraits d'*Artemisia campestris* L. Thèse de Magister en Biochimie. Université Ferhat Abbes, Sétif. Algérie. 99 p.
- Boudreau, M. D.; Beland, F. a An evaluation of the biological and toxicological properties of *Aloebarbadensis* (miller), *Aloe vera*. *J. Environ. Sci. Health. C. Environ. Carcinog. Ecotoxicol. Rev.* 2006, 24, 103–154.
- Bouhdid S. (2009). Activités antimicrobienne et antioxydante des huiles essentielles : Application biotechnologique pour l'amélioration de la qualité des boyaux naturels. Thèse de doctorat en sciences. Université Abdelmalek Essaadi, Faculté des Sciences de Tétouan. Maroc, 104.
- Boullardb., 2001. *Plantes médicinales du monde, croyance et réalité*. éd. Estem, p. 27.
- Bousbia N. (2004). Extraction et identification de quelques huiles essentielles (nigelle, coriandre, organ, thym, romarin), étude de leurs activités antibactériennes. Thèse de Magister, Option Science Alimentaires, INRA. Algérie.
- Bouta oui Nassima. 2012. Recherche et détermination structure de métabolites secondaire de *matricaria chamomilla* (asterc étude de la phase acétate d'éthyle)
- BOUTAGHANE N., NACER A., KABOUCHE Z., AIT-KAKI B. 2004. Comparative antibacterial activities of the essential oils of stems and seeds of *Pituranthos scoparius* from Algerian septentrional Sahara. *Chemistry of Natural Compounds*. 40 (6): 606-607.
- Boutaoui Nassima. 2012. Recherche et détermination structure de métabolites secondaire de *matricaria chamomilla* (asterc étude de la phase acétate d'éthyle)
- Boyd B., Ford C., Koepke M. C., Gary K., Horn E., McAnalley S., and McAnalley B. 2003. Etude pilote ouverte de l'effet antioxydant d'Ambrotose sur des personnes en bonne santé. *Glycoscience & Nutrition*.

- Boyd B., Ford C., Koepke M. C., Gary K., Horn E., McAnalley S., and McAnalley B. 2003. Etude pilote ouverte de l'effet antioxydant d'Ambrotose sur des personnes en bonne santé.
- Brand-Williams, W, Cuvelier, ME, Berset, C, 1995. Use of a free radical method to Evaluate Antioxydant Activity. *Lebensm-Wiss uTechnol*, 28, 25-30.
- Bruneton J. (2009) *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*, 4ème édition Tec &
- Burt S. (2004) Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods– a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94, 223-253.;
- Burte J.N. Le Bon Jardinier, *Encyclopedie Horticole*. Edition La Maison Rustique, 153e edition, 1992:1283- 1287.
- C. Egbuna, E. Gupta, S. M. Ezzat, J. Jeevanandam, et al., Aloe Species as Valuable Sources of Functional Bioactives *Functional Foods and Nutraceuticals*, chapter: 18, Springer , 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-42319-3\_18.
- C.A. Lans Ethnomedicines used in Trinidad and Tobago for urinary problems and diabetes mellitus, *J Ethnobiol Ethnomed.*, 2 (2006)45.
- Cassel E, Vargas RMF, Martinez N, Lorenzo D, Dellacass E. (2009) Steam distillation modeling for essential oil extraction process. *Industrial Crops and Products*, 29, 171-176.
- CASTELLANO G. (2012). Classification of phenolic compounds by chemical structural indicators and its Relation to antioxidant properties of *Posidonia Oceanica* L. Delile. *MATCH Communications in Mathematical and in Computer Chemistry*. 67: 231-250.
- CATIER O., ROUX D. 2007. *Cahiers du préparateur en pharmacie « Botanique, pharmacognosie, phytothérapie*. 3è Ed : Wolters Kluwer, Paris. 141p.
- Cavina N (1999). Investigation Phytochimique De Trois Plantes Indounisienne Au Propriété Antioxydante et Antiradicalaire .les réactions enzymatiques 23(14) :25-49
- CHAMI F., (2005). Oregano and clove essential oils induce surface alteration of *saccharomyces cerevisiae*. *Phytother. Res.*19 (5), 405-8
- Chanforan, C. (2010). Stabilité de microconstituants de la tomate (composés phénoliques, caroténoïdes, vitamines C et E) au cours des procédés de transformation : études en systèmes modèles, mise au point d'un modèle stoechio-cinétique et validation pour l'étape unitaire de préparation de sauce tomate (Thèse de doctorat). Université d'Avignon.
- Chang X.L., Feng Y.M., Wang W.H., 2011. Comparison of the polysaccharides isolated from skin juice, gel juice and flower of *Aloe arborescens* tissues. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 42: 13–19.



- CHAUMONT J.P., MANDIN D., SANDA K., KOBAN et DE SOUSA C., (2001). Activité antimicrobienne de cinq huiles essentielles de lamiacées togolaises vis-à-vis de germes représentatifs de la microflore cutanée. *Acta Bot. Gall*, 148,93-101
- Chaumont J.P., Leger D. (1989). Propriétés antifongiques de quelques phénols et des composés chimiquement très voisins : Relation structure-activité. *Planta Med. Phyto.*, 23, 124-126
- CHEHMA A., DJEBAR M.R., HADJAJI F., ROUABEH L. 2005. Étude floristique spatio-temporelle des parcours sahariens du Sud-Est algérien, *Sécheresse* ; 16 (4) : 275-85
- Chemat F. (2009) *Essential oils and aromas: Green extractions and Applications*. HKB Publishers, Dehradun, 311.
- Chen F, Sun Y, Zhao G, Liao X, Hu X, Wu J, Wang Z. (2007) Optimization of ultrasound-assisted extraction of anthocyanins in red raspberries and identification of anthocyanins in extract using high-performance liquid chromatography mass-spectrometry. *Ultrasonics Sonochemistry* 14, 767-778.
- Cheriti A, Belboukhari N, Sekkoum K, Hacini S. (2006) Plants of Algerian semi-arid regions used for the treatment of gastro-intestinal disorders. *Journal algérien des régions arides*. N° 05.
- Choi E. M., Hwang J. K. (2004) Anti-inflammatory, analgesic and antioxidant activities of the fruit of *Foeniculum vulgare*. *Fitoterapia*, 75(6), 557-565.
- Choi S., Chung M. H., "A review on the relationship between Aloe vera components and their biologic effects". *Seminars in integrative medicine*, V.1, n° 1, (March 2003), 53 -62.
- Collin, S & Crouzet, J. (2011). Polyphénols et procédés : Transformation des polyphénols au travers des procédés appliqués à l'agroalimentaire. Paris, France : Lavoisier Tec&Doc) s Y.P.S.Bajaj .1999.biotechnology in agriculture and forestry 43.)
- Collin, S., and Crouzet, J. (2011). Polyphénols et procédés: transformation des polyphénols au travers des procédés appliqués à l'agro-alimentaire. (Lavoisier). 12,564-582.
- Connolly J and Hill R. 1992. *dictionary of terpenoids*. Chapman and Hall. CRC Press, 2156p. New York.
- Coruh N., Celep A. S., Özgökçe F. (2007) Antioxidant properties of *Prangos ferulacea* (L.) Lindl., *Chaerophyllum macropodium* Boiss. and *Heracleum persicum* Desf. from Apiaceae family used as food in Eastern Anatolia and their inhibitory effects on glutathione-S-transferase. *Food chemistry*, 100 (3), 1237-1242.
- Cosmetic Ingredient Review Expert Panel, Final report on the safety assessment of Aloe Andongensis Extract, Aloe Andongensis Leaf Juice, aloe ...., *Int J Toxicol*. 2007;26 Suppl 2:1-50. doi: 10.1080/10915810701351186.

- Cosmetic Ingredient Review Expert Panel, Final report on the safety assessment of AloeAndongensis Extract, Aloe Andongensis Leaf Juice,aloe ....., Int J Toxicol. 2007;26 Suppl 2:1-50. doi: 10.1080/10915810701351186.
- COSSON, E. (1855). Notes sur quelques plantes nouvelles ou rares mentionnées dans la liste des plantes observées par le Dr. Reboud dans le Sahara algérien. Bull. Soc. Bot. France 2: 248
- CROZIER, A., CLIFFORD, M.N., ASHIHARA, H. (2006). Plant Secondary Metabolites: Occurrence, Structure and Role in the Human Diet. Edt Blackwell Publishing Ltd.
- Culture en pot de l'Aloe vera [en ligne], consultee le 29 avril 2015 <http://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/aloevera-culture-utilisation.php>
- DAHIAA M., SIRACUSAB L., LAOUERC H., RUBERTO G. 2009. Constituents of the Polar Extracts from Algerian Pituranthos scoparius, natural product communications. 4 (12):1691-1692.
- DAMJANOVIC' B., LEPOJEVIC Z., ZIVKOVIC V., TOLIC A. 2005. Extraction of fennel (Foeniculum vulgare Mill.) seeds with supercritical CO<sub>2</sub>: Comparison with hydrodistillation, Food Chemistry. 92:143–149.
- Daniel Morvan.2009. Génie Chimique Les opérations unitaires: Procédés industriels, Cours et exercices corrigés
- Delmacia, G,calves, M, Marta Maria, A S, Maria Flaviana B M B, Henrique Douglas M C et al., 2020. Seasonality influence on the chemical composition and antifungal activity of Psidium myrtoïdes O. Berg. South African Journal of Botany, 128, 9
- Deysson G. (1978) Organisation et classification des plantes vasculaires: cours de botanique générale quatrième série, tome II, Paris, 1979, 529.
- DEYSSON G., Organisation et classification des plantes vasculaires, cours de botanique générale quatrième série, tome II, Paris, 1979, 529 pp.
- Diaz-Maroto, M, Perez-Coello, M, Cabezudo, M, 2002. Effect of different drying methods on the volatile components of parsley (Petroselinum crispum L.). Eur Food Res Technol, 215, 227-230.
- Donadieu Y., 2006. Aloe Vera (extrait). Faculté de Médecine De Paris : 15-21.
- Doneanu C, Anitescu G. Supercritical carbon dioxide extraction of Angelica archangelica L. root oil, J. Supercrit. Fluids. 1998 ; (12) : 59-67.
- DONTATIEN KONE (2009). Enquête ethnobotanique de six plantes médicinales maliennes: extraction, identification d'alcaloïdes - caractérisation, quantification de polyphénols: étude de leur activité antioxydante. Thèse de doctorat en chimie organique. université de Paul Verlaine bmako.

