

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique
جامعة قالمة 08 ماي 1945
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie Et Sciences De La Terre Et De
L'univers
Département De Biologie



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité/Option : Biologie moléculaire et cellulaire

Thème :

Etude de l'activité antibactérienne de deux espèces d'*Aloès* :
l'Aloe barabadensis Miller (*Aloe vera*) et *l'Aloe saponaria* Ait

Présenté par :

- ❖ Khemissi Maroua
- ❖ Boulouh Hanane
- ❖ Hamida Karima

Devant le jury composé de :

Président (e) :	Hami.M	M.C.B	Université de Guelma
Examineur :	Torche.A	M.C.A	Université de Guelma
Encadreur :	Zidi.S	M.C.A	Université de Guelma

Juillet 2021

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction **1**

Première partie : Synthèse bibliographique

Chapitre N°1 : Généralité sur l'Aloès

1. Historique	3
2. Description botanique et classification	4
2.1-Description botanique	4
2.2-Différentes espèces d'Aloès	6
2.2.1-Aloe barbadensis Miller (Aloe vera)	7
2.2.1-Aloe saponaria Ait	8
2.3-Classification	9
3. Culture	10
3.1- Conditions de la culture	10
3.2-Multiplication et plantation	11
3.3-Récolte	11
4. Constituants de la plante	12
4.1. Composition chimique du gel	12
4.2. Composition du suc	14
5. Propriétés de la plante	17
5.1-Propriétés médicinales	17
5.2-Propriétés cosmétiques	17
5.3-Propriétés nutritionnelles	17
6. Effets de la plante	18

6.1-Effet anti-inflammatoire	18
6.2-Effet antioxydant	18
6.3-Effet sur l'hydratation de la peau	18
6.4-Effet antimicrobienne	18

Chapitre N°2 : Bactériologie

1. Morphologie et structure fine des bactéries	20
2. Culture des bactéries	22
3. Conditions environnementales pour la culture	22
4. Pathogénicité de certaines bactéries	23
4.1-Bactérie à Gram positif	23
4.1.1-Espèce <i>Staphylococcus aureus</i>	23
4.2-Bactéries à Gram négatif	24
4.2.1- Espèce <i>Escherichia coli</i>	24
4.2.2- Espèce <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	25
5. Antibiotiques	26
6. Résistance bactérienne aux antibiotiques	28
6.1-Résistance naturelle ou résistance intrinsèque	28
6.2-Résistance acquise	28
6.3-Multirésistance	28

Deuxième Partie : Partie expérimentale

Chapitre N°1 : Matériel et méthodes

1. Matériel	29
1.1-Matériel végétal	29
1.2- Souches bactériennes testées	29
2. Méthodes	30
2.1-Criblage phytochimique	30
2.1.1-Les flavonoïdes	31
2.1.2-Les tanins	31

2.1.3-Les alcaloïdes	31
2.1.4-Les saponosides	32
2.1.5-Les coumarines	32
2.1.6-Les anthraquinones libres	32
2.2-Evaluation de l'activité antibactérienne	33
2.3-Détermination des paramètres antibactériens	34

Chapitre N°2 : Résultats et discussion

1. Criblage phytochimique	37
2. Étude de l'activité antibactérienne	39
2.1- <i>Escherichia coli</i>	39
2.2- <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	41
2.3- <i>Staphylococcus aureus</i>	43
3. Concentration minimale inhibitrice (CMI)	46
Conclusion et perspectives	47

Résumés

Annexe

Références bibliographiques



Remerciements

Avant toute chose, nous remercions **Allah**, le tout puissant de nous avoir donné la force, le courage et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Notre sincère gratitude va à **Madame Hami M**, pour avoir fait l'honneur de présider ce jury.

Nos vifs remerciements vont à **Madame Torche A**, pour avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Nos plus vifs remerciements vont d'abord à notre directrice de mémoire **Madame Zidi S**, qui nous a accordé l'honneur de diriger ce travail, d'orienter et d'aider. Merci à sa disponibilité, sa patience, son soutien moral et ses conseils pertinents qui ont été pour nous un solide repère et réconfort dans tous les moments.

Nos remerciements pour toutes les techniciennes du laboratoire précisément **Madame Hayat** pour son aide continuel au cours de la réalisation pratique de ce travail.

Un Merci spécial pour nos collègues et amis, et à toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin pour la réalisation de ce mémoire.

Merci





2021

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

***A l'homme** de courage et de force, à celui qui a toujours été présent, qui m'a appris les vraies valeurs de la vie à celui qui m'a soutenu en toutes circonstances, mon père « Ahcen » que j'aime.*

***A la femme** la plus courageuse, sensible, généreuse, à celle qui a su me donner amour et joie de vivre, à celle qui a toujours montrée affection et compréhension à mon égard ma mère « Salima » que j'aime.*

***A ma chère sœur** : « Nor elhouda » et **mon cher frère** : « Abdelatif »*

Qui m'ont fourni du courage, du soutien, et tous leurs efforts et moyens pour que je termine mes études.

***A ma chère nièce** : « Rahaf »*

Je te souhaite une vie heureuse pleine de joie et réalise vos aspirations pour l'avenir.

***A mon cher binôme** « Hanane » **toute ma famille** « KHEMISSI » tous mes amis et camarades particulièrement Riheb, Sarra, Aya, Ines. Pour leur présence et leur soutien.*

Trouvez ici toute ma reconnaissance et mon affection.



Maroua



2021

Dédicaces

C'est avec un grand honneur que je dédie ce modeste travail aux deux personnes qui se sont sacrifiées et qui m'ont appris à ne jamais baisser les bras....

***A mes très chers parents**, de votre affection et de tous les efforts que vous avez déployés durant toute ma vie j'espère que ce travail soit l'expression de ma pleine gratitude et de mon profond respect, que dieu les protège et les garde pour nous.*

Je dédie ce travail également :

***A mes chères frères et sœurs (Salah, Yahya, Iness, Iman)** qui m'ont fourni du courage, du soutien, et tous leurs efforts et moyens pour que je termine mes études.*

***A ma très chère sœur (Bouchra)** ce qui été à mes côtés pendant toutes les étapes de ce travail, je t'en suis très reconnaissant. Je te dédie ce travail en témoignage de ma profonde affection. Puisse dieu vous protéger.*

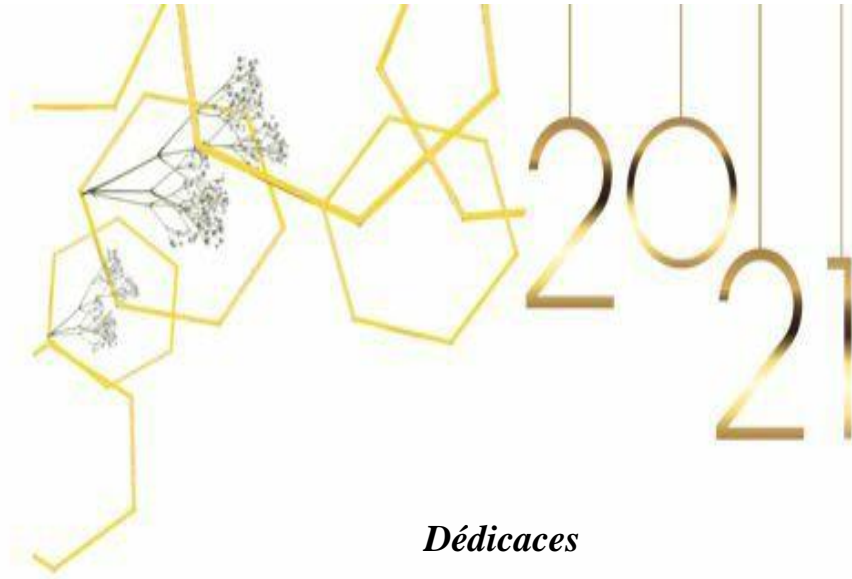
***A mes neveux (Ayoub, Mouhamed)** Je leur souhaite une vie heureuse et réalise leurs aspirations pour l'avenir.*

***A mon Fiancé (Samir)** Qui chaque jour, par sa compréhension, sa sollicitude et ses critiques a soutenu mes efforts et fait avancer cette étude. Ce travail existe grâce à ses encouragements.*

***A mon cher binôme (Maroua)** ainsi que toute sa famille A toute ma famille et mes amis « es » pour leur présence et leur soutien de tous. Trouvez ici toute ma reconnaissance et mon affection.*



Hanane



Dédicaces

Je dédie ce mémoire

A mes chers parents ma mère et mon père pour leur patience,

Leur amour, leur soutien et leur encouragement.

*A mon mari **Badis***

*A ma sœur **Halima** et mes frères et la femme de mon frère.*

*A mes collègues **Maroua** et **Hanane**.*

Et enfin ceux qui sont présents dans mon Cœur



Karima

Liste d'abréviations

AINS: Anti inflammatoire non stéroïdiens

APG: Angiosperm Phylogeny Group

BHI: Brain Heart infusion

CBA: Columbia Blood Agar

CMI: Concentration Minimale Inhibitrice

Ex: Extrait brut

Exm: Extrait méthanolique

FeCl₃ : Chlorure de ferrique

HCl : Acide chlorhydrique

HgCl₂ : Chlorure de mercure

I₂ : Diode

K: Potassium

KDa: kilo Dalton

Ki: Iodure de potassium

MSA: Mannitol-Salt-Agar

NH₄ OH : Ammoniaque

ORL: Oto-Rhino-Laryngologie

Sa : Acide salicylique

SAR: Systemic Acquired Résistance

TSA: Tryptic Soy Agar

Liste des tableaux

Tableau 01: Les deux principales classifications botaniques de l' <i>Aloe vera</i>	9
Tableau 02: Les deux principales classifications botaniques de l' <i>Aloe saponaria Ait</i>	10
Tableau 03: La composition chimique de l' <i>Aloès</i>	15
Tableau 04: Les références des souches bactériennes testées	29
Tableau 06: Les différents antibiotiques utilisés pour chaque souche testée	33
Tableau 07: Le criblage phytochimique de l'extrait brut et méthanolique de l' <i>Aloe barbadensis Miller et de l'Aloe saponaria Ait.</i>	37 39
Tableau 08: Les diamètres d'inhibitions des extraits et des antibiotiques testés sur <i>E. coli</i>	
Tableau 09: Les diamètres d'inhibitions des extraits et des antibiotiques testés sur <i>P.aeruginosa</i>	41
Tableau 10: diamètres d'inhibitions des extraits testés et des antibiotiques chez <i>S.aureus</i>	44

Liste des figures

Figure 01: Coupe transversale d'une Feuille d'Aloès	5
Figure 02: Structure des hampes florales des Aloès	6
Figure 03: <i>Aloe barbadensis</i> Miller (<i>Aloe vera</i>)	8
Figure 04: <i>Aloe Saponaria</i> Ait	8
Figure 05: Composition chimique du gel d'Aloès (sous forme d'extrait sec)	14
Figure 06: Structures chimiques respectives de l'aloïne a et b, d'Aloe- emodine et Aloe-emodine-9-anthrone, principaux constituants du suc d' <i>Aloe vera</i>	15
Figure 07: Morphologie bactérienne	21
Figure 08: Structure et organisation d'une cellule bactérienne	22
Figure 09: Cibles de l'action des antibiotiques	27
Figure 10: Photo représentative des étapes de préparation de l'extrait brut	30
Figure 11: Effet des extraits des plantes étudiées sur <i>E. coli</i>	40
Figure 12: Antibiogramme de la souche <i>E. coli</i>	40
Figure 13: Effet des extraits des plantes étudiées sur <i>P.aeruginosa</i>	42
Figure 14: Antibiogramme de la souche <i>P.aeruginosa</i>	42
Figure 15: Effet des extraits des plantes étudiées sur la souche <i>S.aureus</i>	45
Figure 16: Antibiogramme de la souche <i>S.aureus</i>	45



Introduction

Introduction

Introduction

Les plantes médicinales sont reconnues pour offrir, par leur administration, un effet bienfaisant et thérapeutique sur l'organisme. Malgré cet effet, elles doivent cependant, être utilisées avec la plus grande prudence car elles peuvent avoir un risque de toxicité (**Fouché et al, 2000**). À travers les siècles, les traditions humaines ont su développer leur connaissance et leur utilisation dans l'objectif d'améliorer la santé des humains (**Boumediou et Addoun, 2017**).

Parmi toutes les plantes médicinales utilisées, l'*Aloès* est l'une des plus anciennes. Cependant au cours des siècles, les différentes espèces d'*Aloès* traditionnellement utilisées en médecine depuis l'Égypte antique, sont peu à peu tombées dans l'oubli. On assiste malgré tout, ces dernières années à un regain d'intérêt pour ces plantes qui peuvent aussi bien être utilisées en application locale (par exemple en cas d'affection cutanées) que par voie orale (par exemple pour renforcer le système immunitaire en cas d'infection mycosique, bactérienne ou virale) (**Helle, 2006**).

Souvent appelée «plante miracle» ou «guérisseuse de la nature», l'*Aloès* est une plante aux nombreuses surprises ; elle renferme différents contenus nutritionnels tels que les vitamines, les minéraux, les enzymes, sucres, composés de phénol, lignine, saponine, stérol ainsi que des acides aminés. En plus d'être utilisée dans les produits pharmaceutiques, elle est également utilisée dans les produits cosmétiques et alimentaires (**Mehta, 2017**). En gel, en jus ou encore en infusion, cette jolie plante verte a envahi les rayons des grands magasins et revendique des actions hydratantes, anti-inflammatoires ou encore laxatives. Allant du simple apaisant à l'action anticancéreuse, on lui attribue jusqu'à quarante utilisations (**Sharma, 2019**).

Depuis leur apparition, les antibiotiques sont restés le moyen privilégié de lutte contre les infections bactériennes (**Livermore, 1995**). Cependant, du fait de leur utilisation anarchique, inadéquate et abusive en santé humaine et vétérinaire (**Savard, 2003**), on assiste aujourd'hui à l'émergence de bactéries multi-résistantes. La progression de la multi-résistance et l'absence de réelles perspectives de découverte de nouveaux antibiotiques dans les années à venir, nous a conduit à étudier l'efficacité des plantes à vertus thérapeutiques afin d'en isoler les principes actifs. Nous avons donc choisi de tester l'activité antibactérienne de différents extraits de deux espèces d'*Aloès* : l'*Aloe Barabadsensis* Miller = *Aloe vera* et l'*Aloe Saponaria* Ait sur les souches suivantes : *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*. Cette étude a été précédée par une recherche des différents composants d'*Aloès* par des tests phytochimiques et l'activité antibactérienne. Ce manuscrit est structuré en trois parties :

Introduction

La première est une synthèse bibliographique qui est divisée en deux chapitres :

- Le premier chapitre traite des généralités sur l'*Aloès*
- Le deuxième chapitre est porté sur le monde microbien

La deuxième partie est expérimentale. Elle est subdivisée en plusieurs parties : matériel et méthodes, résultats et discussion et enfin conclusion et perspectives.

Première partie

Synthèse bibliographique

Chapitre N° 1
Généralité sur l'Aloès

1. Historique

L'Aloès ressemble étonnamment aux cactacées. Elle faisait partie de la famille des Liliacées tout comme l'ail et l'oignon. Les premières traces de l'utilisation de l'Aloès ont été retrouvées en Mésopotamie sur des tablettes d'argiles datant de 2100 avant J-C. Pas moins de douze papyrus ont par la suite été retrouvés mentionnant son usage. Elle est présente dans de nombreux mythes et légendes faisant même référence à son utilisation par les reines Cléopâtre et Néfertiti. Mais la réputation de l'Aloès ne se cantonne pas à l'Égypte puisque la plante était utilisée dans de nombreuses médecines traditionnelles notamment arabe, chinoise, grecque ou romaine. Quelques physiciens considérés comme les pères de la médecine moderne (Pline l'Ancien et Galien) l'utilisaient déjà dans leurs recettes thérapeutiques (**Atherton, 1998**).

L'Aloès, est d'usage universel. Elle a été connue dans plusieurs civilisations :

Civilisation Chinoise : où le Pen T'Sao, l'un des premiers ouvrages sur les plantes médicinales, qui date du 3^{ème} millénaire avant J.C. (environ 4700 ans), et surtout l'illustre Li Che Tchen, qui a révisé ce traité au 6^{ème} siècle, classe l'Aloès parmi les plantes aux vertus thérapeutiques majeures sous l'appellation de « Remède d'harmonie et la considère comme la plante spécifique du traitement des brûlures et des affections de la peau » (**Donadieu, 2006**).

Civilisation Égyptienne : l'Aloès présente un symbole de « l'immortalité » et « l'éllixir de jouvence » au temps de la Haute-Égypte. Les égyptiens l'utilisaient régulièrement pour des soins de peau concernant tout à la fois la beauté et la santé et également pour soulager et soigner le système digestif (**Schweizer, 2012**).

