



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة غرداية

N° d'enregistrement

Université de Ghardaïa

/...../...../...../...../.....

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم هندسة الطرائق

Département de Génie des Procédés

## Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine: Sciences et Technologie

Filière: Génie des Procédés

Spécialité: Génie Chimique.

## Thème

*Caractéristiques physico-chimiques et biologique  
De la purée des feuilles d'Aloe-Vera.*

Soutenue publiquement le...17/06/2021

Par

DABOUZ Mounir et CHIHANI Salah

Devant le jury composé de:

Dr. LAKHDARI Abdelhakim	MCB	Univ. Ghardaïa	Président
Dr. ADAMOU Youcef	MCB	Univ. Ghardaïa	Examineur
Dr. KHANE Yasmina	MCB	Univ. Ghardaïa	Encadreur
Dr. BABA ARBI Ilias	MCB	Univ. Ghardaïa	Co-encadreur

Année universitaire 2020 / 2021

# *Remerciement*

Au terme de ce modeste travail, nous tenons à exprimer nos remerciements les plus sincères, tout d'abord au « BON DIEU » pour la patience et la santé qui nous a été utile tout au long de notre parcours.

Ce travail a été accompli au laboratoire de recherche de chimie analytique du département de génie des procédés de la faculté de Technologie, de l'université de Ghardaïa.

Nous tenons à exprimer notre gratitude envers notre encadreur Dr. KHANE Yasmina, qui a accepté de nous encadrer, qui nous a fait bénéficier de son savoir scientifique, de sa compétence et leur disponibilité à tout moment.

Nous tenons à remercier aussi :

Dr. LAKHDARI Abdelhakim de nous avoir consacré de son temps en nous faisant l'honneur de présider le jury et d'évaluer notre travail

Dr. ADAMOUCHE Youcef et Dr. BABA ARBI Ilias, de nous avoir fait l'honneur

D'examiner ce travail

Nos remerciements iront aussi à tous les enseignants du laboratoire de recherche de chimie analytique ainsi qu'à l'ensemble du personnel technique et administratif du département de génie des procédés, et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail*

*A mon très cher père qui grâce à lui je suis arrivé à ce  
stade.*

*A ma très chère mère lumière de ma vie source d'amour de  
tendresse et de soutien éternel.*

*A ma femme : Pour ton soutien ta patience*

*Pour ton aide et ta relecture lors de l'élaboration de ce  
travail.*

*A mes frères Et A mes sœurs*

*A mes petits : Malek Imad-eddine*

*Et Aboubaker.*

*MOUR*

# *Dédicace*

**Je dédie ce modeste travail  
A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices,  
Leur amour, Leur tendresse, leur soutien et leurs prières  
Tout au long de mes études,**

**A toute ma famille pour leur soutien tout au long  
De mon parcours universitaire,**

**Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués,  
Et le fruit de votre soutien infaillible,**

**Merci d'être toujours là pour moi.**

**CHIHANI. S**

## Résumé

L'Aloe vera aussi appelé aloès, est une plante originaire d'Afrique du Nord. C'est une plante vivace connu depuis l'antiquité. L'Aloe vera présente plusieurs vertus médicinales. Elle est considérée comme plante dépolluante. Ainsi, elle est au vue de notre étude considérée comme une plante antioxydante et antiradicalaire.

Ce travail est une contribution à l'étude de propriété physique chimique et de la teneur en polyphénols totaux et les flavonoïdes et l'activité biologique d'extrait d'une plante de la région Berriane (Ghardaïa) et d'évaluer l'activité antioxydant par la méthode de DPPH, les phénols totaux ont été déterminé par la méthode de réactif Folin-Ciocalteau et les flavonoïdes par la méthode au chlorure d'aluminium. Le pouvoir antifongique et antibactérien des différent extrait de feuille de la plante d'Aloe vera a été déterminé par la méthode de diffusion sur milieu solide.

Les résultats de ce travail nous ont permis d'affirmer que l'activité antioxydante d'Aloe vera revient essentiellement aux composés phénoliques.

L'extrait donne une grande activité approche de la vitamine C suivant la méthode des radicaux libres DPPH. En plus, L'étude de l'activité antibactérienne des extraits contre une souche bactérienne Gram positive (*Staphylococcus aureus*), deux Gram négative (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*) et une levure (*Candida albicans*; notre résultat montre que l'effet d'activité antibactérienne est varié selon le type des bactéries et l'extrait.

Mots clefs : Aloe vera ; polyphénols totaux ; flavonoïdes, activité antioxydant; activité antimicrobienne.

## Abstract

Aloe vera also called aloe is a plant native to North Africa. It is a perennial plant known since antiquity. Aloe vera has several medicinal virtues. It is considered as a depolluting plant. Thus, it is in view of our study considered as an antioxidant and antiradical plant.

This work is a contribution to the study of chemical physical property and content of total polyphenols and flavonoids and biological activity of a plant extract from the Berriane region (Ghardaïa) and to evaluate the antioxidant activity by the method of DPPH, total phenols were determined by the method of Folin-Ciocalteau reagent

and flavonoids by the method of aluminum chloride. The antifungal and antibacterial power of the various leaf extracts of the Aloe vera plant was determined by the solid medium diffusion method.

The results of this work allowed us to affirm that the antioxidant activity of Aloe vera is mainly due to phenolic compounds.

The extract gives a high activity approach of vitamin C according to the DPPH free radical method. In addition, the study of antibacterial activity of extracts against a bacterial strain Gram positive (*S. aureus*), two Gram negative (*E. coli*, *P. aeruginosa*) and one yeast (*Candida albicans*); our result shows that the antibacterial activity effect is varied according to the type of bacteria and the extract.

Key words: Aloe vera; total polyphenols; flavonoids, antioxidant activity; antimicrobial activity.

## ملخص

الألو فيرا التي تدعى أيضا الوه هي نبتة محلية في شمال إفريقيا. هي نبات دائم معروفة منذ العصور القديمة. فالألو فيرا له العديد من الفضائل الطبية. وتعتبر نبتة منزوعة التلوث. وهكذا، نظرا إلى دراستنا التي نعتبرها نبتة مضادة للأكسدة ومضادة للراديكالية.

وهذا العمل هو مساهمة في دراسة الخصائص الفيزيائية

و الكيميائية ومحتويات مجموع البوليفينولات والفلورونويدات والنشاط البيولوجي لمخلص نباتي من منطقة بريان) غرداية ، وفي تقييم النشاط المضاد للأكسدة باستخدام طريقة DPPH ، تم تحديد مجموع الفينولات باستخدام طريقة كاشف فلوين-سيكوكتالو والفلورونويدات بطريقة كلوريد الألومنيوم. تم تحديد القوة المضادة للفطريات والبكتيريا لمستخلصات أوراق نبات الصبار المختلفة بواسطة طريقة انتشار الوسط الصلب.

وقد أتاحت لنا نتائج هذا العمل التأكيد على أن النشاط المضاد للأكسدة في ألو فيرا يرجع أساسا إلى المركبات الفينولية. ويعطي المستخلص طريقة نشاط عالية من فيتامين "ج" وفقا لطريقة جذر DPPH. بالإضافة إلى ذلك ، دراسة النشاط المضاد للبكتيريا للمستخلصات ضد سلالة بكتيرية غرام موجب *aureus Staphylococcus* ، واثنين من الجرام سالب *Escherichia coli* ، *Pseudomonas aeruginosa* و خميرة *Candida albicans* و النتائج كانت متفاوتة حسب نوع البكتيريا و المستخلص.

الكلمات الرئيسية: الألو فيرا؛ إجمالي بوليفينولات؛ الفلافونويدات، نشاط مضادات الأكسدة ؛ النشاط البيولوجي.

## Liste des figures

Figure 1 tablette d'argile sumériennes découvertes, datées de 3000 ans avant JC.....	4
Figure 2 A) Gravure égyptienne avec pieds d'Aloès (à droite). B) Plantations égyptiennes avec pieds d'Aloès (carre central). .....	5
Figure 3 Rodney Stockton .....	7
Figure 4 coupe d'une feuille d'Aloe vera .....	8
Figure 5 la fleur d'Aloe vera .....	9
Figure 6 Aloe Ferox .....	10
Figure 7 Aloe Arborescens .....	10
Figure 8 Aloe Aristata .....	10
Figure 9 Aloe Polyphylla.....	11
Figure 10 Aloe Ciliaris .....	11
Figure 11 Aloe Maculata .....	11
Figure 12 Aloe Barbadensis Miller (Aloe vera).....	12
Figure 13 Quelques exemples d'acides phénols dérive de l'acide benzoïque C6-C1.....	20
Figure 14 Quelques exemples d'acides phénols dérive de l'acide cinnamique C6-C3.....	21
Figure 15 Structure générale d'un flavonoïde .....	21
Figure 16 Formule de B-carotène .....	22
Figure 17 Formule de l'a-tocophérol.....	23
Figure 18 vitamine C.....	23
Figure 19 vitamine A.....	24
Figure 20 : Quelques antioxydants de synthèse.....	25
Figure 21 Mécanisme-reactionnel-intervenant-lors-du-test-DPPH-entre-lespece.....	26
Figure 22 Escherichia coli .....	29
Figure 23 Pseudomonas.....	29
Figure 24 Staphylococcus aureus.....	30
Figure 25 Candida albicans.....	31
Figure 26 La technique de macération .....	32
Figure 27 extractions par hydrodistillation.....	34
Figure 28 constituant d'un Soxhlet.....	36

Figure 29 Extraction par micro-ondes.....	37
Figure 30 schémas de principe d'extraction par CO2 supercritique.....	37
Figure 31 deux feuilles d'aloë vera: sèche et fraîche.....	40
Figure 32 Carte géographique de la zone d'étude : a) la wilaya de Ghardaïa / b) la région de Berriane (Google Mapp, 2021). .....	41
Figure 33 photographies des échantillons des feuilles de l'Aloë vera.....	41
Figure 34 différente étape pour extraction huile végétale de la peau aloë vera.....	44
Figure 35 Les différentes étapes réalisées dans l'expérimentation. ....	45
Figure 36 Mécanisme de réaction de chlorure d'aluminium avec les flavonoïdes .....	52
Figure 37 test DPPH.....	52
Figure 38 : Méthode de diffusion sur disque (aromatogramme) .....	57
Figure 39 Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des composés phénoliques	63
Figure 40 Courbe d'étalonnage de la quercétine pour le dosage des Dosage des flavonoïdes .	64
Figure 41 Le pourcentage d'inhibition de DPPH de Gel d'Aloë-vera.....	66
Figure 42 Le pourcentage d'inhibition de DPPH d'huile extraite .....	66
Figure 43 Le pourcentage d'inhibition de DPPH d'Aloë-vera (Fraîche) méthanol .....	67
Figure 44 Le pourcentage d'inhibition de DPPH d'Aloë-vera (Sèche) méthanol.....	67
Figure 45 Pourcentage d'EC50 du radical DPPH des extraits.....	68
Figure 46 EC50 Equivalent acide ascorbique des extrais.....	68
Figure 47 <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853 .....	71
Figure 48 <i>Candida albicans</i> .....	71
Figure 49 <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 .....	71
Figure 50 <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923 .....	71
Figure 51 Réfractomètre.....	78
Figure 52 Spectrophotomètres UV / Visible.....	78
Figure 53 Évaporateur rotatif.....	79
Figure 54 : Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des concentrations de l'acide ascorbique.....	80
Figure 55 Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des composés phénoliques	80
Figure 56 Courbe d'étalonnage de la quercétine pour le dosage des Dosage des flavonoïdes .	81



Figure 57 Courbe d'étalonnage de l'acide caféique pour le dosage des Dosage des Ortho-diphénol .....	81
Figure 58 Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique.....	81
Figure 59 Activité biologique des souches avec les différents solvants .....	82
Figure 60 l'effet de Nystatine sur le Candida albicans .....	83

### **Liste des tableaux**

Tableau 1 Taxonomie de Aloe vera D'après Cavallini (1987) .....	4
Tableau 2 Appareillage.....	42
Tableau 3 les produits chimiques et les réactifs.....	42
Tableau 4 Souches bactériennes .....	54
Tableau 5 Les valeurs obtenues du pH de gel étudié.....	59
Tableau 6 Les valeurs obtenues de l'indice de réfraction des extraits étudiés.....	60
Tableau 7 la concentration des différents métaux dans l'aloevera .....	61
Tableau 8 la densité relative des différents extraits.....	62
Tableau 9 les valeurs en mm des zones d'inhibitions atteintes avec les différentes souches étudiées. ....	69

## SOMMAIRE

INTRODUCTION :.....	1
I. chapitre I : BOTANIQUE DE PLANTE.....	3
I.1 Description.....	3
I.2 Taxonomie :.....	3
I.3 Histoire :.....	4
I.3.1 Civilisation sumérienne :.....	5
I.3.2 Civilisation chinoise :.....	5
I.3.3 Civilisation mésopotamienne :.....	5
I.3.4 Civilisation égyptienne :.....	5
I.3.5 Civilisation arabe :.....	6
I.3.6 Civilisation indienne :.....	6
I.3.7 Civilisation gréco-romaine :.....	6
I.3.8 Civilisation africaine, amérindienne et autres :.....	6
I.3.9 Civilisation européenne :.....	6
I.3.10 Epoque contemporaine :.....	7
I.4 La plante :.....	8
I.4.1 Les feuilles d'Aloe vera :.....	8
I.4.2 La fleur :.....	9
I.4.3 Les différentes espèces d'Aloès :.....	9
I.5 La composition de l'Aloe Vera :.....	12
I.5.1 Anthraquinones :.....	12
I.5.2 Glucides :.....	12
I.5.3 L'acémannane :.....	13
I.5.4 Vitamines :.....	13
I.5.5 Minéraux :.....	14
I.5.6 Enzymes :.....	14

I.5.7	Acides aminés essentiels :	15
I.5.8	Acides aminés secondaires :	15
I.5.9	autres molécules actives :	16
I.6	Application :	16
I.6.1	PROPRIETES THERAPEUTIQUES :	16
I.6.2	Propriétés gastro-intestinales :	17
I.7	Le marché :	18
II.	Les Métabolites Secondaires et Les antioxydants :	19
II.1	Les Métabolites Secondaires :	19
II.1.1	Métabolites :	19
II.1.2	Métabolites primaires :	19
II.1.3	Métabolites secondaires :	19
II.1.4	Les types des métabolites secondaires :	19
II.2	Les antioxydants et Techniques d'évaluation de l'activité antioxydant :	24
II.2.1	Définition :	24
II.2.2	Types d'antioxydants :	24
II.3	Techniques d'évaluation de l'activité antioxydant :	25
II.3.1	Test au DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) :	26
II.4	ACTIVITE ANTI BACTERIENNE :	26
II.4.1	La nature de l'activité antibactérienne :	27
II.4.2	Mode d'action contre les bactéries :	27
II.4.3	Définition d'une bactérie :	27
II.4.4	Champignon pathogène :	30
II.4.5	Evaluation de l'activité antimicrobienne et antifongique :	31
III.	HUILE VEGETALE ET METHODE D'EXTRACTION.....	32
III.1	Huile végétale :	32
III.1.1	Définition :	32

III.1.2	Types d'huiles végétales :	32
III.2	Les techniques d'extraction des huiles:	32
III.2.1	Macération :	32
III.2.2	La décoction :	33
III.2.3	Entraînement à la vapeur d'eau :	33
III.2.4	L'hydrodistillation :	34
III.2.5	La distillation à vapeur saturée :	34
III.2.6	L'hydrodiffusion :	35
III.2.7	L'extraction par expression :	35
III.2.8	Extraction par solvant :	35
III.2.9	Extraction par micro-ondes :	36
III.2.10	Extraction par du CO <sub>2</sub> supercritique :	37
III.3	Critères de choix du solvant :	38
IV.	Partie expérimentale :	40
IV.1	Cadre d'étude.....	40
IV.2	Objectifs du travail :	40
IV.3	Matériel végétal :	40
IV.4	Matériels :	41
IV.5	Réactif chimique :	42
IV.6	Méthodologie :	43
IV.6.1	Méthode de préparation des extraits :	43
IV.7	Détermination des paramètres physicochimiques :	46
IV.7.1	Détermination du pH :	46
IV.7.2	Détermination de taux d'humidité de la poudre (AFNOR, 1982) :	46
IV.7.3	Détermination de concentration des métaux :	46
IV.7.4	La mesure de l'indice de réfraction (réfractométrie) :	47
IV.7.5	Détermination de l'acidité tétrable :	47

IV.7.6	La densité relative (NF ISO 6883) :.....	48
IV.7.7	Détermination du coefficient d'extinction spécifique :.....	48
IV.7.8	Détermination de la teneur en pigments :.....	49
IV.7.9	Extraction des composés phénoliques :.....	50
IV.8	Evaluation de l'activité antioxydant avec la méthode de DPPH :.....	52
IV.9	Etude de l'activité antimicrobienne :.....	53
IV.9.1	Matériel.....	53
IV.9.2	Méthodes :.....	54
IV.9.3	Méthodes d'étude de l'activité antimicrobienne :.....	54
V.	Discutions :.....	59
V.1	TAUX D'HUMIDITE :.....	59
V.2	Potentiel d'hydrogène (pH) :.....	59
V.3	Détermination du rendement :.....	59
V.4	Acidité tetrable :.....	60
V.5	L'indice de réfraction :.....	60
V.6	La teneur en métaux :.....	61
V.7	LA DENSITE RELATIVE :.....	62
V.8	La teneur en polyphénols totaux :.....	62
V.9	Teneur en flavonoïdes :.....	63
V.10	La teneur en pigments :.....	64
V.10.1	La teneur en chlorophylle :.....	64
V.10.2	La teneur en carotènes :.....	64
V.11	Coefficient d'extinction spécifique :.....	65
V.12	Evaluation du pouvoir antioxydant :.....	65
V.12.1	Test de réduction du radical stable le DPPH :.....	65
V.13	Activité biologique :.....	69
	CONCLUSION.....	73

Référence .....	75
Annexe.....	78

## **INTRODUCTION**

### **INTRODUCTION :**

Les médicaments à base de plantes, élément essentiel des soins de santé partout dans le monde depuis les premiers jours de l'espèce humaine, sont encore largement utilisés et ont une importance considérable dans le commerce international. La reconnaissance de leur valeur clinique, pharmaceutique et économique continue de croître.

Plusieurs plantes ont reçu une attention considérable, grâce à leurs effets bénéfiques sur la santé [1]. Parmi toutes ces plantes médicinales utilisées, l'Aloe vera, est considérée comme la plante la plus puissante, en raison de ses propriétés thérapeutiques et fonctionnelles. En effet, des études ont montré qu'elle possède des activités anti-inflammatoires, antioxydantes, immunostimulantes, antidiabétiques, pour améliorer la digestion, pour soigner les ulcères et même le cancer [2, 3]

Notre travail, dans un premier temps, englobe une recherche bibliographique portant sur la botanique, la chimie et la pharmacologie de notre plantes. Dans un deuxième temps, nous avons procédé à une approche expérimentale qui s'articule autour de trois axes :

- ✓ **La première partie** : préparation des extraits.
- ✓ **La deuxième partie** : Etudes physique chimie et l'activité antioxydant des extraits, les effets antibactériens et antifongiques.
- ✓ **la troisième partie** : nous discutons les résultats obtenus lors de cette étude et notre travail est achevé par une conclusion et des perspectives.

*Christophe Colomb en parle alors dans ses journaux de bord et  
l'appelle-le*

*« Docteur en pot » Il dit :*

***QUATRE VÉGÉTAUX SONT INDISPENSABLES À LA VIE DE  
L'HOMME :***

***LE BLÉ, LA VIGNE, L'OLIVIER ET L'ALOÈS. LE PREMIER TE  
NOURRIT, LE SECOND TE RÉJOUIT, LE TROISIÈME  
T'HARMONISE ET LE QUATRIÈME TE GUÉRIT. [4]***

**Première**

**Partie :**

**SYNTHESE**

**BIBLIOGRAPHIQUE**



## ***CHAPITRE I : BOTANIQUE DE PLANTE***

### **I. CHAPITRE I : BOTANIQUE DE PLANTE**

#### **I.1 Description**

*L'Aloe Barbadensis Miller*, plus connue sous le nom d'*Aloe vera* est une plante vivace succulente, arborescente, dépourvue de tronc, constituée de 12 à 30 crêtes épineuses ramifiées partant de la base lui donnant l'apparence d'un cactus mesurant à maturité 60 à 90 cm de hauteur. La couleur de la plante est d'un vert clair tacheté, aux contours délicats, parfois parsemée de points roses pendant les périodes froides. Les aloès ont la faculté de refermer leurs stomates (toutes petites ouvertures dans l'épiderme de la feuille) pour maintenir l'eau à l'intérieur de la plante, cela va leur permettre de survivre pendant de longues périodes de temps sec. C'est pour cette raison que son gel a un pouvoir de pénétration dans la peau 4 fois supérieur à l'eau est souvent classé parmi les 420 espèces de la famille des Liliaceae (comme les oignons ou les asperges) mais il a aussi été désigné comme ayant sa propre famille, les Aloaceae, qui regroupe actuellement plus de 360 espèces d'Aloe. Son nom botanique officiel est : *Aloe vera*. mais de nombreuses autres appellations peuvent être trouvées. Il s'agit une plante grasse pouvant atteindre de 2 à 3 mètres de haut. La plante d'Aloe vera a une durée de vie d'approximativement douze ans. Mature après quatre ans, elle se caractérise par des feuilles vertes charnues, pointues, et épineuses sur les bords (entre douze et seize feuilles par plantes) pouvant atteindre entre 60 et 90cm de long et disposée en rosette sur une tige robuste. Les fleurs d'Aloe vera sont jaunes (contrairement à d'autres espèces d'Aloe), tubulaires et réunies en grappes. [6].