- DONTATIEN KONE (2009). Enquête ethnobotanique de six plantes médicinales maliennes: extraction, identification d'alcaloïdes - caractérisation, quantification de polyphénols: étude de leur activité antioxydante. Thèse de doctorat en chimie organique. université de Paul Verlaine bmako.
- Dorman H.J.D., Deans S.G. (2000). Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology*, 88, 308-316.
- DORMAN H.J.D., (2000). Antimicrobial agents from plants: Antibacterial activity of plant volatile oil. *Journal of Applied Microbiology*. 88-308-316.
- Dorman, HJD and Deans, SG, 2000 Antimicrobial Agents from Plants: Antibacterial Activity of Plant Volatile Oils. *Journal of Applied Microbiology*, 28, 308-316. doi.org/10.1046/j.1365-2672.2000.00969.
- Dupont F., Guignard J. L. (2007) Botanique : Système moléculaire. Elsevier Health Sciences.
- Dupont, F., Guignard, J.L. (2007). Abrèges botanique systématique moléculaire. 14ème édition révisée, Masson.
- DYKES L et RONNEY L.W. (2006). Sorghum and millet phenols and antioxidants. *Journal of Cereal Science*. 44: 236-251.
- E. R. Rodriguez, M. J. Darias, R. C. Diaz, Aloe vera as a functional ingredient in foods, *CritRev Food Sci Nutr*. 50 (2010) 305–326. <https://doi.org/10.1080/10408390802544454>,
- E. R. Rodriguez, M. J. Darias, R. C. Diaz, Aloe vera as a functional ingredient in foods, *CritRev Food Sci Nutr*. 50 (2010) 305–326. <https://doi.org/10.1080/10408390802544454>,
- Ebadi M., “Pharmacodynamic basis of herbal medicine”, 2nd Edition Taylor and Fransis, New York, (2007), 699.
- Ekoumou C. (2003). Etude phytochimique et pharmacologique de cinq recettes traditionnelles utilisées dans le traitement des infections urinaires et la cystite ; Ed. Bamako pp-145.
- ENGIDAA A.M., KASIMA N.S., TSIGIE Y.A., ISMADJIB S., HUYNHC L.H et JU Y-H. (2013). Extraction, identification and quantitative HPLC analysis of flavonoids from sarang semut (*Myrmecodia pendan*). *Industrial Crops and Products*. 41: 392-396.
- ERNST. E. Médecines alternatives : le guide critique. Editions Elsevier Masson, 2005, p.98.
- ESHUN, K.; HE, Q. Aloe Vera: A Valuable Ingredient for the Food, Pharmaceutical and Cosmetic Industries— A Review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*. 2004, 44, 91–96
- F. Nejat-zadeh-Barandozi, Antibacterial activities and antioxidant capacity of Aloe vera, *Organic and Medicinal Chemistry Letters*. , 3 (2013) 5.

- FABRIR L., NOGUEIRA M.S., BRAGA F.G., COIMBRA E.S., SCIO E. 2009. *Mitracarpus frigidus* aerial parts exhibited potent antimicrobial, antileishmanial, and antioxidant effects. *Bioresource Technology* .100 : 428–433
- Fakim A.G., Schmelzer G.H., 2008. *Plant resources of tropical Africa*.11 (1). medicinal plants 1. PROTA Foundation : 63-65.
- Falleh, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Trabelsi, N., Boulaaba, M. and Abdelly, C. (2008). Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *Comptes Rendus Biologies* 331(5): 372–379.
- FARNSWORTH N.R., AKERELE O., BINGEL A.S., SOEJARTO D.D., GUO Z. 1986.- Places des plantes médicinales dans la thérapeutique, *Bulletin de l'organisation mondiale de la santé* , 64 (2) : 159-164.
- Favier A. 2003. Le stress oxydant Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité chimique*:108-115.
- Femenia, A.; Sánchez, E. S.; Simal, S.; Rosselló, C. Compositional features of polysaccharides from *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) plant tissues. *Carbohydr. Polym.* 1999, 39, 109–117.
- Filliat Paloma. Les plantes de la famille des Apiacées dans les troubles digestifs. *Sciences pharmaceutiques*. 2012. ffdumas-00740660
- Fleurentin J., Pelt J.M., “Guérisseurs et plantes médicinales du Yémen: au pays de l'encens, de l'aloès et du café ”, Karthala édition, (2004), 203.
- Fouduet. H. 2012."Principaux fondamentaux du génie des procédés et de la technologie chimique
- French J.(1651). *The Art of Distillation*. Richard Cotes Editions, London
- Geagea Alice Gerges (2014). *L'Aloe vera, une plante médicinale à vertus hydratantes et cicatrisantes*. *Photothérapie, Human&Health* N°29. Global demand for Aloe Vera Extracts to Reach 60,720 tonnes in 2016 <http://www.futuremarketinsights.com/press-release/aloe-vera-extracts-market>.
- Georgetti S.R., Casagrande R, Di Mambro V. M., Azzolini Ana ECS et Fonseca Maria J.V. 2003. Evaluation of the antioxidant activity of different flavonoids by the chemiluminescence method. *AAPS PharmSci*, 5p.
- Gerault G, Mary R. (2009) *Le guide de l'aromathérapie*. Albin Michel, France, 381
- Glycoscience & Nutrition Bravo, L. (1998). Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition reviews* 56, 317-333.
- Gomez G (2006). Advances in the analysis of phenolics compounds in products derived from bees. *J.Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, (41) :1220-1234

- Gomez-Caravaca A.M., Gomez-Romero M., Arraez-Roman, D., Segura-Carretero, A., FernandezGutierrez, A., (2006). Advances in the analysis of phenolic compounds in products derived from bees. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41, 1220–1234.
- Gould K, Lister C (2006). « Flavonoid functions in plants ».in :*Flavonoids :Chimistry,Biochimistry and applications.*,O.Anderson ;Et K.R.M-Markhem.,Ed.CRC Press,pp :8-39,41-74.
- Grace O.M., 2011. Current perspectives on the economic botany of the genus *Aloe L.* (*Xanthorrhoeaceae*).*South African Journal of Botany*, 77: 980–987.
- Grindlay R., Reynolds T.The *Aloe vera* phenomenon : a review of the properties and modern uses of the leafparenchyma gel. *J. Ethnopharmacol.*, 1986 Jun, 16(2-3) : 117-151.
- Guerin-Fauble V., Carret G. (1999). L’antibiogramme, principe, méthodologie, intérêt et limites. Journées nationales GTV-INRA, Washington, Pp: 5-12.
- GUILAUME LEGRAND (2015) : contribution à la caractérisation du métabolisme des acides chlorogéiniques chez la chicorée : approches biochimique et moléculaire. Thèse de doctorat en fonction biologique. L'université de Lille 1.
- GUITTON, Y. (2010). Diversité des composés terpéniques volatils au sein du genre *Lavandou*: aspects évolutifs et physiologiques, Université Jean Monnet-Saint-Etienne.
- Guo, X.; Mei, N. *Aloe Vera - A Review of Toxicity and Adverse Clinical Effects.* *J. Environ. Sci. Health. C.Environ. Carcinog. Ecotoxicol. Rev.* 2016, 501, 0.
- Gutfinger T (1981) . Polyphénolsin olive oils.*J.Am.Oil Chem.Soc.*,(58) :966-968 magister Batna.
- Haba, H. Thèse de magister chimie, 2002, Univ. Batna Algérie.
- HabaH., BenkhaleM., MassiotG., Log C., Lavaud C. (2004). Alkylated isocoumarins from *Pituranthos scoparius*. *Natural Product research*, 18, 409-413
- Hamdani, FZ, Allem, R, Meziane, M, Setti, B, Ali Arous, S, Bourai, M, 2015. Chemical composition and antifungal activity of essential oils of Algerian citrus. *Afr J Biotechnol*, 14, 1048-1055.
- HAMMICHE V., MAIZA K. 2006. Traditional medicine in Central Sahara: Pharmacopoeia of Tassili N’ajjer. *Journal of Ethnopharmacology*. 105 : 358–367.
- Hammiche, V., Maiza, K. (2006). Traditional medicine in Central Sahara: Pharmacopoeia of Tassili N’ajjer. *J. Ethnopharmacol*, 105: 358–367.
- Hamrouni-Sellami, I, Rahali, F Z, Rebey, I B, Bourgou, S, Limam, F, Marzouk, B, 2013. Total phenolics, flavonoids, and antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis L.*) plants as affected by different drying methods. *Food Bioprocess Tech*, 6, 806-817.

