



Université Constantine 1 Frères Mentouri  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة قسنطينة 1 الإخوة منتوري  
كلية علوم الطبيعة والحياة

Département : Biologie Appliquée

قسم : بيولوجيا تطبيقية

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master et de l'obtention du  
diplôme Startup dans le cadre de l'arrêté ministériel 1275

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologie

Spécialité : Biotechnologie et Biothérapie

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

---

**Evaluation de l'activité biologique *in vitro* et de la toxicité *in vivo* d'une plante de la  
famille des Aloeaceae : développement d'une pommade hydratante à base de cette  
plante**

---

Présenté par : Boudierda Amani

Le : 22/06/2025

Jury d'évaluation :

Président : Benchiheub Meriem (MCA- UFM. Constantine 1)

Encadrant : Bellil Ines (Prof - UFM. Constantine 1)

Co-Encadrant : Bouaoune Zakarya (MCA- UFM. Constantine 1)

Examineur : Cherfia Radia (MCB - UFM. Constantine 1)

Représentant de l'incubateur : Benkahoul Malika (MCA-UFM. Constantine 1)

Représentant du CDE : Kassah Laouar Mounia (MCA- UFM. Constantine 1)

Représentant du CATI : Bouhalouf Habiba (MCB- UFM. Constantine 1)

Année universitaire  
2024 – 2025

## Remerciements

Avant tout, **je rends grâce à Allah**, pour m'avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires à la réalisation de ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à **madame Bellil Ines**, mon encadrante, pour son encadrement attentif, ses conseils pertinents et son accompagnement tout au long de ce mémoire. Mes sincères remerciements vont également à **monsieur Bouaoune Zakarya**, co-encadrant de ce travail, pour sa disponibilité, et son soutien constant.

Je remercie également **les membres du jury**, pour l'honneur qu'ils me font en évaluant ce travail.

Mes remerciements s'adressent aussi à toute **l'équipe du laboratoire de recherche GBBV**, pour leur accueil chaleureux, leur aide technique et leur collaboration tout au long de mes travaux pratiques.

Enfin, je souhaite adresser une mention toute particulière et pleine de reconnaissance à **madame Benouchenne Djamila** et **monsieur Bahri El Aid**, pour leurs soutien, encouragements et leurs aide précieuse à différents niveaux de ce travail.

À toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réussite de ce mémoire, merci du fond du cœur.

## **Dédicace**

À la mémoire de mon père Mohamed, que Dieu ait son âme.  
Ton absence est grande, mais ton souvenir m'accompagne à chaque étape.

**À ma chère mère Souad,**  
pour son amour inconditionnel, ses prières, sa patience et son soutien tout au long de ce  
parcours.  
Merci du fond du cœur.

**À mes sœurs Amira et Sara,**  
pour leur présence réconfortante, leurs encouragements et leurs confiance en moi.

À tous ceux qui m'ont soutenue de près ou de loin,  
je vous dédie ce mémoire avec respect et reconnaissance.

**Amani**

## Table des matières

Table des matières .....	i
Liste des figures.....	iv
Liste des tableaux .....	vi
Liste des abréviations .....	viii

Introduction générale .....	1
-----------------------------	---

### Chapitre 1 : Présentation de la plante *Aloe vera* (L) Burn. F

1.1. Généralité .....	3
1.2. Nomenclature.....	3
1.3. Classification .....	3
1.3.1. Classification selon Cronquist.....	3
1.3.2. Classification selon APG .....	4
1.4. Description.....	4
1.5. Origine et culture de la plante.....	6
1.6. Morphologie et partie d ' <i>Aloe vera</i> .....	6
1.7. Application et utilisations .....	7

### Chapitre 2 : Métabolites secondaires

2.1. Généralité.....	9
2.2. Le métabolisme primaire .....	9
2.3. Le métabolisme secondaire.....	9
2.4. Les métabolites secondaires.....	10
2.5. Effets des métabolites secondaires.....	10
2.6. Classification des métabolites secondaires .....	11
2.6.1. Les composés phénoliques .....	11
2.6.1.1. Polyphénols simples.....	12
2.6.1.2. Polyphénols complexes .....	14
2.6.2. Les terpénoïdes et les stéroïdes .....	16
2.6.3. Alcaloïdes .....	17
2.7. Métabolites secondaires d ' <i>Aloe vera</i> .....	18

### **Chapitre 3 : Activités biologiques réalisées *in vivo* et *in vitro***

3.1. Le SPF (Sun protection factor) .....	20
3.2. L'activité antibactérienne .....	21
3.2.1. Les espèces bactériennes .....	21
3.2.2. Les méthodes de diffusion .....	23
3.3. La toxicité .....	25
3.3.1. Les formes de la toxicité .....	26
3.3.2. La dose létale (DL50) .....	27
3.3.3. L'espèce animal .....	27
3.4. La peau.....	29
3.4.1. Structure de la peau .....	29
3.5. Hydratation et soin de la peau.....	30
3.6. Crème hydratante à base d' <i>Aloe vera</i> .....	30