Originnaire d'Afrique du Sud, la plante est adaptée aux habitats les plus secs et elle est capable de stocker une très grande quantité d'eau dans ses tissus afin de l'utiliser au besoin. Aujourd'hui, elle est adaptée à la plupart des climats tropicaux voir chauds et est cultivée principalement au Mexique ainsi que dans toute l'Amérique du sud mais aussi en Chine, en Thaïlande et aux Etats-Unis.

#### **I.2 Taxonomie :**

Il s'agit d'une plante grasse, horticole qui souvent intéresse l'herboriste Nathan (1967). Sa taxonomie et configurée dans le tableau N°7.

## CHAPITRE I : BOTANIQUE DE PLANTE

Tableau 1 Taxonomie de *Aloe vera* D'après Cavallini (1987)

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

### I.3 Histoire : [5]

Il s'agit d'une plante mythique connue et consommée depuis plus de 5000 ans, dans des régions du Monde aussi éloignées les unes des autres, telles que le sud de l'Europe, l'Asie, le nord de l'Afrique, l'Amérique et l'Extrême Orient. 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.

Depuis au moins 5000 ans, à des époques différentes et dans des régions du monde fort éloignées les unes des autres, l'homme a toujours utilisé l'Aloès pour prévenir ou soigner nombre de ses maux. En effet, maintes preuves archéologiques et historiques témoignent de ses multiples et identiques usages médicaux dans toutes les grandes civilisations sans aucune exception. [5].



Figure 1 tablette d'argile sumériennes découvertes, datées de 3000 ans avant JC.

## **CHAPITRE I : BOTANIQUE DE PLANTE**

### **I.3.1 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.

### **I.3.2 Civilisation chinoise :**

Le Pen T'sao, l'un des premiers ouvrages sur les plantes médicinales, qui date également du 33ème 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.

### **I.3.3 Civilisation mésopotamienne :**

*l'Aloès* apparaît encore sur des tablettes d'argile gravées en caractères cunéiformes, remontant au 2ème siècle avant JC (environ 4000 ans), découvertes dans les ruines de l'antique Elba en 1973. [5]

### **I.3.4 Civilisation égyptienne :**

Avec le fameux papyrus d'Elbers (nom de celui qui l'a déchiffré après sa découverte dans les ruines de Louksor) écrit à Thèbes au cours du 2ème siècle avant JC (environ 3600 ans), le plus ancien document de la médecine égyptienne parvenu jusqu'à nous. Cet ouvrage, qui a pour titre : Livre de préparation de médicaments pour toutes les parties du corps humain, reproduit en signes hiéroglyphes de nombreuses formulations à base *d'Aloès*.

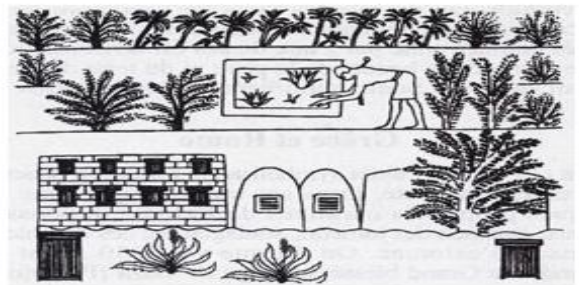


Figure 2 A) Gravure égyptienne avec pieds d'Aloès (à droite). B) Plantations égyptiennes avec pieds d'Aloès (carre central).

## **CHAPITRE I : BOTANIQUE DE PLANTE**

### **I.3.5 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.

### **I.3.6 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".

### **I.3.7 Civilisation gréco-romaine :**

Hippocrate (père fondateur de notre médecine occidentale), Aristode, 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. [5]

### **I.3.8 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.

### **I.3.9 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

## **CHAPITRE I : BOTANIQUE DE PLANTE**

vertus, alors que, dans le même temps, il continue d'être abondamment utilisé dans tous les pays où il pousse à l'état sauvage.

### **I.3.10 Epoque contemporaine :**

Entre le XVe et le XVIIe siècle après J-C, la plante tombe en désuétude. Elle est seulement utilisée en Europe et en Amérique du Nord sous forme de poudre avec pour seule indication le traitement de la constipation car le gel s'oxyde très vite une fois extrait.

Au XVIIe siècle, la plante se propage à travers le monde grâce aux colons hollandais qui la cultivent sur le continent africain et l'exportent.

Du fait de la réputation ancienne de la plante, les scientifiques commencent à s'intéresser à la composition chimique de *l'aloë vera* et ses propriétés thérapeutiques et c'est ainsi qu'en 1851, Smith et Stenhouse identifient un des principes actifs de *l'aloë-vera* qu'ils appellent aloïne.



**Figure 3 Rodney Stockton**

Les extraits d'aloïne et d'aloë-émodine sont cités pour une des premières fois dans le Codex britannique de 1907.

En 1912, Johnston découvre l'effet de la pulpe sur les brûlures, et il faudra attendre les années 1930 pour que la plante se voit attribuée une autre indication thérapeutique : le traitement des radiodermites.

En effet, à cette période, Collins publie les premiers travaux scientifiques sur la plante et démontre ainsi l'effet curatif sur les brûlures dues aux rayons X.

Cela va être confirmé des années plus tard par l'utilisation qu'en ont fait les Japonais après les attaques nucléaires de Nagasaki et Hiroshima : la peau des victimes cicatrisait très rapidement et le nombre de cancers de la peau chez ces Japonais était inférieur au pronostic fait en cas d'une attaque nucléaire d'une telle envergure.

L'engouement de la communauté scientifique mais aussi industrielle commence alors réellement à ce moment. [5]

## CHAPITRE I : BOTANIQUE DE PLANTE

En 1942, Rodney Stockton, ingénieur chimiste, s'enduit de pulpe gélatineuse d'aloé vera après un coup de soleil et guérit rapidement. Il se met donc à s'intéresser à la plante, travaille sur la stabilisation du gel et met au point un onguent qui soulage les brûlures.

Ce n'est que dans les années 1960, et après des années de recherche, que Bill Coats, pharmacien texan, réussit réellement à stabiliser la pulpe fraîche par un procédé naturel.

Commence alors la commercialisation de *l'aloé vera* à échelle internationale, et les nombreux travaux cliniques et analytiques. De nombreuses autres propriétés sont ainsi confirmées et la composition chimique de la plante est peu à peu élaborée.

Aujourd'hui, nous pouvons affirmer que la composition de *l'aloé vera* est presque en totalité connue [5].

### I.4 La plante :

#### I.4.1 Les feuilles d'*Aloe vera* : [6, 7]

*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. Les feuilles les plus jeunes poussent au centre de la plante, les plus âgées se retrouvent donc à l'extérieur.

La coupe transversale de la feuille permet de distinguer de l'extérieur vers l'intérieur

- ❖ 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 4 coupe d'une feuille d'*Aloe vera*

## **CHAPITRE I : BOTANIQUE DE PLANTE**

### **I.4.2 La 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

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.



Figure 5 la fleur d'Aloe vera

Sa reproduction s'opère par graines ou plus facilement par les rejets (stolons) qui poussent autour de son pied. [7].

### **I.4.3 Les 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 :

#### **I.4.3.1 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

## ***CHAPITRE I : BOTANIQUE DE PLANTE***

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 [8].



**Figure 6 Aloe Ferox**

### **I.4.3.2 Aloe Arborescens :**

Souvent appelé "candélabre d'aloë", l'aloë 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'Aloë, les chercheurs rapportent de nombreuses propriétés curatives. L'Aloë 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. [8].



**Figure 7 Aloe Arborescens**

### **I.4.3.3 Aloe Aristata :**

L'Aloë 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



**Figure 8 Aloe Aristata**



## **CHAPITRE I : BOTANIQUE DE PLANTE**

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).

### **I.4.3.4 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 [8].



**Figure 9 Aloe Polyphylla**

### **I.4.3.5 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 10 Aloe Ciliaris**

### **I.4.3.6 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



**Figure 11 Aloe Maculata**

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

## ***CHAPITRE I : BOTANIQUE DE PLANTE***

un choix populaire parmi les jardiniers qui sont capables d'utiliser la capacité unique de cette plante pour maintenir son environnement le plus proche. [8].

### **I.4.3.7 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. [8].



Figure 12 *Aloe Barbadensis Miller (Aloe vera)*

## **I.5 La 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.

Le gel de *aloe vera* est composé à 98% d'eau et ne contient donc que 2% de principes actifs. Ces deux pourcents recèlent tout de même plus de 200 précieuses substances actives. [9].

### **I.5.1 Anthraquinones :**

Les anthraquinones sont des substances amères qui stimulent l'activité intestinale et produisent un effet laxatif. La principale anthraquinone de l'aloès est l'aloïne

### **I.5.2 Glucides :**

Ils sont habituellement classés en différents groupes selon leur nombre de molécules

- ❖ **Les monosaccharides :** tels que le sucre industriel, sont également appelés « sucres simples ».

## **CHAPITRE I : BOTANIQUE DE PLANTE**

- ❖ **Les monosaccharides** : tels que le sucre industriel, sont également appelés « sucres simples ». En voici quelques-uns : Cellulose, Glucose, Galactose, Mannose, Aldonose, Acide uronique, Lipase, Alinase, L-rhamnose...

### **I.5.3 L'acémannane :**

Est un isomère D de glycosaminoglycane, ou mucopolysaccharide, L'acémannane est donc en quelque sorte l'empreinte chimique de *l'aloès*.

Des études en cours laissent en outre penser que l'action régénératrice exercée par *l'aloès* sur la peau et les muqueuses serait due à cette substance, qui résiste à la chaleur. En outre, cette substance active opère en interaction avec le système immunitaire, augmentant ainsi la production de macrophages, facteurs de l'élimination des tumeurs.

### **I.5.4 Vitamines :**

- **Vitamine A** : (carotène) : Améliore la vision, favorise la santé de la peau et des os, protège les cellules des radicaux libres.
- **Vitamine B1** : (thiamine) : Nécessaire à la croissance des tissus et à la production d'énergie.
- **Vitamine B2** : (riboflavine) : Action commune avec la vitamine B6 pour la formation du sang.
- **Vitamine B3** : (niacine) : Aide à régulariser le métabolisme.
- **Vitamine B6** : (pyridoxine) : Action commune avec la vitamine B2 pour la formation du sang.
- **Vitamine B9** : (acide folique) : Antianémique, favorise la régénération des globules rouges.
- **Vitamine B12** : (cyanocobalamine) : Indispensable au métabolisme, facteur énergétique pour les fonctions nutritives du corps et favorise la formation des globules rouges.
- **Vitamine C** : (acide ascorbique) : En association avec la vitamine E, combat l'infection par stimulation du système immunitaire, favorise la cicatrisation et maintient la santé de la peau.

## **CHAPITRE I : BOTANIQUE DE PLANTE**

- **Vitamine E** : (tocophérol) : Avec la vitamine C, protège la membrane des cellules et aide à combattre les infections et à les guérir.
- **Choline** : (vitamine du complexe B) : vasodilatateur coronarien, elle favorise le métabolisme.

### **I.5.5 Minéraux :**

*L'Aloe vera* contient plus 20 sels minéraux

- **Calcium** : Croissance des os et des dents, en association avec le phosphore.
- **Chlore** : Antiseptique et désinfectant.
- **Chrome** : Facilite la régulation du taux de sucre dans le sang et le système circulatoire.
- **Cuivre** : Oligo-élément indispensable à l'équilibre de l'organisme, et la formation du sang.
- **Fer** : Apporte l'oxygène aux globules rouges et favorise la résistance à l'infection.
- **Magnésium** : En association avec le manganèse, maintient le bon fonctionnement du système nerveux et des muscles.
- **Manganèse** : En association avec le magnésium, maintient le bon fonctionnement du système nerveux et des muscles.
- **Phosphore** : Croissance osseuse, en association avec le calcium.
- **Potassium** : Régulation des composants fluides du sang et des muscles.
- **Sélénium** : Effet détoxiquant en cas d'intoxication aux métaux lourds.
- **Sodium** : Avec le potassium, maintient les niveaux d'équilibre de l'eau dans le corps, transporte les acides aminés et le glucose vers les cellules.
- **Zinc** : Stimule le système immunitaire et l'activité des protéines dans la cicatrisation. [8],[9].

### **I.5.6 Enzymes :**

- **Amylase** : Catalyse hydrolyse de l'amidon en dextrine puis en maltose.
- **Bradykinase** : Stimule le système immunitaire, analgésique, anti-inflammatoire.
- **Catalase** : Évite l'accumulation de l'eau dans le corps.
- **Cellulase** : Aide à digérer la cellulose.

## **CHAPITRE I : BOTANIQUE DE PLANTE**

- **Créatine phosphorique** : Enzyme musculaire.
- **Lipase** : Facilite la digestion.
- **Nucléotidase** : Catalyse l'hydrolyse des nucléotides en nucléosides.
- **Phosphatase acide** : Marqueur du cancer de la prostate.
- **Phosphatase alcaline** : Régulateur des fonctions hépatiques.
- **Protéolytiase (ou protéase)** : Hydrolyse les protéines à l'intérieur de leur constituants.
- **Acides gras** : tous insaturés et indispensables pour la santé ! L'un d'entre eux, l'acide caprylique, est utilisé dans le traitement des mycoses. [8, 9].

### **I.5.7 Acides aminés essentiels :**

<<l'aloë vera renferme 20 des 22 acides aminés nécessaires à l'homme, dont 7 des 8 acides aminés indispensables au bon fonctionnement de l'organisme humain.>>

Ces derniers sont dits « **essentiels** » car l'organisme n'est pas en mesure de les fabriquer lui-même. Ils doivent donc nous être apportés par l'alimentation. [8].

- **Isoleucine** : Régule l'équilibre azoté de l'organisme.
- **Leucine** : Responsable de l'élasticité des muscles et de la production d'énergie dans l'ensemble du corps.
- **Lysine** : Principal constituant des anticorps, agit positivement sur les vaisseaux, un déficit en lysine provoque fatigue et difficultés de concentration.
- **Méthionine** : Favorise la détoxification du foie et des reins.
- **Phénylalanine** : Indispensable à la thyroïde pour produire la thyroxine, aide en cas de troubles mnésiques, de migraines et de dépressions.
- **Thréonine** : Contribue à la régulation immunitaire et à la production d'énergie.
- **Valine** : Responsable (comme la leucine) de l'élasticité des muscles et de la production d'énergie.

### **I.5.8 Acides aminés secondaires :**

Acide aspartique, Acide glutamique, Alanine, Arginine, Cystine, Glycine, Histidine, Hydroxiprolin, Proline, Sérine, Tyrosine.

## ***CHAPITRE I : BOTANIQUE DE PLANTE***

### **I.5.9 autres molécules actives :**

Au cours des dernières années, les chercheurs ont découvert de nombreuses autres molécules actives dans *l'aloë vera* :

- **L'aloetine** : est un germicide remarquable qui neutralise la toxicité de nombreux germes.
- **L'aloelucine** : active la régénérescence cellulaire et accélère la guérison des ulcères.
- **L'aloesine** : a une puissante action bactéricide.
- **L'aloemicine** : semble posséder une action anti-tumorale efficace dans le traitement de certaines cellules cancéreuses...

***Remarque : Seule la pulpe d'un aloès adulte peut convenir en tant que remède. Il faut attendre sa maturité, c'est-à-dire à peu près 5 ans ! [10].***

### **I.6 Application :**

#### **I.6.1 PROPRIETES THERAPEUTIQUES :**

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

##### **I.6.1.1 Activité hydratante :**

L'Aloë-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. [7-9].

##### **I.6.1.2 Activité anti-inflammatoire :**

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

##### **I.6.1.3 Activité antimicrobienne et antifongique :**

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

## **CHAPITRE I : BOTANIQUE DE PLANTE**

- ❖ 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*. [7-9].

### **I.6.1.4 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. [7-9].

### **I.6.2 Propriétés gastro-intestinales :**

#### **I.6.2.1 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

## ***CHAPITRE I : BOTANIQUE DE PLANTE***

recommandés pour favoriser la digestion et le traitement de l'ulcère peptique en raison de son action cytoprotectrice importante.

### **I.6.2.2 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. [7],[8],[9].

### **I.7 Le 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.



### II. LES METABOLITES SECONDAIRES ET LES ANTIOXYDANTS :

#### II.1 Les Métabolites Secondaires :

##### II.1.1 Métabolites :

Les métabolites sont les produits intermédiaires du métabolisme. Le terme métabolite est généralement, 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.

##### II.1.2 Métabolites primaires :

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.

##### II.1.3 Métabolites 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.

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.

##### II.1.4 Les types des métabolites secondaires :

On distingue classiquement quatre grandes catégories de métabolites secondaires chez les végétaux:

###### II.1.4.1 Les composés phénoliques :

Largement distribué dans le règne végétal et abondant dans nos régimes alimentaires, Plus de 8000 composés naturels appartiennent à cette famille et le nombre ne cessent de croître [11] , ils ont en commun un noyau benzénique portant au moins un groupement hydroxyle. Ils

## CHAPITRE II : LES METABOLITES SECONDAIRES ET LES ANTIOXYDANTS

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 [12].

### II.1.4.1.1 Les acides phénoliques :

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 : On distingue deux sous classes des acides phénoliques :

#### II.1.4.1.1.1 Les 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 [13].

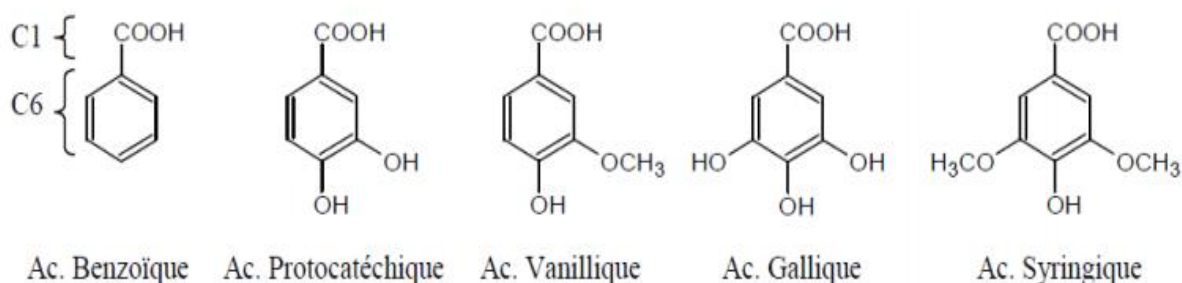
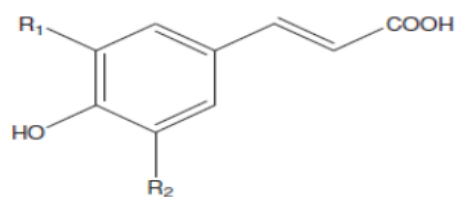


Figure 13 Quelques exemples d'acides phénoliques dérivés de l'acide benzoïque C6-C1

#### II.1.4.1.1.2 Les 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 14). Le degré d'hydroxylation du cycle benzénique et son éventuelle modification par des réactions secondaires (par méthylation chez les acides féruliques ou sinapiques) sont un des éléments importants de la réactivité chimique de ces molécules [13].

## CHAPITRE II : LES METABOLITES SECONDAIRES ET LES ANTIOXYDANTS



$R_1=H, R_2=H$  : acide p-coumarique

$R_1=H, R_2=OH$  : acide caféique

$R_1=H, R_2=OCH_3$  : acide férulique

$R_1=OCH_3, R_2=OCH_3$  : acide sinapique

Figure 14 Quelques exemples d'acides phénols dérivés de l'acide cinnamique C6-C3

### II.1.4.1.2 Les 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. Ils constituent des pigments responsables des colorations jaune, orange et rouge de différents organes végétaux [14]. Les flavonoïdes sont souvent rencontrés dans les légumes feuilles (salade, Chou, épinard, etc.) ainsi que dans les téguments externes des fruits [15]. Ils sont présents également dans plusieurs plantes médicinales.

Les flavonoïdes sont des composés de faible poids moléculaire, 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 (C6-C3-C6), 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 C [11].