- Han, X., Shen, T & Lou, H. (2007). Dietary polyphenols and their biological significance. *International Journal of Molecular Sciences*, 8(9), 950-988.
- HANSON, J. R. (2003). *Natural products: the secondary métabolites* (Vol. 17). Royal Society of Chemistry.
- Harborne, J.B. (1993). *The Flavonoids: Advances in Research since 1986*. London, UK: Chapman & Hall.
- Hartmann T. 2007. From waste products to ecochemicals: Fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemist* 68: 2831-2846.
- HARTMANN THOMAS (2007). from waste products to ecochemicals: Fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry : Volume 68, Issues 22–24, November–December 2007, Pages 2831-2846*
- HELLAL Z. 2011. Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes de certaines huiles essentielles extraites des Citrus. : Application sur la sardine (*Sardina pilchardus*). Mémoire de magistère, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 78 p.
- 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*). . Thèse de magister, université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou. Algérie.
- Heywood VH. *Les plantes à fleurs, 306 familles de la flore mondiale*, Nathan, Paris, 1996 ; 335 p
- Thomas Desmier, *Les antioxydants de nos jours : définition et applications*, Université de Limoges, 2016
- Hunter M. (2009) *Essential Oils: Art, Agriculture, Science, Industry and Entrepreneurship (A Focus on the Asia-Pacific region)*. Nova Science Publishers, New York, 202.
- Hynes M.J., O'Coinceann M. (2004). The kinetics and mechanisms of reactions of iron(III) with caffeic acid, chlorogenic acid, sinapic acid, ferulic acid and naringin. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 98: 1457–1464.
- I. Kahramanoglu, C. Chen, J. Chen, C. W. Chunpeng, Chemical Constituents, Antimicrobial Activity, and food preservative characteristics of Aloe vera gel, *Agronomy*., 9(12) (2019) 831. DOI: 10.3390/agronomy9120831
- I.E. Cock, An updated review of the phytochemistry and therapeutic uses of plants of the genus Aloe, *Pharmacognosy Communications* 6(1) (2016) 52.
- IACS, I. A. S. C. Certification Program Policies & Operational Procedures. *Int. Aloe Sci. Counc.* 2010.

- Inguez-Fern', R. N. D.; Andez1, I. A.-V.; Azquez2, J. J. C.-P.; Erez1, J. S. W.-C.; J. S. AlvaradoGonzález1, G. C.; On-Dom'; Inguez1, V. G.-F. Y. G. F. G.; Errez-L'; Opez1La, E. I. E. N. *Revista Mexicana de Ingeniería Química. Rev. Mex. Ing. Química* 2012, 11, 23–43.
- INOUYE S.,(2001). Screening of the antibacterial effect of a variety of essential oils on respiratory tract pathogens, using a modified dilution assay method *J.Infect.Chemother.*7 (4): 251-4.
- Iserine., P. 2001. *Encyclopédie des Plantes Médicinales : identification, préparations, soins.* 2ème édition, Larousse. Paris :44-45.
- Ismail A., Marjan Z.M., Foong C, W.2004.Total antioxidant activity and phenolics content in selected vegetables. *Journal of Food Chemistry*,87:581-586.
- IUCN. 2005. *A guide to medicinal plants in north africa*, ISBN, spain. 2-8317-0893-1, 256p.
- J. Reuter, A. Jocher, J. Stump, B. Grossjohann, G. Franke, C.M.Schempp, Investigation of the anti-inflammatory potential of Aloe vera gel (97.5%) in the ultraviolet erythema test. *Skin Pharmacol Physiol.* 21(2) (2008)106-10.
- J. Roesler, C. Steinmuller, A. Kiderlen, A. Emmendorffer, H. Wagner, M.L.LohmannMatthes, Application of purified polysaccharides from cell cultures of the plant *Echinacea purpurea* to mice mediates protection against systemic infections with *Listeria monocytogenes* and *Candida albicans*, *Int J Immunopharmacol.* 13 (1991) 27–37.
- J.B.Harborne, *Phytochemical Methods*, Chapman and Hall Ltd., London, 49-188 1973.
- Jacques B, André R., 2004. *Biochimie métabolique . édition : ellipses.* Paris
- Jean-Luc Aboya Moroh. *Résistance bactérienne et phytomolécules antimicrobiennes issues de Morinda morindoides.* Sciences agricoles. Université de Bretagne occidentale - Brest, 2013. Français.
- Jean-Yves Chabrier. *Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie.* Sciences pharmaceutiques. 2010. fhal-01739123f
- Joulain D. (1994) *Methods for analyzing essential oils. Modern analysis methodologies: use and abuse.* *Perfumer & Flavorist*, 19, 5-17.; Coleman WM, Lawrence BM. (1997) A comparison of selected analytical approaches to the analysis of an essential oil. *Flavour and Fragrance Journal*, 12, 1-8.
- Kaabeche, M. *Les Groupements Végétaux de la région de Bousaada*, Thesis Université Paris Sud, 1990. Cité par BENABDELKRIM N. 2013. *Contribution à l'étude du rendement et du pouvoir antimicrobien de l'huile essentielle de Pituranthos chloranthus de la région de Biskra .* Thèse de Master . Université Abou Bekr Belkaïd , Tlemcen , Algérie,62 P



- Kamatou, GPP, Van Zyl, RL, Van Vuuren, SF, Figueiredo, AC, Hubert, A and Dorota Kr, 2017. Food Preservatives from Plants. Chapter 3, Food Additives, Edited by Desiree Nedra Karunaratne and Geethi Pamunuwa.
- KapetanovicS., DjugumovicS., RamicR.(1984). Isolement de l'huile essentielle de rose par distillation sèche. Parfums, Cosmétiques et ArômesJ., 56, 77-78
- KEERTHI M., LAKSHMI L.P.J., SANTHOSH A.M. et RAMA R.N. (2014). Review on polyphenols as nature's gift. World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 3(4): 445-455.
- Koffi, N, Beugré, K, Guédé, N Z, Dossahoua, T and Laurent, AA, 2009. Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays Krobou (Agboville, Côte-d'Ivoire). Sciences & Nature, Vol 6, N°1, 1 – 15.
- Kone Kouwelton Patrick Franck Olivier (2015):application des techniques de chromatographie et de spectroscopie dans l'identification des métabolites secondaires de trois plantes antidiabétiques et antihypertensives de la pharmacopée ivoirienne. Thèse doctorat en Chimie Organique et des Substances Naturelles. L'institut national polytechnique Felix Houphouët-Boigny En Sciences Des Procédés Chimiques
- Kouamé B., 2012. Valorisation des quatre plantes médicinales Ivoirienne : étude phytochimique, Thèse de doctorat, Université de Nantes, p.180
- Koubaa M, Mhemdi H, Barba FJ, Roohinejad S, Greiner R, Vorobiev E. (2016) Oil seed treatment by ultrasounds and microwaves to improve oil yield and quality: An overview. Food Research International, 85, 59-66.
- KRIFA M., GHARAD T., HAOUALA R. 2011. Biological activities of essential oil, aqueous and organic extracts of *Pituranthos tortuosus* (Coss.) Maire. Scientia Horticulturae. 128 : 61–67.
- KUMAR H., CHOUDHARY N., VARSHA. KUMAR N, SUMA N. et SETH R. (2014). Phenolic compounds and their health benefits: A review. Journal of Food Research and Technology. 2(2): 46-59.
- Lagunez Rivera L. (2006). Etude de l'extraction de métabolites secondaires de différentes matières végétales en réacteur chauffe par induction thermomagnétique directe. Thèse de l'institut national polytechnique de Toulouse, France.
- Leung M., Liu C., Koon JCM., Fung KP., « Polysaccharide biological response modifiers», Immunology letters, V.105, n° 2, (June 2006), 101 – 114.
- Leurquin Jean, Etude des ombellifères (Apiaceae) de la Belgique et des régions voisines, - Lotissement Coputienne, 10 - 6920 Wellin, 2007.



- Li Y., 2009. The health efficacy of Aloe and its development and utilization. Asian Social Science. Biology Department, Dezhou University. Vol. 5, No. 9. 4 p.
- Li, J., and Jiang, Y. (2007). Litchi flavonoids: isolation, identification and biological activity. *Molecules* 12, 745-758.
- LIU E-H., QI L-W., CAO J., Li P., Li C-Y et PENG Y-B. (2008). Advances of modern chromatographic and electrophoretic methods in separation and analysis of flavonoids. *Molecules*. 13: 2521-2544
- LOGRADA T., RAMDANI M., KIRAM A., CHALARD P., FIGUEREDO G. 2013. Variation of essential oils composition of *Pituranthos scoparius* in Algeria. *Global J Res. Med. Plants & Indigen. Med.* 2 : 1–9.
- Lucchesi M.E. (2005). Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes : Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse de Doctorat en Sciences, discipline : Chimie, Université de la Réunion, Faculté des Sciences et Technologies, Pp19
- Lucchesi M.E., Chemat F., Smadja J. (2004). An original solvent free microwave extraction of essential oil from spices. *Flavour and Fragrance Journal*, 19, 134-138.
- LUGASI A., DWORSCHÁK E., BLÁZOVICS A., KÉRY A., 1998. Antioxidant and free radical scavenging properties of squeezed juice from black radish (*Raphanus sativus* l. var. niger) root. *Phytother. Res.* 12: 502–506
- Lutge U., Kluge M., Bauer G. 2002. Botanique 3ème Ed. Lavoisier, Technique et documentation: Paris.
- M. BOURKHISS, M. HNACH, B. BOURKHISS, M. OUHSSINE, A. CHAOUCH ET B. SATRANI, Effet de séchage sur la teneur et la composition chimique des huiles essentielles de *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters, *Agro-solution*, 2009 VOL. 20 No 1.
- M. Schweizer, Aloe the health and healing plant, 4th edition, 1st English edition translated by Ed Maykut, APB, ISBN 2–912978–08–4,1994. <http://www.aloeinfo.info/aloeangl66.pdf>.
- M. Shalabi, K. Khilo, M.M. Zakaria, M.G. Elsebaei, W. Abdo, and W. Awadin, Anticancer activity of Aloe vera and *Calligonum comosum* extracts separately on hepatocellular carcinomacells, *Asian Pacific J. Tropical Biomedicine* , 5(5) (2015) 375-381.
- M.D. Boudreau, F.A. Beland, An evaluation of the biological and toxicological properties of *Aloe barbadensis* (miller), *Aloe vera*, *J Environ Sci Health C, Environ Carcinog Ecotoxicol Rev.* 24(1) (2006) 103-54.
- M.D. Boudreau, F.A. Beland, An evaluation of the biological and toxicological properties of *Aloe barbadensis* (miller), *Aloe vera*, *J Environ Sci Health C, Environ Carcinog Ecotoxicol Rev.* 24(1) (2006) 103-54.