Civilisation Gréco-romaine : le médecin grec et botaniste de l'Antiquité Pédianos Dioscoride décrit les propriétés de la plante dans son traité « De Materia Medica » : ouvrage écrit vers 60 après J-C, source principale de connaissance en matière de plantes médicinales durant l'Antiquité jusqu'au 15^{ème} siècle, qui décrit plus de 600 plantes et presque 1000 remèdes. La plante était utilisée pour la cicatrisation ; le traitement des furoncles, les irritations de la sphère ORL, les peaux sèches et irritées, les ulcères génitaux, les ecchymoses et pour l'arrêt des saignements. A la fin du 2^{ème} siècle après J-C, L'Aloès a pris une place importante dans la médecine romaine et était utilisée par les médecins tels qu'Antyllus, Aretaces, et Galien (médecin de l'Empereur Romain Marc Aurèle) comme laxatif, coagulant du sang, pour soigner les contusions, et les blessures oculaires, pour arrêter la chute des cheveux, et aussi pour embellir la peau (**Schweizer, 2012**).

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" (Schweizer , 2012).

Civilisation Arabe : en médecine arabe, le gel frais est frotté sur le front comme un remède contre les maux de tête ou frotté sur le corps pour le refroidir en cas de fièvre. Il est aussi utilisé pour la cicatrisation des plaies, contre la conjonctivite et comme désinfectant. Les Arabes introduisaient l'*Aloès* en Andalousie pendant leurs conquêtes en Europe. Le nom musulman pour l'*Aloès* est le sabre et ceci signifie patience, terme qui fait référence à la période entre enterrement et résurrection (Helle, 2006).

Civilisations 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* est toujours présent de nos jours par transmission orale et tire ses racines de temps extrêmement lointains (Donadieu, 2006).

Civilisation Européenne : où 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 siècle dernier, époque où l'on commence enfin à parler de quelques autres de ses vertus, alors que, dans le même temps, il continue d'être abondamment utilisé dans tous les pays où il pousse à l'état naturel (Donadieu, 2006).

2. Description botanique et classification

2.1-Description botanique

Les *Aloès*, possèdent un tronc ligneux surmonté par un bouquet de feuilles triangulaires charnues (30 à 59 cm de long sur 6 à 7 cm de large), à cuticule épaisse pointue aux extrémités et à bords épineux (de petites épines jaune pâle sont souvent présentes sur le pourtour des feuilles). La hampe florale est de grande taille. Elle porte une grappe de fleurs jaunes pendantes. Le fruit est une capsule loculicide (Louis, 2004). Leurs racines sont peu profondes. Leur gel, une matière visqueuse vert pale, est prélevé au centre de leurs feuilles, tandis que leur latex est extrait des petits canaux, présents dans leur tige (Cardenas, 2017). Ce sont des plantes qui se multiplient et se reproduisent soit par voie sexuée (graines, les oiseaux et les insectes favorisant la pollinisation naturelle) ou par voie asexuée (les rejets-stolons qui poussent autour de leurs pieds (Wichti et Anton, 2004 ; Canevaro, 2005).

Sur le plan Anatomique, sous l'épiderme des feuilles d'Aloès, on trouve un parenchyme palissadique chlorophyllien, puis une double rangée de cellules péricycliques, et enfin un autre parenchyme cellulosique mucilagineux. Dans les cellules péricycliques se trouve le suc qui contient des dérivés anthracéniques comme l'aloïne et dont l'emploi comme laxatif est traditionnel depuis toujours. Par contre, dans le parenchyme cellulosique existe un mucilage qui fournit un gel dont l'utilisation, surtout en dermatologie, est devenue très répandue ces dernières années (Louis, 2004).

Le plus simple pour se rendre compte de la complexité et de la richesse de la feuille, est de la couper dans son épaisseur. De l'extérieur vers l'intérieur, on découvre alors 3 couches successives (Figure 01) :

1. **La cuticule** : qui représente en quelque sorte la « peau » extérieure de la feuille, c'est l'équivalent de l'écorce d'un arbre.
2. **La sève** : qui circule juste sous la cuticule.
3. **La pulpe** : assez épaisse qui se trouve au cœur de la feuille, sous une légère couche cellulosique qui la sépare de la sève. C'est cette pulpe, qui fait songer à une sorte de gel incolore, qui contient les principes actifs de la plante (Michelin, 2012).

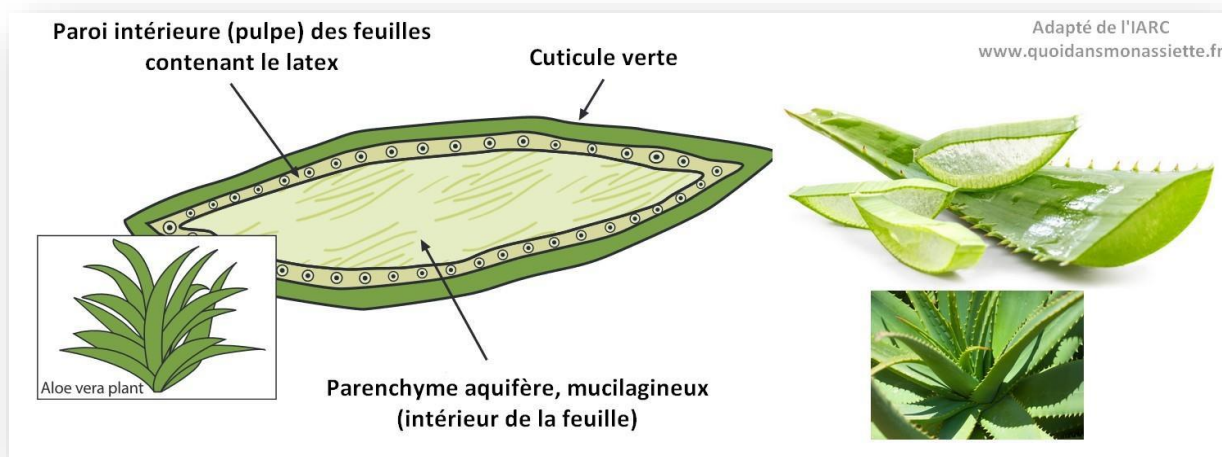


Figure 01: Coupe Transversale d'une Feuille d'Aloès (Eshun, 2004).

L'inflorescence des *Aloès* est une grappe dressée qui peut atteindre un mètre de long et comporte de nombreuses fleurs entourées de bractées jaune-rougeâtres. Le périanthe charnu, d'un jaune orangé, comporte six pièces de 2,5 cm de long, soudées en tube à la base. Il y a six étamines un peu plus longues que le périanthe, entourant l'ovaire libre à trois loges qui donne une capsule loculicide (se dit de l'ouverture d'une capsule par la rupture longitudinale de la nervure médiane des carpelles), renfermant de nombreuses graines à albumen charnu. Les graines, d'environ 7 mm, sont brunes foncées et ailées (**Figure 02**) (**Perrot et al, 1971**).

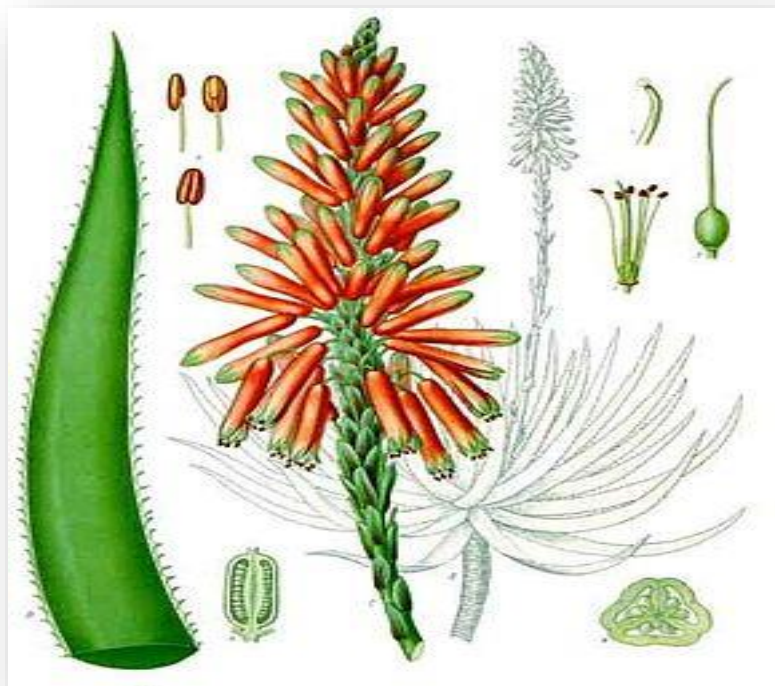


Figure 02: Structure des hampes florales des *Aloès* (**Koubladji, 2019**).

2.2-Différentes espèces d'Aloès

Les botanistes ont recensé plus de 300 espèces réparties dans les régions tropicales et subtropicales de notre planète. Parmi des centaines d'espèces d'*Aloès* décrites, toutes n'ont pas d'intérêt pharmaceutique, seules quelques-unes sont utilisées dans la médecine traditionnelle reconnues pour leurs vertus médicinales. En effet, sept d'entre elles semblent être utilisées aussi bien par l'industrie du monde occidental que dans les pharmacopées locales d'Afrique, d'Amérique du sud et d'Asie. Ces espèces aux mille vertus sont les suivantes : *Aloe afriacana* Miller, *Aloe arborescens* Miller, *Aloe barbadensis* Miller = *Aloe*

vera, *Aloe ferrox* Miller, *Aloe saponaria* Ait, *Aloe succotrina* et *Aloe perriybaker* (Pharmacopée, 2005).

Les deux espèces les plus répandues en Algérie sont l'*Aloe barbadensis* Miller, plus communément appelée *Aloe Vera* et l'*Aloe Saponaria* Ait (Feily et Namazi, 2009).

2.2.1-Aloe barbadensis Miller (Aloe vera)

Cette espèce est la plus répandue aujourd'hui dans le monde. L'*Aloe barbadensis* Miller ou (*Aloe vera*) est l'Aloès qui offre le maximum de vertus pour l'homme. Elle renferme plus de 200 substances pharmaceutiques, scientifiquement prouvées, d'où l'action synergique de ses différents composants qui confère à la plante ses qualités médicinales et son efficacité pour la beauté (Joachim et al, 2008). Elle a pour nom scientifique *Aloe vera* (L) Burm et elle présente de nombreuses autres appellations : *Aloe vulgaris* lam, *Aloe perfoliatavea* L et *Aloe rubescens* D.C.

Originnaire du désert Nord-Africain, cette plante est aujourd'hui cultivée dans les pays chauds et secs du monde entier, partout où il règne un climat subtropical ou désertique, au Proche, Moyen et Extrême-Orient, au Sud de l'Amérique du Nord et en Amérique Latine (Joachim et al, 2008).

A l'état naturel, elle pousse sur des terrains sablonneux et calcaires. La plante, arborescente de 60 à 80cm de hauteur (1.80cm avec les hampes florales) aux racines courtes et peu profondes, est dépourvue de tronc. Il s'agit d'une plante xérophytique, à rosette de feuilles charnues, lisses, épaisses, de couleur verte voire bleue pour certaines variétés. Ces feuilles peuvent atteindre 80cm de long et 10cm de large avec des bords dentelés épais munis d'épines jaune clair (Figure 03) (Bruneton, 1999).

Les fleurs, réparties sur deux ou trois hampes (chacune en portant plusieurs dizaines), sont pendantes et tubuleuses en forme de petites trompettes de couleur jaune orangé. Elles sont disposées en racèmes compacts, rétrécis vers le haut. La hampe florale peut présenter de 3 à 5 ramifications et atteindre 1m de haut (Schweizer, 2001).



Figure 03: *Aloe barbadensis* Miller (*Aloe vera*) (Photo personnelle).

2.2.2-*Aloe saponaria* Ait

L'*Aloe saponaria* Ait (**Figure 04**) pousse principalement en Afrique du sud, au Botswana et au Zimbabwe dans des zones rocheuses de préférence. Cet Aloès mesure 60 à 80 cm et possède une rosette de feuilles à la base de couleur vert foncé. Chaque feuille, mesurant une trentaine centimètres, présente des taches blanches et de nombreuses épines brun foncé. Au centre de la rosette se développe la hampe florale portant des fleurs tubulaires voyantes de couleur jaune, orange, rose ou rouge (**Christman, 2005**).



Figure 04: *Aloe saponaria* Ait (Photo personnelle).

2.3-Classification

Dans la classification de *Cronquist*, parmi les 15 familles que composent l'ordre des Liliales, on distingue notamment les Liliacées et les Aloécacées. Autrefois, l'*Aloès* était classée dans la famille des Liliacées, mais l'espèce a aujourd'hui sa propre famille : les Aloécacées.

Dans la classification d'APG III, la famille des Aloécacées n'existe pas et les *Aloès* sont regroupés dans la famille des Xanthorrhoeacées. Autrefois, on classait l'*Aloe vera* dans la famille des Asphodelacées (**Les tableaux 01 et 02**) (**Chase et Reveal 2009**).

Tableau 01: Les deux principales classifications botaniques de l'*Aloe vera* (**Chase et Reveal 2009**).

<i>Aloe vera</i>	
Classification Cronquist	Classification APG III
-Règne : <i>Plantae</i>	-Clade : Angiospermes
-Division : Magnoliophyta	-Clade : Monocotylédones
-Classe : Liliopsida	-Ordre : Asparagales
-Sous classe : <i>Liliidae</i>	-Famille : Xanthorrhoeaceae
-Ordre : Liliales	-Sous famille : <i>Asphodeloideae</i>
-Famille : Aloeaceae	-Genre : <i>Aloe</i>
-Genre : <i>Aloe</i>	-Espèce : <i>Aloe vera</i>
-Espèce : <i>Aloe vera</i>	

Tableau 02: Les deux principales classifications botaniques de l'*Aloe saponaria* Ait (Chase et Reveal 2009).

<i>Aloe saponaria</i> Ait	
Classification Cronquist	Classification APG III
-Règne : Plantae	-Clade : Angiospermes
-Sous-règne : Tracheobionta	-Clade : Monocotylédones
-Division : Magnoliophyta	-Ordre : Asparagales
-Classe : Liliopsida	-Famille : Xanthorrhoeaceae
-Sous-classe : Liliidae	-Sous-famille : Asphodeloideae
-Ordre : Liliales	-Genre : <i>Aloe</i>
-Famille : Aloeaceae	-Espèce : <i>Aloe saponaria</i>
-Genre : <i>Aloe</i>	
-Espèce : <i>Aloe saponaria</i>	

3. Culture

3.1-Conditions de culture

a. Sol

L'Aloès est cultivé avec succès dans des sols marginaux à sous-marins ayant une faible fertilité. La plante a tendance à tolérer un pH élevé avec des sels Na et K élevés. Cependant, on constate que sa croissance était plus rapide dans des sols de fertilité moyenne, comme les sols de coton noir de l'Inde centrale, bien que le sol purgé bien drainé à des sols limoneux de sable grossier avec une fertilité modérée et un pH jusqu'à 8,5 soient préférés pour leur culture commerciale (Grindlay et Reynolds, 1986).

b. L'ensembillement

L'ensembillement, bien que nécessaire pour la croissance de la plante, ne doit pas être excessif. En effet, une surexposition donnerait des plantes chétives avec une faible teneur en gel. L'ombre est donc importante pour un bon développement et il est ainsi recommandé de planter l'Aloès entre d'autres cultures comme des arbres fruitiers par exemple et même s'il peut survivre à une température de -3°C avec peu de dégâts, cette technique permet de lutter contre les fortes gelées parfois dévastatrices (Grindlay et Reynolds, 1986).

c. L'eau

Retenant une grande quantité d'eau dans ses feuilles, l'*Aloès* est très résistant à la chaleur. Une irrigation soignée est toutefois nécessaire si le temps est chaud et sec afin d'assurer sa croissance. Un excès d'eau est néfaste pour la plante qui se mettrait à pourrir, il est donc indispensable de réaliser un drainage efficace afin de prévenir le pourrissement des racines. L'eau trop froide pouvant être nocive pour cette plante, une eau à température ambiante est recommandée. Dans tous les cas, l'irrigation doit être modérée, et arrêtée durant la période hivernale. L'*Aloès* s'accommode aux faibles précipitations (inférieures à 500 millimètres par an) comme aux fortes (500 à 2000 millimètres par an) (**Grindlay et Reynolds, 1986**).

d. Les températures

Cette plante des climats chauds semi-tropicaux supportant de grands écarts de températures saisonniers et journaliers (**Burte, 1992**). Elle est considérée comme la plante la plus résistante au monde. Tant que le sol n'est pas gelé, ses racines peuvent survivre sous un air glacial. Les feuilles commencent à être atteintes lorsque les températures sont inférieures à 5°C. En revanche, l'*Aloès* se développe à des températures de 40°C et même bien au-delà ; elle supporte les sécheresses les plus extrêmes (**Hennessee et Cook, 1989**).

3.2-Multiplication et plantation

Pour la culture d'*Aloès*, on préfère généralement la multiplication végétative plutôt que les graines, en raison de la levée médiocre des semis et de la croissance initiale plus rapide des rejets (pousses). Un déficit hydrique peut entraîner une diminution de la formation de rejets. Les rejets peuvent être coupés sur la plante-mère lorsqu'ils ont 15–20 cm de long. On peut les cultiver en pépinière durant la première année. La micro-propagation par culture *in vitro* de méristèmes végétatifs ainsi que la régénération *in vitro* d'explants de base des feuilles sont possibles (**Prota, 2008**).