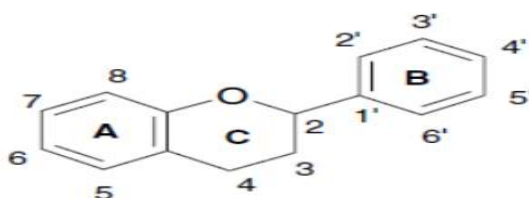


Figure 15 Structure générale d'un flavonoïde

### II.1.4.1.3 Les 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.

### II.1.4.2 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

## CHAPITRE II : LES METABOLITES SECONDAIRES ET LES ANTIOXYDANTS

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.

### II.1.4.3 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 » [16]. 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.

### II.1.4.4 Les 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.

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  $C_{40} H_{50}$

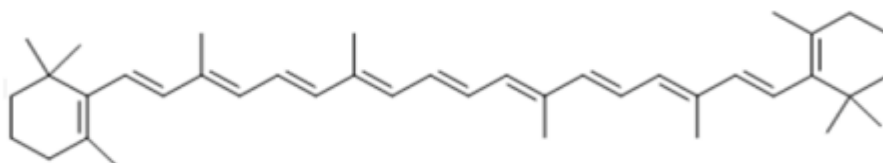


Figure 16 Formule de B-carotène

## CHAPITRE II : LES METABOLITES SECONDAIRES ET LES ANTIOXYDANTS

### II.1.4.5 Les vitamines :

#### II.1.4.5.1 Vitamine E :

L'appellation Vitamine E (Vit E) (figure 17) est un terme générique qui regroupe tous les tocophérols et tocotriénols, dont on dénombre 8 espèces.

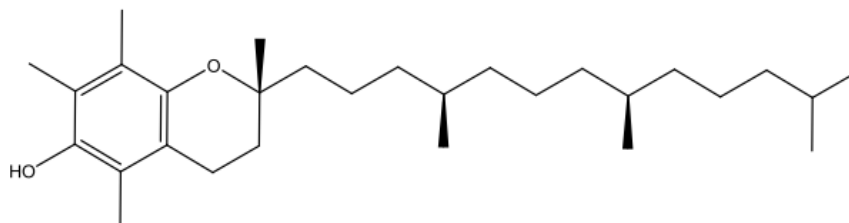


Figure 17 Formule de l' $\alpha$ -tocophérol

La vitamine E est une vitamine liposoluble recouvrant un ensemble de huit molécules organiques, quatre tocophérols et quatre tocotriénols. La forme biologiquement la plus active est l' $\alpha$ -tocophérol, la plus abondante dans l'alimentation étant le  $\gamma$ -tocophérol. Ces molécules sont présentes en grande quantité dans les huiles végétales. Elles agissent, parallèlement à la vitamine C et au glutathion, essentiellement comme antioxydants contre les dérivés réactifs de l'oxygène produits notamment par l'oxydation des acides gras.

#### II.1.4.5.2 Vitamine C ou acide L'ascorbique :

L'acide ascorbique (AA) a pour formule brute  $C_6H_8O_6$  (figure 18) et est notamment connu sous le nom de vitamine C. Sa nomenclature IUPAC est l'acide 3,4-dihydrophénylacétique. La forme lévogyre est sa forme naturelle et est communément appelée vitamine C. Cette molécule est hydrosoluble et a une masse molaire de  $176 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Elle se présente sous la forme de cristaux ou de poudre, de couleur blanche ou jaunâtre.

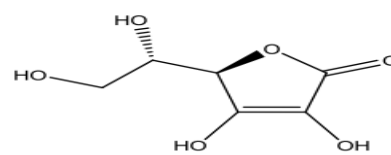


Figure 18 vitamine C

Très fragile en solution, l'AA est oxydé au contact de l'air ou dégradé sous exposition aux ultraviolets. La vitesse de dégradation est fonction du pH, de la température, de la concentration en oxygène et en cations métalliques.

#### II.1.4.5.3 Rétinol ou vitamine A :

La vitamine A (figure 19) est une vitamine liposoluble. Dans l'organisme, elle existe sous forme de rétinol, de rétinal, d'acide rétinoïque (trétinoïne) et de phosphate de rétinyle. Ces

## CHAPITRE II : LES METABOLITES SECONDAIRES ET LES ANTIOXYDANTS

molécules sont altérées par l'oxygène de l'air, altérations accélérées par la lumière et la chaleur.

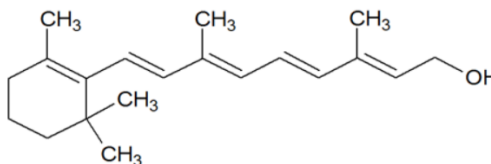


Figure 19 vitamine A

### II.2 Les antioxydants et Techniques d'évaluation de l'activité antioxydant :

#### II.2.1 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.

#### II.2.2 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.

##### II.2.2.1 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).

##### II.2.2.2 Les antioxydants synthétiques :

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

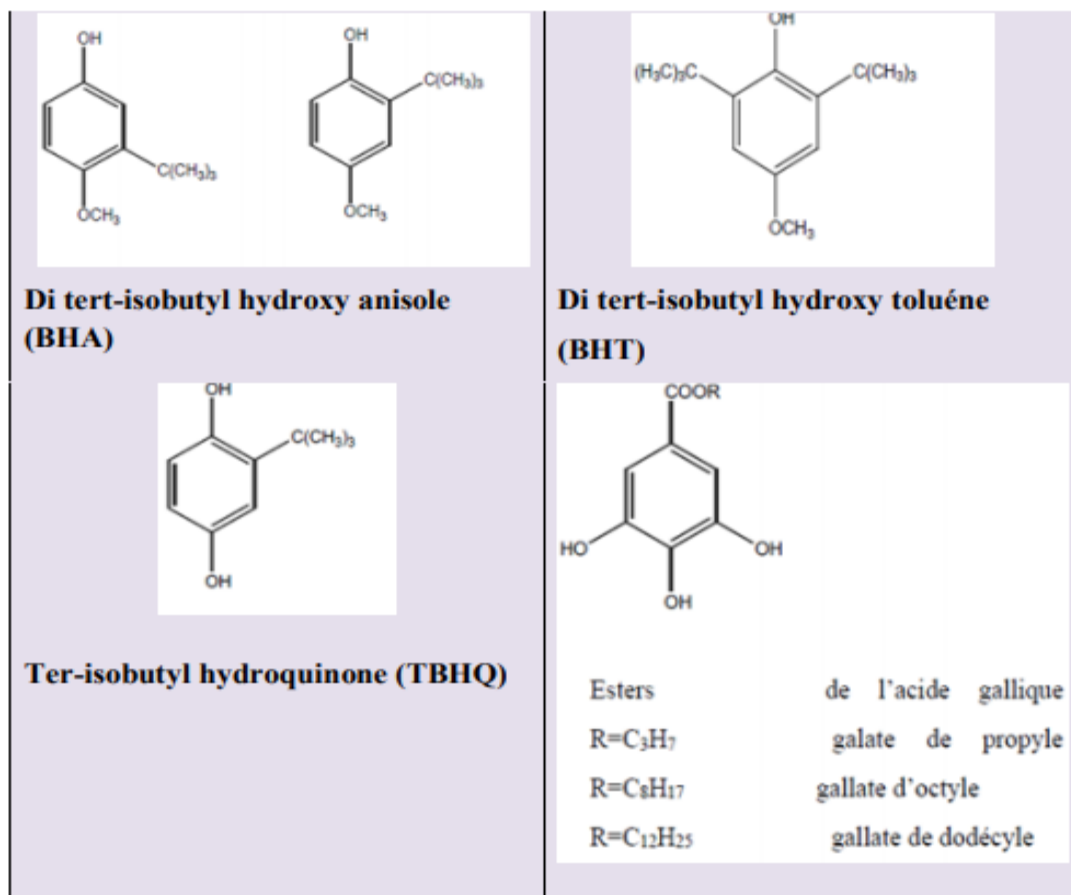


Figure 20 : Quelques antioxydants de synthèse.

### II.2.2.2.1 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.

### II.2.2.2.2 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 peroxydés.

## II.3 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) [9]; ou les

## CHAPITRE II : LES METABOLITES SECONDAIRES ET LES ANTIOXYDANTS

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).

### II.3.1 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.

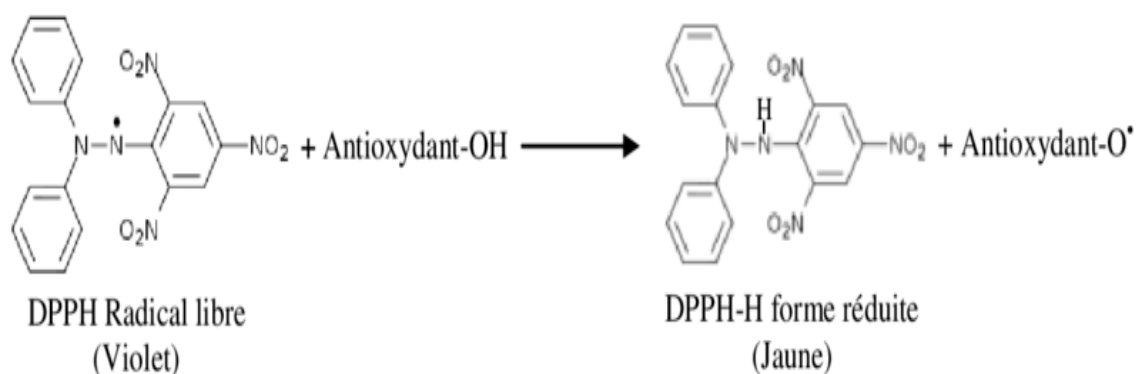


Figure 21 Mécanisme-réactionnel-intervenant-lors-du-test-DPPH-entre-lespece

### II.4 ACTIVITE ANTI BACTERIENNE :

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 [17-19].

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



## **CHAPITRE II : LES METABOLITES SECONDAIRES ET LES ANTIOXYDANTS**

membranes et sont utiles dans les infections bactériennes, virales et parasitaires, quel que soit leur localisation [20].

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.

Les aldéhydes sont également quelque peu bactéricides. Les plus couramment utilisées sont le néral et le géranial(des citrals), le citronnellal et le cuminal [21].

### **II.4.1 La nature de l'activité antibactérienne :**

Lorsque l'on parle d'activité antibactérienne, on distingue deux sortes d'effets :

- ❖ 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.

### **II.4.2 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 [22].

- ❖ 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.

### **II.4.3 Définition d'une bactérie :**

La cellule bactérienne est un microorganisme procaryote unicellulaire simple, de morphologie variable et de très petite taille, présentant des caractéristiques propres: L'absence de noyau : le matériel génétique (ADN) est libre dans le cytoplasme. Sa taille : varie entre 1 et 10 µm. La présence d'un seul chromosome circulaire. L'absence de mitochondries. Son mode de reproduction : division simple par scissiparité (y'a pas de mitose et de méiose).

#### **II.4.3.1 La paroi bactérienne :**

C'est une enveloppe rigide assurant l'intégrité de la bactérie, responsable de la forme des cellules. Elle constitue le squelette externe de la bactérie et représente environ 30 % du poids

## CHAPITRE II : LES METABOLITES SECONDAIRES ET LES ANTIOXYDANTS

total de la bactérie. La partie commune de toutes les parois bactériennes est le peptidoglycane (ou muréine). Elle est mise en évidence par la coloration de Gram.

### II.4.3.2 La Coloration de Gram :

En 1884, le médecin danois, Christian Gram a fait la distinction entre deux types de bactéries: Les bactéries à Gram positif (Gram +) et les bactéries à Gram négatif (Gram -). Ceci a été possible après avoir coloré un frottis bactérien comme suit:

- a) Coloration des bactéries par le violet de Gentiane
- b) Addition d'une solution de lugol (solution iodo-iodurée, de mordantage)
- c) Traitement par l'alcool ou un mélange alcool + acétone. Après la troisième étape, certaines bactéries restent colorées en violet, elles sont dites Gram+ d'autres se décolorent, elles sont dites Gram-. Ceci montre donc qu'il existe des différences structurelles et/ou chimiques entre ces deux types de bactéries.
- d) Pour pouvoir bien observer les bactéries décolorées, on utilise un deuxième colorant, la fuchsine de couleur rosâtre. Les bactéries à Gram+ gardent leur coloration violette alors que les Gram- prennent une nouvelle coloration celle de la fuchsine et apparaissent ainsi de couleur rose.

### II.4.3.3 Bactéries Gram positif :

Les bactéries Gram positif ont (sauf exception) une structure unimembranée qui s'organise en trois grandes parties (de l'extérieur vers l'intérieur) :

- ❖ La couche de peptidoglycane composant la paroi cellulaire
- ❖ L'espace péri-plasmique
- ❖ La membrane plasmique

La couche de peptidoglycane des bactéries à Gram positif est très épaisse contrairement à celle des bactéries à Gram négatif. Sa composition varie très légèrement en fonction du genre, voire de l'espèce, de la bactérie concernée. Elle est principalement formée de plusieurs couches de polymère.

- ❖ Exemple : Staphylococcus, Micrococcus, Lactococcus, Bacillus, Streptococcus.

### II.4.3.4 Bactéries à Gram négatif :

Les bactéries Gram négatif ont (sauf exception) une structure bimembranée qui s'organise en trois grandes parties, soit, de l'extérieur vers l'intérieur :

- ❖ La membrane externe,
- ❖ L'espace péri-plasmique, comportant notamment la paroi,

## CHAPITRE II : LES METABOLITES SECONDAIRES ET LES ANTIOXYDANTS

### ❖ La membrane plasmique.

La membrane externe est en contact direct avec le milieu extérieur. Elle est principalement composée de phospholipides organisés en bicouche (partie hydrophile à l'extérieur et partie lipophile à l'intérieur) mais contient aussi de nombreuses protéines intrinsèques, notamment les protéines de transport appelées porines.

❖ Exemple : *Bordetella pertussis*, *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, *Pseudomonas*.

#### II.4.3.4.1 *Escherichia coli* :

*Escherichia coli*, également appelée colibacille et abrégée en *E. coli*, est une bactérie intestinale (Gram négatif), des mammifères, très commune chez l'être humain. En effet, elle compose environ 80 % de notre flore intestinale aérobie. Découverte en 1885 par Theodor Escherich, dans des selles des chèvres, c'est un coliforme fécal généralement commensal. Cependant, certaines souches d'*E.*



Figure 22 *Escherichia coli*

*coli* peuvent être pathogènes, entraînant alors des gastro-entérites, infections urinaires, méningites, ousepsis.

#### II.4.3.4.2 Le *Pseudomonas*:

Le genre *Pseudomonas*, de la famille des *Pseudomonadaceae*, regroupe des bactéries mobiles aérobies Gram négatif, de 2 à 4 µm de longueur, en forme de bâtonnets renflés, avec un flagelle polaire qui joue un rôle important dans la pathogénicité. Ces bactéries sont asporulées et peuvent produire des pigments, tels

que la pyocyanine (vert-bleu) et la pyorubrine (jaune-vert) fluorescentes. *P. aeruginosa* peut sécréter un vaste éventail de toxines extracellulaires, notamment l'exotoxine A et des entérotoxines. D'autres substances comme l'acide hydrocyanique, des enzymes protéolytiques, des biofilms et des substances hémolytiques peuvent également contribuer à la pathogénicité de cette



Figure 23 *Pseudomonas*

espèce. La combinaison de toxines et de substances dangereuses est un facteur qui joue un rôle déterminant dans la forte virulence de *P. aeruginosa* dans différents hôtes

### II.4.3.4.3 Staphylococcus aureus :

*Staphylococcus aureus* (ou staphylocoque doré) est retrouvé chez 15 à 30 % des individus sains (50 % si l'on compte les porteurs occasionnels) au niveau des fosses nasales et de la gorge, il est également présent (en plus faibles quantités) dans le tube digestif et au niveau du périnée. À partir du rhinopharynx, la bactérie est disséminée sur la peau (mains et visage) par aérosols et est souvent présente sur les vêtements et dans les squames (qui font partie de la poussière de tout local habité). Comme les staphylocoques résistent bien à la dessiccation, la transmission peut être non seulement directe (surtout mains du personnel soignant dans les hôpitaux), mais aussi indirecte par les objets et poussières.

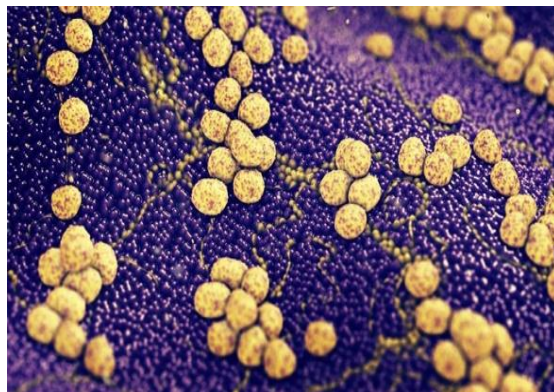


Figure 24 *Staphylococcus aureus*

### II.4.4 Champignon pathogène :

Un champignon pathogène est un mycète responsable d'infections fongiques. Les agents pathogènes fongiques, essentiellement des espèces de microchampignons, sont des parasites obligatoires ou facultatifs (parasite primaire ou parasite secondaire de faiblesse ou de blessure) qui peuvent causer des maladies chez les animaux (champignons zoopathogènes notamment chez les humains), chez les plantes (champignons phytopathogènes) ou chez d'autres organismes. L'intensification de l'élevage et des pratiques agricoles, la capacité microbienne à se propager via le commerce international et les mouvements accrus de population (à des fins touristiques ou migratoires), et le réchauffement climatique favorisent la dissémination de ces pathogènes et de leurs vecteurs. L'impact de ces facteurs biotiques et abiotiques dans le développement de maladies fongiques est largement sous-estimé alors qu'il contribue sensiblement depuis la fin du XXe siècle à la propagation des maladies infectieuses émergentes ou récurrentes qui constituent une menace pour les plantes, les animaux et la santé des écosystèmes.

#### II.4.4.1 *Candida albicans* :

*Candida albicans* est l'espèce de levure la plus importante et la plus connue du genre *Candida*. *Candida albicans* est un organisme vivant à l'état naturel dans les muqueuses de l'être humain. On le retrouve dans le tube digestif de 70% des adultes sains<sup>1</sup>, et il n'entraîne habituellement aucune maladie ou symptôme en particulier. C'est un organisme commensal saprophyte.

## CHAPITRE II : LES METABOLITES SECONDAIRES ET LES ANTIOXYDANTS

*C. albicans* est un organisme diploïde qui possède huit paires de chromosomes, le plus grand étant appelé R, les suivants étant numérotés de 1 à 7 selon une taille décroissante. Son génome correspond approximativement à 16 Mb (haploïde) et code environ 6 400 gènes. Le code génétique de *C. albicans* possède une particularité. Le codon CUG code une sérine et non pour une leucine. Une des caractéristiques de *C. albicans* est sa très grande hétérozygotie naturelle, ce qui lui confère une grande capacité d'adaptation. Cette hétérozygotie accrue repose sur un réarrangement chromosomique (polymorphisme de longueur du chromosome), mais aussi des translocations réciproques, un polymorphisme nucléotidique ou encore des délétions de nucléotides. Ces modifications du caryotype entraînent des modifications à l'échelle phénotypique, ce qui peut ainsi se traduire par une grande adaptabilité de *C. albicans*

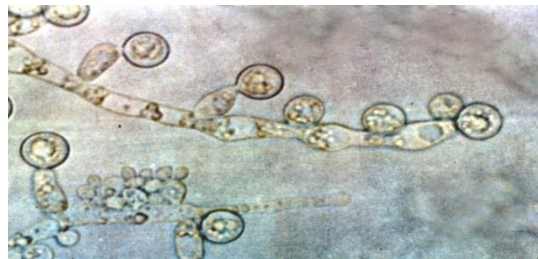


Figure 25 *Candida albicans*

Une des caractéristiques de *C. albicans* est sa très grande hétérozygotie naturelle, ce qui lui confère une grande capacité d'adaptation. Cette hétérozygotie accrue repose sur un réarrangement chromosomique (polymorphisme de longueur du chromosome), mais aussi des translocations réciproques, un polymorphisme nucléotidique ou encore des délétions de nucléotides. Ces modifications du caryotype entraînent des modifications à l'échelle phénotypique, ce qui peut ainsi se traduire par une grande adaptabilité de *C. albicans*

### II.4.5 Evaluation de l'activité antimicrobienne et antifongique :

Méthodes d'étude de l'activité antimicrobienne des extraits végétaux comprennent deux méthodes différentes :

#### II.4.5.1 L'aromatogramme « méthode de diffusion sur disque » :

A pour but de mettre en évidence l'activité antimicrobienne des différents extraits ;

#### II.4.5.2 Essais de sensibilité à la dilution par les micro-dilutions :

Afin de déterminer les concentrations minimales inhibitrices (CMI) couplée à l'étalement sur milieu solide pour la détermination de la concentration minimale bactéricide (CMB) des différents extraits de la plante étudiées.