- M.L. Barek, M. Hasmadi, A.Z. Zaleha, A.B. Mohd Fadzelly, Effect of different drying methods on phytochemicals and antioxidant properties of unfermented and fermented teas from Sabah Snake Grass (*Clinacanthus nutans* Lind.) leaves, *International Food Research Journal.*, 22(2) (2015) 661-670.
- Magee, A. R., Van Wyk, B. E., & Van Vuuren, S. F. (2007) Ethnobotany and antimicrobial activity of sieketros (*Arctopus* species). *South African Journal of Botany*, 73 (1), 159-162.
- MALTI Charaf Eddine Watheq, Etude des activités biologiques et de la composition chimique des huiles essentielles de trois plantes aromatiques d'Algérie : *Pituranthos scoparius* (Guezzah), *Santolina africana* (EL Djouada) et *Cymbopogon schoenanthus* (El Lemad) », THÈSE de DOCTORAT En Biologie, e l'Université de Tlemcen, 2019.
- Malti, CEW, Boussaïd, M, Belyagoubi, L, Paoli, M, Gibernau, M, Tomi, F, ... Bekhechi, C, 2018. Chemical Variability of the Essential Oil of *Pituranthos scoparius* from Algeria. *Chemistry & Biodiversity*, 15(7), 1800149.
- Masuda T., Yonemori S., Oyama Y., Takeda Y., Tanaka T. and Andoh, T. (1999) - Evaluation of the antioxidant activity of environmental plants: activity of the leaf extracts from seashore plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 1749–1754.
- Mehta Indu (2017). History of Aloe Vera, Department of History Kumaun University, Nainital, Uttarakhand (India). *Journal of humanities and social science (IOSR-JHSS)*. 22 (8): 21-24.
- Mejri, J, Abderrabba, M and Mejri, M, 2010 Chemical Composition of the Essential Oil of *Ruta chalepensis* L: Influence of Drying, Hydro-Distillation Duration and Plant Parts. *Industrial Crops and Products*, 32, 671-673.
- Meot-Duros L., Magné C. (2009) Antioxidant activity and phenol content of *Crithmum maritimum* L. leaves. *Plant Physiology and Biochemistry*, 47 (1), 37-41.
- Michayewicz N., 2013 - L'Aloevera, plante médicinale traditionnellement et largement utilisée depuis des millénaires, aux nombreuses propriétés thérapeutiques. Plante miracle? Thèse Doctorat, Université de Lorraine, France, P : 33-76 ,149p.
- Mighri, H, Sabri, K, Eljeni, H, Neffati, M and Akrouf, A, 2015. Chemical Composition and Antimicrobial Activity of *Pituranthos chloranthus* (Benth.) Hook and *Pituranthos tortuosus* (Coss.) Maire Essential Oils from Southern Tunisia. *Advances in Biological Chemistry* 5, 273-278.
- Milée E, Bai H-W , Siklee S , Hyun Hong S , Cho J-Y , Chung B (2012). Gamma irradiation improves the antioxidant activity of aloe vera (*Aloe Barbadensis* miller) extracts. *Radiation Physics and Chemistry* 81 :1029- 1031.

- Miranda M., Vega-G A., García P, D-Scalad K., Shic J., Xuec S., Uribea E., 2010. Effect of temperature on structural properties of Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) gel and Weibull distribution for modelling drying process. *Food and Bioproducts Processing*.88: 138–144.
- Mohamed, N, Hanen, N, Ákos, M, 2017. *Medicinal and Aromatic Plants of the World – Africa*, volume 3, Springer, pages203.
- Moniruzzaman, M., Begum. R., Sohel, A., Amrita B., Ibrahim, K and Siew,H.G.(2012). In Vitro Antioxidant Effects of *Aloe barbadensis* Miller Extracts and the Potential Role of These Extracts as Antidiabetic and Antilipidemic Agents on Streptozotocin-Induced Type 2 Diabetic Model Rats. *Molecules*, (17), 12851- 12867
- MORAND C. et MILENKOVIC D. (2014). Polyphénols et santé vasculaire : mise en évidence du rôle direct des polyphénols dans les effets bénéfiques des agrumes dans la protection vasculaire. *Innovations Agronomiques*. 42: 47-62.
- Morin Emmanuel(2008). *Aloe vera (L.)Burm.F. : Aspects pharmacologiques et cliniques*. Thèse de doctorat, Univ Nantes 207p.Faculté de pharmacie. p: 49.
- MRAIHI F., HIDALGO M, PASCUAL-TERESA S., TRABELSI-AYADI M et CHERIF J-K. (2015). Wild grown red and yellow hawthorn fruits from Tunisia as source of antioxidants. *Arabian Journal of Chemistry*. 8: 570-578.
- MUAND FRANCOIS NSEMI (2010): identification de polyphénols, évaluation de leur activité antioxydante et étude de leurs propriétés biologiques. Thèse du doctorat en Chimie organique. Université Paul Verlaine-Metz, France
- Mulaudzi R. B., Ndhlala A. R., Finnie J. F., Van Staden J. (2009) Antimicrobial, anti-inflammatory and genotoxicity activity of *Alepidea amatymbica* and *Alepidea natalensis* (Apiaceae). *South African Journal of Botany*, 75 (3), 584-587.
- N.M. Ferguson, *A textbook of Pharmacognosy*, Mac Millan Company, Vol. 191 1956.
- NAIT SAID N., 2007. Etude phytochimique des extraits chloroformiques des plantes: « *Pituranthos chloranthus* » et « *Marrubium vulgare* ». Thèse pour l'obtention du diplôme de magister en chimie. Option : chimie organique. Université El-Hadj Lakhdar – Batna. 112 p.
- Nakagawa Y. , Y. Yamano , T. Tawaratani , H. Kourai , T. Horie , I. Shibasaki, (1982) Antimicrobial characteristic of insoluble alkylpyridinium iodide. *Appl Environ Microbiol* 43(5): 1041–1050.
- Nam AM. (2014) Contribution de la RMN 13C à l'analyse des huiles végétales, huiles essentielles et résines (*Olea europaea*, *Pinus halepensis* et *Cedrus atlantica*). Thèse de Doctorat, Université de Corse Pascal-Paoli, France, 187.

- Navarro C, Puthalakath H, Adams JM, Strasser A, Lehmann R. Egalitarian binds dynein light chain to establish oocyte polarity and maintain oocyte fate. *Nat Cell Biol.* 2009;6:427–435.
- NEFFATI A., BOUHLELA I., BEN SGHAIERA M., BOUBAKERA J., LIMEMA I., KILANI S. SKANDRANIA I., BHOUREIA W., LE DAUPHINC J., BARILLIER D., MOSRATI R., CHEKIR-GHEDIRAA L., GHEDIRAA K., 2009.- Antigenotoxic and antioxidant activities of *Pituranthos chloranthus* essential oils, *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 27 :187–194.
- Neffati, A, Bouhlel, I, Ben Sghaier, M, Boubaker, J, Limem, I, Kilani, S, Skandrani, I, Bhouri, W, Le Dauphin, J, Krzysztof, S, Renata, P, Anna, R, Magdalena, S, Katarzyna, W, Radoslaw, G. 2011. Effect of Drying on the Composition of Essential Oil from *Lavandula angustifolia*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 14 (5), 532 – 542).
- Neffati, A, Hennequin, D, Basset, B, Chekir-Ghedira, L, Ghedira, K, Barillier, D and Ledauphin, J, 2009. Influence of Growth phase And Geographic Origin on the Essential Oil Composition of *Pituranthos chloranthus* from Tunisia. *Natural Product Communications*, 4, 1585-1594.
- Négre, R. *Petite Flore des Régions Arides du Maroc Occidental*, Tome 2 Ed.CNRS, Paris France 1962.
- Nejatzadeh.B, F.(2013). Antibacterial activities and antioxidant capacity of *Aloe vera*. *Medicinal Chemistry Letters*, 3:5.
- NF ISO 6883, Normes nationales et documents normatifs nationaux, 2017.
- Nice J., Davies R., “*Aloe vera*”, Alapage, (2000), 57
- Nicholson, R. & Vermerris, W (2006). *Phenolic Compound Biochemistry*. New York, USA: Springer.
- Nour,V., Stampar , F., Veberic, R and Jakopic, J.(2013). Anthocyanins profile, total phenolics and antioxidant activity of black currant ethanolic extracts as influenced by genotype and ethanol concentration. *Food Chemistry*, 141: 961–966.
- NOVAK L., BUZAS G., MINKER E., KOLFALAI M., SZENDREI K. 1966. *Planta med* .14, p: 57. Cité par : NAIT SAID N., 2007. Etude phytochimique des extraits chloroformiques des plantes: « *Pituranthos chloranthus* » et « *Marrubium vulgare* ». Thèse pour l’obtention du diplôme de magister en chimie. Option : chimie organique. Université El-Hadj Lakhdar – Batna. 112 p.
- O. Grundmann, B Pharm,ms,PHD, *Aloe Vera Gel Research Review*, *Natural Medicine Journal*, Vol. 4 Issue 9, 2012.
- O. Grundmann, B Pharm,ms,PHD, *Aloe Vera Gel Research Review*, *Natural Medicine Journal*, Vol. 4 Issue 9, 2012.