### **Chapitre 4 : Matériels et méthodes**

4.1. Matériel végétal.....	31
4.1.1. Le choix de la plante .....	31
4.1.2. Conservation du matériel végétal .....	32
4.2. Préparation des extraits .....	32
4.2.1. Le broyage .....	32
4.2.2. La macération.....	32
4.2.3. La filtration .....	34
4.2.4. L'évaporation .....	34
4.3. Calcul du rendement d'extraction (R%) .....	35
4.4. Le criblage phytochimique .....	36
4.5. Dosage des polyphénols .....	37
4.6. Dosage des flavonoïdes .....	39
4.7. Calcul du SPF (Sun protection factor).....	41
4.8. L'activité antibactérienne .....	43
4.8.1. Stérilisation du milieu de travail .....	43
4.8.2. Les souches bactériennes .....	44
4.8.3. Préparation de l'inoculum.....	45
4.8.4. Les milieux de culture.....	46
4.8.5. L'antibiotique.....	47
4.8.6. Préparation des échantillons.....	47

4.8.7. Méthode de diffusion en puits .....	48
4.8.8. Méthode de diffusion sur disques .....	49
4.9. Test de toxicité .....	50
4.9.1. Modèles animaux utilisés .....	51
4.9.2. Répartition des lots.....	51
4.9.3. Préparation des doses testées.....	52
4.9.4. L'administration des doses.....	53

## **Chapitre 5 : Résultats et discussion**

5.1. Détermination du rendement d'extraction .....	54
5.2. Le criblage phytochimique .....	55
5.3. Le dosage des polyphénols .....	63
5.4. Le dosage des flavonoïdes .....	65
5.5. Calcul du SPF (Sun protector factor).....	67
5.6. L'activité antibactérienne.....	69
5.6.1. Méthode de diffusion en puits .....	69
5.6.2. Méthode de diffusion sur disque .....	70
5.6.3. La sensibilité des bactéries .....	73
5.7. Test de toxicité.....	75
Conclusion et perspectives.....	82
Références bibliographiques	
Résumé	

## Liste des figures

• <b>Figure 01</b> : Plante d' <i>Aloe vera</i> .....	4
• <b>Figure 02</b> : La fleur d' <i>Aloe vera</i> .....	5
• <b>Figure 03</b> : Les grains d' <i>Aloe vera</i> .....	5
• <b>Figure 04</b> : Les parties d' <i>Aloe vera</i> .....	7
• <b>Figure 05</b> : La structure de phénol .....	11
• <b>Figure 06</b> : Structure d'un acide phénolique .....	12
• <b>Figure 07</b> : Squelettes de base des principaux flavonoïdes .....	13
• <b>Figure 08</b> : Les molécules des alcools phénoliques.....	13
• <b>Figure 09</b> : Structures des tannins .....	14
• <b>Figure 10</b> : Structure chimique des coumarines .....	15
• <b>Figure 11</b> : Structures de quinones.....	15
• <b>Figure 12</b> : Propriétés des polyphénols .....	16
• <b>Figure 13</b> : Structure d'unité isoprène.....	17
• <b>Figure 14</b> : Structures de quelques alcaloïdes .....	18
• <b>Figure 15</b> : La bactérie <i>Escherichia coli</i> en forme de bâtonnet.....	22
• <b>Figure 16</b> : La bactérie <i>Pseudomonas aeruginosa</i> en forme de bâtonnet.....	22
• <b>Figure 17</b> : La bactérie <i>Staphylococcus aureus</i> en forme de coque .....	23
• <b>Figure 18</b> : Représentation schématique de la méthode de diffusion sur disque de Kirby et Bauer.....	24
• <b>Figure 19</b> : Méthode d'obtention des puits sur gélose solide.....	24
• <b>Figure 20</b> : La méthode de diffusion en gradient pour le dosage antimicrobien .....	25
• <b>Figure 21</b> : Une représentation graphique de la DL50 .....	27
• <b>Figure 22</b> : Structure de la peau humaine.....	29
• <b>Figure 23</b> : Plante <i>Aloe vera</i> .....	31
• <b>Figures 24-25</b> : L'extraction du gel d' <i>Aloe vera</i> .....	31
• <b>Figures 26-27</b> : La plante avant et après séchage dans l'étuve.....	32
• <b>Figures 28-29</b> : Macération des 4 extraits pendant 48h à l'aide d'un agitateur orbital ...	33
• <b>Figure 30</b> : Filtration d'une infusion .....	34
• <b>Figure 31</b> : Un rotavapor .....	35
• <b>Figure 32</b> : Séchage des extraits dans l'étuve .....	35

• <b>Figure 33</b> : Les concentrations d'acide gallique.....	38
• <b>Figure 34</b> : Un spectrophotomètre .....	39
• <b>Figure 35</b> : Les concentration de la quercétine.....	40
• <b>Figure 36</b> : Des pommades a un SPF différentes :20,50,60 .....	42
• <b>Figure 37</b> : Manipulation des boites dans la zone stérile.....	44
• <b>Figure 38</b> : Méthode d'ensemencement .....	45
• <b>Figure 39</b> : Incubation des boites de pétries .....	45
• <b>Figure 40</b> : Antibiotique Clamoxyl .....	47
• <b>Figure 41</b> : Ensemencement en strie sur un milieu solide .....	48
• <b>Figure 42</b> : Incubation des boites pétri dans l'étuve (méthode des puits) .....	49
• <b>Figure 43</b> : Incubation des boites de pétri dans l'étuve (méthode des disques) .....	50
• <b>Figure 44</b> : Cage d'hébergement des souris .....	51
• <b>Figure 45</b> : Dilutions d'extrait à l'aide d'un Agitateur rotatif .....	52
• <b>Figure 46</b> : Gavage des souris.....	53
• <b>Figures 47-48</b> : Les résultats relatifs à la détection des composés phénoliques .....	56
• <b>Figures 49-50</b> : Les résultats relatifs à la détection des flavonoïdes.....	58
• <b>Figure 51</b> : Les résultats relatifs à la détection des tannins .....	59
• <b>Figure 52</b> : Les résultats relatifs à la détection des anthocyanines .....	59
• <b>Figure 53</b> : Les résultats relatifs à la détection des coumarines.....	60
• <b>Figure 54</b> : Le résultat relatif à la détection des alcaloïdes.....	61
• <b>Figure 55</b> : Les résultats relatifs à la détection des terpénoïdes.....	62
• <b>Figure 56</b> : Les résultats relatifs à la détection des saponines .....	62
• <b>Figure 57</b> : Les résultats relatifs à la détection des sucres réducteurs.....	63
• <b>Figure 58</b> : La courbe d'étalonnage de l'acide gallique .....	64
• <b>Figure 59</b> : La courbe d'étalonnage de la quercétine.....	65
• <b>Figure 60</b> : Résultats relatifs à la méthode de diffusion en puits.....	69
• <b>Figures 61-62-63</b> : Résultats relatifs à la méthode de diffusion sur disque pour les trois souches bactériennes .....	70
• <b>Figures 64-65</b> : Variation du poids des souris (lots 1 et 2).....	79
• <b>Figure 66</b> : Variation du poids des souris (lot 3).....	80
• <b>Figure 67</b> : Variation du poids des souris (lot 4).....	80