### III. HUILE VEGETALE ET METHODE D'EXTRACTION

#### III.1 Huile végétale :

##### III.1.1 Définition :

Une huile végétale est extraite des oléifiants, autrement dit de produits naturels contenant des lipides. La catégorie des huiles végétales regroupe aussi les beurres végétaux et les macérats huileux. Les huiles végétales ne doivent pas être confondues avec les huiles essentielles qui sont extraites de plantes aromatiques. Les huiles végétales sont obtenues par un processus de pressage. Les huiles obtenues par première pression à froid sont les plus bénéfiques pour le corps puisque ce processus préserve les qualités naturelles de la plante. Au contraire, les procédés de pressage industriel à chaud et par solvants issus de la pétrochimie, permettant d'obtenir des huiles raffinées, détruisent une grande partie des bienfaits de la plante.

##### III.1.2 Types d'huiles végétales :

Il existe de nombreux types d'huiles végétales selon les graines, les noix, les pépins ou les fleurs dont elles sont issues. Certaines huiles végétales sont très courantes et utilisées pour cuisiner. Il s'agit notamment de l'huile d'olive, de l'huile de tournesol ou encore de l'huile de colza. Mais il existe également d'autres huiles végétales, telles que l'huile d'argan, l'huile de pépin de raisin, l'huile d'amande douce, l'huile de carotte, mais également l'huile de jojoba. Les beurres végétaux, tels que le beurre de karité, font également partie de la catégorie des huiles végétales. [23].

#### III.2 Les techniques d'extraction des huiles:

Il existe plusieurs méthodes d'extraction. Les principales sont basées sur l'entraînement à la vapeur, l'expression, la solubilité et la volatilité. Le choix de la méthode la mieux adaptée se fait en fonction de la nature de la matière végétale à traiter, [25].

##### III.2.1 Macération :

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

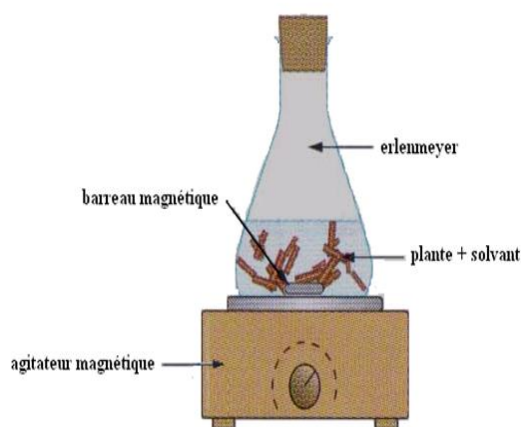


Figure 26 La technique de macération

## **CHAPITRE III : HUILE VEGETALE ET METHODE D'EXTRACTION**

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 grasse.

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.

La macération se fait par dissolution d'espèces chimiques dans un liquide jouant le rôle de solvant, il est donc nécessaire que les espèces chimiques y présentent une solubilité suffisante pour que le transfert puisse se faire. La dissolution est toujours plus rapide lorsque la substance solide est dispersée dans le solvant sous forme divisée (végétaux broyés, poudre etc.) et elle peut aussi être accélérée en maintenant une agitation.

### **III.2.2 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.

### **III.2.3 Entraînement à la vapeur d'eau :**

L'entraînement à la vapeur d'eau est l'une des méthodes officielles pour l'obtention des huiles essentielles. A la différence de l'hydrodistillation, cette technique ne met pas en contact direct de l'eau et la matière végétale à traiter. La vapeur d'eau fournie par une chaudière traverse la matière végétale située au-dessus d'une grille. Durant le passage de la vapeur à travers le

## CHAPITRE III : HUILE VEGETALE ET METHODE D'EXTRACTION

matériel, les cellules éclatent et libèrent l'huile essentielle qui est vaporisée sous l'action de la chaleur pour former un mélange « eau + huile essentielle ». Le mélange est ensuite véhiculé vers le condenseur et l'essencier avant d'être séparé en une phase aqueuse et une phase organique : l'huile essentielle. 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.

### III.2.4 L'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

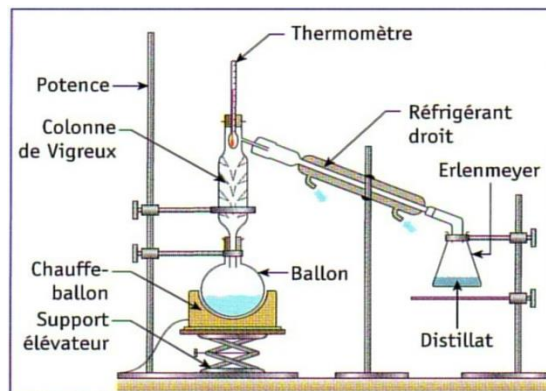


Figure 27 extractions par hydrodistillation

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.

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.

### III.2.5 La distillation à vapeur saturée :

Dans cette variante, la matière végétale n'est pas en contact avec l'eau. La vapeur d'eau est injectée au travers de la masse végétale disposée sur des plaques perforées. La distillation à vapeur saturée est la méthode la plus utilisée à l'heure actuelle dans l'industrie pour l'obtention des huiles essentielles à partir de plantes aromatiques ou médicinales. En général, elle est pratiquée à la pression atmosphérique ou à son voisinage et à 100°C, température d'ébullition d'eau. Son avantage est que les altérations de l'huile essentielle recueillie sont minimisées.



## **CHAPITRE III : HUILE VEGETALE ET METHODE D'EXTRACTION**

### **III.2.6 L'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.

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.

### **III.2.7 L'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.

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).

### **III.2.8 Extraction par solvant :**

La technique d'extraction « classique » par solvant, consiste à placer dans un extracteur un solvant volatil et la matière végétale à traiter. Grâce à des lavages successifs, le solvant va se charger en molécules aromatiques, avant d'être envoyé au concentrateur pour y être distillé à pression atmosphérique. L'extraction par solvant organique volatil reste la méthode la plus pratiquée. Les solvants les plus utilisés à l'heure actuelle sont l'hexane, le cyclohexane, l'éthanol, le méthanol, le dichlorométhane et l'acétone. Le solvant choisi, en plus d'être autorisé devra posséder une certaine stabilité face à la chaleur, la lumière ou l'oxygène, sa température d'ébullition sera de préférence basse afin de faciliter son élimination, et il ne devra pas réagir chimiquement avec l'extrait. L'extraction est réalisée avec un appareil de Soxhlet ou un appareil de Lickens-Nickerson.

Ces solvants ont un pouvoir d'extraction plus élevé que l'eau si bien que les extraits ne contiennent pas uniquement des composés volatils mais également bon nombre de composés non volatils tels que des cires, des pigments, des acides gras et bien d'autres substances.

## CHAPITRE III : HUILE VEGETALE ET METHODE D'EXTRACTION

### III.2.8.1 Le Soxhlet :

L'extracteur de Soxhlet est une pièce de verrerie permettant d'effectuer une extraction solide-liquide avec une grande efficacité. L'appareil porte le nom de son inventeur : Franz von Soxhlet. Le Soxhlet est une méthode classique pour l'extraction solide-liquide. Les avantages du Soxhlet sont les suivants : l'échantillon entre rapidement en contact avec une portion fraîche de solvant, ce qui aide à déplacer l'équilibre de transfert vers le solvant. Cette méthode ne nécessite pas de filtration après extraction. Le Soxhlet est indépendant de la matrice végétale [26].

### III.2.8.2 Principe :

L'appareil est constitué de :

- Un ballon contenant une réserve de solvant.
- Un appareil (l'extracteur proprement dit) permettant le contact entre le solvant et le solide dans une cartouche poreuse et l'évacuation de la solution vers le ballon par un siphon.
- Un réfrigérant à eau permettant de condenser les vapeurs de solvant dans la cartouche poreuse.

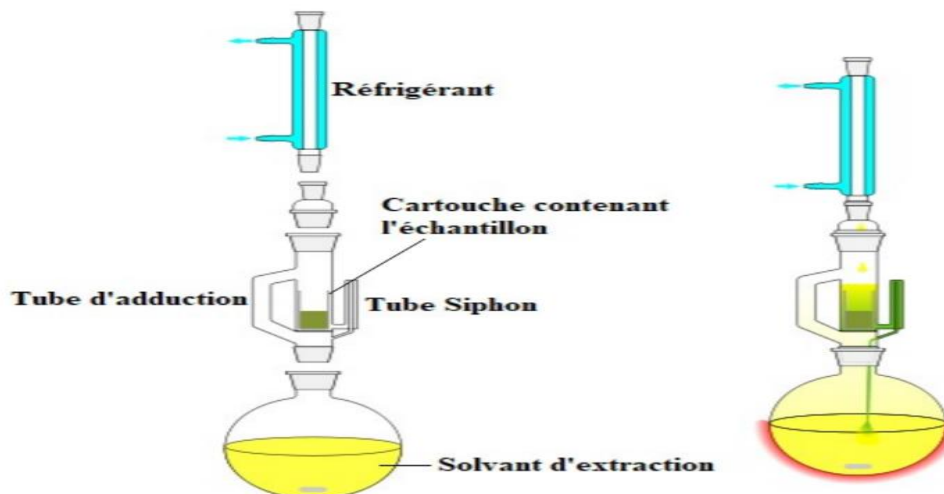


Figure 28 constituant d'un Soxhlet

### III.2.9 Extraction par micro-ondes :

Cette technique d'extraction a été développée au cours des dernières décennies à des fins analytiques. 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

## CHAPITRE III : HUILE VEGETALE ET METHODE D'EXTRACTION

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.

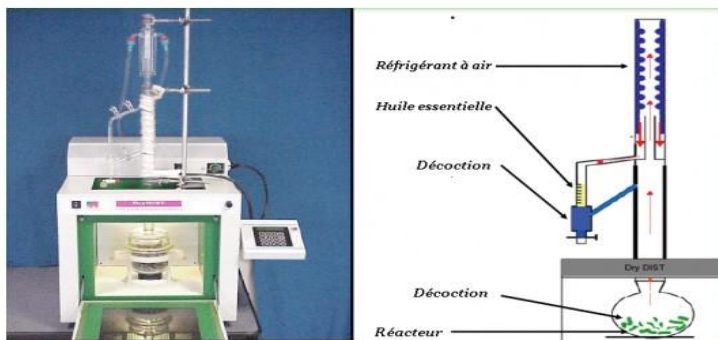


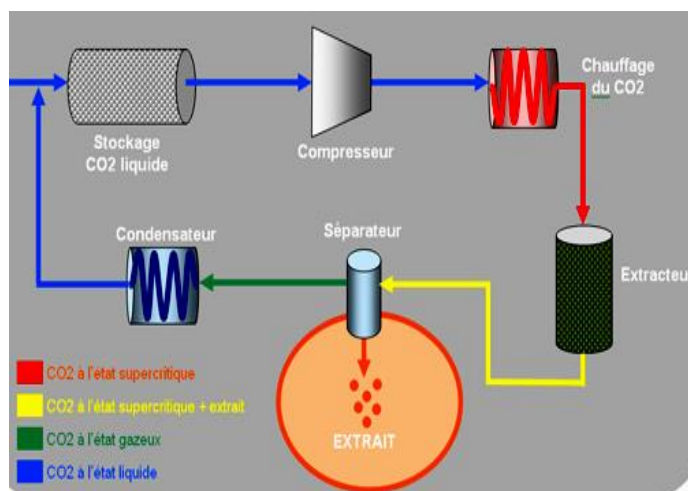
Figure 29 Extraction par micro-ondes

L'avantage essentiel de ce procédé est de réduire considérablement la durée de distillation et d'obtenir un bon rendement d'extrait

### III.2.10 Extraction par du CO<sub>2</sub> supercritique :

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.

L'avantage de cette méthode est la possibilité d'éliminer et de recycler le solvant par simple compression détente. De plus les températures d'extraction sont basses dans le cas de dioxyde

## **CHAPITRE III : HUILE VEGETALE ET METHODE D'EXTRACTION**

de carbone et non agressives pour les constituants les plus fragiles. Cette technique est utilisable pour les essences difficilement distillables.

### **III.3 Critères de choix du solvant :**

- a)** Spécificité au soluté (molécule ou principe actif) à extraire : le solvant doit solubiliser le plus facilement possible le soluté à extraire.
- b)** Législation : le solvant qui peut être un produit chimique ne doit pas présenter une toxicité alimentaire car il peut être présent à l'état de trace sur le soluté (exemple : trace d'hexane dans l'huile)
- c)** Cout.
- d)** Point d'ébullition basse (pour une élimination ultérieure par distillation ou évaporation).
- e)** Sécurité d'utilisation (vis-à-vis des opérateurs de fabrication) [24].

**Deuxieme**

**Partie :**

***Partie***

***Expérimentale***

## ***PARTIE EXPERIMENTALE***

### **IV. PARTIE EXPERIMENTALE :**

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

#### **IV.1 Cadre d'étude**

Ce travail expérimental a été fait le : 28 février 2021, et réalisé au niveau du laboratoire pédagogique de chimie 2 du département de génie de procédé et au niveau du laboratoire pédagogique microbiologie de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Ghardaïa (Algérie).

#### **IV.2 Objectifs du travail :**

L'objectif recherché à travers ce travail est d'étudier les propriétés physiques chimiques et biologiques des feuilles d'Aloe vera (sèches et fraîches).

Ensuite mesurer le pouvoir antioxydant des composés phénoliques contenu dans l'extrait de la plante étudiée.

#### **IV.3 Matériel végétal :**

La partie aérienne (feuilles) de la plante Aloe vera Barbadiens Miller, appartenant à la famille des Liliacées, a été utilisée. Cette partie a été récoltée en deux parties :

- ❖ Pour les feuilles sèches : la récolte a été faite le : 20 janvier 2021, Les feuilles sont séchées à l'air libre et protégées du soleil (température ambiante) dans un endroit sec et bien ventilé.
- ❖ Pour les feuilles fraîches : la récolte a été faite le : 28 février 2021 le même jour de début de travail au laboratoire.



Figure 31 deux feuilles d'aloès : sèche et fraîche

## ***PARTIE EXPERIMENTALE***

Les travaux de la présente mémoire ont été effectués sur d'échantillon des feuilles *d'Aloe vera* cultivé au niveau de la région de Berriane, wilaya de Ghardaïa. Une région ayant un climat saharienne caractérisé par un hiver froid, et un été chaud et sec avec des températures comprises entre 0°C et 50°C. Les échantillons récoltés à la main, au hasard, sur déférente plantes, les feuille ont été sélectionnés où ils doivent être grand et ne présentent aucun signe de blessure ou d'infection.



Figure 32 Carte géographique de la zone d'étude : a) la wilaya de Ghardaïa / b) la région de Berriane (Google Mapp, 2021).



Figure 33 photographies des échantillons des feuilles de l'Aloe vera

### **IV.4 Matériels :**

Le tableau suivant représente appareillage utilisé dans ce travail :

## ***PARTIE EXPERIMENTALE***

Tableau 2 Appareillage.

<b>Appareillage</b>
<b>Spectrophotomètre (UV</b>
<b>Evaporateur rotatif Rotavapor</b>
<b>Etuve</b>
<b>PH mètre digital</b>
<b>Percolateur Soxhlet</b>
<b>Agitateur magnétique</b>
<b>Réfrigérateur</b>
<b>Balance analytique</b>
<b>Verrerie : béchers, pipettes, ballons, éprouvettes graduées, tubes à essais, pipette et micro</b>

### **IV.5 Réactif chimique :**

Le tableau suivant représente les produits chimiques et les réactifs utilisé dans ce travail.

Tableau 3 les produits chimiques et les réactifs.

<b>Produits</b>	<b>Propriétés</b>
<b>Carbonate de sodium (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)</b>	M=105.99 g/mol
<b>DPPH</b>	M = 394.3g/mol
<b>Réactif Folin Ciocalteu (3H<sub>2</sub>O,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,13WO<sub>3</sub>,5MoO<sub>3</sub>,10H<sub>2</sub>O)</b>	d = 127
<b>méthanol (CH<sub>3</sub>-OH)</b>	M=32.04 g/mol, 99%
<b>Trichlorure d'aluminium (AlCl<sub>3</sub> .6H<sub>2</sub>O)</b>	M=241.43 g/mol
<b>Eau distillée</b>	M=18 g/mol
<b>Hexane</b>	M=86,18 g/mol



## ***PARTIE EXPERIMENTALE***

<b>Hydroxyde de potassium KOH</b>	M=56,1056 g/mol
<b>Vert malachite C<sub>23</sub>H<sub>25</sub>N<sub>2</sub></b>	M=364,911 g/mol
<b>Acétone C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O</b>	M=58,08 g/mol

### **IV.6 Méthodologie :**

#### **IV.6.1 Méthode de préparation des extraits :**

Les feuilles sèches et fraîches sont soumises à un lavage par l'eau distillée pour éliminer le sable et les sels. On laisse les échantillons séchés à la température ambiante à l'air libre.

##### **IV.6.1.1 Extrait de pulpe (gel naturel) :**

On prend 4 feuilles fraîche on les coupe, puis on retire toute la peau afin qu'il n'y ait plus de couche verte pour en ne récupérant que la pulpe (le gel).

##### **IV.6.1.2 Extrait des feuilles d'*Aloe vera* sèche:**

On prend 8 feuilles sèches on les coupe, puis on retire toute la peau afin qu'il n'y ait plus de couche verte pour en ne récupérant que la pulpe, on coupe cette pulpe en petits morceaux afin d'en faciliter le passage au mixer, après la mixtion de pulpe on obtient une purée Puis ont les divisée en deux morceaux :

###### **IV.6.1.2.1 Extrait des feuilles d'*Aloe vera* sèche avec le méthanol:**

On prend 24.01 grammes de purée et on ajoute 50 ml méthanol. On laisse pendant 24 heures. Puit on les mixe et on filtre.

###### **IV.6.1.2.2 Extrait des feuilles d'*Aloe vera* sèche avec l'eau:**

On prend 24.01 grammes de purée et on ajoute 50 ml eau. On laisse pendant 24 heures. Puit on les mixe et on filtre.

##### **IV.6.1.3 Extrait des feuilles d'*Aloe vera* fraîche:**

La même opération pour obtenir la purée des feuilles sèches on le refait avec les feuilles fraîches.

###### **IV.6.1.3.1 Extrait des feuilles d'*aloe vera* sèche avec le méthanol:**

Même opération avec Extrait des feuilles d'*aloe vera* sèche avec le méthanol mais avec feuille fraîche.

###### **IV.6.1.3.2 Extrait des feuilles d'*aloe vera* sèche avec l'eau:**

Même opération avec Extrait des feuilles d'*aloe vera* sèche avec l'eau mais avec feuille fraîche.

## ***PARTIE EXPERIMENTALE***

### **IV.6.1.4 Extraction de la matière grasse (SOXHLET) (feuille complet) :**

Mode opératoire (Iso659 octobre1998) [27]. :

- ❖ Placer, dans l'appareil à extraction la cartouche contenant la prise d'essai broyée (3 feuille d'Aloe vera sèche coupe et mixer et di-humide dans une étuve).
- ❖ Verser dans le ballon 300 ml d'Hexane
- ❖ Adapter le ballon à l'appareil à extraction sur le bain à chauffage électrique
- ❖ Après une extraction d'une durée de 6h, éteindre l'appareil et laisser refroidir.
- ❖ Eliminer le solvant par évaporation dans un rota vapeur et peser le ballon contenant le résidu huileux.

### **IV.6.1.5 Extraction de la matière grasse (SOXHLET) (Pelures ou la peau Aloe vera) :**

Le même Mode opératoire que Extraction de la matière grasse (feuille complet) mais la prise d'essai sera la peau Aloe vera.