- O'Brien C., 2005. Physical and chemical characteristics of Aloe Gels. University of Johannesburg. 386 p.
- Of, J.; Agricultureenvironment, F. Aloe vera: A plant for many uses Aloe vera : A plant for many uses. 2016, 245–249.
- Okoh, OO, Sadimenko, AP, Asekun, OT and Afolayan, AJ, 2008 The Effects of Drying on the Chemical Components of Essential Oils of *Calendula officinalis* L. African Journal of Biotechnology, 7, 1500-1502.
- Olle M, Bender I. The content of oils in umbelliferous crops and its formation, Agron. Res, (Special Issue III). 2010 ; (8) : 687-696.
- ONAWUNMI G.O., (1984). Antibacterial constituents in the essential oil of *Cymbopogon citrate*. Ethnopharmacol. 12(3): P: 279-86.
- Oussou K.R., 2009. Etude chimique et activité biologiques des huiles essentielles de sept plantes
- Ozanda P. (1990) Flore et végétation du sahara, 3<sup>ème</sup> édition, augmentée. Ed. CNRS, Paris : 662p
- OZEL M. Z., KAYMAZ H. 2004. Superheated water extraction, steam distillation and Soxhlet extraction of essential oils of *Origanum onites*, Anal Bioanal Chem. 379: 1127–1133.
2013. Contribution à l'étude du rendement et du pouvoir antimicrobien de l'huile essentielle de *Pituranthos chloranthus* de la région de Biskra . Thèse de Master . Université Abou Bekr Belkaïd , Tlemcen , Algérie,62 P
- Ozsoy N; Candoken E and Akev N. 2009. Implications for degenerative disorders Antioxidative activity, total phenols, flavonoids, ascorbic acid,  $\beta$ -carotene and  $\beta$ -tocopherol in Aloe vera; journal list Oxide Med Cell Longev. Vol 2(2): 99–106.
- P. Chatterjee, B. Chakraborty, and S. Nandy, Aloe vera plant: review with significant pharmacological activities, Mintage J. Pharmaceutical and Med.Sci, 2(3) (2013) 21-24.
- P. Chatterjee, B. Chakraborty, and S. Nandy, Aloe vera plant: review with significant pharmacological activities, Mintage J. Pharmaceutical and Med.Sci, 2(3) (2013) 21-24.
- Paris, R., Moyse, H. (1969). Précis de matière médicale (Tome 3). Paris : Masson et Cie.
- Park Y., Seung K. L. "New Perspectives on Aloe ", Springer, (2006), 200.
- PAVITHRA G.M., SABA S., ABHISHIKTHA S.N et PRASHITH K.T.R. (2013). Antioxidant and antimicrobial activity of flowers of *Wendlandia thyrsoidea*, *Olea dioica*, *Lagerstroemia speciosa* and *Bombax malabaricum*. Journal of Applied Pharmaceutical Science. 3(6) : 114-120.
- Peter H.Raven, Ray F.Evert, Susan E.Eichhorn (trad. de la 3<sup>e</sup> édition américaine Jules Bouharmont et révision scientifique Charles-Marie Evrard), Biologie végétale, 3<sup>e</sup> édition, De Boeck, 2007 (ISBN 978-2-8041-8156-7

- Piochon M. (2008). Etude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore Laurentienne : composition chimique, activités pharmacologiques et hémisynthèse. Mémoire, Université du Québec à Chicoutimi, Canada
- POIROT Rachel METHODOLOGIE POUR LE PASSAGE EN CONTINU D'EXTRACTION DE SOLUTE A PARTIR DE MATIERE VEGETALE, thèse de doctorat, L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE TOULOUSE, 2007.
- Polyphénols et procédés : Transformation des polyphénols au travers des procédés appliqués à l'agroalimentaire. Paris, France : Lavoisier Tec&Doc s (MACHEIX et al., 2005 ; STALIKAS, 2007 ; KUMAR et al., 2015).
- Potier P., " Biochimie végétale", 2ème Edition Dunod, Paris, (1997), 123.
- Pourrat A; Arvoue A; Lejeune B; Bastide P; Privat A M; Legret P., " Extrait de propolis: Etude de la cicatrisation de plaies chez le lapin". Journal de pharmacie de Belgique, V. 48, n°3, (1993), 171-178.
- Pousset J. L., (2006), "Plantes d'Afrique ; Comment les reconnaître et les utiliser", Edi Sud, 287.
- Quezel, F. et Sanata, S. Nouvelle Flore de l'Algérie et des Régions Désertiques Méridionales, Vol. 1-2 Ed. CNRS, Paris France, 1962, 1963.
- Quezel, F. et Sanata, S. Nouvelle Flore de l'Algérie et des Régions Désertiques Méridionales, Vol. 1-2 Ed. CNRS, Paris France, 1962, 1963. 1170 p
- Quézel, P, Santa, S, 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Edition CNRS, Tome II, Paris, 1169.
- R. Singh, P.K. Verma, G. Singh, Total phenolic, flavonoids and tannin contents in different extracts of *Artemisia absinthium*, J IntercultEthnopharmacol. 1(2)(2012)101-104.
- R. Srihari, A.R.Surendranath, N. Kasturacharya, K.C.Shivappa, N.D.Sivasitambaram, and B.L. Dhananjaya, Evaluating the cytotoxic potential of methanolic leaf extract of *Aloe vera* on MCF-7 breast cancer cell lines Int. J. Pharmacy and Pharmaceutical Sci., 7(13) (2015) 81-83.
- R.H. Davis, J.J. Donato, G.M. Hartman, R. C.Haas, Anti-inflammatory and wound healing activity of a growth substance in *Aloe vera*, J Am Podiatr Med Assoc., 84 (2) (1994)77-81.
- R.H. Davis, J.M. Kabbani, N.P. Maro, *Aloe vera* and wound healing, J Am Podiatr Med Assoc 77 (1987)165–169.
- Rabiai M., 2014. Étude physicochimique et évaluation de l'activité biologique d'une huile essentielle et l'extrait aqueux d'*Eucalyptus globulus* de la région M'sila, Mémoire de Master, Université M'sila.
- Ramachandra C.T., Rao S.P., 2008. Processing of *Aloe Vera* Leaf Gel: A Review. American Journal of Agricultural and Biological Sciences.3(2): 502-510.

- Ravi S, Kabilar P, Velmurugan S, Kumar RA, Gayathiri M (2011). Spectroscopy studies on the status of aloin in Aloe vera and commercial samples. *Journal of Experimental Sciences*. 2(8): 10-13.
- Rawel H.M, Meidther K, Kroll J(2005) : Bindinf of selected phenolic compounds toproteins. *Journal Agriculture and Food Chemistry*.
- REMMAL A.,BOUCHKHI T., RHAYOUK., ETTAYBI M et TANTOUI-ELRAKI.,(1993). Improved method for determination of antimicrobial activity of essential oils in agar medium.*J.ESS.Oil Res*.5 (2). 179-184.
- Reyes J.E., Guanoquiza M.I., Gipsy T.M., V-Galvez A., 2012. Microbiological stabilization of Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) gel by high hydrostatic pressure treatment. *International Journal of Food Microbiology*.158: 218–224.
- Reynolds T., “Aloes ; The Genus Aloe”, CRC. Press, Florida, (2004), 386.
- Reynolds T., Dweck A. C., “Aloe vera leaf gel: a review update”, *Journal of Ethnopharmacology*, V.68, (May, 1999), 3 R 37.
- Roberta R, Pellegrini N, Pannala A, Yang M, Rice-Evan C: Antioxidant activity applying an improvrd ABTS radical cation decolorization. *Free Radical Biology and Medicine* 1999, 9/10 (26):1231-1237
- Roberta, R, Pellegrini, N, Pannala, A, Yang, M, Rice-Evan, C, 1999. Antioxidant activity applying an improvrd ABTS radical cation decolorization. *Free Radical Biology and Medicine*, 9/10 (26),1231-1237.
- Roger, H., Ch. Nebie, A. Belanger et S. Sib. Faustin S. 2007. Effet du séchage de la matière végétale sur la composition chimique de l'huile essentielle de *Ocimum basilicum* L. Vol. 1, n° 2, juillet décembre, *Science et technique, Sciences appliquées et technologies*.
- Ross I. A., “Medicinal plants of the word; Chemical constituents, traditional and modern medicinal uses”, 2nd Edition Humana Press, New York, (2003), 623.
- Rossi P.G. (2003). Caractérisation et valorisation des produits issus de la biomasse : activité biologique des huiles essentielles. Thèse de Doctorat, Université de Corse, 2.
- Rouessac F, Rouessac A, Cruché D. (2004) *Analyse Chimique -Méthodes et techniques instrumentales modernes*. 6 ème édition, Dunod, Paris, 462.
- Rouessac F, Rouessac A, Cruché D. (2004) *Analyse Chimique -Méthodes et techniques instrumentales modernes*. 6 ème édition, Dunod, Paris, 462.
- Roux D et Catier O. 2007. *Botanique, pharmacognosie, phytothérapie* 3ème édition.: Wolters Kluwer, Dalian (China) 141 p.
- Roux D. (2008). *Conseil en aromathérapie*. 2èmeédition Pro-Officiiana, p: 187.