3.3-Récolte

Les plantes d'*Aloès* mettent environ 3 ans à atteindre une taille récoltable, et restent productifs entre 3 à 4 ans après maturité. Ils peuvent produire une cinquantaine de feuilles durant toute leur vie. Après la récolte des feuilles, il faut distinguer l'extraction du suc de celle du gel, qui donne lieu à la réalisation de produits aux usages complètement différents (**Schmelzer et Gurib, 2008**).

4. Constituants de la plante

L'Aloès est composé de 99% d'eau, tous les produits chimiques sont répartis dans la plante dans le pourcent restant. Bien que ceci semble être un faible pourcentage pour contenir tant d'ingrédients, leurs vertus sont prouvées (**Bhattacharya et al, 2011**). L'Aloès Contient plus de 100 substances bioactives. Sans conteste, cette plante est un véritable et réel trésor de la nature. La multitude de ses composants et leur combinaison sous la forme d'un cocktail de principes actifs en fait un produit unique en son genre (**Sanghi, 2015**).

4.1-Composition chimique du gel d'Aloès

Le gel d'Aloès (le tissu de parenchyme ou la pulpe) est sans couleur, composé d'un mucilage clair se trouvant au cœur des grosses feuilles. Il a des propriétés fortement émoullientes et constitue une substance largement utilisée en cosmétologie et en dermatologie. Il est constitué de (**Figure 05**) :

➤ Composition en glucides

Une analyse globale d'hydrate de carbone a prouvé que le gel d'Aloès contient à la fois des monosaccharides, tels que le glucose et le fructose et des polysaccharides, dont les principaux sont: les pectines, les hemicelluloses, le glucomannan, l'acemannan et le mannose, en plus, des polysaccharides présentes par des petites quantités comme le cas de l'aloeride, le polyuronide et l'aloeferon (**Femenia et al, 1999 ; Choi et Chung, 2003 ; Ni et Tizard, 2004**).

➤ Les glycoprotéines

La fraction de glycoprotéine d'Aloès a un poids moléculaire de 29 KDa, elle est composée de deux sous-unités où chaque fraction active est composée de 82% protéine et 11% d'hydrate de carbone. Ce composé favorise la multiplication des cellules (fibroblastes, kératinocytes) avec augmentation de la vitesse de la cicatrisation de la peau (**Moreira et Filho, 2008**).

➤ Les polypeptides

Chez l'Aloès, 12 polypeptides ont été déterminés par électrophorèse avec des poids moléculaires variés entre 46-78 kDa. Le gel a rapporté 2,9% de protéines (**Talmadge et al, 2004**).

➤ **Stérols et stéroïdes**

Les stérols comme le cholestérol, lupeol, béta-sitostérol sont des agents anti-inflammatoires importants. Ces substances ont des vertus antiseptiques, analgésiques et aussi des vertus antidouleur similaires à l'aspirine (**Wittiam et Hopkins, 2003**).

➤ **Lipides**

L'extrait entier d'*Aloe vera* a rapporté 0,7% de lipides non polaires, dont les composants principaux étaient le stigmastérol et son stéarate, avec peu de quantités de l'oléate méthylique, le tri oléine et l'acide oléique. Les lipides polaires (0,9%) contiennent principalement l'acide phosphatidique, avec certains diglycérides, la phosphatidylcholine et la phosphatidyl-éthanol amine (**Esua et Rauwald, 2006**).

➤ **L'acide salicylique**

L'acide salicylique (SA) (précurseur de l'aspirine) est synthétisé dans la plante en réponse à l'attaque de divers pathogènes et constitue un élément clef pour l'établissement de la résistance locale et la SAR (systemicac qui redresistance). Il est impliqué dans plusieurs réponses aux stress biotiques (infection par les pathogènes) et abiotiques (excès de radiation UV, des niveaux d'ozone accrus) (**Loake et Grant, 2007**).

➤ **Autre substances**

En plus de ces composés, l'*Aloe vera* contient des vitamines comme la vitamine A, B, B12, C, E, β -carotène, choline et acide folique (**Yagi et al, 1997**). Les enzymes dont les principaux sont: les Peroxydases, Aliinases, Catalases, Lipases, Cellulases, Amylases et Phosphatases Alcalines. Cette plante contient également des acides aminés, de la Lignine, des Saponines, de la Gibbérelline, de l'Auxine, des Tanins et des sels minéraux comme le calcium, le magnésium, le potassium, le sodium, l'aluminium, le fer et le zinc (**Wittiam et Hopkins, 2003**).

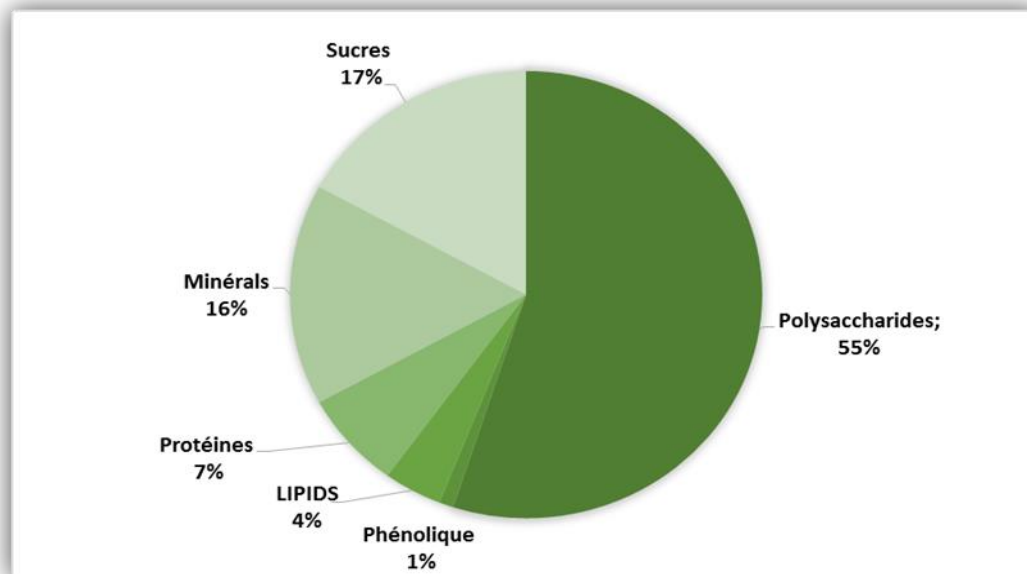


Figure 05: composition chimique du gel d'Aloès (sous forme d'extrait sec)
(Doradieu, 1997).

4.2-Composition du suc

La sève jaune et amère renferme 15 à 40% de dérivés anthracéniques également appelés anthraquinones ou anthronoïdes, ce sont des analgésiques naturels ayant des propriétés antibactériennes et antivirales. Ces composés organiques de couleur jaune donnent au jus d'aloès son goût amer et désagréable, et aussi une capacité de stimuler l'activité intestinale et produire un effet laxatif. Le suc renferme également :

➤ **Aloïne**

Le plus important des anthraquinones ; elle favorise la sécrétion des électrolytes et de l'eau dans l'intestin médian en augmentant la pression interne, ce qui stimule le péristaltisme. Il s'agit des aloïnes A et B connus sous le nom de la barbaloïne (Arosio et al, 2000).

➤ **Aloe-émodyne**

Stimulant irritant du tube digestif, qui est également antifongique, antibactérien, hépato protecteur, antiviral et anti tumoral. Cette dernière propriété thérapeutique serait liée à l'inhibition de la sécrétion d'urokinase et la formation de tubules dans les cellules endothéliales (deux mécanismes clés dans l'angiogenèse) (Arosio et al, 2000).

L'anthraquinone contenue principalement dans le latex est controversé à la fois court terme pour ses effets laxatifs mais des études montrées des effets génotoxiques de ces composés pour l'aloé-émodyne et l'émodyne (Arosio et al, 2000).

Une fois ingérés, les anthraquinones (les aloïnes A, B...) de l'*Aloe vera* sont converties par le microbiote intestinale en aloé-émodyne-9-anthrone qui est oxydée en aloé-émodyne et en rhéine. L'aloé-émodyne pourrait former des espèces réactives à l'oxygène (stress oxydant) qui pourraient se lier à l'ADN et avoir des effets génotoxiques (**Figure 06**) (**Arosio et al, 2000**).

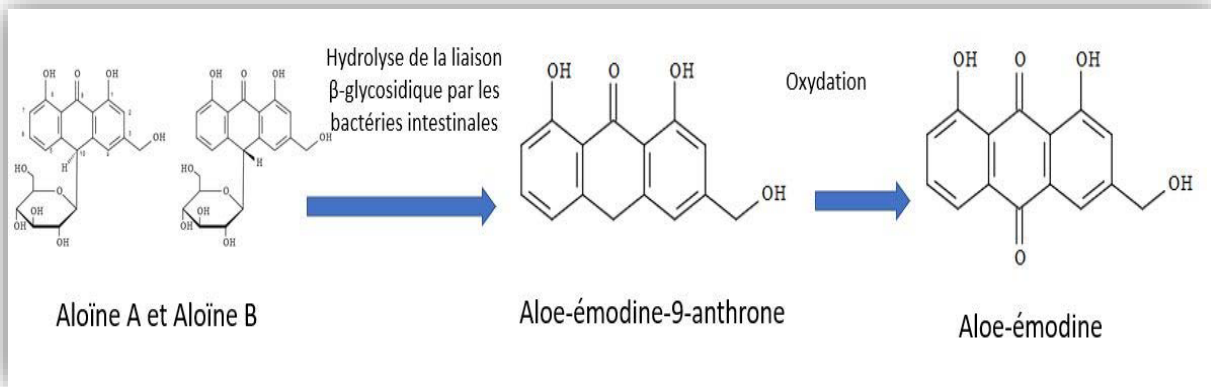


Figure 06: Structures chimiques respectives de l'aloïne a et b, d'Aloe- emodyne et Aloé-émodyne-9-anthrone, principaux constituants du suc d'*Aloe vera* (**Arosio et al, 2000**)

Les différents constituants de l'*Aloès* sont résumés dans le **tableau 03** ci-dessous.

Tableau 03: La composition chimique de l'*Aloès* (**Sanghi ; Shelton 1991; Femenia,Sánchez et al., 1999; Dagne, Bisrat et al., 2000; Choi and Chung 2003; Hamman 2008; Bhattacharya, Malik et al., 2011**).

Classe	Composants	Effets
Les vitamines	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Vitamin B1 ,B2, B3, PRO-B5 ,B6, B9, B12,C,D,E , acides folique, niacine, choline, inositol, B-carotène, tocophérol. ✓ vitamine A, C, E 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Vitamine B12, acides folique participent à la production des cellules sanguines ; ✓ régénération cellulaire ; ✓ sont des antioxydants cruciaux...etc.

Les sels minéraux	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Calcium-Potassium ✓ Magnésium ✓ Zinc ✓ Fer ✓ Manganèse 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Veillent à la solidité des os, des dents, et fibres de collagène, et stimule la coagulation du sang lors des blessures ; ✓ intervient dans l'équilibre hydrique ; ✓ intervient dans le processus d'hématopoïèse ; ✓ renforce les défenses immunitaires, et stimule la formation du collagène...etc.
Les acides aminés	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Alanine, arginine, thréonine, glycine, histidine, proline, leucine, isoleucine, lysine, méthionine, valine, serine, tyrosine...etc. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ contribuent à des milliers de processus métaboliques dont la construction, la croissance et la régulation...etc.
Les lipides	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Phytostérols: cholestérol, campestérol, lupéol, bsitostérol. ✓ acide linoléique, acide glutamique, acide arachidonique, triglycérides. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Agents anti-inflammatoire, Vertus antiseptiques, analgésiques
Les Anthraquinones	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aloïne, isobarbaloïne, anthracène, emodine, ester d'acide cinnamique, acide chrysophanique, barbaloïne, anthranol, acide aloétique, resistannol 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ils agissent en tant que laxatifs naturels et analgésiques. Présentant également des actions antibactériennes, antifongiques, antiprotozoaires et antioxydants ...etc.
Les glucides	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Polysaccharides : pectine, cellulose, mannane, galactane, arabinogalactane, 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fibres alimentaires ; ✓ molécules plateformes pour différents produits bio-basés.

	xylane. ✓ monosaccharides : glucose, fructose, mannose, aldopentose, L-rhamnose.	
--	---	--

5. Propriétés de la plante

5.1-Propriétés médicinales

L'*Aloès* a longtemps été utilisé pour plusieurs maladies, particulièrement lié au système digestif; il a également été utilisé pour traiter les blessures, les brûlures et les problèmes de peau. C'est la meilleure réponse à base de plantes pour soutenir les mécanismes de santé et de guérison du corps afin qu'il puisse fonctionner de manière optimale et être en bonne santé. C'est un booster d'immunité et de détoxification de l'organisme. Il est recommandé comme traitement adjuvant avec des antibiotiques, AINS (médicaments anti inflammatoires non stéroïdiens) et chimiothérapie pour éliminer la gastrite induite par les médicaments et d'autres effets indésirables. Il est utile dans divers maladies telles que le diabète de type II, l'arthrite, les maladies ophtalmologiques, les tumeurs, l'hypertrophie de la rate, les vomissements, la bronchite, l'asthme, la jaunisse et les ulcères. Il soulage la constipation, maintient un bon pH gastrique, aide Ales disques intestinaux inflammatoires, la dyspepsie non ulcéreuse, ulcères gastriques et duodénaux. C'est un complément alimentaire chez les patients pré et postopératoires, les femmes ménopausées et dans les cas d'ostéoporose (Rajesawari et al, 2012).

5.2-Propriétés cosmétiques

L'utilisation d'*Aloès* dans les cosmétiques n'est pas nouvelle. Elle est utilisée à des concentrations variant de 1 à 98%. Il est bien connu que le gel d'*Aloès* permet de conserver l'humidité pour des périodes extrêmement longues et a des effets apaisants. Ainsi, l'*Aloès* a trouvé une application étendue dans les industries cosmétiques de toilette, tels que les hydratants, nettoyeurs, lotions solaires, dentifrices, rince-bouche, crèmes à raser, déodorants, spray apaisant, masques pour le visage et shampooings (Christaki et Florou-Paneri, 2010).

5.3-Propriétés nutritionnelles

Dans le cadre de la complémentarisation alimentaire, la pulpe d'*Aloès* apporte un appoint en éléments vitaux (acides aminés, minéraux et oligo-éléments, vitamines, etc).

quantitativement peu important mais qualitativement d'une très grande richesse. Cette richesse qualitative débouche sur une bonne rééquilibration organique et augmente la résistance du terrain biologique, lui permettant ainsi de mieux résister aux agressions de toutes sortes (microbiennes, stress, etc.) dont il est en permanence l'objet (**Donadieu, 2006**).

6. Effets de la plante

6.1-Effet anti-inflammatoire

L'inflammation est une réaction du corps due à une blessure et qui se caractérise par un gonflement, une douleur, une rougeur et une chaleur. Cette réponse naturelle peut retarder la guérison. On pense que le gel d'Aloès réduit l'inflammation induite par les agents via la promotion de la synthèse des prostaglandines ainsi que l'augmentation de l'infiltration par les leucocytes mais il est moins efficace contre l'inflammation causée par d'autres agents induisant des réactions allergiques (**Reynolds et al, 1999**).

6.2-Effet antioxydant

Plusieurs auteurs ont rapporté que différentes fractions d'Aloès ont des effets antioxydants, une activité glutathion peroxydase et super oxyde dismutase. Le gel d'Aloès contient des antioxydants phénoliques, ce qui pourrait être responsable également de ces effets antioxydants. Il a été montré dans deux systèmes *in vitro*, par incubation avec des biopsies de la muqueuse colorectale enflammée, que le gel d'Aloès a un effet antioxydant dépendant de la dose (**Langmead et al, 2004**).

6.3-Effet d'hydratation de la peau

Dans une étude où les effets hydratants de formulations cosmétiques contenant différentes concentrations de gel d'Aloès lyophilisé ont été étudiées, ont montré que seules les formulations contenant des concentrations (0,25% / et 0,5%) ont augmenté la teneur en eau de la couche cornée après une application unique. Lorsque les formulations ont été appliquées deux fois par jour pendant 2 semaines, toutes les formulations (contenant des concentrations de 0,1%, 0,25%, et 0,5% de gel d'Aloès) ont eu le même effet (**Dal'belo et al, 2006**).

6.4-Effet antimicrobien

L'activité du gel interne d'Aloès contre les bactéries à Gram positif et à Gram négatif a été démontrée par plusieurs méthodes différentes. Des Anthraquinones isolées de l'exsudat d'Aloès ont montré une activité antimicrobienne étendue notamment des effets antiviraux et /

ou virucides sur les virus enveloppés. L'émodyne extraite d'Aloès a montré également une activité antimicrobienne contre *Escherichia coli* (Alves et al, 2004).