**Figure 34** différente étape pour extraction huile végétale de la peau aloe vera

## PARTIE EXPERIMENTALE

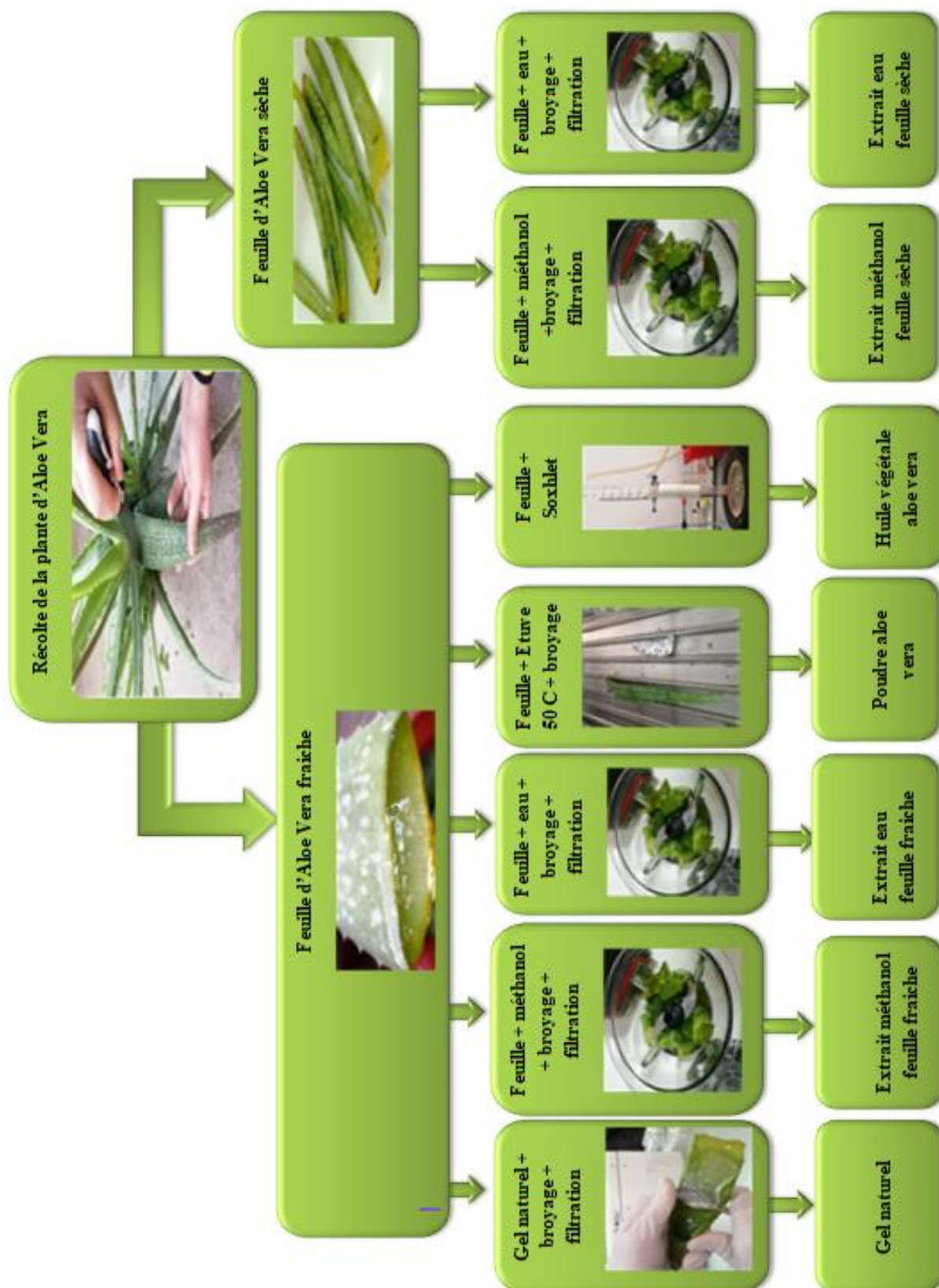


Figure 35 Les différentes étapes réalisées dans l'expérimentation.

## ***PARTIE EXPERIMENTALE***

### **IV.7 Détermination des paramètres physicochimiques :**

#### **IV.7.1 Détermination du pH :**

Le pH des échantillons :

- ❖ Gel naturel
- ❖ Extrait (gel + méthanol)
- ❖ Extrait (gel + eau tiède)

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  $+16\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  en maintenant l'électrode immergée dans l'extrait agité avec un agitateur magnétique.

#### **IV.7.2 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  $103\pm 2^{\circ}\text{C}$  dans une étuve jusqu'à obtention d'une masse constante.

##### **IV.7.2.1 Mode opératoire**

Une feuille fraîche pesée dans une capsule coupelle tarée elle-même positionnée dans une étuve réglée à  $103^{\circ}+ 2^{\circ}\text{C}$  pendant 24 heures. L'échantillon est ensuite pesé avec précision, après avoir refroidis à température ambiante dans un dessiccateur, et ce jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

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

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

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).

#### **IV.7.3 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

## ***PARTIE EXPERIMENTALE***

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.

### **IV.7.3.1 Mode opératoire :**

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.

### **IV.7.4 La mesure de l'indice de réfraction (réfractométrie) :**

L'indice de réfraction (souvent noté  $n$  ; en anglais, index of refraction ou IOR) est une grandeur sans dimension caractéristique d'un milieu, décrivant le comportement de la lumière dans celui-ci ; il dépend de la longueur d'onde de mesure mais aussi des caractéristiques de l'environnement (notamment pression et température). L'indice de réfraction est parfois appelé « constante optique » d'un matériau, ce qui est un abus de langage, puisqu'il est à la fois variable selon des grandeurs qui lui sont extérieures, et non unique pour un milieu donné, car lié aux propriétés optiques, cristallographiques ou encore diélectriques de la matière, qui ne sont pas nécessairement isotropes.

#### **IV.7.4.1 Mode opératoire :**

A l'aide d'un réfractomètre on mesure la réfraction de tous les extraits.

### **IV.7.5 Détermination de l'acidité tétrable :**

La méthode appliquée est adaptée aux feuilles d'Aloe-vera à partir de la procédure décrite dans la norme AFNOR (NF V 05-101, 1974)

Un échantillon de 1g de la poudre des feuilles d'Aloe-vera est placé dans une fiole conique avec 10 ml d'eau chaude (bouillie et refroidie). La fiole est adaptée à un réfrigérant à reflux afin de chauffer le contenu au bain-marie pendant 30 min. Après refroidissement, le contenu de la fiole conique est transféré à une fiole jaugée de 250mL et complété jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée récemment bouillie et refroidie. Mélanger bien, puis filtré.

250 ml de filtrat versé dans un bécher, sont titré avec une solution d'hydroxyde de sodium 0,1N, en présence de 2 à 3 gouttes de phénolphthaléine, jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante pendant 30 secondes.

L'acidité tétrable, exprimée en milléquivalents de NaOH par 100 g de produit, est déterminée selon la formule suivante :

$$A = (25 \cdot V_1 \cdot 100) / (M \cdot 10 \cdot V_0)$$

## ***PARTIE EXPERIMENTALE***

Ou :

**M** : est la masse en (g) de poudre prélevée ;

**V<sub>0</sub>** : est le volume en ml de la prise d'essai (50ml) ;

**V<sub>1</sub>** : est le volume en ml de la solution d'hydroxyde de sodium a 0.1N utilise.

### **IV.7.6 La densité relative (NF ISO 6883) :**

La densité d'huile est mesurée en utilisant un pycnomètre. Elle correspond au rapport entre la masse d'un certain volume d'huile et la masse du même volume d'eau pris à la même température.

$$D = (m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)$$

Dans laquelle :

**m<sub>0</sub>** : la masse en gramme de pycnomètre vide

**m<sub>1</sub>** : la masse en gramme de pycnomètre rempli d'eau distillée

**m<sub>2</sub>** : la masse en gramme de pycnomètre rempli d'huile.

### **IV.7.7 Détermination du coefficient d'extinction spécifique :**

Cet examen spectrophotométrique dans l'ultraviolet peut fournir des indications sur la qualité d'une matière grasse ainsi le coefficient d'extinction à 270 nm est un bon révélateur de la teneur de l'huile en peroxyde.

La détermination de l'absorbance à 232 nm et au voisinage de 270 nm permet la détection des produits d'oxydation des acides gras insaturés, lorsqu'ils ont une structure diénique conjuguée (hydro peroxyde linoléique C18 : 2), et des produits secondaires d'oxydation ayant une structure triénique en particulier des cétones et dicétones, qui absorbent la lumière vers 270nm.

Le principe consiste à dissoudre la matière grasse dans le solvant requis, puis on détermine l'extinction de la solution à la longueur d'onde prescrite, par rapport au solvant pur. Les extinctions spécifiques sont déterminées à partir des lectures spectrophotométriques.

#### **IV.7.7.1 Mode opératoire :**

- ❖ 0,1 g de l'échantillon est dissout dans 10 ml du cyclohexane. Après homogénéisation, on mesure les extinctions K232 et K270.
- ❖ L'absorbance se fait à 232 nm et 270 nm avec à un spectrophotomètre UV
- ❖ La lecture se fait dans une cuve en quartz

## ***PARTIE EXPERIMENTALE***

Les valeurs du coefficient d'extinctions spécifiques à 232 nm et 270 nm sont calculées selon la formule suivante :

$$K = A_k / C * S$$

Où :

**A<sub>k</sub>** : Absorbance à la longueur d'onde k.

**C** : Concentration de la solution en g/100 ml.

**S** : Chemin optique (1 cm).

### **IV.7.8 Détermination de la teneur en pigments :**

Les chlorophylles et les caroténoïdes c'est deux pigments En raison de leur caractère antioxydant dans l'obscurité et pro oxydant dans la lumière, semblent jouer un rôle important dans la stabilité oxydative de l'huile au cours de son et dans la préservation de sa qualité.

La détermination de la teneur en pigments chlorophylliens dans l'huile d'Aloe vera est effectuée selon la méthode décrite par Wolff; Mosquera Minguez. Elle consiste en une quantification par spectrophotométrie à des longueurs d'onde de 630, 670 et 710 nm.

L'absorption des caroténoïdes ( $\beta$  carotène, des x anthophylles et de la lutéine) montre que ces derniers absorbent dans le bleu et un peu dans le vert avec un maximum autour de 420, 440 et 460 nm. Ainsi, la détermination de la teneur en ces pigments dans l'huile d'olive sera basée sur une méthode spectrophotométrique l'absorption relative est 470 nm.

#### **IV.7.8.1 Mode opératoire pour déterminer la teneur en chlorophylle :**

5 ml d'huile d'Aloe-vera sont dissout dans 5 ml d'acétone (80%). Après homogénéisation, on mesure les absorbances à 670, 630 et 710 nm la teneur en chlorophylles est calculée selon la formule suivante :

$$\text{chlorophylle (ppm)} = (A_{670} - (A_{630} + A_{710})/2) / (0.1086 * L)$$

Où :

**A<sub>630</sub>** : absorbance à 630 nm

**A<sub>670</sub>** : absorbance à 670 nm

**A<sub>710</sub>** : absorbance à 710 nm

**L** : trajet optique = 1 cm

**0,1086** : coefficient lié au spectrophotomètre utilisé.

## ***PARTIE EXPERIMENTALE***

### **IV.7.8.2 Mode opératoire pour déterminer la teneur en carotènes :**

- ❖ Une prise de 7,5 grammes d'huile à analyser est introduite dans une fiole jaugée de 25 ml
- ❖ La fiole sera remplie, jusqu'au trait de repère par du solvant cyclohexane.
- ❖ La lecture se fait dans spectrophotomètre UV
- ❖ L'absorbance de la solution de matière grasse obtenue est mesurée par rapport à celle du solvant cyclohexane à 470 nm.

La teneur en carotènes est déterminée par la formule suivante :

$$\text{Carotène (ppm)} = (A_{470} * 25 * 10000) / (2000 * 7.5)$$

### **IV.7.9 Extraction des composés phénoliques :**

Principe d'extraction : La rupture des tissus végétaux et la diffusion a pour but de libérer les polyphénols de la matrice végétale.

#### **IV.7.9.1 Préparation des extraits :**

3g de la poudre sont extraits au moyen de 50 ml de méthanol sous agitation magnétique pendant 12 heures à température ambiante (25°C) et à l'abri de la lumière puis filtrés avec du papier filtre.

Les filtrats sont mis dans des béchers, ensuite, séchés à l'aide d'une étuve à 40°C jusqu'à l'obtention d'un poids stable. Les extraits sont pesés après l'évaporation pour estimer le rendement d'extraction comme suit :

$$\text{Taux de la matière extraite (\%)} = ((P_1 - P_0) / E) \times 100$$

Avec :

**P<sub>1</sub>** : poids de bécher vide(g).

**P<sub>0</sub>** : poids de bécher après l'évaporation (g).

**E** : poids d'échantillon (g).

#### **IV.7.9.2 Dosage des composés phénoliques :**

##### **IV.7.9.2.1 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.

###### **IV.7.9.2.1.1 Principe :**

Le réactif de Folin-Ciocalteu est un acide de couleur jaune constitué par un mélange d'acide phosphotungstique (H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>) et d'acide phosphomolybdique (H<sub>3</sub>PMO<sub>12</sub>O<sub>40</sub>). Il est réduit



## ***PARTIE EXPERIMENTALE***

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.

### **IV.7.9.2.1.2 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 µl des échantillons (d'huile et des extraits des feuilles d'Aloe vera) sont mélangés avec 500 µl 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<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (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  $y=ax+b$  (Voire annexe B) réalisée en parallèle par l'acide gallique '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.

### **IV.7.9.2.2 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.

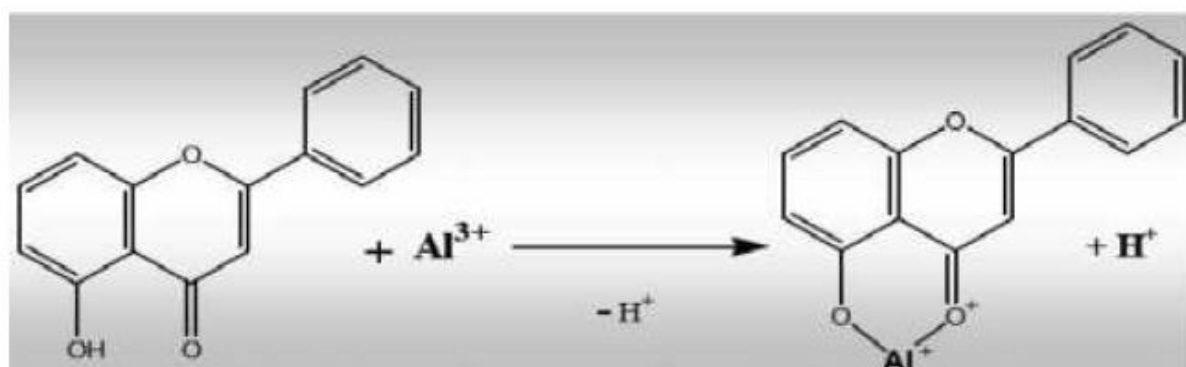
L'acide caféique est utilisé comme standard pour préparer une gamme étalon dans la marge de concentration 0 -100 mg L<sup>-1</sup> ( $Y = 0,0049X$ ; X: concentration en acide caféique (mg L<sup>-1</sup>); Y: Densité optique à 350 nm ; R<sup>2</sup> = 0,9979). Les teneurs en ortho-diphénols des échantillons sont calculées à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide caféique.

## ***PARTIE EXPERIMENTALE***

### **IV.7.9.2.3 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).



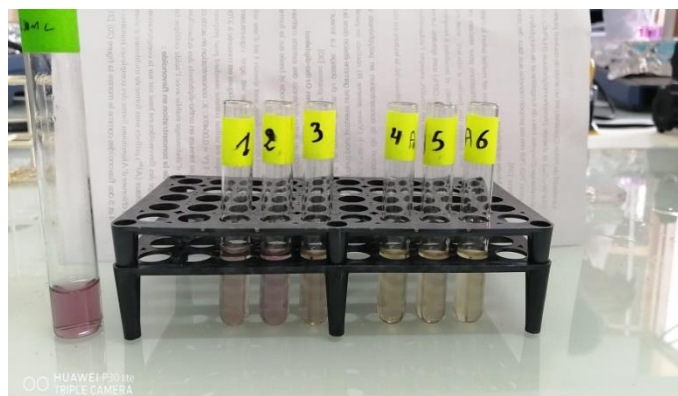
**Figure 36 Mécanisme de réaction de chlorure d'aluminium avec les flavonoïdes**

2 ml de jus ou des extraits méthanoïques sont mélangés avec 2 ml de solution de chlorure d'aluminium ( $AlCl_3, 6 H_2O$ ) (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 mg L<sup>-1</sup>.

### **IV.8 Evaluation de l'activité antioxydant avec la méthode de DPPH :**

L'activité anti radicalaire de DPPH· a été déterminée en se basant sur les essais décrits par Brand-Williams et al avec quelques modifications. Ainsi, dans un volume de 1 ml, on prépare différentes concentrations de l'extrait à tester dans le méthanol, on ajoute, ensuite 2 ml de la solution de DPPH· de concentration 0,1 mM. Après



**Figure 37 test DPPH**

agitation vigoureuse, le mélange est incubé pendant 1 heure à l'obscurité et à température

## ***PARTIE EXPERIMENTALE***

ambiante, puis l'absorbance est mesurée à 515 nm par un spectrophotomètre UV- visible. Une solution contenant 1 ml méthanol et 2 ml de DPPH· considérée comme blanc analytique est préparée en parallèle.

L'estimation de l'activité anti radicalaire est exprimée par la valeur du pourcentage d'inhibition (%I) calculé à l'aide de la formule suivante :

$$\%I = [(Abs_0 - Abs_1)/Abs_0] \times 100$$

Avec

**Abs<sub>0</sub>** : absorbance du blanc analytique.

**Abs<sub>1</sub>** : absorbance de la solution en présence d'extrait.

La courbe donnant la variation du (%I) en fonction des différentes concentrations de l'extrait, permet de déterminer l'activité antiradicalaire ou EC<sub>50</sub> (Efficient Concentration 50%), définie comme étant la quantité d'extrait nécessaire pour diminuer de moitié la concentration initiale de DPPH. À titre d'indication, un standard : l'acide ascorbique connus pour leur effet anti-radicalaire contre le DPPH ont été testés en parallèle.

### **IV.9 Etude de l'activité antimicrobienne :**

#### **IV.9.1 Matériel**

##### **IV.9.1.1 Matériel biologique**

- a) **Souches microbiennes pathogènes** : L'activité antimicrobienne des extraits d'Aloevera sera testée sur des souches de collection internationale ATCC qui ont toutes été fournis par le laboratoire de biologie de l'Universitaire de Ghardaïa.
- b) Les germes qui ont été choisies sont les suivants :
  - i. Des Bactéries à gram positif : *Staphylococcus aureus* ATCC 25923.
  - ii. Des Bactéries à gram négatif : *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853.  
*Escherichia coli* ATCC 25922.
  - iii. Une levure : *Candida albicans* ATCC 10231.
- c) **Les extraits** : Les extraits testés sont les suivants : les sept (07) extraits obtenue.
- d) **Milieu de culture solide** : Gélose Mueller Hinton (MH) ; Gélose PDA
- e) **Réactifs chimiques et autres matériel Antibiotiques** : (Gentamycine « GEN », et Nystatine).

## ***PARTIE EXPERIMENTALE***

### **IV.9.2 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 :**
  1. **Préparation des suspensions bactériennes :** 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.
  2. **Préparation des suspensions fongiques :** 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.

### **IV.9.3 Méthodes d'étude 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). [33].

- a) **Souches microbiennes :** Pour tester l'activité antimicrobienne des extraits, trois (03) souches bactériennes et une souche fongique ont été utilisées :

Tableau 4 Souches bactériennes

<b>Souches microbiennes</b>	<b>Familles</b>	<b>Pouvoir pathogène</b>
<b>Escherichia coli ATCC 25928</b>	Enterobacteriaceae	Différentes formes de diarrhées, dysenterie, rôle des enterotoxines, de l'endotoxine, des adhésines, certains de ces facteurs sont également impliqués dans des infections des tissus profonds.
<b>Pseudomonas aeruginosa</b>	Pseudomonaceae	Infection pulmonaire peut être primitive ou

## ***PARTIE EXPERIMENTALE***

<b>ATCC 27853</b>		secondaire à une septicémie.
<b>Staphylococcus aureus</b> <b>ATCC 4330 D</b>	Micrococcacea	Staphylococcie cutanées, souscutanées et muqueuses, osseuses, pulmonaire, toxi-infection alimentaire, entérocolites aigue.
<b>Candida albicans</b>	Saccharomycetaceae	Les lésions cutanées et unguéales proviennent d'une contamination digestive./ Celles du tube digestif, en particulier celles de l'oropharynx, sont consécutives à des causes générales ( SIDA ...). Les septicémies surviennent lors de gestes médicaux ou chirurgicaux /

### **b) 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 boîtes de pétri stériles jusqu'à la solidification du milieu, ensuite les boîtes sontensemencées par écouvillonnage à l'aide d'un écouvillon stérile en tournant la boîte 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 boîte. Ensuite elles sont fermées et laissées à une température ambiante pendant 20 min.

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

### **c) 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. La mesure de la distance millimétrique de la zone est

## ***PARTIE EXPERIMENTALE***

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)[34] :

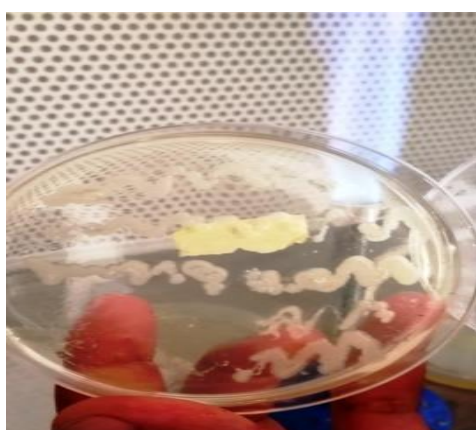
- ❖ souche résistante ( $D < 8$  mm)
- ❖ souche sensible ( $9\text{mm} \leq D \leq 14\text{mm}$ )
- ❖ souche très sensible ( $15\text{mm} \leq D \leq 19$  mm)
- ❖ extrêmement sensible ( $D > 20$  mm).