## Liste des tableaux

• <b>Tableau 01</b> : Classification des terpénoïdes sur la base des unité isoprène.....	16
• <b>Tableau 02</b> : Les formes de la toxicité .....	26
• <b>Tableau 03</b> : Critères de la sélection de la souris et le rat.....	28
• <b>Tableau 04</b> : Le poids de la matière végétale et le volume de solvant .....	33
• <b>Tableau 05</b> : Les tests phytochimiques réalisés .....	36
• <b>Tableau 07</b> : Concentration d'acide gallique.....	38
• <b>Tableau 08</b> : Concentrations de la quercétine .....	40
• <b>Tableau 09</b> : (EE x I) normalisée utilisée dans le calcul des données SPF .....	43
• <b>Tableau 10</b> : Préparation des échantillons.....	48
• <b>Tableau 11</b> : Administration des doses selon le poids des souris.....	52
• <b>Tableau 12</b> : Les résultats du rendement d'extraction.....	54
• <b>Tableau 13</b> : Présence des composés phénoliques .....	56
• <b>Tableau 14</b> : Présence et Absence des flavonoïdes .....	57
• <b>Tableau 15</b> : Présence et absence des tannins .....	58
• <b>Tableau 16</b> : Présence et absence des anthocyanines .....	59
• <b>Tableau 17</b> : Présence des coumarines.....	60
• <b>Tableau 18</b> : Présence et absence des alcaloïdes.....	60
• <b>Tableau 19</b> : Présence des Stérol, Stéroïde, Terpénoïdes.....	61
• <b>Tableau 20</b> : Présence des Saponines.....	62
• <b>Tableau 21</b> : Présence des sucres réducteurs .....	63
• <b>Tableau 22</b> : Les mesures de l'absorbance et la teneur en polyphénols totaux.....	64
• <b>Tableau 23</b> : Les mesures de l'absorbance et la teneur en Flavonoïdes .....	66
• <b>Tableau 24</b> : L'absorbance des extraits et les crèmes de référence .....	67
• <b>Tableau 25</b> : Les résultats du SPF.....	67
• <b>Tableau 26</b> : Zones d'inhibitions de la souche bactérienne <i>E. coli</i> .....	71
• <b>Tableau 27</b> : Zone d'inhibition de la souche bactérienne <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	71
• <b>Tableau 28</b> : Zone d'inhibition de la souche bactérienne <i>Staphylococcus aureus</i> .....	72
• <b>Tableau 29</b> : Sensibilité des bactéries contre l'extrait 1 (La plante entière d' <i>Aloe vera</i> )	73
• <b>Tableau 30</b> : Sensibilité des bactéries contre l'extrait 2 (Les feuillets d' <i>Aloe vera</i> ) ...	74
• <b>Tableau 31</b> : Sensibilité des bactéries contre l'extrait 3 (Le jus d' <i>Aloe vera</i> ).....	74

- **Tableau 32** : Sensibilité des bactéries contre l'extrait 4 (Le gel d'*Aloe vera*) ..... 74
- **Tableau 33** : Observations effectuées aux souris durant une période de temps (lot 1) ..... 75
- **Tableau 34** : Observations effectuées aux souris durant une période de temps (lot 2) ..... 76
- **Tableau 35** : Observations effectuées aux souris durant une période de temps (lot 3) ..... 77
- **Tableau 36** : Observations effectuées aux souris durant une période de temps (lot 4) ..... 78

## Liste des abréviations

- VIH : Virus de l'Immunodéficience Humaine.
- ADN : Acide désoxyribonucléique.
- SPF : Sun protection factor.
- FSP : Facteur de protection solaire.
- UV : Ultraviolet.
- UV-A : Ultraviolet A.
- UV-B : Ultraviolet B.
- E. coli : *Escherichia coli*.
- CMI : Concentration minimale inhibitrice.
- E test : Test de diffusion en gradient.
- DL50 : Dose létale 50.
- R : Rendement.
- FeCl<sub>3</sub> : Trichlorure de fer.
- Mg : Magnésium.
- HCl : Acide chlorhydrique.
- NaOH : Hydroxyde de sodium.
- NaCl : Chlorure de sodium.
- SM : Solution mère.
- Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> : Carbonate de sodium.
- CH<sub>3</sub>COOK : Acétate de potassium.
- Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> : Nitrate d'aluminium.
- CF : Facteur de correction.
- EE( $\lambda$ ) : Effet érythématogène du rayonnement à la longueur d'onde  $\lambda$ .
- I( $\lambda$ ) : Intensité de la lumière solaire à la longueur d'onde  $\lambda$ .
- Abs( $\lambda$ ) : Absorbance de la longueur d'onde  $\lambda$  par une solution de la préparation.
- GBBV : Laboratoire de biochimie génétique et biotechnologies végétales.
- DMSO : diméthylsulfoxyde.
- FDA : Food and Drug Administration.
- EAG/g : Grammes d'équivalent acide gallique par gramme.
- EQ/g : Grammes d'équivalent de quercétine par gramme.
- A : Absence.