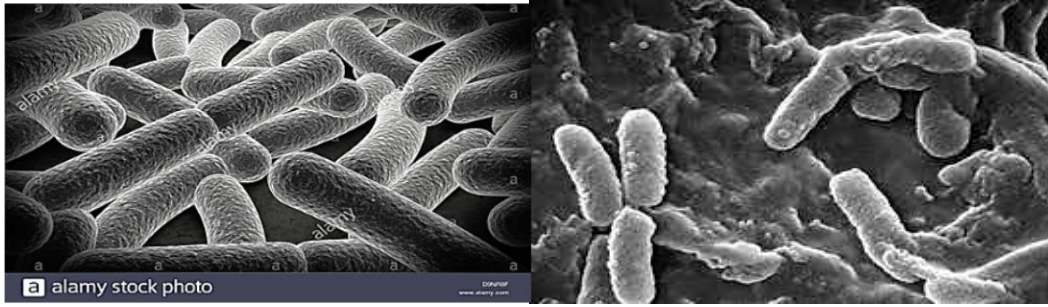
Chapitre N°2

Bactériologie

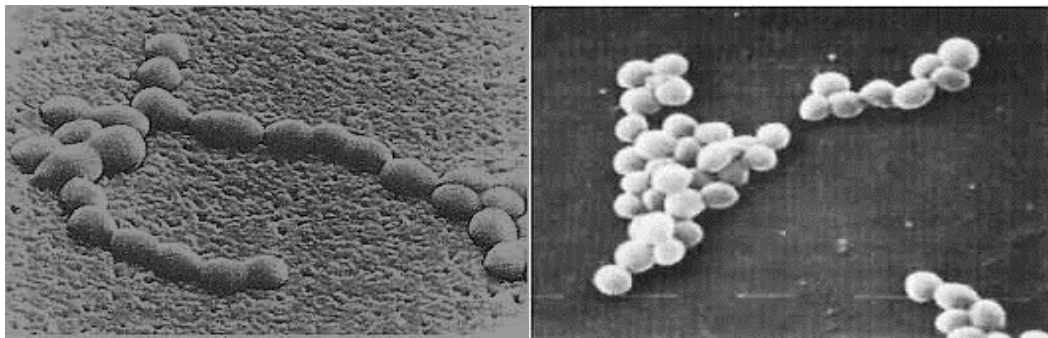
1. Morphologie et structure fine des bactéries

Durant de longues années, la bactérie a été considérée comme "un sac d'enzymes" car le pouvoir de résolution du microscope optique était insuffisant pour révéler les détails de sa structure. L'observation des bactéries, permet seulement de reconnaître la forme des cellules (sphérique ou coccoïde, cylindrique ou bâtonnet, spiralée ou hélicoïdale, cubiques, étoilées, filamenteuses...) (**Figure 07**), leurs dimensions qui varient selon les espèces de 0.1µm à 600µm (les Entérobactéries de 2 à 3 µm de long, certaines Spirochètes entre 30 et 500 µm) et les arrangements ou les groupements qu'elles constituent entre elles (en grappe, en chaînette, en paire ou diplocoque, en palissade ou paquet d'épingles chez le genre *Corynebacterium*, en rosettes, en réseau, en cubes, en corps fructifiant ...). Ces caractéristiques morphologiques sont des critères essentiels de reconnaissance et d'identification, qui ont un rôle très important dans le diagnostic des maladies infectieuses d'origine bactérienne. Ils sont également une stratégie d'adaptation et de survie pour les bactéries ; dans l'environnement aquatique ou tellurique (**Pocidalò, 1989 ; Leclerc et al, 1995**).

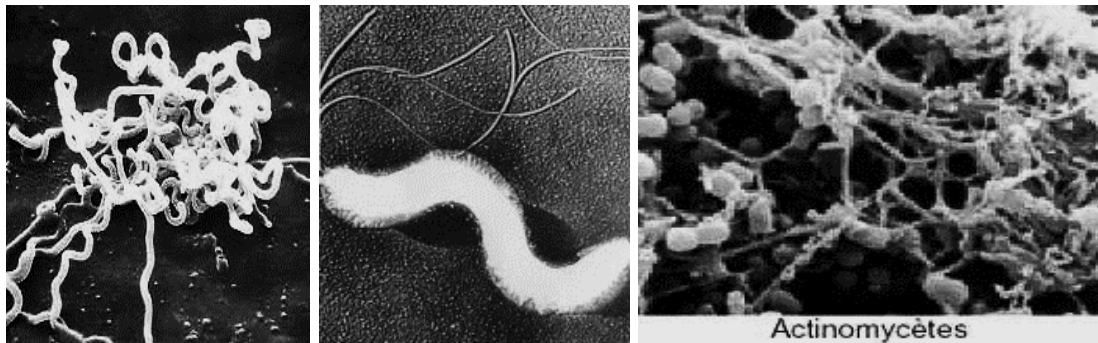
La cellule bactérienne (**Figure 08**) paraît entourée d'une enveloppe rigide (paroi) qui entoure une seconde enveloppe plus mince et plus délicate (la membrane plasmique). Le cytoplasme sous-jacent est en général très homogène et contient essentiellement des ribosomes ; parfois des substances de réserve. Il ne renferme aucun organite décrit dans la cellule eucaryote (réticulum endoplasmique ; mitochondrie ; etc...). Ces structures (paroi ; membrane ; cytoplasme et chromosome bactérien) sont des structures essentielles de la cellule qui sont toujours présentes. D'autres structures peuvent éventuellement s'y adjoindre : la capsule (enveloppe la plus externe), les flagelles, les pili ou fimbriae, les spores qui sont des formes de résistance qui ne sont présents que chez certaines espèces bactériennes, et enfin les plasmides qui sont des ADN extra-chromosomiques circulaires doués d'autoréplication (**Hart et Shears, 1997 ; Prescott, 2003**).



A-Des Bacilles



B-Des Cocci



C-Forme spiralée spirochète

D-Forme ramifiée actinomycète

Figure 07: Morphologie bactérienne (Benzeggouta, 2005).

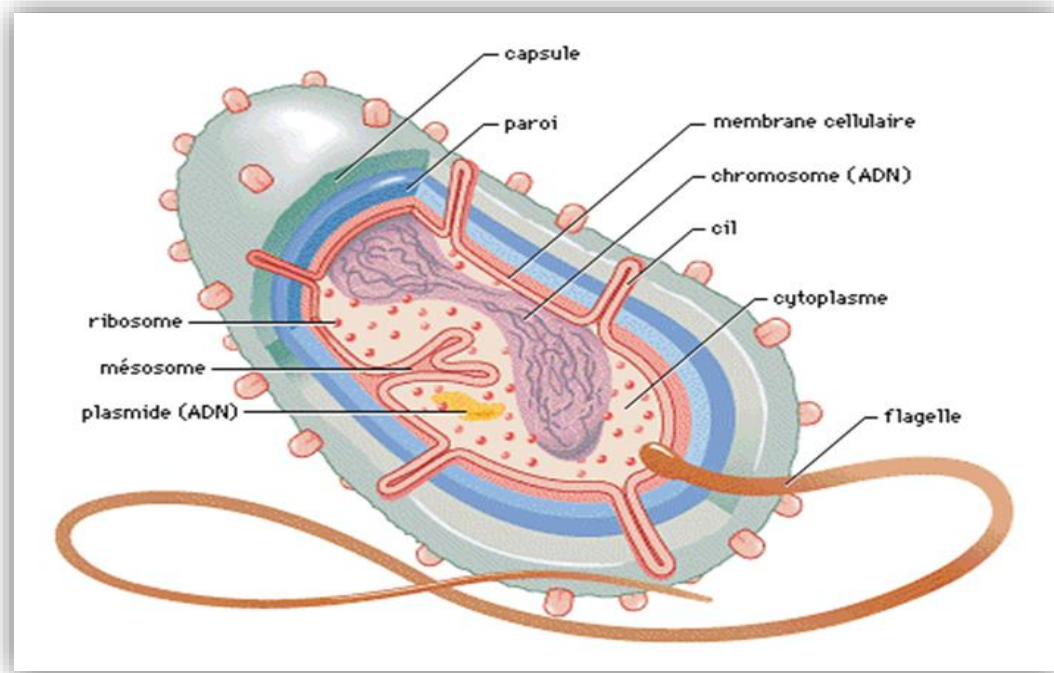


Figure 08: Structure et organisation d'une cellule bactérienne (Hart et Shears, 1997).

2. Culture des bactéries

On utilise habituellement pour cultiver les bactéries des milieux complexes à base de différents extraits. Ces milieux peuvent être liquides (bouillons) ou solides. La solidification des milieux est obtenue par l'addition de l'agar-agar, un extrait d'algues qui a la propriété de fondre à l'ébullition et se solidifier à des températures inférieures à 40°C. En milieu liquide, les bactéries se dispersent librement et leur multiplication se traduit par un trouble, le plus souvent homogène. Sur un milieu solide, lorsque la quantité de bactéries est faible, chaque bactérie va pouvoir se multiplier sur place jusqu'à former un amas de bactéries visible à l'œil nu, que l'on appelle colonie (Si la densité bactérienne est trop élevée dans l'échantillon ensemencé, les colonies sont confluentes et forment une nappe). L'emploi de milieux solides permet ainsi le dénombrement des bactéries viables dans un échantillon (Nauciel et Vildé, 2005).

3. Conditions environnementales pour la culture

3.1-La température

La plupart des bactéries ont une croissance qui se fait à des intervalles de température caractéristiques avec une température de croissance maximale, minimale, et optimale. Les bactéries **psychrophiles** comme le *Bacillus psychrophilus* se sont adaptées à vivre à des

températures de -10°C et ont une température de croissance optimale autour de 20°C . Les bactéries **mésophiles** se multiplient à des températures entre 15°C et 45°C avec un optimum autour de 37°C . Les eubactéries **thermophiles**, comme le *B. stéréothermophilus*, s'accroissent entre 30°C et 75°C avec un optimum à 55°C ; mais il existe aussi des groupes d'archées isolées dans des sources chaudes et capables de se multiplier à des températures au-dessus de 100°C : on les appelle **hyper thermophiles** (Nicklin et al, 2012).

3.2-La concentration en oxygène

Les besoins en oxygène des bactéries varient en fonction de la nature de leur métabolisme. Les **aérobies** sont des bactéries capable de croître en présence de l'oxygène ; les **anaérobies** sont des bactéries qui ne nécessitent pas d'oxygène pour leur croissance ; les **anaérobies facultatifs** comme l'*E. Coli* qui se multiplient en présence de l'oxygène mais peuvent croître en anaérobie ; les anaérobies **aérotolérantes** qui n'utilisent pas d' O_2 moléculaire pour leur croissance (anaérobies) mais qui n'en souffrent pas en sa présence ; les bactéries **microaérophiles** sont lésées par les concentrations atmosphériques d' O_2 de 20 % et survivent seulement à plus faibles concentrations (Nicklin et al, 2012).

3.3-Le pH

Les bactéries qui peuvent croître à un pH élevé (8,5 – 11,5) sont appelées **alcalophiles**. Les **acidophiles** s'accroissent à un pH bas (0 – 5,5) (Nicklin et al, 2012).

4. Pathogénicité de certaines bactéries

4.1-Bactérie gram positif

4.1.1-Espèce *Staphylococcus aureus*

S. aureus est une bactérie de la division des firmicutes. C'est une bactérie à Gram-positif ayant l'apparence de petites baies, dont les colonies prennent une couleur dorée, d'où son nom (Staphylo : grappe, aureus : doré). Elle appartient au genre : coque ; elle est arrondie ; elle se regroupe en amas réguliers ou par deux ; de 0.7 à $1\mu\text{m}$ de diamètre ; elle est immobile, dépourvue de spores et de capsule (OgstonA, 1984 ; Girand, 1998).

Comme chez la majorité des bactéries Gram positives, l'enveloppe de *S. aureus* est composée d'une seule membrane plasmique recouverte d'une paroi épaisse riche en peptidoglycane et en acides téichoïques. La plupart des isolats infectieux possèdent également

une capsule polysaccharidique externe contenant divers facteurs de virulence permettant le sérotypage des souches (Tille, 2014).

In vitro, *S. aureus* est une bactérie non-exigeante. En effet, en plus d'être aéroanaérobie facultative, elle est facilement cultivable en milieu gélosé classique tel que CBA (Columbia Blood Agar), TSA (Tryptic Soy Agar) ou BHI (Brain Heart infusion), ainsi que dans les milieux liquides correspondants. La gélose de Chapman (ou MSA pour Mannitol-Salt-Agar) peut être utilisée comme milieu sélectif différentiel pour l'identification de *S. aureus* qui présente un caractère halophile ainsi que la capacité à fermenter le mannitol. *S. aureus* se développe entre 10 et 42°C avec une température optimale de 37°C et un pH compris entre 7,4 et 7,6. Les colonies peuvent être observées après 24h d'incubation (Foster, 1996 ; Nandy et al, 2013 ; Vitko et Rachardson ,2013).

➤ Pouvoir pathogène

S. aureus n'est pas seulement une bactérie commensale, c'est aussi un pathogène opportuniste. Alors qu'il est inoffensif sur la peau, ce pathogène peut s'infiltrer sous l'épithélium et provoquer de multiples infections locales sous la forme de boutons, furoncles, cellulite et autres infections mineures ou majeures de la peau. Il est également responsable de la majorité des infections de blessures. Dans les cas où *S. aureus* gagne accès au système sanguin, il peut se disséminer très rapidement dans le corps humain et engendrer des complications graves, comme un choc septique. Non traitées, ces infections sont souvent mortelles (Lowy, 1998).

4.2-Bactérie gram négatif

4.2.1-Espèce *Escherichia coli*

E. coli est l'une des espèces bactériennes les plus fréquemment rencontrées de la flore intestinale commensale des animaux à sang chaud, coexistant pacifiquement avec un bénéfice mutuel pour ce microorganisme et l'hôte. *E. coli* est une bactérie qui appartient à la famille des Enterobacteriaceae, cette famille regroupe des bacilles droits à bout arrondi ; ce sont des bacilles ayant une coloration Gram négative, mesurant de 0,3 à 1,0µm de diamètre sur 1,0 à 6,0µm de long, non sporulés, anaérobies facultatifs et qui ne possèdent pas d'oxydase (Kaper et al, 2004 ; Laarem et al, 2017).

La recherche des *E. coli* est couramment effectuée dans des circonstances variées. Une culture sur milieu ordinaire est facilement réalisable, compte tenu du fait qu'ils n'ont pas

d'exigences particulières pour leur multiplication. Ils sont caractérisés par une croissance rapide à 37°C avec un temps de génération de 20 minutes (**Joly et Reynaud, 2002**).

➤ **Pouvoir pathogènes**

• **Infection urinaire**

E. coli est la bactérie la plus souvent en cause des infections urinaires communautaires qu'elles soient basses (cystite) ou hautes (pyélonéphrite). L'infection des voies urinaires se fait en générale par voie ascendante. Elle est plus fréquente chez la femme en raison de la brièveté de l'urètre. La gravidité augmente le risque de pyélonéphrite. Chez l'homme, l'infection est également secondaire à un obstacle sur les voies urinaires et elle peut se compliquer en prostatite. *E. coli* est souvent impliquée dans les infections urinaires nosocomiales (**Nauciel et Vildé, 2005**).

• **Infection intestinale**

E. coli peut être responsable de gastro-entérites ayant des traductions cliniques variables : Diarrhée d'allure banale et diarrhée qui peut entraîner assez rapidement un état de déshydratation. Dans certains cas (surtout chez l'enfant) la diarrhée peut être suivie d'un syndrome hémolytique et urémique. Les diarrhées dues à *E. coli* sont probablement plus fréquentes dans les pays en voie de développement et peuvent atteindre les voyageurs qui les visitent (tourista) (**Nauciel et Vildé, 2005**).

• **Infections diverses**

E. coli est impliquée dans de nombreuses infections à point de départ digestif ou urinaire : suppurations localisées ou septicémies. Il peut s'agir d'infections communautaires ou nosocomiales (**Nauciel et Vildé, 2005**).

4.2.2-Espèce *Pseudomonas aeruginosa*

Le genre *Pseudomonas*, de la famille des *Pseudomonadaceae*, regroupe des bactéries mobiles aérobies à Gram négatif, de 2 à 4µm 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. *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 espèce. La

combinaison de toxines et des substances dangereuses est un facteur qui joue un rôle déterminant dans la forte virulence de *P. aeruginosa* dans différents hôtes (**Liu, 1974 ; Stover et al, 1986 ; Willcox, 2007**).

Le bacille pyocyanique est une bactérie à besoins très limités, et en croissance sur des milieux synthétiques simples. Elle pousse facilement à 37 °C pendant 24 heures. Elle peut croître entre 5 et 42°C avec un optimum de 30 °C. Par contre, elle supporte de moindres variations de pH (6,5 à 7,5) avec un pH optimal de 7,2 (**Denis et al, 2007**).

En bactériologie médicale, un milieu sélectif à base de cétrimide (ammonium quaternaire) permet la recherche et l'isolement de *P. aeruginosa* à partir de produits biologiques (selles, urines, pus, liquide céphalo-rachidien...) (**Denis et al, 2007**).

➤ Pouvoir pathogène

La pathogénie de *P. aeruginosa* est attribuée à la production d'un vaste arsenal de facteurs de virulence (membranaires et extracellulaires) agissant à différents niveaux au cours de l'infection, lui permettant de survivre aussi bien dans différents hôtes que dans l'environnement. Ces facteurs de virulence sont impliqués dans les différentes étapes du processus d'infection et permettent ainsi à *P. aeruginosa* de coloniser son hôte (**Giraud et al, 2010**).