### **d) 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.

Pour faire ce test on utilise un antibiotiques (Gentamycine) et antifongique comme référence.

## ***PARTIE EXPERIMENTALE***



**Figure 38 : Méthode de diffusion sur disque (aromatogramme)**

**Résultats**

**Et**

**Discussion**



## V. DISCUSSIONS :

### V.1 TAUX D'HUMIDITE :

$$H(\%) = (M1-M2) / M1 = (6.954-0.224)/6.954 = 96.778 \%$$

Selon le résultat, le taux d'humidité des feuilles est 96.778 %leur teneur en matière sèche est estimée à 3.222%. Ces résultats sont logiques, car la feuille inclue le gel et l'épiderme, donc plus riche en eau.

Nos résultats sont largement supérieurs à ceux trouvés par Miranda et ses collaborateurs (2010),[29], qui a étudié l'humidité des feuilles de l'espèce Aloe-vera ( $55,68 \pm 1,09 \%$ ). Ces différences peuvent être expliquées par la composition spécifique pour chaque espèce du genre Aloe.

### V.2 Potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH est l'un des trois paramètres utilisés habituellement pour l'évaluation et l'identification des gels commerciaux des aloès (avec la conductivité électrique et le taux d'acide malique).

Selon tableau (05) on constate que le pH des trois extraits a presque les mêmes valeurs.

Tableau 5 Les valeurs obtenue du pH de gel étudié

EXTRAIT	Température °C	pH
<b>Gel Brut (naturel)</b>	16	4.97
<b>Gel (fraiche) Eau tiède</b>	16.8	5.02
<b>Gel (sèche) Eau tiède</b>	16.8	5.07

La valeur obtenue du pH de gel étudié, est largement inférieure à celle obtenue par (O'Brien, 2005)[28], qui a travaillé sur la même espèce ( $pH= 6,8 \pm 0,02$ ), cette différence pourrait être due au temps et à la saison de récolte. Selon le même auteur, l'acide malique atteint sa concentration maximale dans les premières heures du matin en abaissant la valeur du pH, et sa concentration minimale l'après-midi. Cependant, notre valeur elle est similaire à celle trouvée par Zapata et autres (2013) [30], où le pH prend la valeur :  $4,78 \pm 0,05$ .

### V.3 Détermination du rendement :

Dans cette étude, le rendement (l'extrait sec, obtenu après évaporation, contenant les flavonoïdes et les composés phénolique) à été déterminé par rapport à 3 g de la matière

végétale (broyat ou feuilles sèches). Le poids de l'extrait sec est déterminé par la différence entre le poids du ballon plein (après évaporation) et le poids du ballon vide (avant évaporation).

On a le Poids d'extrait sec (g) = 0.5 g

Le rendement de l'extraction = 16.66 %

Le rendement d'extraction est le rapport de la quantité de substances naturelles extraites par l'action extractive d'un solvant à la quantité de ces substances contenues dans la matière végétale. Il est dépend de plusieurs paramètres tels que: le solvant, le pH, la température, le temps d'extraction et la composition de l'échantillon (Quy Diem Do et al, 2014).[31].

#### **V.4 Acidité tetrable :**

L'acidité tetrable ou le taux de l'acide malique, est un excellent indicateur de fraîcheur du gel. L'acide malique est produit naturellement dans les feuilles des aloès, ainsi que d'autres plantes succulentes.

L'acidité tetrable, exprimée en milléquivalents de NaOH par 100 g de produit, est déterminée selon la formule suivante :

$$A = (25.V_1.100)/(M.10.V_0)$$

$$A = (25*0,5*100)/(40*10*50)$$

$$A = 0.0625$$

Selon le tableau précédent, l'acidité tetrable des feuilles est égale à **0.0625**

Nos résultats sont un peu supérieurs à celle de Miranda et ces collaborateurs (2009),[29],

#### **V.5 L'indice de réfraction :**

Tableau 6 Les valeurs obtenue de l'indice de réfraction des extraits étudié

Extrait	fraction
Gel Brut	1.3362
extrait huile de pelure	1.3415
extrait huile de (gel+pelure)	1.335
Extrait gel méthanol	1.330
Méthanol + gel (fraiche)	1.335

<b>méthanol + gel (sèche)</b>	<b>1.3355</b>
<b>eau tiède + gel (fraiche)</b>	<b>1.335</b>
<b>eau tiède + gel (sèche)</b>	<b>1.335</b>

La moyenne réfraction des différents extraits est de 1.33

Ces valeurs sont compatibles avec la texture du gel qui est presque transparente et la feuille est trouble et contient beaucoup de particules en suspension.

#### **V.6 La teneur en métaux :**

Les métaux sont parmi les oligoéléments : ce terme est introduit par le chimiste Gabriel Bertrand dont les travaux au début du XXe siècle montrent l'action de ces éléments sur les sols, les plantes et les animaux, et dont les besoins en quantités infimes les distinguent des « éléments majeurs » ou « macroéléments ».

Pour l'aloevera Selon le résultat montré dans le tableau 7, on remarque que le métal qui a une valeur supérieure dans Aloe-vera est le calcium (plus que 200 Mg/l). puis il y a le phosphate et le magnésium avec des teneurs de 21.4 Mg/l et 16.3 Mg/l successivement.

**Tableau 7 la concentration des différents métaux dans l'aloevera**

<b>métaux</b>	<b>Mg/l</b>	<b>Absorbance</b>
<b>calcium</b>	200	1.577
<b>fer</b>	2.74	1.134
<b>magnésium</b>	16.3	1.359
<b>manganèse</b>	8.00	1.723
<b>phénol</b>	9.80	1.353
<b>phosphates</b>	21.4	0.826
<b>potassium</b>	9.92	1.304
<b>zinc</b>	2.64	0.987
<b>alcalinité</b>	50.0	1.174

## V.7 LA DENSITE RELATIVE :

$$D = (m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)$$

Les résultats sont dans le tableau suivant :

Tableau 8 la densité relative des différents extraits

L'extrait	D
GEL	1,0132327
extrait huile de pelure	1,0165276
extrait méthanol + gel	0,8909448
méthanol eau fraîche	0,9828878
méthanol eau sèche	0,9912845
gel+eau tiède fraîche	1,0295477
gel+eau tiède sèche	1,0546315

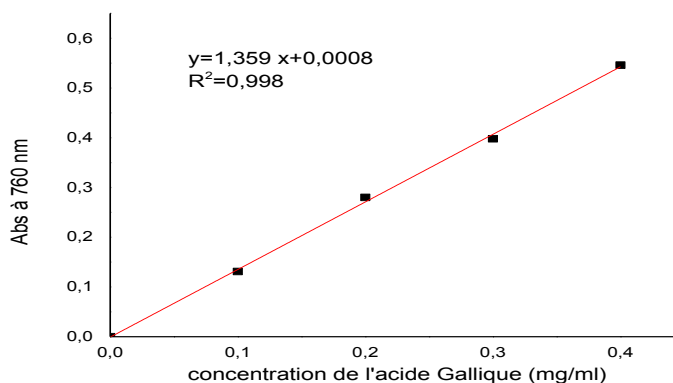
## V.8 La teneur en polyphénols totaux :

Le dosage des polyphénols totaux, nous donne une estimation globale de la teneur en différentes classes des composés phénoliques contenu au niveau de l'extrait.

Les méthodes colorimétriques ont été utilisées pour évaluer la quantité des composés phénoliques dans la matière végétale. La macération et le choix du solvant utilisé sont les principaux critères à prendre en considération pour une extraction rentable (Turkmen et al., 2007).[35].

Avant de procéder à la détermination de la teneur en composés phénoliques ; nous avons établi une courbe d'étalonnage en utilisant l'acide gallique.

Les résultats sont exprimés en milligramme (mg) équivalent d'acide gallique par ml de l'extrait (Figure 39).



**Figure 39** Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des composés phénoliques

Le dosage colorimétrique de Foline-Ciocalteu nous a permis d'avoir une idée sur les variations qualitatives des composés phénoliques précisément les polyphénols totaux. Notre résultat sur la teneur en polyphénol est comparable à celle rapportées par Attabi [32]

La teneur en polyphénols totaux étant observé  $0.036 \pm 0.0008$  mg EAG/mg

Le taux de polyphénols trouvés dans notre échantillon est inférieur aux résultats apportés par (Nejatzadeh-Ben, 2013),[36] avec une teneur de  $0.782 \pm 4.03$ mg EAG/g, et aux résultats menés par (Aliliche Mustapha et al., 2014) [37] ; qui ont trouvés une concentration des composés phénoliques totaux dans la feuille égale à  $8,45 \pm 0,73$  mg Eq AG/100 g du PF de la feuille.

Cette différence pourrait être due aux conditions climatiques, au temps de la récolte et aux cultivars, mais aussi à la méthode de dosage elle-même et au solvant d'extraction. En effet, les conditions d'extraction en terme de température et le nombre d'étapes d'extraction ainsi que l'état et l'origine de l'échantillon en terme de provenance géographique, ne peuvent pas être exclus.

## **V.9 Teneur en flavonoïdes :**

La raison principale pour laquelle on a choisi cette classe de polyphénols, réside dans le fait que les flavonoïdes constituent la classe poly phénolique la plus importante, avec plus de 5000 composés déjà décrits.

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode de trichlorure d'aluminium ( $AlCl_3$ ), à partir de la courbe d'étalonnage du quercétine. L'absorbance a été lue dans une longueur d'onde de 415nm. Les résultats obtenus sont exprimés en milligramme par gramme (Figure 40).

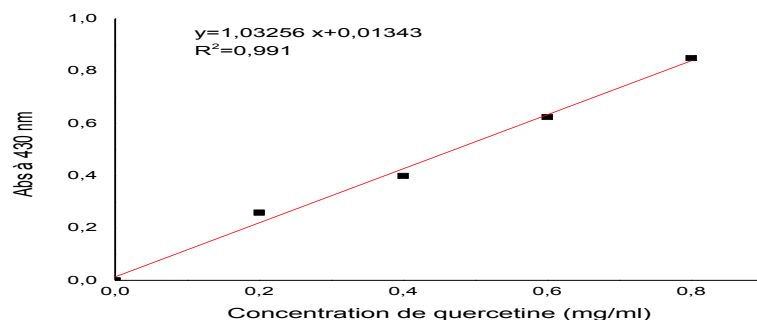


Figure 40 Courbe d'étalonnage de la quercétine pour le dosage des Dosage des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes totaux étant observé est  $0.12 \pm 0.01343$  mg EAG/mg d'Aloe Vera ; est inférieure à celle au résultat menés par (Aliliche Mustapha et al., 2014) [37] ; ils ont trouvés que la concentration des flavonoïdes dans la feuille est égale à  $0,21 \pm 0,013$  mg EAG/100g.

Cette différence st peut être du au temps et aux saisons de la récolte, aux conditions climatiques et condition d'extraction et du dosage lui-même.

les méthodes de conservation et d'exposition à la lumière des plantes peuvent affecter la teneur en flavonoïde.

### V.10 La teneur en pigments :

La détermination de la teneur en pigments chlorophylliens dans l'huile d'Aloe vera est effectuée selon la méthode décrite par Wolff; Mosquera Minguez. Elle consiste en une quantification par spectrophotométrie à des longueurs d'onde de 630, 670 et 710 nm.

#### V.10.1 La teneur en chlorophylle :

La teneur en chlorophylles est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Chlorophylle (ppm)} = (A_{670} - (A_{630} + A_{710})/2) / (0.1086 * L)$$

$$\text{Chlorophylle (ppm)} = (0.970 - (0.242 + 0.560)/2) / (0.1086 * 1)$$

$$\text{chlorophylle (ppm)} = 5.2394 \text{ ppm}$$

La teneur en chlorophylles pour les feuilles d'Aloe vera est de valeur 5.2394 ppm

#### V.10.2 La teneur en carotènes :

La teneur en carotènes est déterminée par la formule suivante :

$$\text{On a } A_{470} = 0,006 \text{ nm}$$

$$\text{Carotène (ppm)} = (A_{470} * 25 * 10000) / (2000 * 7.5)$$

$$\text{Carotène (ppm)} = (0,006 * 25 * 10000) / (2000 * 7.5)$$

Carotène (ppm) = 0.1 ppm

La teneur en  $\beta$ -carotène pour le gel d'Aloe vera est de valeur 0.1 ppm ppm

### V.11 Coefficient d'extinction spécifique :

La détermination de l'absorbance à 232 nm et au voisinage de 270 nm permet la détection des produits d'oxydation des acides gras insaturés

Les valeurs du coefficient d'extinctions spécifiques à 232 nm et 270 nm sont calculées selon la formule suivante :

$$K = A_k / C * S$$

❖ Pour  $A_k = 232\text{nm}$  :  $K = 232 / C * 1$

$$K = 232$$

❖ Pour  $A_k = 270\text{nm}$  :  $K = 270 / 1 * 1$

$$K = 270$$

### V.12 Evaluation du pouvoir antioxydant :

#### V.12.1 Test de réduction du radical stable le DPPH :

L'activité anti-radicalaire de DPPH a été déterminée en se basant sur les essais décrits par Brand-Williams et al., [38], avec quelques modifications. Ainsi, dans un volume de 1 ml, on prépare différentes concentrations de l'extrait à tester dans le méthanol, on ajoute, ensuite 2 ml de la solution de DPPH· de concentration 0,1 mM. Après agitation vigoureuse, le mélange est incubé pendant 1 heure à l'obscurité et à température ambiante, puis l'absorbance 35 est mesurée à 515 nm par un spectrophotomètre UV-vis. Une solution contenant 1 ml méthanol et 2 ml de DPPH considérée comme blanc analytique est préparée en parallèle.

L'estimation de l'activité antiradicalaire est exprimée par la valeur du pourcentage d'inhibition (%I) calculé à l'aide de la formule suivante :

$$\%I = [(Abs_0 - Abs_1) / Abs_0] \times 100$$

Avec :

**Abs<sub>0</sub>** : absorbance du blanc analytique.

**Abs<sub>1</sub>** : absorbance de la solution en présence d'extrait.

Dans notre travail nous avons étudié l'activité antioxydant de différents extraits d'Aloe vera :

- Gel Aloe-vera
- Huile Extraite (Soxhlet).

- Aloe-vera (Fraiche) méthanol
- Aloe-vera (Sèche) méthanol

Les valeurs obtenues ont permis de tracer des courbes de pourcentages d'inhibition obtenus en fonction des concentrations représentées sur les figures n° 41 ;42 ;43 ;44,à partir de ces dernières, nous pouvons déterminer la valeur d'IC<sub>50</sub> de chaque extrait.