- P : Présence.
- V : Vivante.
- M : Mort.
- R : Réduit.
- N : Normal.

## **Introduction générale**

## Introduction générale

L'utilisation de produits chimiques dans diverses industries telles que l'industrie pharmaceutiques, l'agroalimentaire et même cosmétique est devenue un problème majeur en raison de leur impact négatif sur la santé. Récemment, de nombreuses maladies se sont propagées, telles que le cancer, les allergies, les maladies cardiaques et même les troubles hormonaux en raison de cette utilisation intensive. Cela s'applique également à l'environnement, car il a connu une augmentation dans le niveau de pollution résultant des produits chimiques.

Il est donc temps de se tourner vers l'utilisation de composés naturels tels que les plantes, ou autrement dit : la phytothérapie.

La phytothérapie c'est l'usage traditionnel des plantes à des fins médicinales. Les plantes sont utilisées depuis des millénaires en ce sens, les hommes découvrant leurs vertus thérapeutiques en les consommant. La phytothérapie est ainsi souvent qualifiée de première médecine du monde.

La palette de plantes utilisées s'est progressivement étoffée. Actuellement, il en existe plusieurs centaines, utilisées pour les soins, le bien-être ou encore la cosmétique et constituent un remède efficace contre certaines maladies (**Marchand,2021**).

L 'Algérie présente une richesse floristique importante. Sa flore est estimée à 3994, le nombre de taxons endémiques est de 464 (387 espèces, 53 sous-espèces et 24 variétés), soit 11.61 % des plantes vasculaires algériennes. Plus de trois quart (77.9%) des taxons endémiques stricts d'Algérie ou sub-endémiques sont des plantes plus ou moins rares en Algérie, les endermiques plus ou moins communes représentent moins du quart du total (**Hamel et al,2013**).

Une des plantes les plus couramment utilisées dans la phytothérapie est l'*Aloe vera*. L'*Aloe vera* (*Aloe vera* (L.) Burn.f.), connue pour ses propriétés thérapeutiques et nutritives, a suscité un intérêt considérable dans les industries agroalimentaire, pharmaceutique et cosmétique. Ses feuilles sont riches en composés bioactifs tels que les polysaccharides, les vitamines et les enzymes, ce qui en fait un ingrédient précieux dans divers produits (**Wangsomboonsiri et al., 2025**).

L'*Aloe vera* est largement utilisé en médecine traditionnelle, et ses propriétés thérapeutiques sont bien documentées dans les textes anciens et les pratiques traditionnelles (**Tang et al., 2025**).

L'objectif principal de ce mémoire est une étude approfondie de la plante *Aloe vera*, une évaluation de leur potentiel d'action biologique afin d'optimiser son utilisation dans la formulation d'une pommade hydratant à base de produits naturelles.

Ce manuscrit est ainsi structuré en quatre chapitres majeurs :

- Chapitre 01 (Présentation d'*Aloe vera*) : est consacré à une étude bibliographique présentant une vue globale sur la plante *Aloe vera*. Il explore différents aspects qui éclairent le choix de cette plante aux propriétés remarquables.
- Chapitre 02 (Les métabolites secondaires) : est dédié pour bien comprendre c'est quoi les métabolites secondaires, leurs classification, structure et rôles, même l'apport de ces biomolécules dans l'*Aloe vera*.
- Chapitre03 (Activités biologiques réalisées *in vitro* et *in vivo*) : est conçu pour expliquer les différentes activités biologiques et le but de les réaliser.
- Chapitre 04 (Matériels et méthodes) : dans ce chapitre, nous nous intéressons à l'étude des extraits d'*Aloe vera in vivo* et *in vitro* afin d'évaluer leur potentiel d'application.
- Chapitre 05 (Résultats et discussion) : est réalisé à fin d'interpréter et discuter les résultats de toute manipulation réalisée et de la comparer avec des résultats précédents.
- Une conclusion et des perspectives sont enfin données.

## **Chapitre 01 : Présentation de la plante *Aloe vera* (L) Burn. F.**



## 1.1. Généralité

Il existe près de 420 espèces d'Aloès présentes dans le monde, mais seules quelques-unes sont utilisées dans la médecine traditionnelle car reconnues pour leurs vertus médicinales.

L'*Aloe vera*, est l'espèce que l'on retrouve dans la quasi-totalité des spécialités commercialisées. Il s'agit également de l'espèce la plus étudiée.

## 1.2. Nomenclature

L'*Aloe vera* a été nommé et décrit par Linné sous le nom de : *Aloe vera* (L.) Burn.f.

Autres noms sont attribués à cette plante : Aloès vrai, Aloès, aloès amer, Mazambron, Aloés de Curaçao, Aloés des Barbades, Aloés vulgaire (**Labbani,2024**).