5. Antibiotiques

Les antimicrobiens sont probablement l'une des formes de chimiothérapie les plus efficaces de l'histoire de la médecine. On se doit de rappeler l'étymologie du mot antibiotique qui vient d'un mycologue nancéen, Jean-Paul Vuillemin, qui en 1889, introduit le terme "antibiose" (du grec anti : "contre" et bios : " la vie"). Une idée selon laquelle l'interaction biologique entre deux ou plusieurs organismes porte préjudice au moins à l'un d'entre eux (**Aminov, 2010 ; Klein, 2012**).

Les antibiotiques antibactériens sont des molécules qui inhibent sélectivement certaines voies métaboliques des bactéries, sans exercer habituellement d'effets toxiques pour les organismes supérieurs. Cette propriété les distingue des antiseptiques. Les antibiotiques, au sens strict sont des produits élaborés par des micro-organismes, mais on inclut généralement parmi eux les dérivés semi synthétiques et les produits entièrement synthétiques (**Nauciel, 2000**).

L'activité des antibiotiques *in vitro* peut être mesurée en déterminant leur capacité d'inhiber la croissance bactérienne (concentration minimale inhibitrice ou CMI) ou leur capacité de tuer les bactéries (bactéricide). L'action des antibiotiques est influencée par de nombreux facteurs: concentration bactérienne, milieu, interaction avec un autre antibiotique, etc. En outre l'activité *in vivo* est influencée par des données pharmacologiques, de conditions locales particulières. Selon leur formule chimique, la manière dont-ils agissent sur les microorganismes et leurs effets cliniques, les antibiotiques sont groupés en dix familles (suivant les références): les bêta-lactamines, les aminosides (ou oligosaccharides), les phénicol, les tétracyclines, les polypeptides, les macrolides, les antituberculeux, les antifongiques, les antimétabolites et les anti-biomimétiques (**Garnier, 1992 ; Leclerc, 1995 ; Madigan, 1997 ; Nauciel, 2000**).

Le mode d'action des antibiotiques est, soit bactériostatique empêchant le développement microbien (mode d'action des tétracyclines, phénicol, macrolides), soit bactéricide détruisant les germes (les bêta lactamines, les aminosides, Les polypeptides). Leur mécanisme d'action varie d'un antibiotique à un autre (**Figure 09**) (**Garnier, 1992 ; Khiati, 1998**).

Chaque antibiotique possède un spectre d'action, qui est la flore microbienne sur laquelle il exerce son activité bactéricide ou bactériostatique, il est d'autant plus large, ou étendu, que le nombre des espèces microbiennes sensibles est grand. Le spectre d'action varie selon l'antibiotique (**Garnier, 1992**).

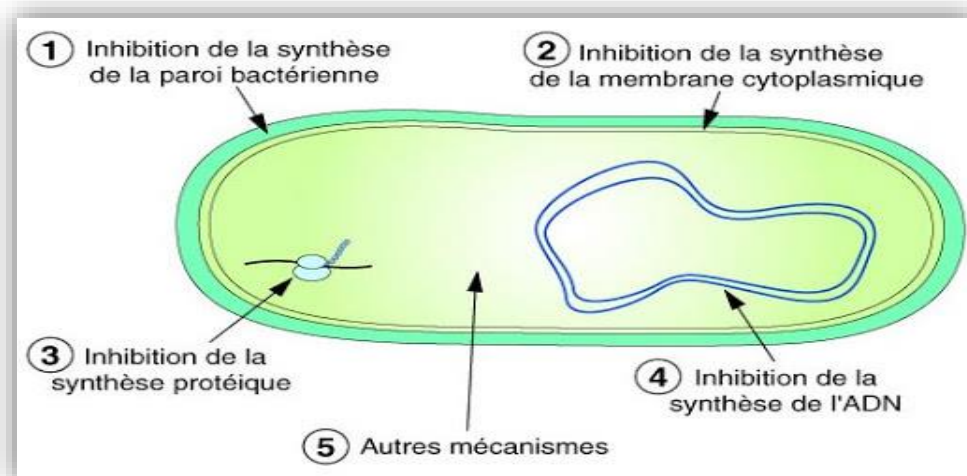


Figure 09: Cibles de l'action des antibiotiques (**Garnier, 1992**).

6. Résistance bactérienne aux antibiotiques

Une souche est dite résistante lorsqu'elle se cultive en présence de concentration plus élevée en antibiotique comparativement à d'autres souches qui lui sont phylo-génétiquement liées. L'étude de la résistance bactérienne a permis de faire de grandes découvertes concernant l'organisation de l'information génétique des bactéries et le contrôle de son expression. Pour les thérapeutes, elle est aujourd'hui indispensable à connaître pour une meilleure utilisation des antibiotiques (**Boerlin et White, 2006 ; Patzer et al, 2008**).

La résistance aux antibiotiques est un phénomène universel, qui semble être plus aigu dans certains pays en voie de développement du fait de la monotonie des antibiotiques utilisables. Dans les pays industrialisés, le même phénomène peut être décrit du fait de la pression sélective dans un hôpital donné, ceci a été bien démontré avec l'usage intensif en monothérapie (**Bryskier, 1999**).

6.1-Résistance naturelle ou résistance intrinsèque

La résistance intrinsèque est une caractéristique propre à une espèce bactérienne et partagée par toutes les souches de cette espèce. Elle peut être due à la présence d'un gène chromosomique commun à toutes les bactéries de l'espèce (**Faure, 2009**).

6.2-Résistance acquise

Elle est présente seulement chez certaines souches de l'espèce. Cette résistance résulte d'une modification génétique par mutation ou d'une acquisition de matériel génétique étranger (**Faure, 2009**).

6.3-Multirésistance

Il s'agit d'une terminologie très couramment utilisée même si elle ne répond pas à une définition univoque. Il est d'usage de parler de multirésistance pour « une bactérie qui, du fait de l'accumulation de résistances naturelles ou acquises, n'est plus sensible qu'à un petit nombre d'antibiotiques habituellement actifs en thérapeutique » ou pour « une bactérie sensible à moins de trois familles d'antibiotiques ». Ce terme s'emploie généralement pour une bactérie qui pose en général un problème de ressource thérapeutique (**Fajardo et al, 2009**).

Deuxième Partie

Travail expérimental

Chapitre N°1

Matériel et méthodes

Cette étude a été réalisée dans le laboratoire de microbiologie de l'Université -08 mai 1945 de Guelma. Elle a été divisée en deux parties, dont l'une était consacrée pour l'étude phytochimique d'extraits de deux espèces d'Aloès et l'autre pour l'étude de l'activité antibactérienne de ces derniers.

1. Matériels

1.1-Matériel végétal

Notre étude porte sur deux espèces de plantes de deux familles différentes mais de morphologie presque pareille ; la première espèce : (*Aloe barbadensis Miller* ou appelée plus communément *Aloe vera*) est de la famille des *Xanthorrhoeacées*, et la deuxième espèce : (*Aloe saponaria Ait*) est de la famille des *Aloeaceae*. On a utilisé dans cette étude des feuilles fraîches de chaque plante.

❖ Récolte des deux espèces de plante

Les deux espèces ont été récoltées à partir de deux régions différentes de l'Est algérien : la première espèce (*Aloe barbadensis Miller*) a été procurée de la région de Annaba (pépinière) et la deuxième espèce : (*Aloe saponaria Ait*) a été récoltée dans la région de Bouchegouf-Guelma durant le même mois (Avril 2021).

1.2-Les souches bactériennes testées

Les différents extraits des deux espèces d'Aloès ont été testés sur trois souches bactériennes : les bactéries à Gram positif (*Staphylococcus aureus*) et les bactéries à Gram négatif (*Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*). Ces souches ont été fournies par le laboratoire de Microbiologie Appliquée (L.M.A) de l'Université de Guelma. **Le tableau 05** et montrent les différentes propriétés des souches bactériennes testées.

Tableau 05: Références des souches bactériennes testées

Souche	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Escherichia coli</i>
Référence	ATCC 25923	ATCC 27853	ATCC 25922

2. Méthodes

2.1-Criblage phytochimique

➤ Préparation de l'extrait brut des deux plantes

Pour préparer l'extrait brut des deux plantes étudiées (*Aloe barbadensis Miller* et *Aloe saponaria Ait*), on a choisi des feuilles mures, fraîches, saines et épaisses, ayant une longueur approximative de 25–30 cm. On a lavé ces feuilles avec l'eau de robinet ensuite avec l'eau distillée stérile et sur une plaque de verre stérile on les a déposées longitudinalement. A l'aide d'un couteau stérilisé, ont coupé les feuilles et on les a broyées. Ensuite on a mis l'extrait obtenu dans un mélangeur et on a filtré à l'aide d'un tissu mousseline stérile et après avec du papier whatman stérile pour enlever les fibres (**Figure 10**) (**Lattab, 2012**).

➤ Préparation de l'extrait méthanolique

L'extraction a été effectuée selon la méthode (**d'Annok et al, 2012**) qui consiste à nettoyer, découper et broyer 60 g de chaque plante (*Aloe barbadensis Miller* et *Aloe saponaria Ait*) à laquelle on ajoute 75 ml de méthanol à 85 %; on laisse le mélange à macérer pendant 24h à température ambiante et à l'obscurité. L'extrait obtenu est ensuite filtré à l'aide d'une compresse stérile puis avec du papier Wathman stérile N°4.



Plante d'*Aloe vera*



Laver la feuille coupée



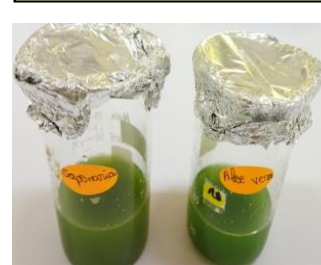
Couper les feuilles en petits morceaux



Broyage à l'aide d'un mortier



Filtration par papier Wattman



L'extrait brut

Figure 10: Photo représentative des étapes de préparation de l'extrait brut (**Photo personnelle**).

➤ Tests phytochimiques

Dans le but de connaître la composition des extraits obtenus, des tests phytochimiques sont réalisés en présence de certains réactifs de caractérisation. Il s'agit d'une analyse qualitative basée sur des réactions de coloration et/ou de précipitation dans le but de mettre en évidence la présence ou l'absence de certains composés chimiques (**Harborne, 1998**). Les tests réalisés sont :

2.1.1-Les flavonoïdes

10 gouttes de l'acide chlorhydrique HCL concentré et quelques milligrammes de tournures de magnésium sont ajoutés à 1 ml de l'extrait. La coloration rose rouge ou jaune, après 3 min d'incubation à température ambiante, indique la présence des flavonoïdes (**Harborne, 1998**).

2.1.2-Les tanins

Dans un tube à essai contenant 1 ml de l'extrait, ajouter 8 gouttes d'une solution diluée de chlorure ferrique $FeCl_3$ à 1 %. Après quelques minutes d'incubation à température ambiante, le chlorure ferrique développe une coloration verdâtre qui indique la présence des tanins catéchiques ou bleu-noirâtre qui révèle l'existence des tanins galliques (**Harborne, 1998**).

2.1.3-Les alcaloïdes

On ajoute 2 ml d'HCL à 1 % et 1 ml de l'extrait, le tout est chauffé au bain marie, puis on divise chaque extrait en deux volumes égaux. Un volume est traité par le réactif de Mayer, l'autre par le réactif de Wagner. La formation d'un précipité blanc jaunâtre (par le réactif Mayer) ou rouge orangé ou brun (par le réactif Wagner) révèle la présence des alcaloïdes (**Harborne, 1998**).

- **Réactif de Wagner** : 2g de KI et 1.27g de I_2 dans 75ml d'eau distillée, le volume est ajusté à 100ml (**Harborne, 1998**).
- **Réactif de Mayer** : 1.358 g d' $HgCl_2$ dans 60ml d'eau distillée puis 5g de KI dans 10ml d'eau distillée. Mélanger les deux solutions et ajuster le volume total à 100 ml (**Harborne, 1998**).

2.1.4-Les saponosides

Dans un tube à essai, introduire 2ml de l'extrait à analyser, ajouter 2ml d'eau distillée chaude, agiter pendant 15 secondes et laisser le mélange au repos pendant 15min. La formation d'une mousse indique la présence de saponines. Pas de mousse signifie que le test est négatif. Une mousse moins de 1 cm signifie que le test est faiblement positif et enfin une mousse supérieure à 1 cm signifie que le test est fortement positif (**Harborne, 1998**).

2.1.5-Les coumarines

Introduire 1ml d'extrait dans un tube à essai, ajouter 0.5 ml de NH₄OH à 10%, mélanger et observer sous UV à 366 nm. L'apparition d'une fluorescence intense sous la lumière ultraviolette révèle la présence des coumarines (**Harborne, 1998**).

2.1.6-Les anthraquinones libres

Dans un tube à essai, ajouter à 5 ml de l'extrait, 2.5 ml de NH₄OH à 20% puis agiter, une coloration plus ou moins rouge indique la présence d'anthraquinones libres (**Harborne, 1998**).

2.2-Evaluation de l'activité antibactérienne

La sensibilité des souches (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*) a été évaluée par rapport à deux types d'extraits (l'extrait brut et l'extrait méthanolique) issus des feuilles des deux espèces d'*Aloès* étudiées. Dans Ce but, nous avons utilisé la technique de diffusion en milieu gélosé. Cette méthode est adaptée à l'étude de l'action d'une molécule ou d'un extrait donné sur la croissance bactérienne. L'activité biologique se manifeste par l'apparition d'un halo d'inhibition de la croissance microbienne autour du disque contenant l'extrait à tester. La lecture se fait par la mesure du diamètre de la zone d'inhibition autour de chaque disque à l'aide d'un pied à coulisse ou une règle en (mm) (**Dulger et Gonuz, 2004 ; Parekh et Chanda, 2007 ; Rota et al, 2008**).

- **Repiquage des espèces bactériennes** : les différentes espèces bactériennes ont été repiquées par la méthode des stries, puis incubées à 37 °C afin d'obtenir des colonies jeunes isolées (moins de 24 heures) qui vont servir à la préparation de l'inoculum (**Dulger, 2004**).
- **Préparation de l'inoculum** : des colonies bien séparées des espèces bactériennes concernées ont été prélevées à l'aide d'une anse de platine stérile et homogénéisées dans

10 ml de bouillon nutritif puis portées à l'incubation pendant (18-24) heures à 37°C (Gonuz, 2004)

- **Préparation des disques des solutions à tester** : des disques de papier Whatman n°1 de 6 mm de diamètre, stériles (stérilisation à 120°C pendant 15 min par autoclavage), sont chargés des différents extraits à tester (extraits bruts et méthanoliques des deux plantes étudiées). Des disques imprégnés de méthanol et d'eau distillée sont également utilisées comme témoin négatif et enfin des disques d'antibiotiques ayant un effet sur chaque bactérie testée ont été utilisés comme témoins positifs (Tableau 06) (Gonuz, 2004).

Tableau 06: Les différents antibiotiques utilisés pour chaque souche testée (Chanda, 2007).

Les antibiotiques testés				
<i>E. coli</i>	AMX25 : Amoxicilline	GEN10 : Gentamicine	C30: Chloramphénicol	F300 : Nitrofurantoïne
<i>P. aeruginosa</i>	P10 : Pénicilline-G	GEN10 : Gentamicine	C30: Chloramphénicol	E15 : Erythromycine
<i>S. aureus</i>	VA 30 : Vancomycine	GEN10 : Gentamicine	K30 : Kanamycine	E15 : Erythromycine

- **Préparation des milieux de culture** : la gélose de Muller Hinton stérile prête à l'usage a été coulée dans des boîtes de pétrie stériles de 90 mm de diamètre. L'épaisseur de la gélose est de 4 mm répartie uniformément dans les boîtes. Ces dernières doivent être séchées 30 min à une température ambiante du laboratoire avant leur emploi (Rota et al, 2008).
- **Ensemencement par écouvillonnage** : des boîtes de pétrie stériles préalablement coulées, sont ensemencées par étalage à l'aide d'un écouvillon, l'ensemencement s'effectue de telle sorte à assurer une distribution homogène des bactéries (Rota et al, 2008).
- **Application des disques** : à l'aide d'une pince stérile, les disques de papier filtre contenant les produits à tester sont déposés à la surface de la gélose inoculée au préalable ;

pour chaque boîte de bactérie inoculée, 04 disques d'antibiotiques servant comme témoins positifs sont également déposés. Il faut veiller à ne pas chauffer les disques par la pince flambée (Rota et al, 2008). L'expérience devrait être refaite trois (3) fois.

- **Lecture :** la lecture des résultats (l'activité antibactérienne) se fait par la mesure, à l'aide d'un pied de coulisse ou règle en (mm), du diamètre d'inhibition, caractérisé par une zone n'ayant aucune croissance bactérienne autour du disque, après 24 h d'incubation à 37° C. Les diamètres de la zone d'inhibition peuvent être symbolisés par des signes d'après la sensibilité des souches vis-à-vis des extraits :
- Non sensible (-) ou résistante : diamètre <8mm.
- Sensible (+) : diamètre compris entre 9 à 14mm.
- Très sensible (++) : diamètre compris entre 15 à 19mm.
- Extrêmement sensible (+++) : >20mm (Hamidi, 2013).