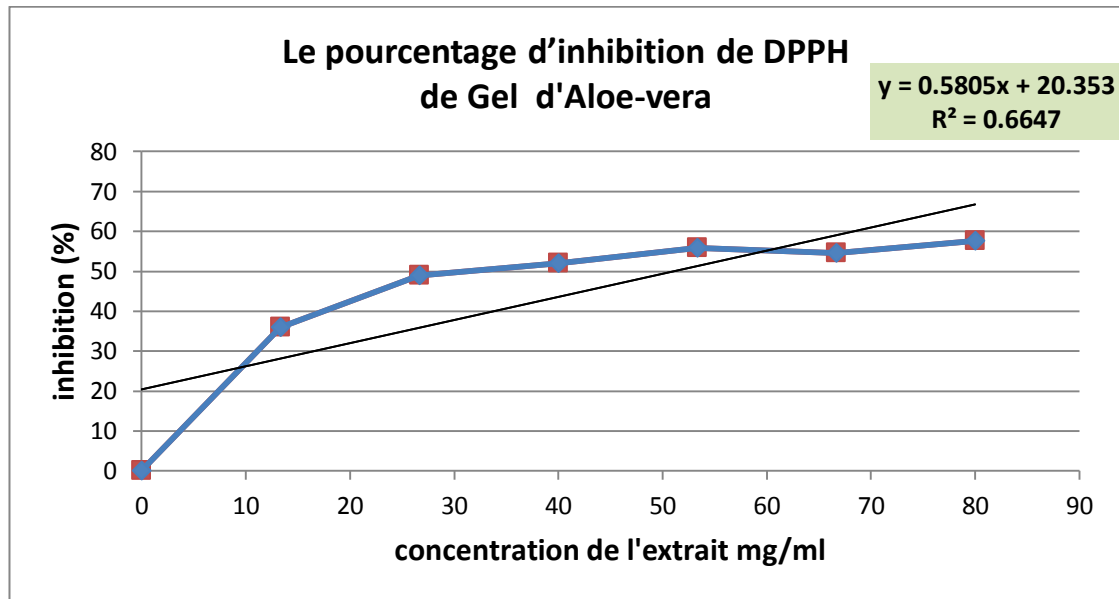


Figure 41 Le pourcentage d'inhibition de DPPH de Gel d'Aloe-vera

IC<sub>50</sub>=51.071 mg/ml

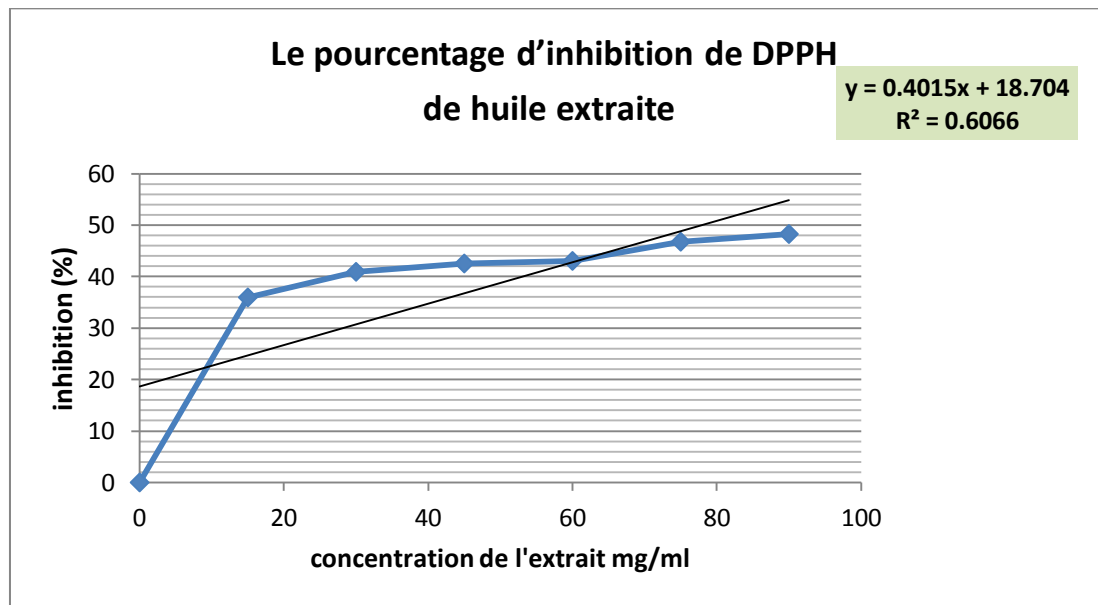


Figure 42 Le pourcentage d'inhibition de DPPH d'huile extraite



**IC<sub>50</sub>=77.94 mg/ml**

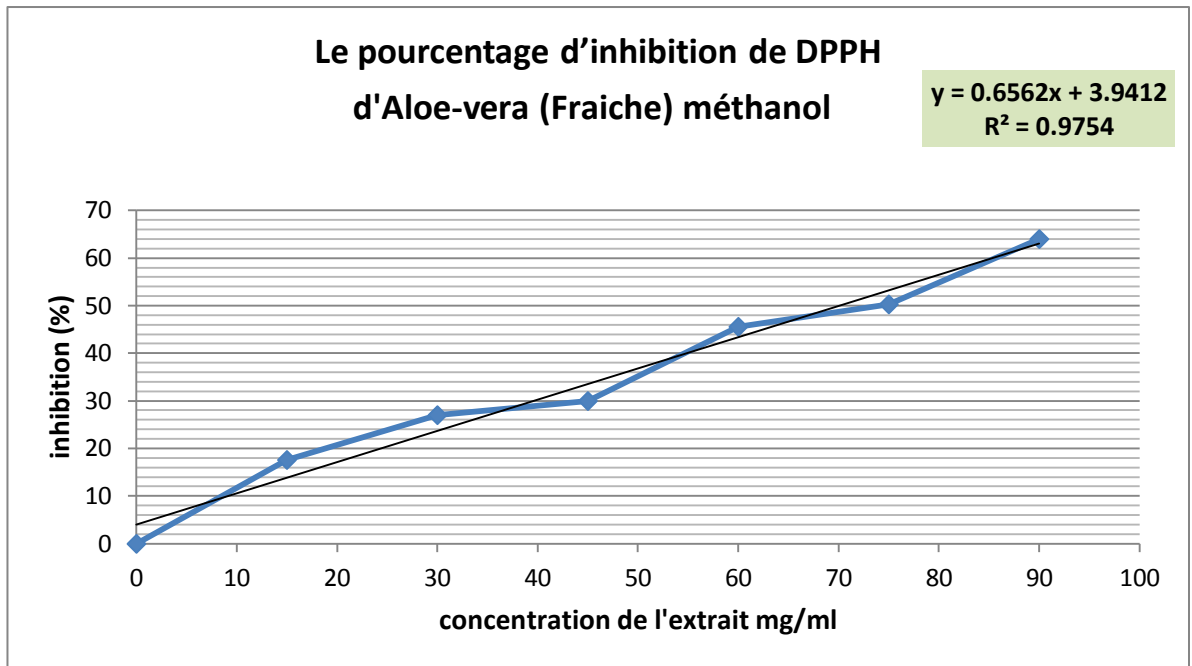


Figure 43 Le pourcentage d'inhibition de DPPH d'Aloe-vera (Fraiche) méthanol

**IC<sub>50</sub>= 70.19 mg/ml**

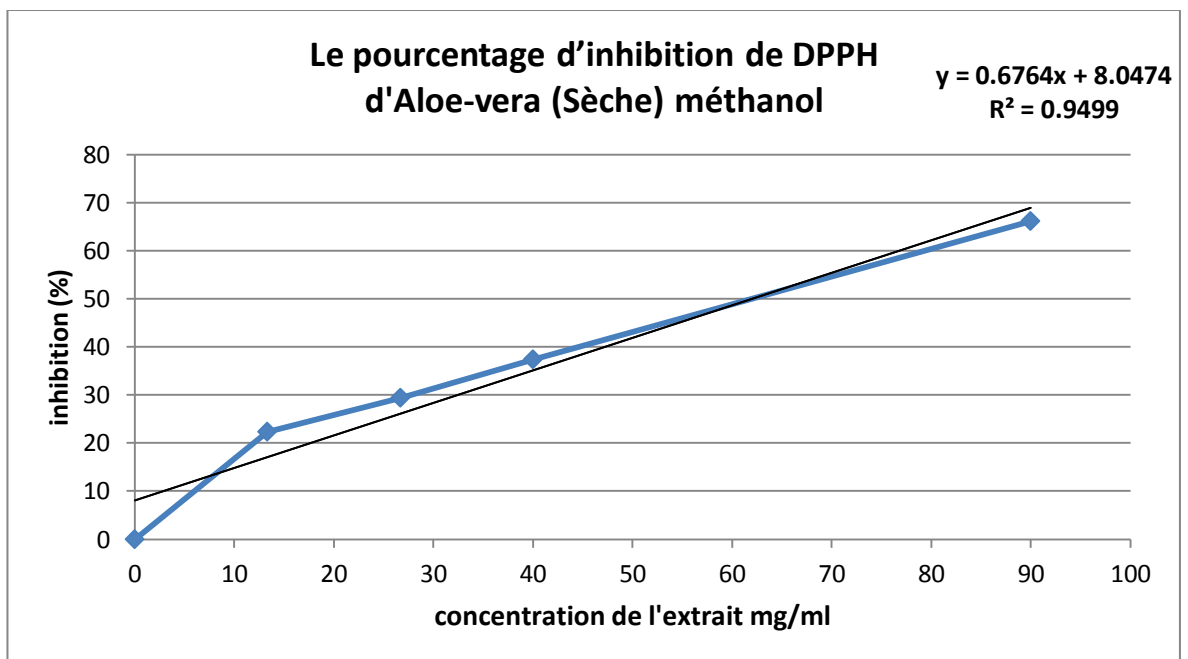


Figure 44 Le pourcentage d'inhibition de DPPH d'Aloe-vera (Sèche) méthanol

**IC<sub>50</sub>=62.023 mg/ml**

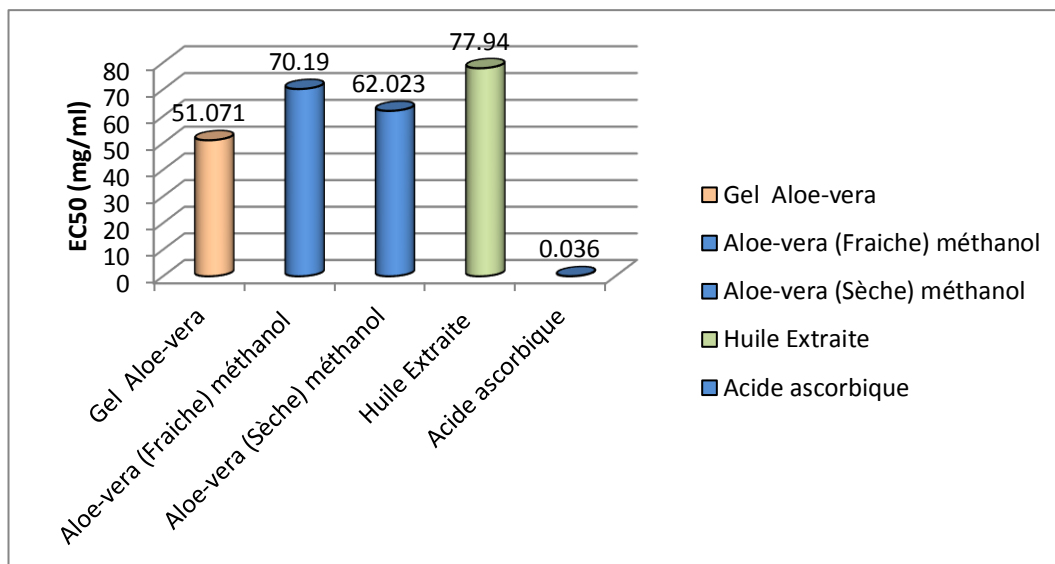


Figure 45 Pourcentage d'EC50 du radical DPPH des extraits

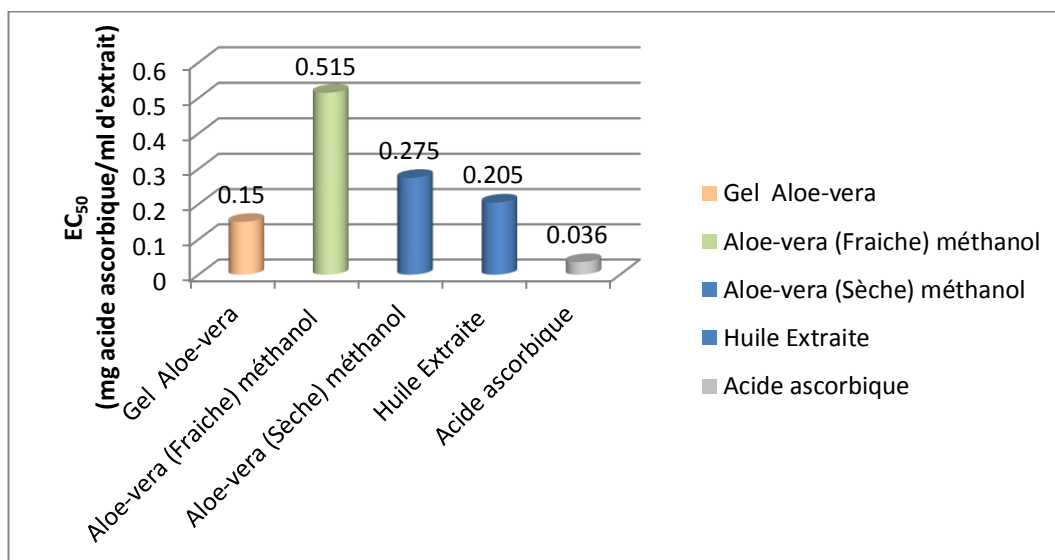


Figure 46 EC50 Equivalent acide ascorbique des extraits

Les résultats mentionnés dans les figures n° : 41 ; 42 ; 43 ; 44 ; 45 ; 46, montrent que l'extrait de l'huile (Soxhlet) présentent un IC<sub>50</sub> le plus élevé 77.94 mg/ml suivit par les deux extrait Aloe-vera (fraiche) méthanol et Aloe-vera (sèche) méthanol 70.19 et 62.023 mg/ml respectivement qu'ils ont presque le même IC<sub>50</sub>. IC<sub>50</sub> le plus faible et celle de gel (brut) Aloe-vera qui atteinte 51.071 mg/ml. la valeur de IC<sub>50</sub> de l'acide ascorbique est de 0.036 mg/ml.

En comparaison avec la vitamine C nous pouvons constater que l'extrait de gel (brut) Aloe-vera est celui qui possède l'activité antioxydant la plus élevée car il a l'IC<sub>50</sub> la plus faible (51.071 mg /ml) par a port a d'autre extraits.

### V.13 Activité biologique :

Le pouvoir antifongique et antibactérien des différents extraits de feuille de la plante *d'Aloe vera* a été déterminé. Par l'utilisation de la technique de diffusion sur milieu solide (Nair et Chanda, 2005, Perez et al., 1990). [39-40] C'est une méthode similaire à celle de l'antibiogramme qui consiste à déterminer la sensibilité d'une souche microbienne vis-à-vis d'un ou de plusieurs produits.

Les résultats obtenus dans le Tableau 9 sont montrés une activité antibactérienne variable sur certaines souches bactériennes.

Tableau 9 les valeurs en mm des zones d'inhibitions atteintes avec les différentes souches étudiées.

	Gram	Gel Aloe-vera	Aloe-vera (Sèche) méthanol	Aloe-vera (Fraîche) méthanol	Huile Extraite	antibiotique	
						Gentamycine	nystatine
<b>Escherichia coli ATCC 25922.</b>	-	15	18	16	0	22	/
<b>Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853.</b>	-	0	0	0	0	21	/
<b>Staphylococcus aureus ATCC 25923</b>	+	15	9	8	0	25.5	/
<b>Candida albicans</b>		5	10	9	0	33	15

Le tableau ci-dessous reporte les valeurs en mm des zones d'inhibitions atteintes avec les différentes souches étudiées.

On observe que les différentes souches de bactéries étudiées réagissent différemment aux antibiotiques testés.

Le pouvoir antibactérien est plus ou moins important selon la nature de la souche et le milieu de culture utilisé. Les tests montrent une grande différence dans les résultats.

- a) Selon de notre test de l'antibiotique (annexe 5), les souches bactériennes utilisés sont sensibles à ce antibiotique testés avec des diamètres entre 21 mm et 25.5 mm contre le Gentamycine « GEN » (10µg). Ce qui concerne *C. albicans*, une sensibilité élevée à GEN avec de diamètre de 33 mm et 15.5 contre Nystatine
- b) ***Escherichia coli* ATCC 25922** : pour la souche d'*Escherichia coli* semblent être plus sensibles aux trois extraits (Gel Aloe-vera; Aloe-vera (Sèche) méthanol ; Aloe-vera (Fraiche) méthanol) Les diamètres des zones d'inhibition sont compris entre 15 et 18 mm, en comparons aux l'effet de l'antibiotique Gentamycine avec un diamètre de 22 mm.
- c) ***Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853** : Quant à la souche *Pseudomonas*, elle semble très résistante a toute les extraits (aucun effet pour les extraits). mais plus sensibles aux Gentamycine avec un diamètre des zones d'inhibition de 21 mm
- d) ***Staphylococcus aureus* ATCC 25923** : pour la souche de *Staphylococcus* sensibles aux trois extraits (Gel Aloe-vera; Aloe-vera (Sèche) méthanol ; Aloe-vera (Fraiche) méthanol) avec des diamètres de zones d'inhibition de valeur : 15 ; 9 ; 8 mm successivement en comparons aux l'effet de l'antibiotique Gentamycine avec un diamètre de 25.5 mm.
- e) ***Candida albicans*** : pour la souche de *Candida albicans* peut sensible avec les deux extraits Gel Aloe-vera; Aloe-vera (Fraiche) méthanol avec des diamètres de 5 et 10 mm, sensible avec Aloe-vera (sèche) méthanol avec une zone de 10 mm, mais très sensible aux l'antibiotique Gentamycine (33 mm) et nystatine (15 mm).
- f) **Pour l'extrait de l'huile (Soxhlet) d'Aloe vera il n'a aucun effet anti bactérienne pour toutes les souches.**

L'activité antimicrobienne maximale enregistrée suggère que la substance active réside dans ces extraits avec un effet à large spectre. Le potentiel antibactérien de l'extrait étudié dépend de sa teneur en polyphénols et plus particulièrement en flavonoïdes et tanins. (Dib, M. E. A., et al , 2013).[41]

Ceci confirme que l'efficacité d'un extrait dépend plus de la qualité des principes actifs, qu'il renferme, que leur quantité elle-même (ESSAWI, 2000).[33]

L'efficacité optimale d'un extrait peut ne pas être due à un constituant actif principal, mais à l'action combinées (synergiques) de différent composé majoritaire et minoritaire de cet extrait (ESSAWI, 2000),[33] aussi (CUSHNIE, 2003),[42],affirme que chaque composé agit

différemment sur microorganisme, c'est-à-dire qu'un composé peut avoir une action très importante sur un germe et une action moindre ou nulle sur un autre.

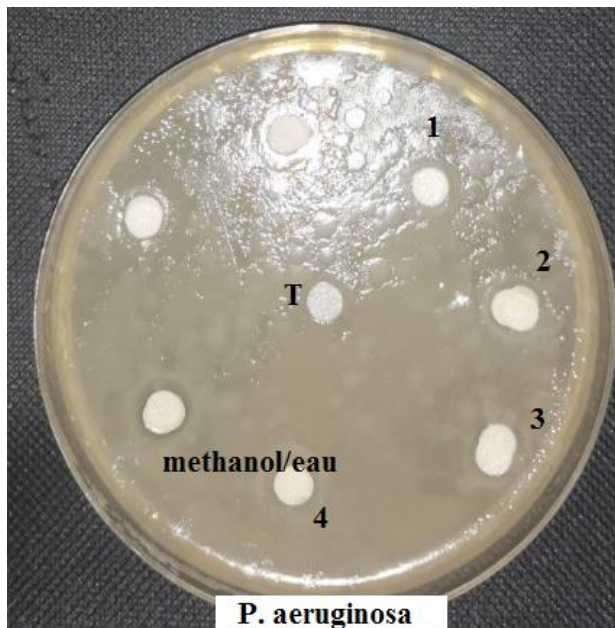


Figure 50 *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853

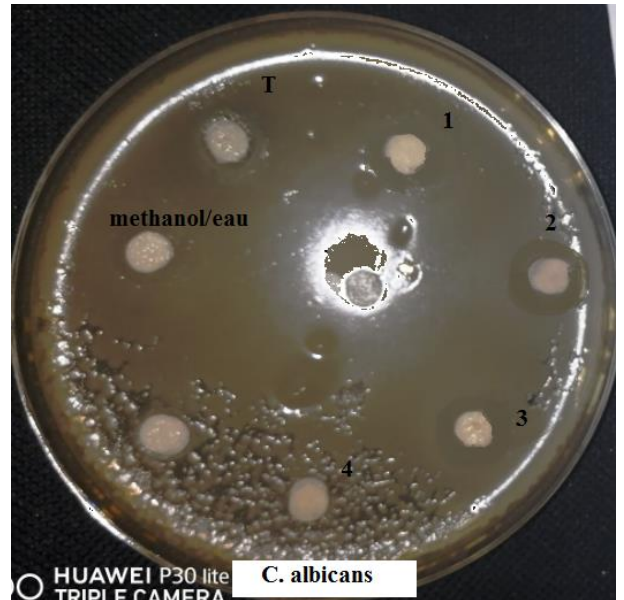


Figure 50 *Candida albicans*

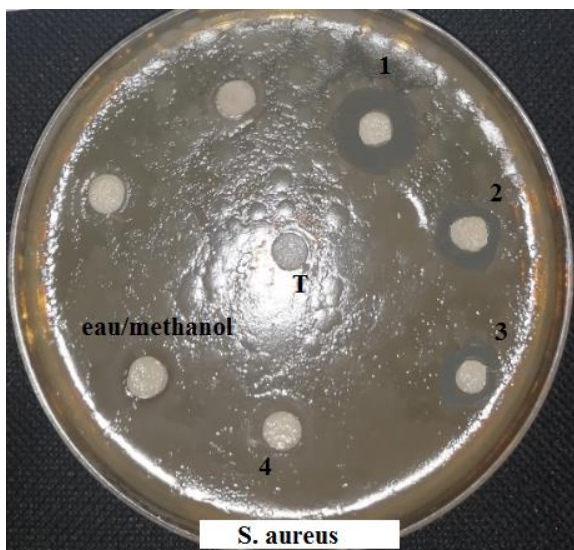


Figure 50 *Staphylococcus aureus* ATCC 25923

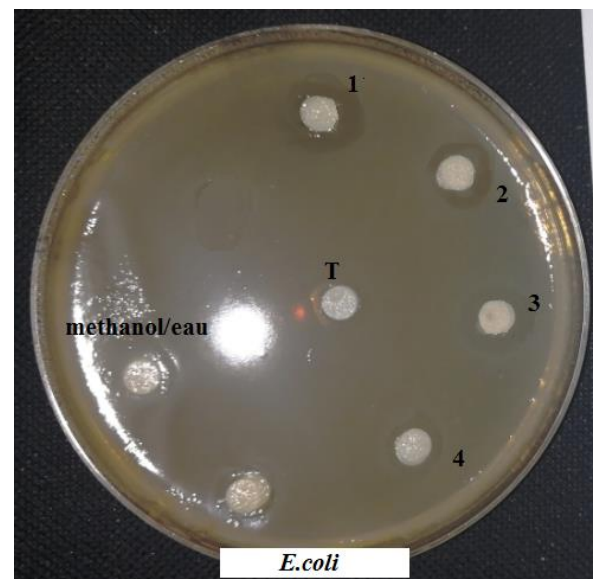


Figure 50 *Escherichia coli* ATCC 25922

# **CONCLUSION**

## **CONCLUSION**

### **CONCLUSION**

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' $AlCl_3$ , 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  $IC_{50}$  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 aeurginosa*) et une levure (*Candida albicans*); notre résultat montre que l'activité variée selon les types des bactéries et le type de l'extrait.

# **REFERENCES**

# **BIBLIOGRAPHIQUE**



## **REFERENCES**

### **REFERENCE**

1. Sofowora, A., 2010. Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique : Karthala, 384p.
2. Alemdar, S.;Agaoglu, S., 2009. Investigation of In vitro Antimicrobial Activity of Aloe vera Juice. J. Anim. Vet. Adv.
3. Jasso, R., Hernández, C., Rodríguez, G., Angulo, S., 2005. Antifungal activity in vitro of Aloe vera pulp and liquid fraction against plant pathogenic fungi: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Mexico.
4. MARC, Schweizer. Aloès la plante qui guérit : APB, 2003, 103p.
5. Linda, Michelin. Histoire et légendes de l'Aloe vera à travers les siècles : de la Bible à nos jours.... Disponible sur : < <https://www.aloemagazine.com/histoire-aloe-vera/>>. (24 avril 2018)
6. Margaux, R., 2015. Le Gel d'Aloe Vera En Usage Topique Et Ses Vertus Cicatrisantes. Thèse De Doctorat : PHARMACIE, Université De Picardie Jules Verne UFR De Pharmacie, Amiens, France, 85p.
7. Michayewicz, N., 2013. L'Aloe Vera, Plante Médicinale Traditionnellement Et Largement Utilisée Depuis Des Millénaires, Aux Nombreuses Propriétés Thérapeutiques. Plante Miracle ?. Thèse De Doctorat : Faculté De Pharmacie, Université De Lorraine, France, 151p.
8. Morin, E., 2008. Aloe vera (L.) Burm.f. : aspects pharmacologiques et cliniques. Thèse De Doctorat : Faculté De Pharmacie, Université de Nantes, France, 224p.
9. Soriano, L., 2016. ALOE VERA. Thèse De Doctorat : Dess De Cosmetologie, Université du Québec à Chicoutimi, 30p.
10. Linda, Michelin. La composition de l'Aloe Vera : que contient la feuille d'aloé vera ?. Disponible sur : < <https://www.aloemagazine.com/composition-aloe-vera/>>. (10 janvier 2021).
11. Ignat, I. Volf, I. Valentin, I. Popa. A Critical Review Of Methods For Characterisation Of Polyphenolic Compounds In Fruits And Vegetables: Food Chemistry, Volume 126, Issue 4, 15 June 2011, Pages 1821-1835.
12. Martin, S. Andriantsitohaina, M. Mécanismes De La Protection Cardiaque Et Vasculaire Des Polyphénols Au Niveau De L'endothélium : Annales de Cardiologie et d'Angéologie, Volume 51, Issue 6, Décembre 2002, Pages 304-315.
13. Macheix, J J. Fleuriet, A. Jay-Allemand, C. Les Composés Phénoliques Des Végétaux : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Sciences Des Aliments, 26(2006), 189-190p.
14. Vladimir-Knežević, S. Blažeković, B. Štefan, M B. Babac,M. Plant Polyphenols as Antioxidants Influencing the Human Health: University of Zagreb, Faculty of Pharmacy and Biochemistry, CROATIA, 2012, 27p.
15. Chebil, L. Humeau, C. Et al. . Enzymatic Acylation Of Flavonoids: Process Biochemistry, Volume 41, Issue 11, November 2006, Pages 2237-2251.