## 1.3. Classification

L'*Aloe vera* appartient au règne végétal et plus précisément à la famille des plantes succulentes :

### 1.3.1. La classification selon Cronquist (1981) : (Abdellah et al,2022).

- Règne : Plantae.
- Sous-règne : Tracheobionta. (Plantes vasculaires)
- Division : Magnoliophyta. (Angiospermes)
- Classe : Liliopsida. (Monocotylédones)
- Ordre : Asparagales.
- Famille : Asphodelaceae. (Anciennement Liliaceae)
- Genre : *Aloe*.
- Espèce : *Aloe vera*.

### 1.3.2. La Classification selon APG (Angiosperm Phylogeny group) III (2009) :(Abdellah et al,2022).

- Clade : Angiospermes.
- Clade : Monocotylédones.
- Ordre : Asparagales.
- Famille : Xanthorrhoeaceae.
- Sous famille : Asphodeloideae.
- Espèce : *Aloe vera*.

### 1.4. Description

Plante herbacée vivace succulente atteignant 160 cm de hauteur, accolée ou avec une courte tige jusqu'à 30 cm de long, rejetant abondamment et formant des groupes denses. Feuilles au nombre de 16-20 formant une rosette dense, dressées ou légèrement étalées, stipules absentes, pétiole absent, limbe linéaire-lancéolé, de 40-50 cm × 6-7 cm, apex acuminé, bords légèrement rosés, avec des dents solides, de forme deltoïde, de couleur pâle, de 2 mm de long, espacées de 1-2 cm, charnu, la face supérieure plus ou moins plane, vert gris à vert pâle, la face inférieure convexe, jus de la feuille jaunâtre (Figure 01).



**Figure 01 : Plante d '*Aloe vera* (Photo originale)**

Inflorescence : grappe terminale dense de 30-40 cm × 5-6 cm, pédoncule simple ou parfois avec 1-2 ramifications dans la moitié supérieure, de 60-90 cm de hauteur, bractées ovales aiguës, décidues, jusqu'à 1 cm de long. Fleurs bisexuées, régulières, 3-mères, pédicelle d'environ 5 mm de long, péranthre tubuleux, jusqu'à 3 cm de long, renflé autour de l'ovaire, lobes au nombre de 6, les 3 extérieurs aigus, les 3 intérieurs obtus, jaunes, orangés ou rouges, étamines 6, exsertes, ovaire supère, 3-loculaires, à 6 sillons, style filiforme, stigmate capité, exsert (Figure 02).



**Figure 02 : La fleur d'*Aloe vera* (boutique végétale, n.d)**

Fruit : capsule à déhiscence loculicide, contenant de nombreuses graines. Graines d'environ 7 mm de long, brunes, ailées (**Gurib-Fakim,2008**) (Figure 03).



**Figure 03 : Les grains d'*Aloe vera* (Luojuny Red Aloe Vera Seeds, n.d.)**

## 1.5. Origine et culture de la plante

La majorité des espèces d'*Aloe* se trouvent naturellement en Afrique continentale, dans des latitudes tropicales et subtropicales. Le genre est présent presque partout sur le continent africain au sud du désert du Sahara, à l'exception des zones forestières humides de plaine et de l'extrémité occidentale de l'Afrique de l'Ouest (**Reynolds,2004**).

Aujourd'hui, la plante est cultivée en Inde, en Chine, en Amérique du Sud et en Amérique centrale, dans les Caraïbes, en Espagne, au Mexique, en Amérique du Nord – principalement au Texas et en Floride – ainsi que dans d'autres régions tropicales et subtropicales (**Gage,1996**).

L'*Aloe vera* pousse généralement dans les régions semi-arides et n'apprécie pas les conditions extrêmes telles qu'une humidité excessive ou des températures trop élevées. Il préfère des sols sableux ou limoneux, bien drainés, et peut pousser dans des sols pauvres en éléments nutritifs, mais il prospère sur les sols riches. Il peut très bien survivre à la sécheresse, mais n'est pas très résistant au gel. Il survivra malgré tout à une température de 3°C, avec peu de dégâts (**Michayewicz, 2013**).

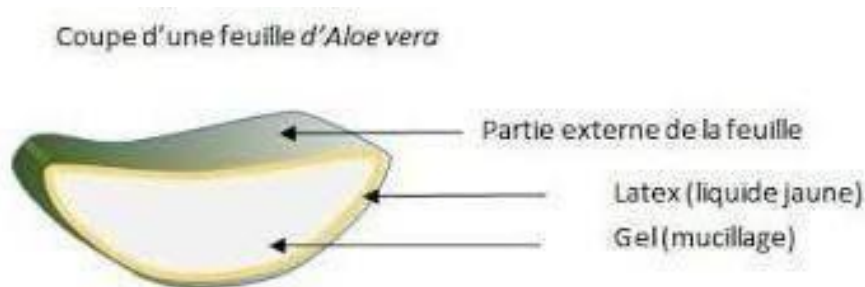
## 1.6. Morphologie et parties d'*Aloe vera*

La hauteur d'une plante d'*Aloe vera* adulte varie de 80 à 100 cm. Les feuilles sont composées de trois couches :

La couche supérieure, appelée écorce, contient le phloème, le xylème et les faisceaux vasculaires qui transportent les nutriments. La couche intermédiaire (latex d'*Aloe vera*), appelée « sève », contient un liquide amer, de couleur jaune. La couche interne, incolore, visqueuse, semi-solide et transparente, est une substance gélatineuse appelée gel d'*Aloe vera* (Figure 04), qui est principalement composé d'eau (98,5 à 99,5 %) et contient environ 75 composants biologiquement actifs.