2.3-Détermination des paramètres antibactériens

- **Repiquage des souches bactériennes :** les souches bactériennes (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*) ont été repiquées par la méthode des stries, puis incubées à l'étuve à 37°C pendant 18 à 24 heures afin d'obtenir une culture jeune et des colonies isolées. Ces dernières ont servi à préparer l'inoculum (Moroh et al, 2008).
- **Préparation de l'inoculum :** l'inoculum bactérien a été préparé à partir de colonies de moins de 24 h en bouillon Mueller Hinton (BMH). Une colonie isolée de la culture bactérienne de chaque espèce utilisée a été prélevée à l'aide d'une anse de platine stérile et homogénéisée dans 10 ml de bouillon nutritif puis portée à l'incubation pendant (3-5) heures à 37°C pour avoir une préculture. Un volume de 0,01 ml ou 0,1 ml ou 1 ml a été prélevé respectivement pour *P. aeruginosa*, *E. coli* et *S. aureus* et a été ajouté à 10ml de BMH stérile. Cette suspension bactérienne réalisée est évaluée à environ 10^6 cellules/ml et constitue la dilution 10^0 ou le l'inoculum pur (Toty et al, 2013).
- **Préparation de la gamme de concentration des extraits végétaux :** la gamme de concentration de l'extrait végétal a été préparée dans sept tubes à essais numérotés de 1 à 7 par la méthode de la double dilution selon une progression géométrique de raison 1/2 (Toty et al, 2013).

- **Inoculation** : dans une série de 8 tubes à hémolyse numérotés de C1 à C8, nous avons introduit 1ml de BMH concentré deux fois déjà contaminé par le germe à tester. Ensuite nous avons ajouté dans ces mêmes tubes 1ml d'extrait végétal de concentration bien connue selon la gamme de concentrations préparées. Cette répartition d'extrait végétal a été faite de sorte que 1ml d'extrait végétal de 200 mg/ml soit transféré dans le tube C1, le tube C2 a reçu 1 ml de 100 mg/ml ainsi de suite jusqu'au tube C7 qui a reçu 1ml de la solution à 3,1 mg/ml (**Toty et al, 2013**). Le tube C8 recevra, au lieu et à la place de l'extrait végétal, 1 ml d'eau distillée stérile qui va servir de témoin de croissance. Dans chacun des tubes contenant déjà 1 ml d'inoculum, on a ramené la concentration du milieu en extrait végétal à sa moitié. Les sept (7) premiers tubes (de C1 à C7) sont appelés « *tubes expérimentaux* » et le dernier tube (C8) est noté « *tube témoin de croissance ou TC* ». Ces tubes chargés sont incubés à 37°C pendant 24 heures, (**Moroh et al, 2008**). L'expérience devrait être réalisée trois (3) fois.

- **Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)** : la CMI est la plus faible concentration de la substance pour laquelle il n'y a pas de croissance visible à l'œil nu après un temps d'incubation de 18 à 24 h. Sa détermination a été faite par observation du trouble induit par la croissance des germes étudiés dans chaque tube. La CMI a été la plus petite concentration pour laquelle il n'y a pas eu de trouble observé à l'œil nu (**Toty et al, 2013**).

Chapitre N°2
Résultats et discussion

1. Criblage phytochimique

➤ Sur extrait brut et méthanolique

Les tests phytochimiques qui ont été réalisés sur l'extrait brut et méthanolique de la partie aérienne (les feuilles) des deux plantes « *Aloe barbadensis Miller* » et « *Aloe saponaria Ait* », ont permis de mettre en évidence la présence de certains groupes de métabolites secondaires et l'absence d'autres. Les résultats sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 07: Le criblage phytochimique de l'extrait brut et méthanolique d'*Aloe barbadensis Miller* et d'*Aloe saponaria Ait*.

Groupes chimiques	Espèces Réactifs	Extrait brut		Extrait méthanolique	
		<i>Aloe barbadensis Miller</i>	<i>Aloe saponaria Ait</i>	<i>Aloe barbadensis Miller</i>	<i>Aloe saponaria Ait</i>
Flavonoïdes	HCl + Mg	+	+	-	-
Tanins	FeCl ₃	+	+	+	+
Alcaloïdes	Réactif de Mayer	+	+	+	+
	Réactif de Wagner	+	+	+	+
Saponosides	Eau distillée chaude	-	-	-	-
Coumarines	NH ₄ OH à 10%	-	-	-	-
Anthraquinones libres	NH ₄ OH à 20%	-	+	-	+

(-) : Indique l'absence , (+) : Indique la présence

Les résultats du criblage phytochimique réalisé sur l'extrait brut de *l'Aloe barbadensis Miller* et de *l'Aloe saponaria Ait*, ont révélé la présence des flavonoïdes, des tanins et des alcaloïdes dans les deux plantes étudiées. Nous avons remarqué avec intérêt, que les anthraquinones sont présentes dans *l'Aloe saponaria Ait*. Par contre, nous avons enregistré une absence totale de ces principes actifs dans *l'Aloe barbadensis Miller*. Il a été remarqué également l'absence des saponosides et des coumarines dans la composition des deux plantes.

Ces résultats sont en accord avec ceux de **Bruneton (1999)** qui a montré la présence et l'absence des mêmes groupes chimiques dans *l'Aloe vera* et dans une autre espèce d'*Aloès (l'Aloe arborescens)*, mais contrairement à nos résultats, il a été remarqué que ces plantes présentaient une forte teneur en saponosides.

Les résultats obtenus pour l'extrait méthanolique de chaque plante était identique aux résultats trouvés sur l'extrait brut de ces dernières. Cependant, il a été remarqué une absence totale des flavonoïdes. Contrairement à nos résultat, **Issoufou et al, (2019)** ont montré la présence des saponosides et stérols; et l'absence de tanins. La présence de ces métabolites secondaires au niveau des plantes étudiées explique leur fort pouvoir thérapeutique et leur large utilisation en médecine traditionnelle.

2. Étude de l'activité antibactérienne

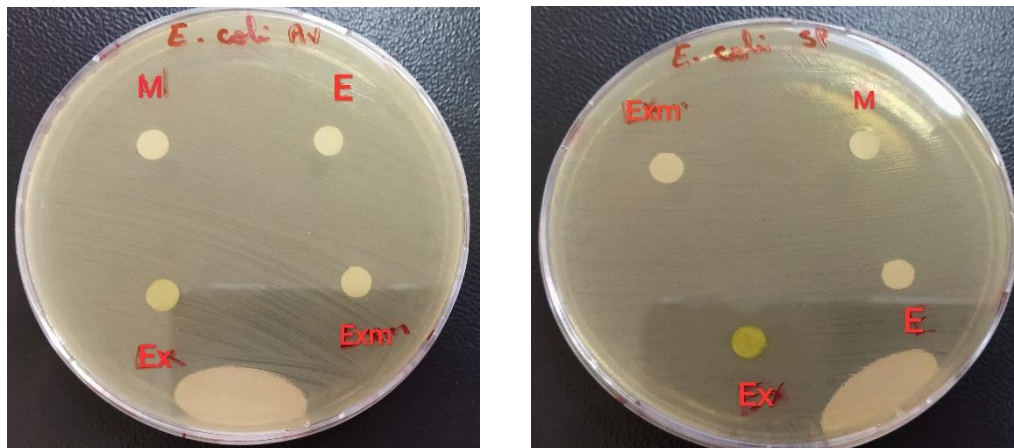
2.1-*Escherichia coli*

Selon le **tableau 08** et les **figures 11 et 12**, nous remarquons avec intérêt que les extraits testés n'ont eu aucun effet sur *Escherichia coli*. Cette même constatation a été retrouvée par **Agarry et al, (2005)** qui expliquent l'absence d'effet de l'*Aloès* sur cette bactérie par la présence excessive de l'eau au niveau de la plante (elle constitue plus de 99%) par rapport aux autres composés actifs (faibles concentrations).

Cependant, Nous avons remarqué que cette bactérie manifeste une forte sensibilité vis-à-vis des antibiotiques utilisés (Amoxicilline, Nitrofurantoïne, Chloramphénicol et Gentamicine) avec un diamètre d'inhibition respectif de 10mm, 18mm, 23mm et 23mm.

Tableau 08: Les diamètres d'inhibitions des extraits et des antibiotiques testés sur *E. coli*.

Les extraits d' <i>Aloès</i> et les antibiotiques	Sensibilité	Inhibition Ø (mm)
Extrait brut d' <i>Aloe barbadensis Miller</i>	Résistante	00
Extrait méthanolique d' <i>Aloe barbadensis Miller</i>	Résistante	00
Extrait brut d' <i>Aloe saponaria Ait</i>	Résistante	00
Extrait méthanolique d' <i>Aloe saponaria Ait</i>	Résistante	00
Eau distillée	Résistante	00
Méthanol	Résistante	00
AMX ²⁵ : Amoxicilline	Sensible	10
F ³⁰⁰ : Nitrofurantoïne	Très sensible	18
C ³⁰ : Chloramphénicol	Extrêmement sensible	23
GEN ¹⁰ : Gentamicine	Extrêmement sensible	23



A- Aloe barbadensis Miller

B- Aloe saponaria Ait

(**Ex**: extrait brut; **Exm**: extrait méthanolique ; **M**: méthanol ; **E**: Eau distillé)

Figure 11: Effet des extraits des plantes étudiées sur *E. coli*

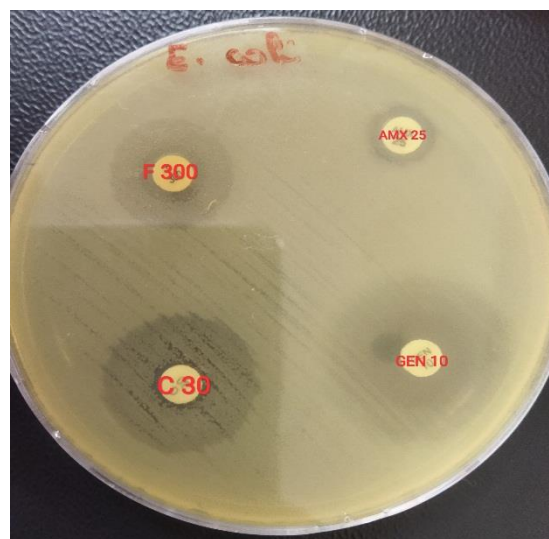


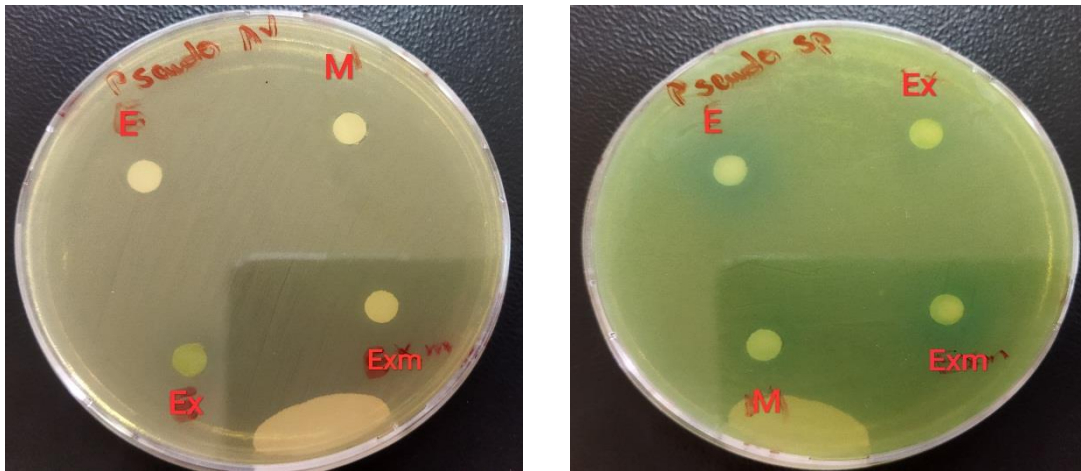
Figure 12: Antibiogramme de la souche *E. coli*

2.2-*Pseudomonas aeruginosa*

Les résultats représentés sur le **tableau 09** et la **figure 13 et 14** montrent que *P. aeruginosa* manifeste une résistance vis-à-vis de tous les extraits de plantes testées. Nos résultats sont accord avec ceux d'**Alamdar et Agaoglu (2009)**, qui ont étudié l'effet antibactérien des feuilles pressées à froid d'*Aloe vera* vis-à-vis de la même souche bactérienne. En ce qui concerne les antibiotiques, *P. aeruginosa* était sensible vis-à-vis de certains (Chloramphénicol, Gentamicine et Erythromycine) avec des diamètres d'inhibitions respectifs de 11mm, 19mm et 22 mm et résistante vis-à-vis d'un seul antibiotique la pénicilline-G.

Tableau 09: Les diamètres d'inhibitions des extraits et des antibiotiques testés sur *P.aeruginosa*

Les extraits d'Aloès et les antibiotiques	Sensibilité	Inhibition Ø (mm)
Extrait brut d' <i>Aloe barbadensis Miller</i>	Résistante	00
Extrait méthanolique d' <i>Aloe barbadensis Miller</i>	Résistante	00
Extrait brut d' <i>Aloe saponaria Ait</i>	Résistante	00
Extrait méthanolique d' <i>Aloe saponaria Ait</i>	Résistante	00
Eau distillée	Résistante	00
Méthanol	Résistante	00
P ¹⁰ : Pénicilline-G	Résistante	7
C ³⁰ : Chloramphénicol	Sensible	11
GEN ¹⁰ : Gentamicine	Très sensible	19
E ¹⁵ : Erythromycine	Extrêmement sensible	22



A- Aloe barbadensis Miller

B- Aloe saponaria Ait

(**Ex**: extrait brut; **Exm**: extrait méthanolique ; **M**: méthanol ; **E**: Eau distillée)

Figure 13: Effet des extraits des plantes étudiées sur *P.aeruginosa*

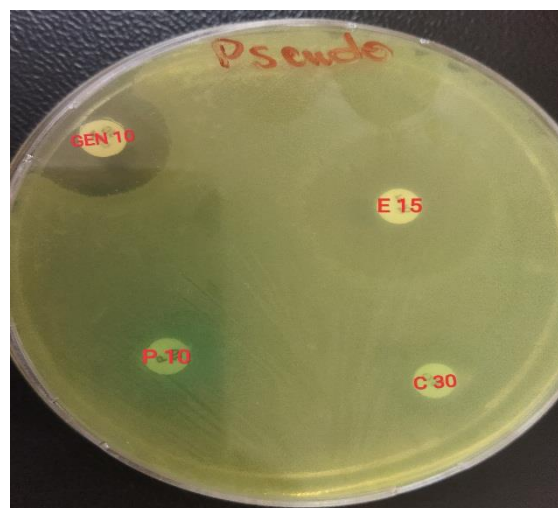


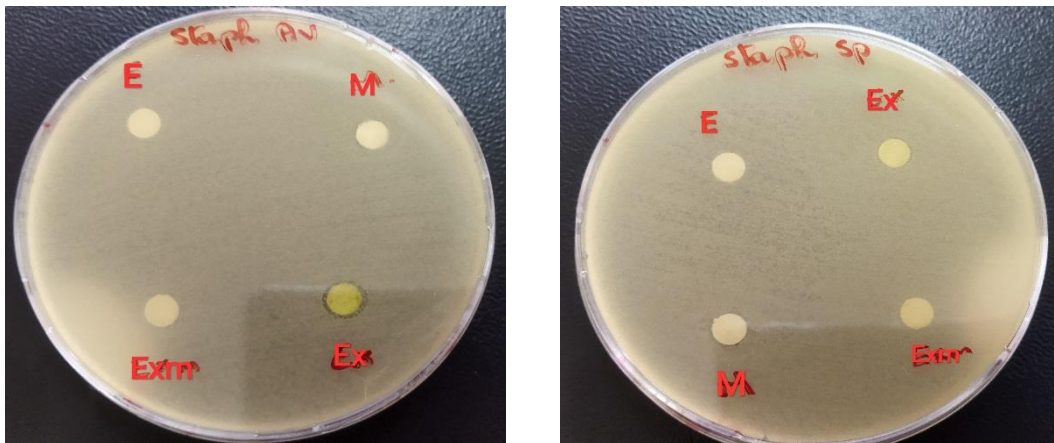
Figure 14: Antibiogramme de la souche *P.aeruginosa*

2.3-Staphylococcus aureus

Les résultats représentés sur le **tableau 10** et les **figures 15 et 16** montrent que cette souche présente une faible sensibilité vis-à-vis de l'extrait brut d'*Aloe babandansis* Miller avec une auréole d'inhibition de 9 mm en comparaison avec les témoins négatifs (eau distillée stérile et méthanol) et une résistance vis-à-vis des autres extraits (zone d'inhibition faible de l'extrait brut de l'*Aloe saponaria* Ait 7mm). Ces résultats sont en accord avec ceux de **Bukharis et al, (2017)** qui ont testé l'activité antibactérienne d'Aloès en notant une zone d'inhibition de l'ordre de 8mm avec la même souche. Ils concorderaient également avec ceux d'**Antonisamy et al, (2012)** qui ont testé l'extrait brut d'*Aloe vera* sur plusieurs souches bactériennes dont *S. aureus* avec une zone d'inhibition de 10mm. Des résultats inverse par rapport aux notre ont été décrits par **Agarry et al, (2005)**. D'après nos résultats on constate qu'aucune activité antibactérienne n'a été détectée pour l'extrait méthanolique des deux plantes . Ce résultat est en accord avec celui d'**Alkhail (2005)**. D'après ces résultats on peut dire que l'extrait brut renfermerait un principe actif antibactérien ou une combinaison de principes actifs (synergie) qu'on ne retrouve pas dans l'extrait méthanolique. Selon nos résultats précédents sur le criblage phytochimique des deux extraits des deux plantes, nous avons constaté l'absence de flavonoïdes, ce qui pourrait expliquer la différence entre l'activité antibactérienne des deux types d'extraits de plantes. D'après la littérature, les flavonoïdes présenteraient une grande activité antibactérienne **Djahra et al, (2012)** Selon **Grun-thomas (1998)** le pouvoir antibactérien de l'ail qui est du même ordre que l'Aloès, peut être dû à la présence de plusieurs substances biologiques actives comme l'allicine et d'autres dérivés hydrophiles.