## REFERENCES

16. GOMEZ, G. Les Alcaloïdes. Disponible sur : <https://tice.acmontpellier.fr/ABCDORGA/Famille2/ALCALOIDES.htm>
17. A Remmal, T Bouchikhi, K Rhayour. Improved Method For The Determination Of Antimicrobial Activity Of Essential Oils In Agar Medium: Journal of Essential Oil Research, Volume 5, 1993 - Issue 2.
18. N. Chami, S. Bennis, F. Chami, A. Aboussekhra, A. Remmal. Study of anticandidal activity of carvacrol and eugenol in vitro and in vivo: Oral Microbiology and Immunology, Volume 20, Issue 2, April 2005, Pages 106-111. <https://doi.org/10.1111/j.1399-302X.2004.00202.x>.
19. S. Caillet; M. Millette; M. Turgis; S. Salmieri; M. Lacroix. Influence of Antimicrobial Compounds and Modified Atmosphere Packaging on Radiation Sensitivity of *Listeria monocytogenes* Present in Ready-to-Use Carrots (*Daucus carota*): J Food Prot, (2006), Volume 69, Issue 1: 221–227. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-69.1.221>.
20. JP Chaumont, et al. Activités Antimicrobiennes In Vitro De Cinq Huiles Essentielles De Lamiacées Togolaises Vis-A-Vis De Germes Représentatifs De La Microflore Cutanée : Acta Botanica Gallica, Lettres de botanique, Volume 148, 2001 - Numéro 2.
21. S Inouye, et al. Activité Antibactérienne Des Huiles Essentielles Et De Leurs Constituants Majeurs Contre Les Agents Pathogènes Des Voies Respiratoires Par Contact Gazeux : Journal of Antimicrobial Chemotherapy , Volume 47, Numéro 5, Mai 2001, Pages 565-573, <https://doi.org/10.1093/jac/47.5.565>.
22. HJD Dorman , SG Doyens. Agents Antimicrobiens D'origine Végétale : Activité Antibactérienne Des Huiles Végétales Volatiles : Journal of applied microbiology, 2000 - Wiley Online Library, Volume 88 , Numéro 2, Pages 308-316.
23. Natacha Rombaut. Etude Comparative De Trois Procédés D'extraction D'huile : Aspects Qualitatifs Et Quantitatifs : Application Aux Graines De Lin Et Aux Pépins De Raisin, Thèse de doctorat : Génie des Procédés Industriels et développement durable, 2013, FRANCE.
24. S. Bourguou, et al. Effet Du Solvant Et De La Méthode D'extraction Sur La Teneur En Composés Phénoliques Et Les Potentialités Antioxydantes d'*Euphorbia Helioscopia* : Journal of New Sciences, Agri & BioTech, Volume 28, Article 12.
25. Pacôme SGB, et al. Etude Comparative De Trois Méthodes D'extraction Des Flavonoïdes Totaux A Partir Des Feuilles De Plantes Médicinales : *Azadirachta Indica* Et *Psidium Guajava* : J. Soc. Ouest-Afr. Chim.(2018), 046 : 50 - 58 23ème Année, Décembre 2018, 10p.
26. MA, López-Bascón. MD, Luque-Castro. Chapter 11 - Soxhlet Extraction : Liquid-Phase Extraction, Handbooks in Separation Science, 2020, Pages 327-354.
27. Norme AFNOR, Graine oléagineuses - Détermination de la teneur en huile (Méthode de référence). 659 (1998).
28. C. O'Brien, et al. Caractéristiques Physiques Et Chimiques Du Gel De Feuille D' *Aloe Ferox* : Journal de botanique sud-africain, Volume 77, Numéro 4 , Octobre 2011 , Pages 988-995. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2011.08.004>.
29. Margarita Miranda, et al. Effet De La Température Sur Les Propriétés Structurelles Du Gel D' *Aloe Vera* ( *Aloe Barbadensis* Miller) Et De La Distribution De Weibull Pour La Modélisation Du Processus De Séchage : Transformation des aliments et des bioproduits,

## REFERENCES

- Volume 88, numéros 2–3 , juin–septembre 2010 , pages 138-144.  
<https://doi.org/10.1016/j.fbp.2009.06.001>.
30. PJ Zapata, et al. Caractérisation Des Gels De Différentes Aloe Spp. Comme Traitement Antifongique : Cultures Potentielles Pour Des Applications Industrielles : Cultures et produits industriels, Volume 42 , Mars 2013 , Pages 223-230, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.06.002>.
  31. Quy Diem Do, et al. Effet Du Solvant D'extraction Sur La Teneur Totale En Phénol, La Teneur Totale En Flavonoïdes Et L'activité Antioxydante De *Limnophila Aromatica* : Journal d'analyse des aliments et des drogues, Volume 22, Numéro 3 , Septembre 2014 , Pages 296-302, <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2013.11.001>.
  32. ATTABI, B. et al. Etude Comparative De L'activité Antioxydante De Cinq Plantes Médicinales, l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat : Contrôle de Qualité et Analyse. Université Abderrahmane MIRA de BEJAIA, 2013, 87p.
  33. ESSAWI T, SROUR M (2000). Screening of some Palestinian medicinal plants for antibacterial activity. *J Ethnopharm* 70:343–9.
  34. PONCE A.G; FRITZ .R; DEL VALLE . C; et ROURA .S.I(2013). Antimicrobial activity of oils on the native microflora of organic swiss chard. *Society of food science and technology (Elsevier)*. 36: 679-984, 2003.
  35. N Turkmen, et al. Effect of Extraction Conditions on Measured Total Polyphenol Contents and Antioxidant and Antibacterial Activities of Black Tea: *Molecules* 2007, 12(3), 484-496; <https://doi.org/10.3390/12030484>.
  36. Fatemeh Nejatizadeh-Barandozi. Antibacterial Activities And Antioxidant Capacity Of Aloe Vera: *Org Med Chem Lett* 3, 5 (2013). <https://doi.org/10.1186/2191-2858-3-5>.
  37. 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.
  38. W.Brand-Williams;Cuvelier M.E; Berset C;1995. Use of a free radical method to Evaluate Antioxydant Activity. *lebensm-Wiss uTechnol* 28:25-30.
  39. R Nair, S Chanda. Anticandidal Activity of *Punica granatum*. Exhibited in Different Solvents: *Biologie Pharmaceutique*, Volume 43, 2005 - Numéro 1, Pages 21-25, <https://doi.org/10.1080/13880200590903309>.
  40. Perez, C.; Pauli M.; Bazerque Ps. An Antibio Assay By The Agar Well Diffusion Method: *Acta Biol Med Exp* , 15 113-115, 1990.
  41. Dib, M. E. A., Allali, H., Bendiabdellah, A., Meliani, N., & Tabti, B (2013). Antimicrobial activity and phytochemical screening of *Arbutus unedo* L. *Journal of Saudi Chemical Society*, 17(4), 381-385.
  42. Cushnie TP, Hamilthoh VES, Lamb AJ. *Microbiol. Res.* 2003; 158(4):281-289 Debuigue.G, 1972, Dictionnaire des plantes qui guérissent, Paris, Larousse, 256 p.

## **ANNEXE**

### **ANNEXE**

#### **Annexe 01 :**

##### **L'indice de réfraction :**

###### **a) Réfractomètre**

Un réfractomètre est un appareil de laboratoire ou de terrain pour la mesure d'un indice de réfraction (réfractométrie). L'indice de réfraction est calculé à partir de la loi de Snell tandis que pour les mélanges, l'indice de réfraction peut être calculé à partir de la composition du matériau en utilisant plusieurs règles de mélange telles que la relation de Gladstone – Dale et l'équation de Lorentz – Lorenz.

###### **b) Principe réfractomètre :**

Lorsque la lumière pénètre dans un liquide, elle change de direction; c'est ce qu'on appelle la réfraction. Les réfractomètres mesurent le degré auquel la lumière change de direction, appelé angle de réfraction. Un réfractomètre prend les angles de réfraction et les corrèle aux valeurs d'indice de réfraction (nD) qui ont été établies. En utilisant ces valeurs, vous pouvez déterminer les concentrations de solutions. Par exemple, les solutions ont des indices de réfraction différents en fonction de leur concentration dans l'eau.



**Figure 51 Réfractomètre**

#### **Annexe 02 :**

##### **Spectrophotomètres UV / Visible :**

La spectrophotométrie est une méthode d'analyse qui permet de déterminer l'absorbance d'une substance chimique en solution, c'est-à-dire sa capacité à absorber la lumière qui la traverse. L'absorbance d'une substance chimique dépend de la nature et de la concentration de cette substance ainsi que de la longueur d'onde à laquelle on l'étudie.

###### **a) Principe de la spectrophotométrie :**

Un spectrophotomètre mesure l'absorbance d'une solution à une longueur d'onde donnée. Dans la pratique, l'appareil réalise une mesure de l'intensité de la lumière après son passage au travers d'une cuve contenant la solution à étudier. L'intensité de la lumière monochromatique émise ( $I_0$ ) est



**Figure 52 Spectrophotomètres UV / Visible**

## ***ANNEXE***

connue. À partir de la mesure de l'intensité de la lumière transmise (I), l'appareil donne l'absorbance (A) selon la formule suivante :

$$A = \log (I_0/I)$$

### **Annexe 03 :**

#### **Évaporateur rotatif :**

Le principe d'un évaporateur rotatif est basé sur la distillation sous vide (partiel). La solution est mise en rotation pour augmenter la surface d'évaporation puis la pression est diminuée grâce généralement à une pompe à eau. La basse pression et la vitesse de rotation permet d'abaisser la température d'ébullition du solvant, ce qui accélère considérablement l'évaporation et évite tout risque de dégradation thermique éventuelle du produit.



**Figure 53 Évaporateur rotatif**

## ANNEXE

### Annexe 04 :

Les courbes d'étalonnages :

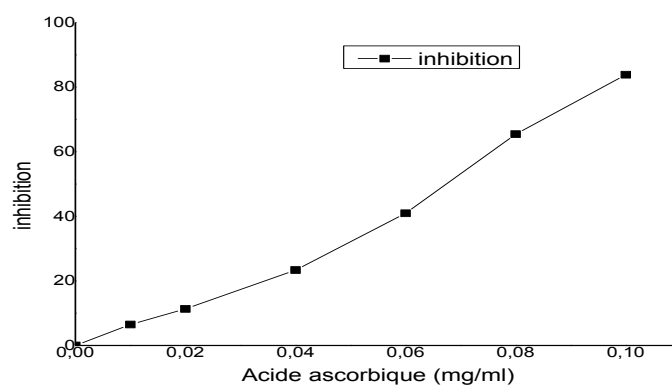


Figure 54 : Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des concentrations de l'acide ascorbique.

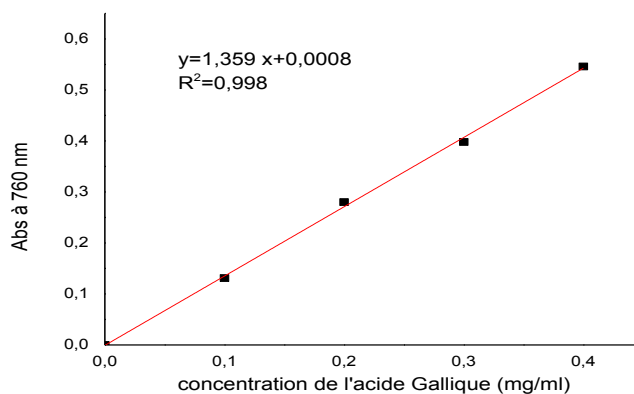


Figure 55 Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des composés phénoliques

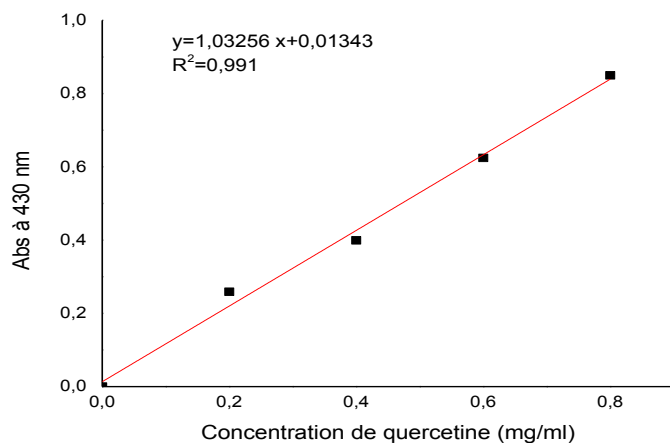


Figure 56 Courbe d'étalonnage de la quercétine pour le dosage des Dosage des flavonoïdes

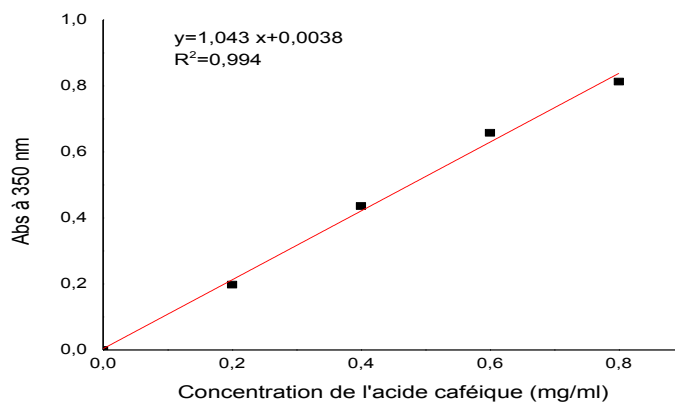


Figure 57 Courbe d'étalonnage de l'acide caféique pour le dosage des Dosage des Ortho-diphénol

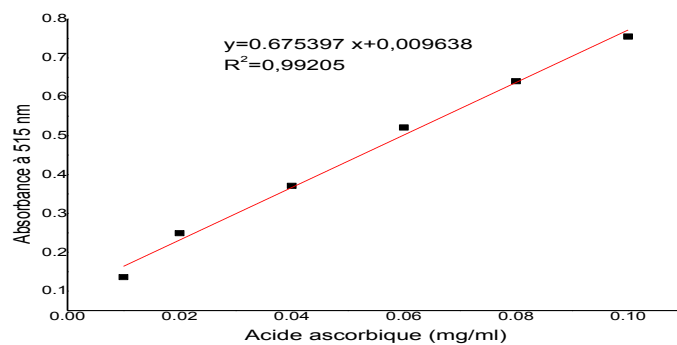


Figure 58 Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique

# ANNEXE

## Annexe 5 :

### Activité biologique

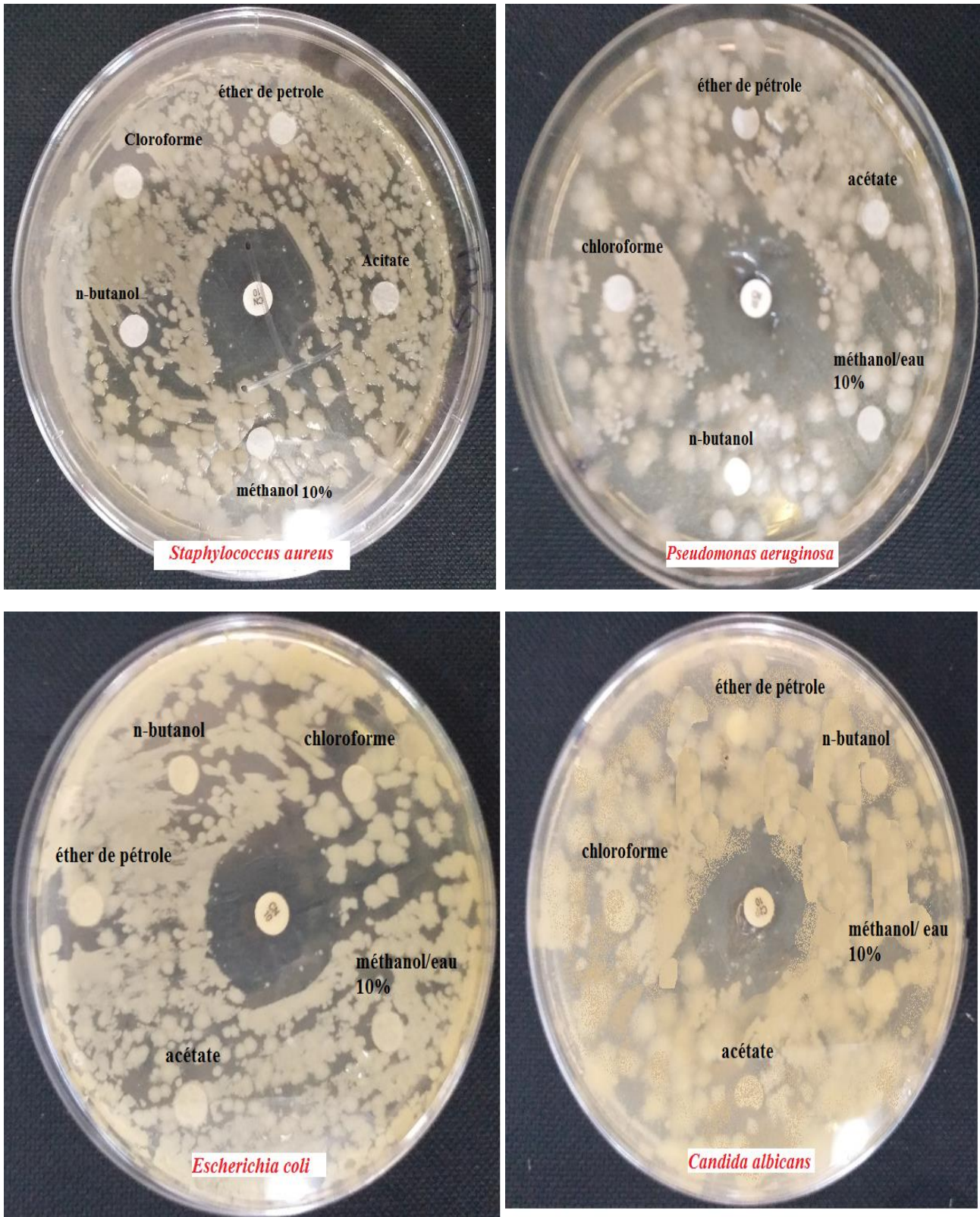
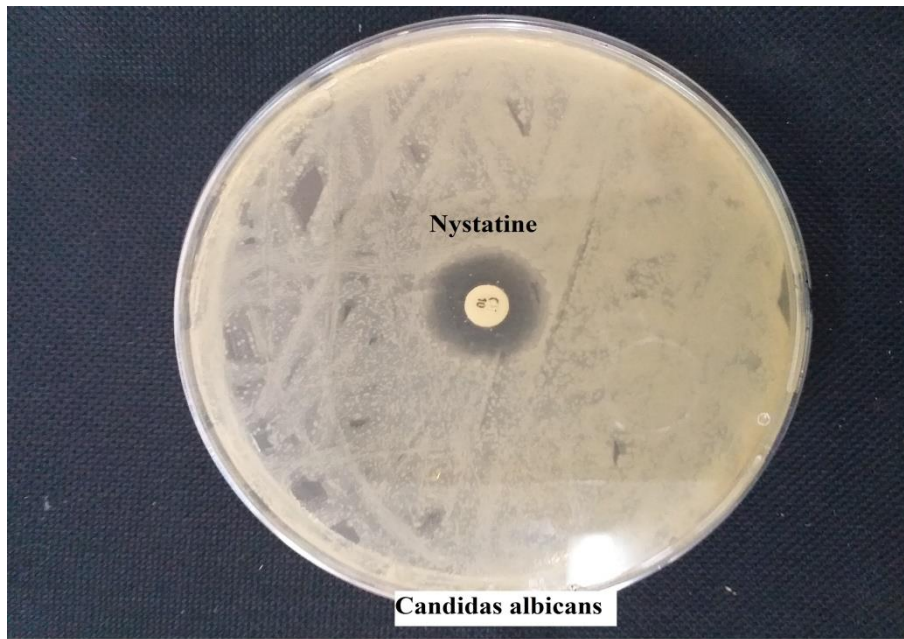


Figure 59 Activité biologique des souches avec les différents solvants





**Figure 60 l'effet de Nystatine sur le Candida albicans**