La plante entière contient d'autres composants actifs, tels que des minéraux, des sucres, des vitamines, des enzymes et des acides aminés. Les composés phytochimiques présents

comprennent des saponines, des tanins et des flavonoïdes, des stérols, des résines, des terpénoïdes, des composés acides... (Ebrahim et al, 2020).



**Figure 04** : Les parties d'*Aloe vera* (Jean,2023)

## 1.7. Applications et utilisations

Les applications et l'utilisations des capacités de guérison de l'aloès ont été démontrées dans le traitement des cancers, des tumeurs, des ulcères, des plaies, des maladies inflammatoires et, plus significativement, des maladies infectieuses comme le VIH et le SIDA. Dans des usages plus traditionnels, les médecins utilisent des crèmes à base d'*Aloe vera* pour soigner les blessures thermiques graves, comme les brûlures et les engelures. Les dentistes emploient des gels d'*Aloe vera* pour réduire l'enflure et l'inflammation des gencives. Les dermatologues comptent sur les produits à l'*Aloe vera* pour aider à éliminer l'acné, et les optométristes trouvent ces produits utiles pour apaiser les inflammations oculaires. Les entraîneurs sportifs professionnels traitent les douleurs musculaires et les entorses de leurs athlètes, ainsi que les abrasions cutanées et les ampoules, avec des produits à base d'*Aloe vera* (Gage,1996).

Récemment, des études pharmacologiques modernes ont établi que l'*Aloe vera* possède diverses propriétés thérapeutiques, telles que des propriétés antimicrobiennes, antivirales, anticancéreuses, antioxydants, anti-inflammatoires, protectrices de la peau, cicatrisantes, ainsi que des propriétés régulatrices de la glycémie et du cholestérol (Gao et al, 2019).

Les entreprises de cosmétiques incorporent l'*Aloe vera* dans les crèmes pour la peau, les savons et les shampooings, non seulement pour ses effets bénéfiques sur la peau et les cheveux, mais aussi pour l'attrait marketing des mots "fait avec de l'aloès" désormais prisés par les

consommateurs. La consommation de jus d'*Aloe vera* est réputée pour avoir des effets thérapeutiques sur l'arthrite, les ulcères, le diabète (**Gage,1996**).

## **Chapitre 02 : Les métabolites secondaires**

## 2.1. Généralité

Une des originalités majeures des végétaux réside dans leur capacité à produire des substances naturelles très diversifiées. En effet, à côté des métabolites primaires classiques (glucides, protides, lipides, acides nucléiques), ils accumulent fréquemment des métabolites dits « secondaires » dont la fonction physiologique n'est pas toujours évidente mais qui représentent une source importante de molécules utilisables par l'homme dans des domaines aussi différents que la pharmacologie ou l'agroalimentaire (**Macheix et al,2005**).

## 2.2. Le métabolisme primaire

Le métabolisme, qui regroupe l'ensemble des réactions chimiques et biochimiques se produisant au sein des cellules d'un organisme est constitué de deux composantes, le catabolisme et l'anabolisme.

Chez les plantes, le métabolisme primaire est commun à la plupart des espèces et organes et concerne les familles des acides nucléiques, des protéines, des lipides mais également des glucides, des sucres phosphorylés, des acides organiques, et des acides aminés. C'est lui qui va fournir les précurseurs et l'énergie nécessaires pour soutenir la croissance et la maturation des plantes (**Roch, 2018**).

## 2.3. Le métabolisme secondaire

Le métabolisme secondaire se définit comme l'ensemble des voies de synthèse de la plante non communes à toutes les plantes supérieures, se différenciant en fonction de leurs appartenances taxonomiques (**Thiéry et al, 2013**).

Il est évident qu'il n'est pas toujours aisé de séparer l'un de l'autre ces deux types de métabolisme, d'autant plus qu'un nombre important de métabolites secondaires (alcaloïdes, terpènes, etc.) dérivent de petites molécules (acides aminés, acide shikimique...) issues du métabolisme primaire. Des choix seront donc nécessaires (**Botineau,2010**).



## 2.4. Les métabolites secondaires

Les métabolites secondaires appartiennent à des groupes chimiques variés (alcaloïdes, terpènes, composés phénoliques...) qui sont très inégalement répartis chez les végétaux mais dont le niveau d'accumulation peut quelquefois atteindre des valeurs élevées.

La notion de «métabolite secondaire» résultait initialement de trois groupes d'observations: d'abord une difficulté à attribuer à ces métabolites une fonction précise dans la physiologie même de la plante, ensuite une répartition très inégale selon les végétaux, quelquefois entre des espèces très voisines ou même entre différentes sous- espèces ou variétés à l'intérieur d'une même espèce, enfin une certaine 'inertie biochimique' car ces substances sont rarement remobilisées dans la plante après qu'elles y ont été accumulées (Macheix et al,2005).

## 2.5. Effets des métabolites secondaires

- Sur Les végétaux, les insectes

Les composés issus de métabolisme secondaire, contrairement à ceux issus du métabolisme primaire, ne sont pas considérés comme des nutriments pour les insectes et les autres organismes vivants en général. Fraenkel (1959) définit le rôle de ces substances comme celui de composés associés à un système de défense des plantes contre les insectes et les autres organismes.