- S. Arunkumar, and M. Muthuselvam, Analysis of phytochemical constituents and antimicrobial activities of Aloe vera L. against clinical pathogens, *World J. Agri. Sci.*, 5(5) (2009) 572-576.
- S.E. Dal'Belo, L.R. Gaspar, P.M. Maia Campos, Moisturizing effect of cosmetic formulations containing Aloe vera extract in different concentrations assessed by skin bioengineering techniques. *Skin Res Technol.* 12(4) (2006)241-46. doi: 10.1080/10590500600614303.
- Sabelle foury.1986. role écophysiological des metabolites secondaires
- SACCHETTI G., MAIETTI S., MUZZOLI M., SCAGLIANTI M., MANFREDINI S., RADICE M. 2005.Comparative evaluation of 11 essential oils of different origins as functional antioxidants, antiradicals, and antimicrobials in foods. *Food Chem.* 91:621–632.
- Safowora A., 1993. Medicinal plants and traditional medicine in Africa, Spectrum Books Limited, Ibadan, Nigeria.
- SAHLI RAMLA (2017): thèse étude phytochimiques de quelques plantes extremophiles tunisiennes et exploration de leurs activités biologiques. Thèse du doctorat en Génie Biologique de Université Lille 2
- SAIDI IMENE (2019). Caractérisation et valorisation d'une plante de la famille des fabaceae : *Gleditsia triacanthos* de la région de Sidi Bel Abbés : Extraction des substances bioactives. Thèse de doctorat en Sciences Biologiques.
- Saidi IMENE (2019). Caractérisation et valorisation d'une plante de la famille des fabaceae : *Gleditsia triacanthos* de la région de Sidi Bel Abbés : Extraction des substances bioactives. Thèse de doctorat en Sciences Biologiques.
- SAIHI RAZIKA (2011). Etude phytochimique, Extraction des produits actifs de la plante *Artemisia campestris* de la région de Djelfa. Mise en évidence de l'activité biologique. Magister en chimie organique. Université d'Oran.
- Schmelzer G.H., Gurib-Fakim A. Ressources vegetales de l'Afrique Tropicale 11(1), Plantes medicinales 1, Fondation PROTA, 2008, p.94-95.
- Schweizer M., "Aloès la plante qui guérit", Le courrier du livre, Paris, (1995), 89.
- Schweizer M., 2006. Aloe the health and healing plant. The fourth edition. 66 p. Donadieu Y., 2006. Aloe Vera (extrait). Faculté de Médecine De Paris : 15-21.
- Schweizer M., 2006. Aloe the health and healing plant. The fourth edition. 66 p
- SEGVIC KLARIC M., KOSALEK I., MASTELIC J., PIECKOVA E. & PEPELJNAK S. 2007. Antifungal activity of thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oil and thymol against moulds from damp dwellings. *Letters in Applied Microbiology*, 44: 36-42.
- Sell CS. (2006) *The Chemistry of Fragrance From Perfumer to Consumer*. 2nd edition. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 329.



- Sharrif M, Sandeep Kv. Aloe vera their chemicals composition and applications: A review. *Int J Bio Med Res.* 2011 ; 2(1) : 466-471.
- Silou, T., F. Taty-Loumbou et J.-C. Chalchat. 2002. Etude de l'effet du séchage solaire sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles extraites des feuilles d'*Eucalyptus citriodora*. *Ann. Fals. Exp. Chim.*, n° 960. 287-301.
- Solórzano-Santos F and Miranda-Navales MG. (2012) Essential oils from aromatic herbs as antimicrobial agents. *Current Opinion Biotechnology*, 23(2), 136-141.)
- SOUSA M.C., BRAGA R.C., CINTRA B.A.S. et ANDRADE V.O.C.H. (2013). In silico metabolism studies of dietary flavonoids by CYP1A2 and CYP2C9. *Food Research International.* 50: 102-110.
- STALIKAS D. (2007). Extraction, separation and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *Journal of Separation Science.* 30: 3268-3295.
- Status of certain additional over-the-counter drug category II and III active ingredients; 2002.
- Suhaj M., 2006., Spice antioxidants isolation and their antiradical activity: a review. *Journal of Food Composition and Analysis.* 19: 531–537.
- Surjushe A., Vasani R., Saple D G., “Aloe vera; A short review”, *Indian journal Dermatol*, V. 53, n° 4, (2008), 163 - 166.
- Surjushe A., Vasani R., Saple D G., “Aloe vera; A short review”, *Indian journal Dermatol*, V. 53, n° 4, (2008), 163 - 166.
- Surjushe Amar, VasaniResham&Saple DG (2008). Aloe vera: a short review. *Indian Journal of Dermatology*, 53(4): 163-166,doi: 10.4103/0019-5154.44785
- T. Reynolds, A.C. Dweck, Aloe vera leaf gel, a review updated, *J Ethnopharmacol*, 68 (1999) 3–37. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(99\)00085-9](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(99)00085-9)
- T.H. Mchugh, E. Senesi, Apple wraps: A novel method to improve the quality and extend the shelf life of fresh-cut apples, *J. Food Sci.* 65 (2000) 480–485. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb16032.x>
- Tabanca, N., Demirci, B., Ozek, T., Kirimer, N., Baser, K.H.C., Bedir, E., Khan, I.A., Wedge, D.E. (2006) - Gas chromatographic–mass spectrometric analysis of essential oils from *Pimpinella* species gathered from Central and Northern Turkey. *Journal of Chromatography. A*, (1117) : 194–205.
- TAHOUCO SEKPA FLORENT (2016). Procédure d'extraction globale des composés phytochimiques pour l'évaluation analytique des médicaments à base de plantes. Thèse de docteur en pharmacie. Université Félix Houphouët –Bobigny. République de Côte d'Ivoire.
- Tenney D., Elkins R., “Aloe vera”. Wood Land Publishing, (1997), 32.

- Tomas F, Barberan A (2010) .Ellagitannins,ellagic acid and vascular health.Molecular Aspects of Medicine, 31: 513-539.
- TOUIL A., RHOUATI S., CRECHE J. 2006. flavonoid glycosides from Pituranthos chloranthus. Chemistry of Natural Compounds. 42 (1) :104-105
- Touil A., S. Rhouati, and J. Creche Flavonoid glycosides from Pituranthos chloranthus. Chemistry of compounds, Vol. 42, No. 1, 2006.
- Touil, A, Rhouati, S, Creche, J, 2006. Flavonoid Glycosides from Pituranthos Chloranthus. Chemistry of Natural Compounds, Vol. 42, No. 1.
- Turkmen (2007).Effect of extraction conditions on measured total polyphenol contents and antioxydants and antibacterial activities of black tea.Molecules,(12) :484-496
- U. Sitara, N. Hassan, J. and Naseem,. Antifungal activity of Aloe vera gel against plant pathogenic fungi. Pakistan J. Botany, 43(4) (2011) 2231-2233.
- Urbatia : bureau d'ingénierie et d'étude technique Tiaret, 'Etude révision plan directeur d'aménagement et d'urbanisme commune de zelfana, Ghardaïa-zelfana- (2019-2020)''
- URQUIAGA INES and LEIGHTON FEDERICO. Plant Polyphenol Antioxidants and Oxidative Stress. Biol. Res. 2000; 33: 55-64.].
- Vega G.A., Giovagnoli C., Pèrez W.M., Reyes J.E., Vergara J., Miranda M., Uribe E., Discola K., 2012. Application of high hydrostatic pressure to Aloe vera (Aloe barbadensis Miller) gel. Microbial inactivation and evaluation of quality parametrs . Innovative food science and Emerging technologies. 13: 57-63.
- Venskutonis, P, 1997. Effect of Drying on the Volatile Constituents of Thym (Thymus vulgaris L.) and Sage (Salvia officinalis L.). Food Chemistry, 59, 219-227. doi.org/10.1016/S0308-8146(96)00242-7
- VERITE P., NACER A., KABOUCHE Z., SEGUIN E. 2004. Composition of seeds and stems essential oils of Pituranthos scoparius (Coss. & Dur.) Schinz, Flavour Fragr. J. 19: 562–564.
- Walton NJ, Brown DE (1999). Chemicals from plants: Perspectives on plant secondary products. London: Imperial College press.
- Wan P.J.,PakarinenD.R., HronR.J. (1995). Alternative hydrocarbon solvent for cottonseed extraction. J. Am.OilChem. Soc.,72, 653-659.
- WISSAM Z, GHADA B., WASSIM A. et WARID K. (2012). Effective extraction of polyphenols and proanthocyanidins from pomegranate's peel. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 4(3): 675-682.