Tableau 10: Les diamètres d'inhibitions des extraits testés et des antibiotiques chez *S.aureus*.

Les extraits d' <i>Aloès</i> et les antibiotiques	Sensibilité	Inhibition Ø (mm)
Extrait brut d' <i>Aloe Barbadansis</i> Miller	Sensible	9
Extrait méthanolique d' <i>Aloe Barbadansis</i> Miller	Résistante	00
Extrait brut d' <i>Aloe saponaria</i> Ait	Résistante	7
Extrait méthanolique d' <i>Aloe saponaria</i> Ait	Résistante	00
Eau distillée	Résistante	00
Méthanol	Résistante	00
VA ³⁰ : Vancomycine	Extrêmement sensible	22
K ³⁰ : Kanamycine	Extrêmement sensible	24
GEN ¹⁰ : Gentamicine	Extrêmement sensible	29
E ¹⁵ : Erythromycine	Extrêmement sensible	27



A- Aloe Barbadensis Miller

B- Aloe saponaria Ait

(**Ex:** extrait brut; **Exm:** extrait méthanolique ; **M:** méthanol ; **E:** Eau distillé)

Figure 15: Effet des extraits des plantes étudiée sur la souche *S.aureus*.

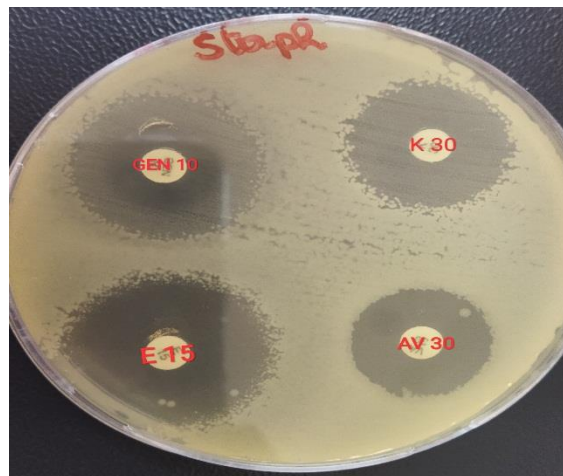


Figure 16: Antibiogramme de la souche *S.aureus*.

3. Concentration minimale inhibitrice (CMI)

Les résultats de la concentration minimale inhibitrice de l'extrait brut des deux plantes étudiées sur la souche *S.aureus* (la seule souche sensible) ont montré (**annexe**) que cette dernière était de 200 mg/ml ; c'est-à-dire la première concentration des dilutions décroissantes des extraits de plantes utilisées dans la méthode de double dilution. Nous constatons selon ce résultat que la CMI est élevée ce qui signifie qu'il faudrait une grande concentration d'Aloès pour inhiber cette bactérie. Ceci pourrait être expliqué par la faible concentration des principes actifs de l'Aloès par rapport à son pourcentage en eau.

Conclusion et

Perspectives

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

L'Aloès représente l'un des trésors de notre patrimoine végétal utilisé traditionnellement qui possède des propriétés phytothérapeutiques, alimentaires et cosmétiques très importantes.

Le criblage phytochimique de deux espèces d'Aloès « *Aloe barbadensis Miller* » et « *Aloe saponaria Ait* » au niveau de l'extrait brut a dévoilé la présence des flavonoïdes, des tanins catéchiques, des alcaloïdes et l'absence totale des saponosides, et des coumarines. Cependant, il a montré l'absence de flavonoïdes dans l'extrait méthanolique.

L'extrait brut de l'*Aloe barbadensis Miller* et l'*Aloe saponaria Ait* exerce une activité antibactérienne très faible contre *Staphylococcus aureus* avec un très faible pouvoir inhibiteur (zones d'inhibitions respectives de 9 mm et 7 mm). Par contre l'extrait méthanolique des deux plantes ne montre aucune activité antibactérienne contre les trois souches testées (*S.aureus*, *E.coli*, *P.aeruginosa*).

La concentration minimale inhibitrice (CMI) contre la souche *Staphylococcus aureus* (la seule souche sensible aux extraits bruts des deux plantes) est très élevée et est située autour 200mg/ml.

Sachant que notre pays possède une biodiversité immense dont chaque plante se caractérise par un réservoir assez important de métabolites secondaires avec des caractéristiques thérapeutiques et pharmacologiques particulières qui demandent d'être exploitées par des recherches, de cet effet, et comme perspectives on propose de :

- réaliser une étude phytochimique approfondie qui consiste en l'identification et la caractérisation des composés actifs par des techniques chromatographiques et spectrales.
- réaliser une étude quantitative pour déterminer les quantités de chaque métabolite secondaire existant au niveau des plantes.
- Isoler les molécules bioactives et tester individuellement ou en combinaison leur activité antibactérienne.

Résumé

Résumé

Les *Aloès* sont des plantes célèbres depuis l'antiquité, utilisées pour leurs propriétés médicinales et cosmétiques. Afin de vérifier l'activité antibactérienne de ce genre de plante, notre choix a porté sur les deux espèces les plus courantes en Algérie : *Aloe barbadensis* Miller (*Aloe vera*) procuré de la région d'Annaba et *Aloe saponaria* Ait récolté de la région de Guelma. L'étude phytochimique de l'extrait brut de ces plantes a révélé la présence des flavonoïdes, des tanins catéchiques, des alcaloïdes et l'absence totale des saponosides et des coumarines. Par contre, il a révélé l'absence des flavonoïdes au niveau de l'extrait méthanolique. L'effet antibactérien de deux extraits différents (brut et méthanolique) des feuilles des deux plantes étudiées a été testé sur trois souches bactériennes potentiellement pathogènes : *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*. Les résultats montrent une faible activité antibactérienne de l'extrait brut d'*Aloe barbadensis* Miller et d'*Aloe saponaria* Ait uniquement contre l'isolat de *Staphylococcus aureus*. Cependant, aucun effet n'a été remarqué avec l'extrait méthanolique des deux plantes. D'après nos résultats, la concentration minimale inhibitrice (CMI) de l'extrait brut des deux plantes pour *S. aureus* est élevée et est située autour de 200mg/ml.

Les mots clés : *Aloe barbadensis* Miller, *Aloe saponaria* Ait, l'étude phytochimique, l'activité antibactérienne, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, la concentration minimale inhibitrice.

Résumé

Abstract

Aloes are famous plants since ancient times, used for their medicinal and cosmetic properties. In order to verify the antibacterial activity of this kind of plant, our choice focused on the two most common species in Algeria: *Aloe barbadensis* Miller (*Aloe vera*) obtained from the region of Annaba and *Aloe saponaria* Ait harvested from the region of Guelma. The phytochemical study of the raw extract of these plants revealed the presence of flavonoids, catechic tannins, alkaloids and the complete absence of saponosides and coumarins. On the other hand, it revealed the absence of flavonoids on the methanolic extract. The antibacterial effect of two different extracts (raw and methanolic) of the leaves of the two plants studied was tested on three potentially pathogenic bacterial strains: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*. The results show a weak antibacterial activity of crude extract of *Aloe barbadensis* Miller and *Aloe saponaria* Ait only against the isolate of *Staphylococcus aureus*. However, no effect was noticed with the methanolic extract of the two plants. According to our results, the minimum inhibitory concentration (MIC) is around 200mg / ml for the crude extract of each plant.

Keywords: *Aloe barbadensis* Miller, *Aloe saponaria* Ait, phytochemical study, antibacterial activity, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, minimum inhibitory concentration.

الملخص

يعتبر الصبار من النباتات المشهورة منذ القدم ، وكان يستخدم لخصائصه الطبية و التجميلية. للبحث عن المكونات النشطة النموذجية، قمنا باختبار نوعين من الصبار : *Aloe barbadensis Miller* الذي تم اخذه من ولاية عنابة و *Aloe saponaria* التي تم اخذه من ولاية قالمة. اثبتت التحاليل الكيميائية ان المستخلص الخام لهذه النباتات يحتوي على المواد الاتية: (flavonoïdes, tanines catéchiques, alcaloïdes) و غياب المواد الاتية : (coumarines). من ناحية أخرى ، كشفت عن عدم وجود مركبات الفلافونويد في المستخلص الميثانولي. في عملنا هذا قمنا بتقييم التأثير المضاد للبكتيريا لمستخلص اوراق النباتين و تم اختبارهما على ثلاث سلالات بكتيرية: (*Staphylococcus aureus, Escherichia coli* و *Pseudomonas aeruginosa*). اظهرت النتائج فعالية معنوية مضادة للجراثيم ضد *Staphylococcus aureus* التي تم الحصول عليها من المستخلص الخام لكل من *Aloe barbadensis Miller* و *Aloe saponaria* و لم يتم الحصول على اي تأثير على المستخلص الميثانولي للنباتين. وفقاً لنتائجنا ، يبلغ الحد الأدنى للتركيز المثبط (CMI) حوالي 200 مجم / مل للمستخلص الخام لكل نبات.

الكلمات المفتاحية: صبار *Aloe barbadensis Miller* ، صبار *Aloe saponaria* ، النشاط المضاد للبكتيريا، التحاليل الكيميائية ، بكتيريا *Escherichia coli*، بكتيريا *Staphylococcus aureus*، بكتيريا *Pseudomonas aeruginosa*، الحد الأدنى للتركيز المثبط.

Annexe

1. Solution HCl à 1%

-HCl.....1ml

-Eau distillé.....99ml

1 ml d'HCl sont ajoutés à 99 ml d'eau distillé.

2. Solution FeCl3 à 1 %

- FeCl3.....1g

-Eau distillé.....99ml

1g FeCl3 sont ajoutés à 99 ml d'eau distillé.

3. Solution NH₄OH à 10%

-NH₄OH.....10ml

-Eau distillé.....100ml

10 ml NH₄OH Sont ajoutés à 100 ml d'eau distillé.

4. Solution NH₄OH à 20%

-NH₄OH.....20ml

-Eau distillé.....100ml

20 ml NH₄OH Sont ajoutés à 100 ml d'eau distillé.

5. Les Antibiotiques utilisés :

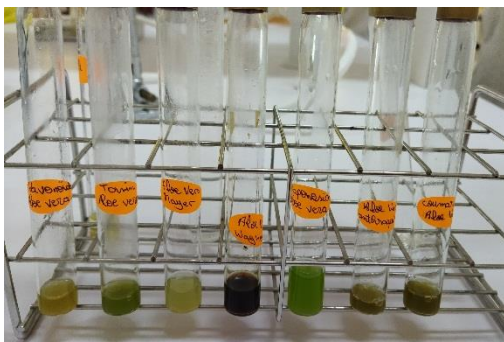
Amoxicilline (AMX25) ; Nitrofurantion (F300) ; Gentamicine (GEN10) ; Pénicilline-G (P10) ; Erythromycine (E15) ; Vancomycine (VA30) ; Kanamycine (K30).

Annexe

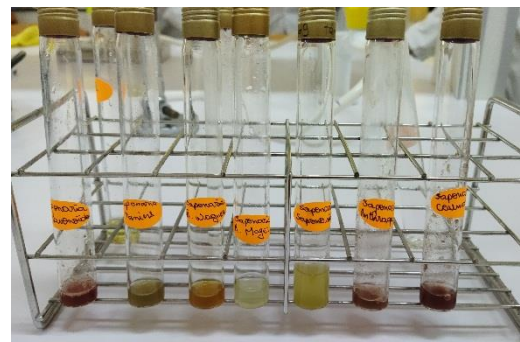
6. Gélose Mueller Hinton (MH)

-Extrait de viande	3g
-Acide hydrolysa de caséine	17g
-Amidan.....	1, 5g
-Agar.....	20g
-Eau distillée :.....	1000mL
-PH	7,2

7. criblage phytochimique



A- *Aloe Barbadensis Mille*



B- *Aloe Saponaria Ait*

Figure : Résultat des Criblage phytochimique sur l'extrait brut.



A- *Aloe Barbadensis Mille*



B- *Aloe Saponaria Ait*

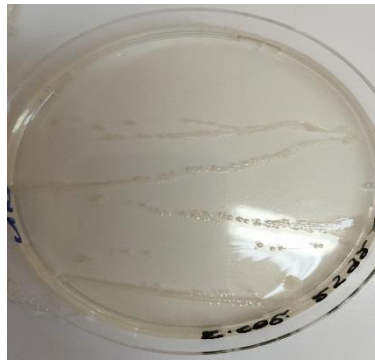
Figure : Résultat des Criblage phytochimique sur l'extrait méthanolique.

Annexe

8. Les souches bactériennes utilisées



Staphylococcus Aureus



Escherichia coli



Pseudomonas aeruginosa

9. Les étapes de l'antibiogramme



La gélose MH coulée
dans les boîtes



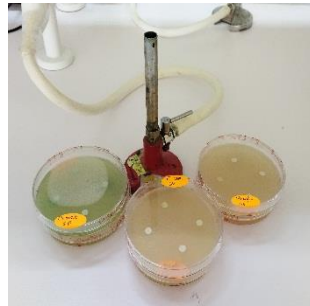
Ensemencées par
l'écouvillon



Dépôt des disques
d'antibiotiques



Dépôt des disques
contenant les
produits à tester



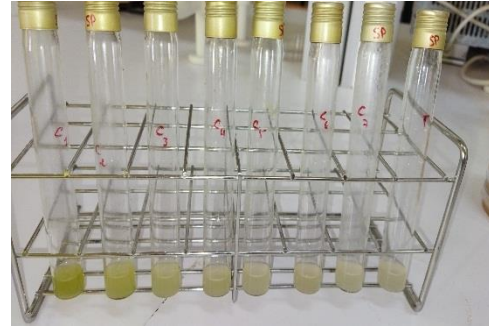
Incubation 24h à 37° C



10. La concentration minimale inhibitrice (CMI)



A- *Aloe Barbadensis Mille*



B- *Aloe Saponaria Ait*

Références

Bibliographiques

Références bibliographiques

A

- **Agarry O., Olaleye M and Bello-Michael C, (2005).** Comparative antimicrobial activities of aloe vera gel and leaf African Journal of Biotechnology Vol. 4 (12), pp. 1413-1414.
- **Alemdar S &Agaoglu S (2009).** Investigation of *in vitro* antimicrobial activity of *Aloe vera* juice.*J Anim.* 8 (1), 99-102.
- **Alkhail A, (2005).** Antifungal activity of some extracts against some plant pathogenic fungi. *Pak. J. Biol. Sci.*, P 413-417.
- **Alvers D., Pérez-Fons L., Estepa A and Micol V, (2004).** Membrane-relates effects underlying the biological activity of the anthraquinones emodin and barbaloin. *Biochem. Pharmacol.* 68,549-561.
- **Aminov R, (2010).** A brief history of the antibiotic era: lessons learned and challenges for the future. *Frontiers in microbiology*, 1, 134.
- **Antonisamy J., Beulah N., Laju R and Anupriya G, (2012).** Antibacterial and antifungal activity of Aloe vera gel extract. *International Journal of Biomedical and Advance Research.* (3): 184-7.
- **Arnnok P., Ruangviriyachai C., Mahachai R., Techawongstien S and Chanthai S, (2012).** Determination of total phenolics and anthocyanin cotents in the pericarp of hot chilli pepper. *International Food Research Journal.* 19(1): 235-243.
- **Arosio B., Gagliano N., Fusaro Lm., Parmeggiani L., Tagliabue J., Galetti P., De Castri D., Moscheni C and Annoni G, (2000).** Aloe-emodin quinone pretreatment reduces acute liver injury induced by carbon tetrachloride. *Pharmacol Toxicol*, 87: 229-233.
- **Atherton P, (1998).**Aloe vera: magic or medicine. *Nursing Standard.* London .Vol 12, N°41, 49-52, 54.

B

- **Benzeggouta N, (2005).** Étude de l'activité antibactérienne des huiles infusées de quatre plantes médicinales connues comme aliments. Mémoire de magister en pharmacologie. Constantine. Université Mentouri de Constantine, 153p.