Il est actuellement admis que le métabolisme secondaire est associé non seulement aux mécanismes de résistance des plantes, aux stress biotiques (insectes et micro-organismes), mais également aux stress de l'environnement (ou stress abiotiques) (Thiéry et al, 2013).

- Sur organismes vivants

Du fait du rôle écologique des substances secondaires, Whittaker (1970) propose le terme d'allélochimique pour qualifier ce genre de composés, car ils jouent un rôle anti- nutritionnel affectant la croissance, la survie, le comportement ou la biologie des organismes vivants qui se nourrissent de plantes ou y sont associés (Thiéry et al, 2013).

Bon nombre de ces métabolites secondaires développent des activités pharmacologiques sur l'homme et les animaux. En effet, certains d'entre eux ont donc été sélectionnés au cours de

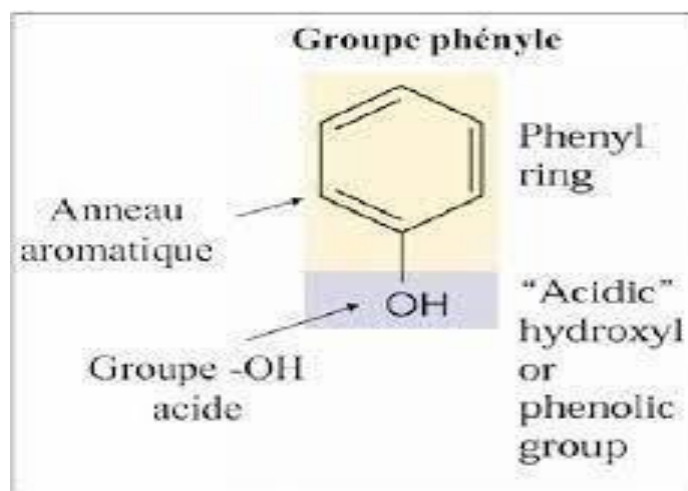
l'évolution comme messagers chimiques, pourvus d'une action sélective sur les récepteurs biochimiques des êtres vivants que sont les protéines ou l'ADN par exemple (**Botineau, 2010**).

## 2.6. Classification des métabolites secondaire

Les métabolites secondaires sont classés en trois grands groupes : les composés phénoliques, terpènes et alcaloïdes. Chacune de ces classes renferme une très grande diversité de composés qui possèdent une très large gamme d'activités en biologie humaine (**Beladel, 2021**).

### 2.6.1. Les composés phénoliques

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires végétaux. Ils sont caractérisés par la présence de groupements phénoliques : 1 ou plusieurs cycles aromatique (benzéniques) porteurs de 1 ou plusieurs OH (**Labbani, 2022**) (Figure 05).



**Figure 05** : La structure de phénol (**Lounassi and Bensania, 2013**)

Les phénols des plantes sont synthétisés à partir de deux voies principales :

- La voie du shikimate : Cette voie permet la transformation des monosaccharides, issus du métabolisme primaire, en acides aminés aromatiques (phényalanine et tyrosine) par désamination. Ces acides aminés conduisent à la formation des acides cinnamiques et à leurs nombreux dérivés tels que les acides benzoïques, les lignines et les coumarines.
- La voie de l'acétate / malonate : La glycolyse et la  $\beta$ -oxydation aboutissent à la formation de l'acétyl-CoA donnant le malonate. C'est à travers cette voie que s'effectue la cyclisation des

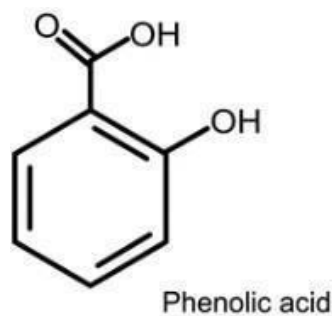
chaînes polycétoniques, obtenues par condensation répétée d'unités « Acétate » qui se fait par carboxylation de l'acétylCoA. Cette réaction est catalysée par l'enzyme acétyl-CoA carboxylase (**Heroual et al, 2020**).

On peut distinguer deux catégories : les composés phénoliques simples et les composés phénoliques complexes :

#### 2.6.1.1. Polyphénols simples

- Acides phénoliques

Ce sont des composés organiques possédant au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique. Ils sont représentés par deux sous-classes : les dérivés de l'acide hydroxybenzoïque (C6-C1) et de l'acide hydroxycinnamique (C6-C3) (**Achat,2013**) (Figure 06).