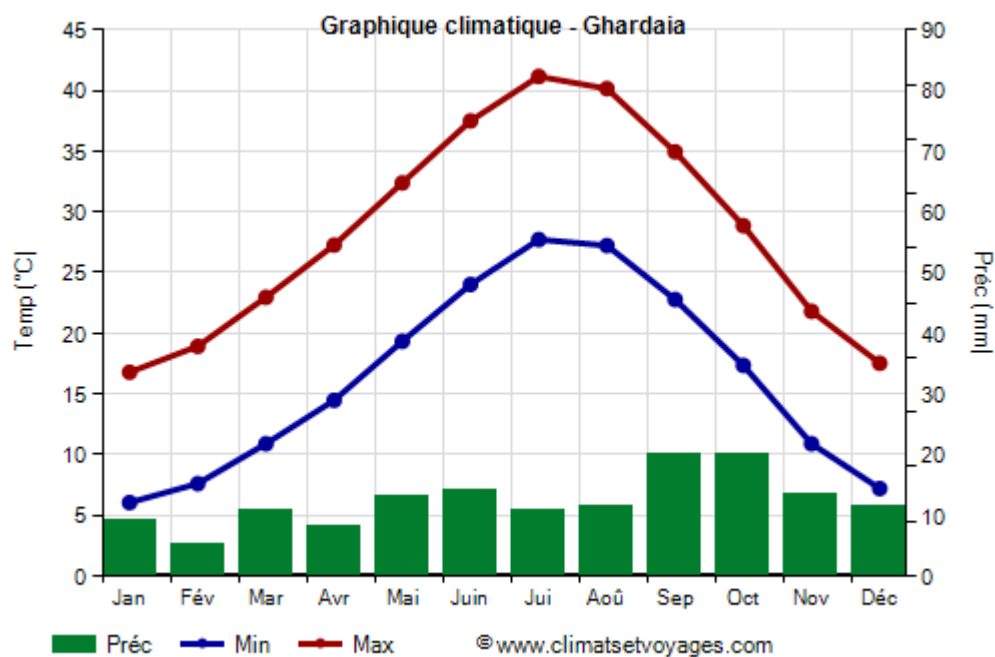
- Wollgast, J., Anklam, E., (2000). Review on polyphenols in *Theobroma cacao*: changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. *Food Research International* 33, 423 – 447.
- Y.S. Keum, K.K. Park, J.M. Lee, K.S. Chun, J.H. Park, S.K. Lee, H. Kwon, Y.J. Surh, Antioxidant and anti-tumor promoting activities of the methanol extract of heatprocessed ginseng, *Cancer Lett*, 150 (2000) 41–48.
- YANGUI T., BOUAZIZ M., DHOUIB A., SAYADI S. 2009. Potential use of Tunisian *Pituranthos chloranthus* essential oils as a natural disinfectant. *Letters in Applied Microbiology* ISSN 0266-8254. 48: 112–117.
- Yangui, T, Bouaziz, M, Dhoub, A and Sayadi, S, 2009 Potential use of Tunisian *Pituranthos chloranthus* Essential Oils as a Natural Disinfectant. *Letters in Applied Microbiology*, 48, 112-117.
- Yao, L.H., JIANG, Y.M., SHI, J., TOMS –BARBERAN , F.A., DATTA, N., SINGANUSONG , R. et CHEN, S. S. (2004). Flavonoids in Food and Their Health Benefits. *Plant Food Hum. Nutr*, 59 : 113-122.
- Yeh M. L., Liu C. F., Huang C. L., Huang T. C. (2003) Hepatoprotective effect of *Angelica archangelica* in chronically ethanol-treated mice. *Pharmacology*, 68 (2), 70- 73.
- Yimei Jia, Guodong Zhao, Jicheng Jia: «Preliminary evaluation: The effects of *Aloe ferox* Miller and *Aloe arborescens* Miller on wound healing»; *Journal of ethno pharmacology*; 2008; Vol 120; pp: 181-189.
- ZakaryaA.,FathallahT., Chascrette M. (1993). Use of multifunctional autocorrelation method to estimate molar volumes of alkanes and oxygenated compounds: Comparison between components of autocorrelation vectors and topological indices. *J. Phys. Org. Chem.*, 6, 574-582.
- ZambonelliA., D’Aurelio A.Z., Severi A., Benvenuti E., MaggiL., BianchiA. (2004). Chemical composition and fungicidal activity of commercial essential oils of *Thymus vulgaris* L. *J. Essent.OilRes.*, 16, 69-74.
- Zapata P.J., Navarro D., Guilléna F., Castillo S., M-Romero D., Valero D., Serrano M., 2013. Characterisation of gels from different *Aloe* spp. as antifungal treatment: Potential crops for industrial applications. *Industrial Crops and Products*.42: 223– 230.
- ZERGUI FATIMA ZOHRA (2016): Contribution à l’étude phytochimique et possibilités de valorisation d’une espèce dunaire du littoral oranais *Matthiola sinuata* (L). RBr.1812, magister en biologie d’université djila labes
- Zhiri A.(2006). Les huiles essentielles: un pouvoir antimicrobien avéré. *Natural News. Science, Nutrition, Prévention et Santé*, Edité par la Fondation pour le libre choix, 12, p:8.

Ziegler J and Facchini P J. 2008. Alkaloid Biosynthesis: Metabolism and Trafficking. *Annu Rev Plant Biol.* Vol(59):735 – 769.

Ziming Wang, Lan Ding, Tiechun Li, Xin Zhou, Lu Wang, Hanqi Zhang, Li Liu, Ying Li, Zhihong Liu, Hongju Wang, Hong Zeng, Hui H, (2006). Improved solvent-free microwave extraction of essential oil from dried *Cuminum cyminum* L. and *Zanthoxylum bungeanum* Maxim. *Journal of Chromatography A*, 1102, 11–17.

## Annexes

## Annexe 1 : Climat de Ghardaïa



## Annexe 2 : Températures moyennes (1991-2020)

Mois	Min (°C)	Max (°C)	Moyenne (°C)
<b>Janvier</b>	6	17	11,4
<b>Février</b>	8	19	13,3
<b>Mars</b>	11	23	16,9
<b>Avril</b>	14	27	20,9
<b>Mai</b>	19	32	25,9
<b>Juin</b>	24	38	30,8
<b>Juillet</b>	28	41	34,4
<b>Août</b>	27	40	33,7
<b>Septembre</b>	23	35	28,9
<b>Octobre</b>	17	29	23,1
<b>Novembre</b>	11	22	16,4
<b>Décembre</b>	7	18	12,4
<b>An</b>	16,4	28,4	22,35

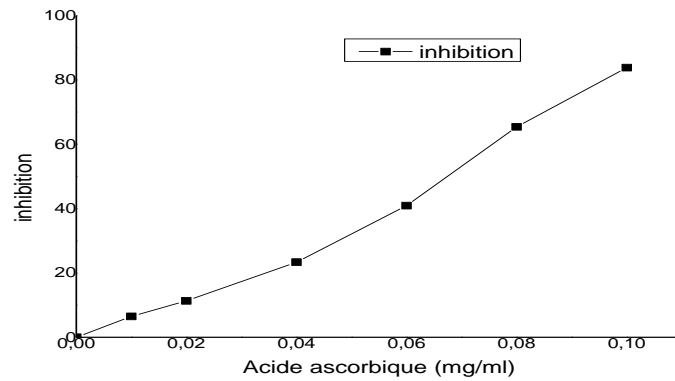
## Annexe 3 : Précipitations moyennes

Mois	Quantité (mm)	Jours
Janvier	9	2
Février	5	2
Mars	11	2
Avril	8	2
Mai	13	2
Juin	14	1
Juillet	11	1
Août	12	2
Septembre	20	3
Octobre	20	2
Novembre	13	2
Décembre	11	2
An	145	23

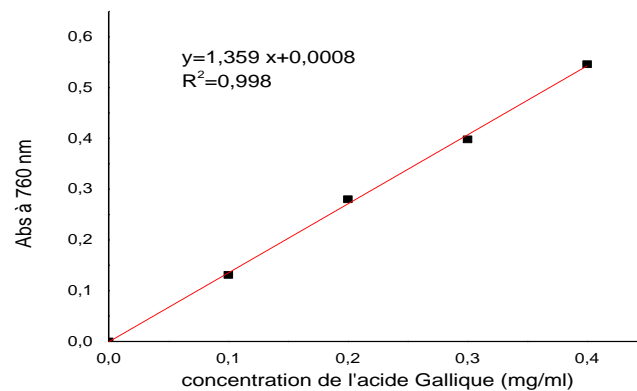
## Annexe 4 : Données climatiques de Zelfana (climate-data.org).

Mois	jan.	fév.	mars	avril	mai	juin	jui.	août	sep.	oct.	nov.	déc.	année
Température minimale moyenne (°C)	4,2	6,2	8,9	12,9	16,9	22,1	25	24,5	21,2	14,7	8,9	5,1	14,2
Température moyenne (°C)	10,4	12,8	15,8	20,7	24,8	30,3	33,8	33	28,3	21,5	15	11,2	21,5
Température maximale moyenne (°C)	16,7	19,5	22,8	28,5	32,8	38,5	42,7	41,6	35,5	28,4	21,2	17,4	28,8
Précipitations (mm)	7	4	9	5	3	2	1	1	4	6	8	7	57

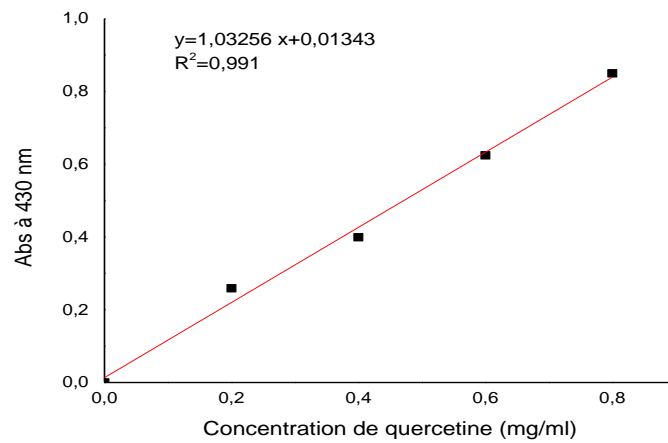
## Annexe 5 : Courbes d'étalonnages



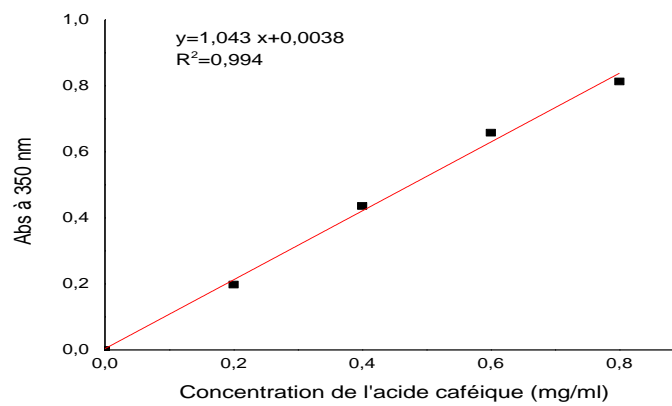
Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des concentrations de l'acide ascorbique.



Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des composés phénoliques



Courbe d'étalonnage de la quercétine pour le dosage des Dosage des flavonoïdes



Courbe d'étalonnage de l'acide caféique pour le dosage des Dosage des Ortho-diphénol

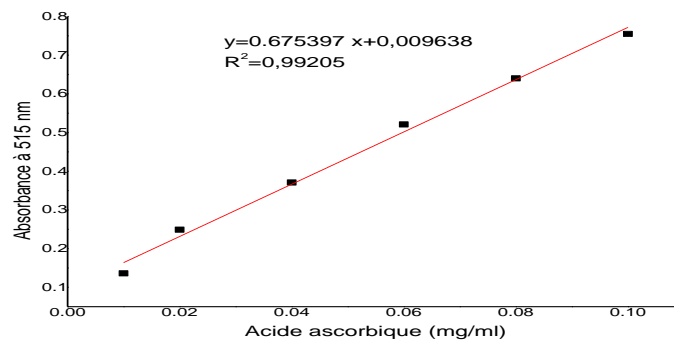
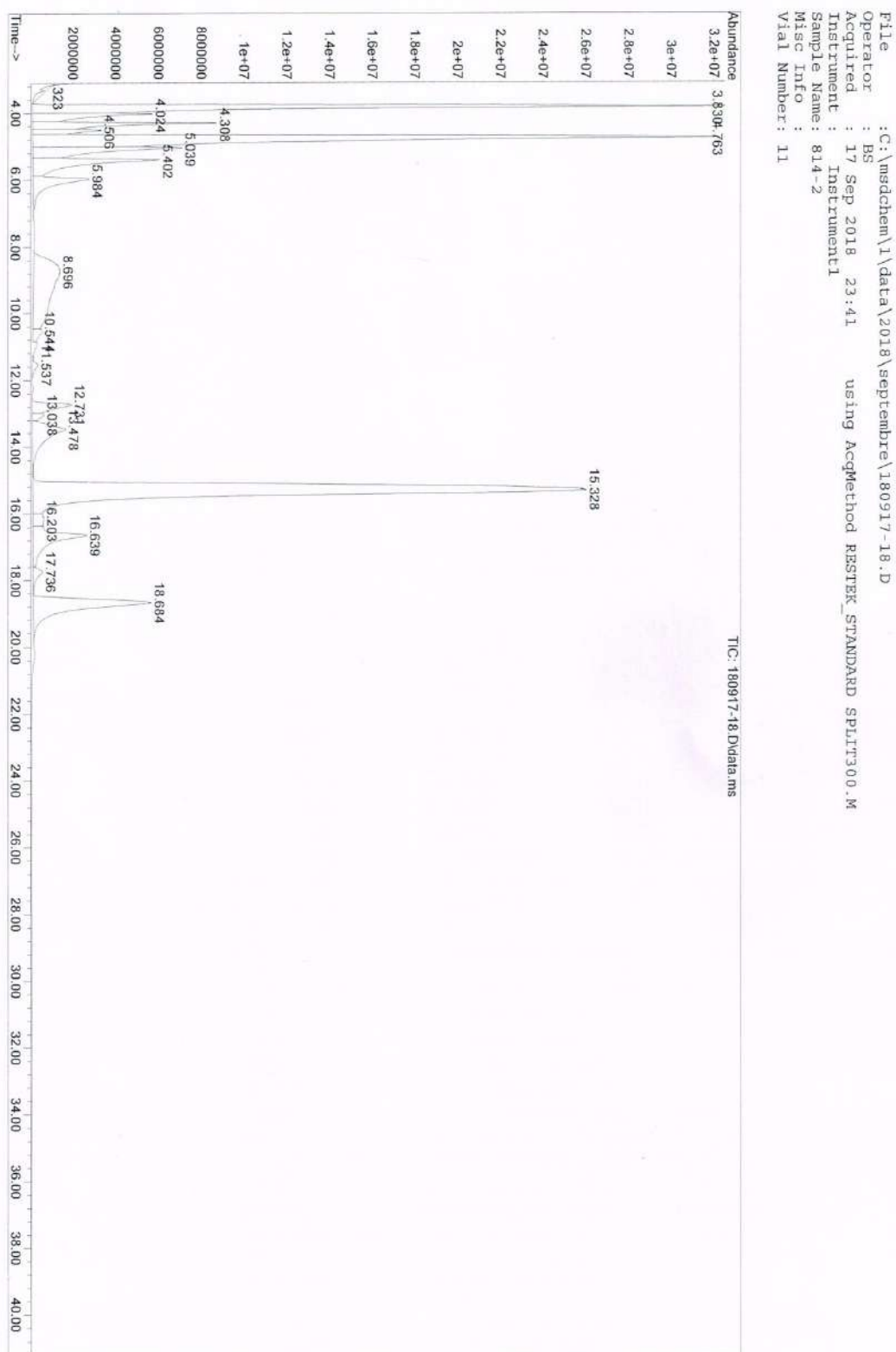


Figure 1 Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique

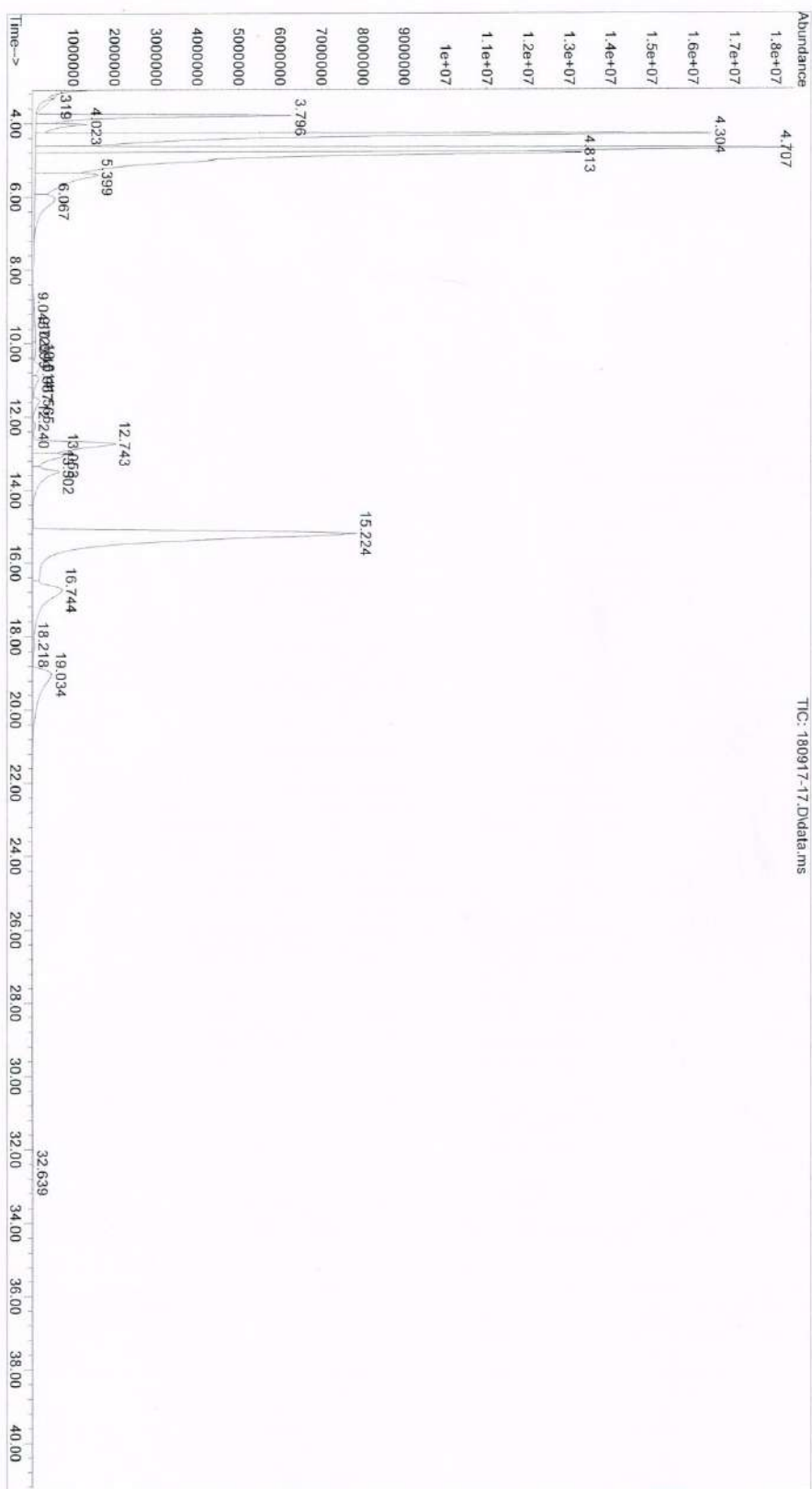


## Annexe 06



Spectre d'analyse de (GC-MS) de l'espèce séchée

File : C:\msdchem\1\data\2018\septembre\180917-17.D  
 Operator : BS  
 Acquired : 17 Sep 2018 22:51 using AcqMethod RESTEK\_STANDARD\_SPLIT300.M  
 Instrument : Instrument1  
 Sample Name : 814-1  
 Misc Info :  
 Vial Number : 10



Spectre d'analyse de (GC-MS) de l'espèce fraîche