Références bibliographiques

- **Bhattacharya M., Malik S and Singh A, (2011).** "Aloe vera barbedensis: A review on its Ethano pharmacological value" .J. Pharm. Res **4**: 4507-4510.
- **Boerlin P and White D G, (2006).** Antimicrobial resistance and its epidemiology. In: **Giguère S., Prescott J., Baggot J., Walker R and Dowling P.** Antimicrobial Therapy in Veterinary Medecine, 4th Edition. Blackwell publishing: Ames, p: 27-43.
- **Boumediou A and Addoun S, (2017).** Etude ethnobotanique sur l’usage des plantes toxiques, en médecine traditionnelle, dans la ville de Tlemcen (Algérie). Mémoire de fin d’études pour l’obtention du diplôme de docteur en pharmacie. Université AbouBakr Belkaïd. 130p.
- **Bruneton J, (1999).** ‘Pharmacognosy ; phytochemistry and medicinals plants’, technique, documentation, Pris, ,1119.e.
- **Bryskier A, (1999).** Antibiotiques Agents Antibactériens et Antifongiques. Paris: Ellipses. p55.
- **Bukhari S., Nawaz H., Tariq S and Muneer A, (2017).** In vitro antimicrobial activity of Aloe Vera gel on selected urinary pathogens. University of Health Sciences, Lahore-Pakistan.Biomedica. 33 (1): 40-41.
- **Burte J, (1992).** Le Bon Jardinier, Encyclopedie Horticole. *Edition La Maison Rustique*, 153e edition : 1283-1287. Tlemcen.67p.

C

- **Canevaro S, (2005).** ‘Aloe vera’, page, 96.
- **Chase M and Reveal J, (2009).**A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III .Botanical Journal of thev linnean Society 161:122-127.
- **Choi S and Chung M, (2003).** Une revue sur la relation entre les composants de l’Aloe vera et leurs effets biologiques ; Elsevier. Pages 53-62.
- **Chopra C., Abral B and Handa K, (1960).** ‘Les plantes médicinales des régions arides’, Unesco, p 99.
- **Christaki E and Florou-Paneri P, (2010).** "Aloe vera: A plant for many uses." J Food Agric Environ 8(2): 245-249.
- **Christman S, (2005).** Aloe vera, site florida.com.

Références bibliographiques

D

- **Dagne E., Bisrat, D et al, (2000).**Chimie des espèces d'aloès. Ed: Bentham Science Publishers. Source: Current organic chemistry .Volume 4. Numéro 10.pp. 1055-1078 (24).
- **Dal'Belo S., Gaspar L., Berardo Goncalvess Maia Campos P, (2006).** Moisturising effect of cosmetic formulations containing *Aloe vera* extract in different concentrations assessed by skin bioengineering techniques. *Skin Res. Technol.* 12,241-246.
- **Delarras C, (2007).** Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou de contrôle sanitaire. Technique et documentation. Lavoisier (Editeur), Paris.476p.
- **Denis F., Poly M., Martin C., Bingen E and Quentin R, (2007).** Bactériologie médicale, technique usuelles. Masson, Cedex. p 333-335.
- **Djahra A., Bourjiba O and Benkherara S, (2012).**Activité antibactérienne des flavonoïdes d'une plante médicinalespontanée *Marrubium vulgare L.*de la région de El Tref .*Rev.Sci.Technol,Synthèse* 24 :29-37.
- **Donadiou Y, (2006).** *Aloe Vera* (extrait). Faculté de Médecine De Paris : 14-15-21.
- **Doradiou Y, (1997).** L'aloès pour votre santé. Edition Sant édition, Saint -Laurent-du-var, p 12.
- **Dulger B and Gonuz A, (2004).** Antimicrobial activity of some Turkish medicinal plants. *Pakistan journal of biological sciences.* 7 (9): p1559-1562.

E

- **Esua M and Rauwald J, (2006).** Novel bioactive maloyl glucans from Aloe vera gel: isolation, structure elucidation and in vitro bioassays. *Carbohydr. Res.* 341: P 355-364.
- **Fajardo A., Linares J and Martínez J, (2009).** Towards an ecological approach to antibiotics and antibiotic resistance genes. *Clin Microbiol Infect;* 15 (Suppl. 1): 14-16.
- **Faure S, (2009).** Transfert d'un gène de résistance aux B-lactamines bla.CTX-M-9 entre *Salmonella* et les entérobactéries de la flore intestinale humaine: impact d'une antibiothérapie, Equipe d'accueil: unité Pharmacocinétique-Pharmacodynamie, AFSA Ecole Doctorale : Vie-Agro-Santé.
- **Femenia A., Sanchez E., Simal S and Rosello C, (1999).** Compositional features of polysaccharides from Aloe vera (*Aloe barbadensis Miller*) plant tissues.*Carbohydr. Polym,* 39: 109-117.

Références bibliographiques

- **Foster T, (1996).** Staphylococcus. In: Baron S, editor. Medical Microbiology. 4 thed. Galveston (TX): University of Texas Medical Branch at Galveston. Chapitre 12.
- **Fouché J., Marquet A and Hambuckers A, (2000).** Les plantes médicinales de la plante au médicament .observatoire du monde des plantes sart- tilman. , B77. B-4000 Liège.

G

- **Garnier D, (1992).** Dictionnaire des termes de médecine. Editions Maloine, Paris.
- **Girand J, (1988).** Microbiologie Alimentaire. Dunod p.89-95.
- **Giraud C., Bernard C., Ruer S., et al, (2010).** Biological “glue” and “Velcro”: Molecular tools for adhesion and biofilm formation in the hairy and gluey bug *Pseudomonas aeruginosa*. *Env Microbiol Rep.* 2010; 2: 343–358.
- **Grindlay R and Reynolds T, (1986).** The Aloe vera phenomenon: a review of the properties and modern uses of the leaf parenchyma gel. *J. Ethnopharmacol.* 16(2-3) : p 117-151.
- **Grun T, (1998).** Stéphanie Etude de trois plantes médicinales et condimentaires : l'ail, le safran, le romarin Th. : Pharm. : Nancy 1 : 63. 137 f.

H

- **Hamidi A, (2013).** Etude phytochimique et activité biologique de la plante *limoniastrum guyonianum*. Mémoire de magister. Ouargla : université kasdi merbah, p 86.
- **Hamman J, (2008).** Composition et application du gel de feuille d’Aloe vera. *Molécule* : (13) 8, 1599-1616.
- **Harborne J, (1998).** Phytochemical methods. A guide to modern techniques of plants analysis. Third Edition.25p.
- **Hart T and Shears P, (1997).** *Atlas de poche de microbiologie.* 1er édition. Flammarion Médecine- Sciences. Paris. P71.
- **Helle E, (2006).** Aloe vera : tous les bienfaits pour votre santé et votre beauté .Edition Vigot. Paris, p 8-13.
- **Hennessee O and Cook B, (1989).** Aloe myth-Magic medicine. *Edition Universal Graphics.*

I

- **Issoufou Y., Djibo Alfa K., Idrissa M., Abdoulaye T., Maarouhi I., Pirat J., Tilman M and Ouamba JM, (2019).** Caractérisation phytochimique et activité larvicide d'extraits bruts de plantes issues de la pharmacopée traditionnelle du niger sur les larves d'*Anopheles gambiae s.l.* European Scientific Journal. Edition Vol.15, No.12.p30-51.

J

- **Joachim L and Christiane N, (2008).** Adapté d'*Aloe vera* : guérir, soigner et lutter contre le Vieillissement Traitement Naturel, p 5-6.
- **Joly B and Reynaud A, (2002).** Entérobactéries systématique et méthodes de diagnostic. Edition DOC et Edition médicales Inter Nationales. Paris. 356P.

K

- **Kaper J., Nataro J and Mobley H, (2004).** Pathogenic Escherichia coli. Nat. Rev. Microbiol. 2:123-140.
- **Khiati M, (1998).** Guide des maladies infectieuses et parasitaires. OPU, Alger.
- **Klein, A, (2012).** Jean-Paul Vuillemin (1861-1932): l'inventeur nancéien du concept d'antibiotique. Le Pays lorrain, 55-60.
- **Koubladji A, (2019).** Etude phytochimique du gel d'une Aloès et sa valorisation dans la phytothérapie et le bio cosmétique. Mémoire fin d'étude du diplôme de master. Blida. p : 07.

L

- **Laarem M., Barguigua A., Nayme K., Akilas A., Zerouali K., El Mdaghri N. and Timinouni M, (2017).** Occurrence of plasmid-mediated quinolone resistance and virulence genes in avian Escherichia coli isolates from Algeria. J Infect Dev Ctries11 (2):143-151.

Références bibliographiques

- **Langmead, L.; Makins, R and Rampton D, (2004).**Anti-inflammatory effects of aloe vera gel in human colorectal mucosa in vitro. *Aliment. Pharmacol. Ther.* 19, 521-527.
- **Lattab A, (2012).** Utilisation des extraits de quelques plantes locales pour lutter contre la résistance de *Pseudomonas aeruginosa* aux antibiotiques. Mémoire de magister. Faculte des sciences de la nature et de la vie. Universite Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem. p:71.
- **Leclerc H., Gaillard J and Simonet M, (1995).** Microbiologie générale, la bactérie et le monde bactérien. Doin Editeurs, Paris.
- **Linden G and Lorient D, (1994).** Biochimie agro-industrielle. Ed. Masson, Paris. 360 p.
- **Liu P, (1974).** Extracellular toxins of *Pseudomonas aeruginosa*. *The Journal of Infectious Diseases.* 130 (0): 94-9.
- **Livermore D, (1995).** β -lactamase mediated resistance: past, present and future, *J.Infect. Dis. Soc.*, 6, 75-83.
- **Loake G and Grant M, (2007).** Salicylic acid in plant defence the players and protagonists. *Current Opinion in Plant Biology*, 10: 466–472.
- **Lowy F, (1998).** Staphylococcus aureus infections. *New England journal of medicine*, 339(8), 520-532.
- **Luciano P and Liébart J.** Microbiologie Biologie des procaryotes et de leurs virus.
- **Luta G and Mcanalley B, (2005).** *Aloe vera*: chemical composition and methods used to determine its presence in commercial products. *Glyco Sci Nutr*, 6(4):1R12.

M

- **Madigan M., Martinko J and Parker J, (1997).** Brock biology of microorganisms. Prentice Hall International Editions, upper Saddle River, New Jersey.
- **Malte, 1999 .** World Health Organization WHO monographs on select .Edition medicinal plants Volume 1,288p.
- **Mehta I, (2017).** History of *Aloe Vera*, Department of History Kumaun University, Nainital, Uttarakhand (India). *Journal of humanities and social science (IOSR-JHSS)*. 22 (8): 21-24.
- **Michelin L, (2012).** La composition de l'*Aloe Vera* : que contient la feuille d'*Aloe Vera* ?, p 52.

Références bibliographiques

- **Moreira L and Filho E, (2008).**An overview of mannan structure and mannan-degrading enzyme systems. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **79**: P 165-178.
- **Moroh, J., Bahi C., Dje K., Loukou Y and Guede-guina F, (2008).** Study of the antibacterial activity of *Morinda morindoides* (Baker) milne-redheat (rubiaceae) acetatique extract (ACE) on in-vitro growth of *Escherichia coli* strains. *Bulletin Societe Royale des Sciences Liege*, **77**: 44-61.

N

- **Nandy P., Roy S., Thakur A and Chaudhuri S, (2013).**Comparative study on characterization of three staphylococcal isolates from varied origin.
- **Nauciel C, (2000).**Bactériologie médicale, 3 éme édition. Masson, p.5, 11, 17,21, 35, 45, 55, 65,75.
- **Nauciel Charles et Louis Vildé Jean, (2005).** Livre de Bactériologie médicale *Staphylococcus aureus*. 2èmeEd. Masson, Paris. P: 5, 10, 77,141.
- **Nicklin K., Graeme C., Paget T and killington R, (2012).** L'essentiel en microbiologie, page 101-102.
- **Ni Y.; Tizard I, (2004).**Analytical methodology: the gel analysis of aloe pulp and its derivatives. Reynolds, T., Ed.; CRC Press: Boca Raton, 111-126.

O

- **Ogston A, (1984).** "On Abscesses". *Classics in infectious diseases. Rev. Infect. Dis.* **6** (1), pp.122-128.

P

- **Parekh J and Chanda S, (2007).** In vitro antimicrobial activity and phytochemical analysis of some Indian medicinal plant. *Turkish journal of biology*, **31**: 53-58.
- **Patzer J., Dzierzanowska D and Turner P, (2008).**Trends in antimicrobial susceptibility of Gram-negative isolates from a pediatric intensive care unit in Warsaw: results from the Mystic program (1997–2007). *Journal of Antimicrobial Chemotherapy.* **62**: 369–375.
- **Perrot E, (1944).**Matières premières usuelles du règne végétal thérapeutique-hygiène industrie. Tome II. Volume 1, Masson et Cie, Paris.

Références bibliographiques

- **Perrot. E and R Paris, (1971).**Les plantes médicinales. Tome 1, Ed. Presses universitaires de France, p.9, 118.
- **Pharmacopée française, (2005).** Liste des plantes médicinales 2005. Xème Edition, Paris, Collection Agence du médicament, 84 p.
- **Pocidalò JJ, (1989).**Des infections d'origine microbiennes ou virale. In: Briss et C et Stouffl et J (Directeurs) Santé et médecine, l'état des connaissances et des recherches. Editions La découverte, Inserm, Orstom.
- **Prescott L., Harley J and Klein D, (2003).**Microbiologie. 2ème édition de Boeck Université. Bruxelles P : 612-616, 661.

R

- **Rota M., Herrera A., Martinez R., Soto Mayor J and Jordán M, (2008).**Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* and *Thymus hyemalis* essential oils. Food control, 19: 681-687.

S

- **Sanghi, S, (2015).** "Aloe Vera: A medicinal herb". International. Journal of Research – Granthaalayah, Vol. 3, No. 11: 32-34.
- **Savard P, (2003).**Caractérisation structurale et dynamique de la bêta-lactamase TEM-1 de la bactérie *Escherichia coli* par RMN liquide, philosophai doctor de biochimie et de microbiologie, Faculté des Sciences et de Génie. Université Laval, Québec, p224.
- **Sharma A and Pégu A, (2019).** Avis sur l'Aloe Vera. Journal international des tendances de la recherche et du développement scientifiques. Numéro : 4.e-ISSN : 2456 – 6470.p 35-40.
- **Schmelzer G and Gurib F, (2008).**Ressources végétales de l'Afrique Tropicale 11(1), *Plantes médicinales 1, Fondation PROTA*, 2008, p.94-95.
- **Schweizer M, (2012).** Aloès, la plante qui guérit. *Apophtegme*, p 22.
- **Schweizer M, (2001).** Aloès la plante qui guérit tout. p 103.
- **Stover G, Drake D and Montie T, (1983).**Virulence of different *Pseudomonas* species in a burned mouse model: tissue colonization by *Pseudomonas cepacia*. Infection and Immunity, 41(3): 1099-1104.

T

- **Talmadge, J., Chavez, J., Jacobs, L., Munger, C., Chinnah, T., Chow, J.T., Williamson, D and Yates, K, (2004).**Fractionation of *Aloe vera* L. inner gel, purification and molecular profiling of activity. *Int. Immunopharmacol.* 4, P 1757-1773.
- **Tille P, (2004).**Diagnostic microbiology de Bailey and Scott. 13th ed. Mosby Elsevier. Inc.1056p.
- **Toty A., Guessennd N., Bahi C., Kra A., Otokore D and Dosso M, (2013).**Évaluation *in-vitro* de l'activité antibactérienne de l'extrait aqueux de l'écorce de tronc de *Harungana madagascariensis* sur la croissance de souches multi-résistante. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, p : 12 – 21.

U

- **Universalis Encyclopedia (CD), 2006.**

V

- **Vitko N and Rachardson A, (2013).**Laboratory Maitenance of Methicilin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA).In: Coico R, Kowalik T, Quarles J, Stevenson B, Taylor R, editors. *Current Protocols in Microbiology* .Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.

W

- **Wang W., Cuyckens F.,Van Den Heuvel E., Steenkamp V.,Stewart M., Apers S, Pieters L., Luyckx V and Claeys M, (2003).**Structural characterization of chromone C-glucosides Ina toxic herbal remedy, *Rapid Commun. Mass Spectrom*, 17(1), 49-55.

Références bibliographiques

- **Wichti M and Anton R, (2004).** Plantes thérapeutiques: tradition, pratique officinale, science et thérapeutique 2^{ème} édition.
- **Willcox M, (2007).** Pseudomonas aeruginosa infection and inflammation during contact lens wear. Optometry and Vision Science: Official Publication of the American Academy of Optometry. 84(4), 273-278.
- **Wittiam and Hopkins G, (2003).** Physiologies végétale. 2^{eme} edition. P 269-280.

γ

- **Yagi A., Egusa T., Arase M and Tsuji H, (1997).** Isolation and characterization of glycoprotein formation with a proliferation-promoting activity on human and hamster cells *in vitro* from Aloe vera gel. Planta Med 63: P 18-21.