**Figure 06** : structure d'un acide phénolique (**Shutterstock,2024**)

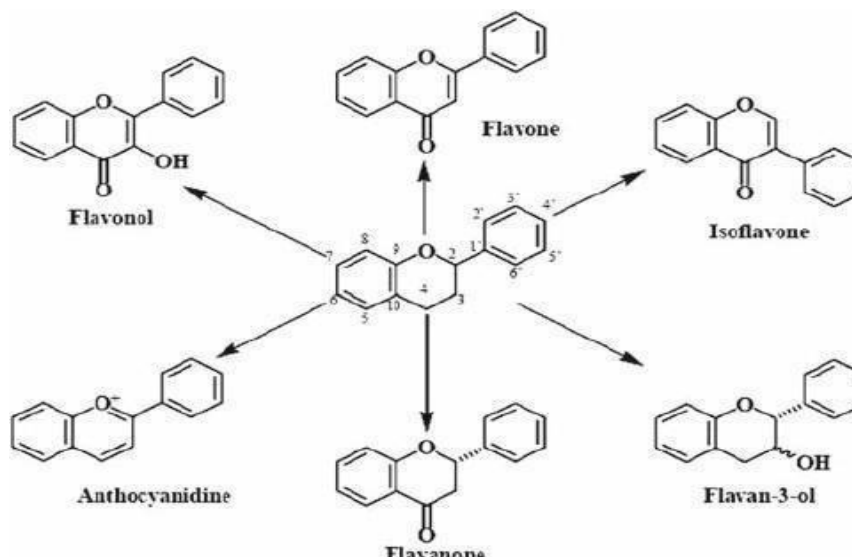
- Flavonoïdes

Les flavonoïdes composent la principale classe de composés phénoliques. Leurs groupements OH phénoliques occupant la position C3 de certaines sous-classes (flavanols, flavonols, anthocyanidines), sont fréquemment méthylés, glycosylés par une variété de sucres neutres (ex.: D-glucose, L-rhamnose), voire acylés par un résidu d'acide gallique (ex. flavanols du thé vert). Les flavanols présentent la particularité de former des oligomères et des polymères par la formation de liaisons C4-C6 et C4-C8 (**Fardet et al, 2013**).

Les flavonoïdes englobent un groupe diversifié de composés, notamment les flavones, les flavonols, les flavanones, les flavanols (catéchines), les anthocyanes et les isoflavones. Chaque

sous-classe de flavonoïdes possède des structures chimiques et des propriétés biologiques uniques, contribuant à leurs avantages potentiels pour la santé (Sina,2024).

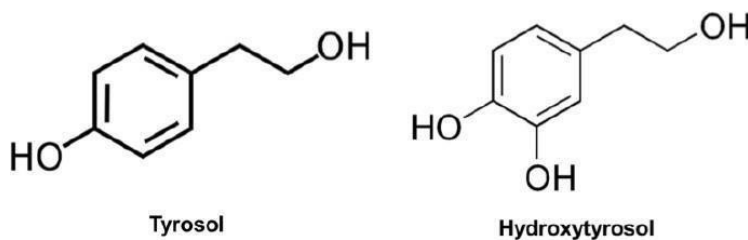
Tous les flavonoïdes possèdent la même structure de base (C6-C3-C6), ils contiennent quinze atomes de carbone dans leur structure de base : deux cycles aromatiques A et B à six atomes de carbone liés avec une unité de trois atomes de carbone qui peut ou non être une partie d'un troisième cycle C (Heroual et al, 2020) (Figure 07).



**Figure 07** : Squelettes de base des principaux flavonoïdes (Chira et al,2008)

- Alcools phénoliques

Un alcool phénolique est un composé organique possédant au moins un alcool aliphatique et un hydroxyle phénolique. Le tyrosol (4-hydroxyphenylethanol) et hydroxytyrosol (3,4 dihydroxyphenylethanol) sont les principales molécules de cette classe (Figure 08). Ces composés sont très abondants dans l'olive (fruit et feuille) (Achat,2013).



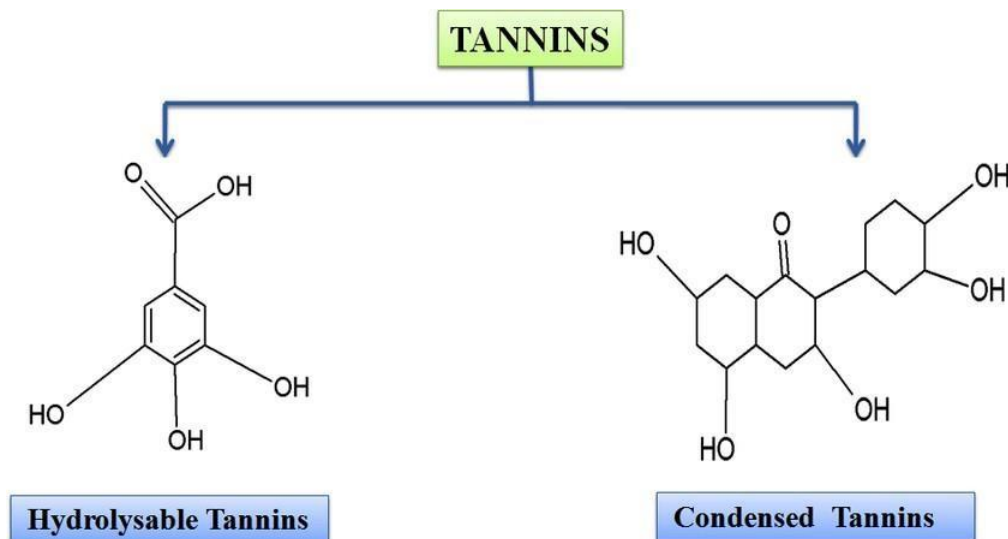
**Figure 08** : Les molécules des alcools phénoliques (Achat,2013)

### 2.6.1.2. Polyphénols complexes

- Les tanins

Sont généralement subdivisés en deux groupes : les tanins hydrolysables (HT) et les proanthocyanidines (PA) ou tannins condensés (Figure 09).

Les tanins hydrolysables sont des esters d'acide gallique et d'acide ellagique de molécules centrales constituées de polyols, tels que les sucres, et de composés phénoliques, comme la catéchine. Le p-penta-O-galloyl-D-glucose est l'acide tannique et constitue le composé modèle de ce groupe de tanins. Les tanins hydrolysables sont plus sensibles à l'hydrolyse enzymatique et non enzymatique que les PA et sont généralement plus solubles dans l'eau. Les tanins hydrolysables sont ensuite classés selon les produits d'hydrolyse : les gallotannins produisent de l'acide gallique et du glucose, tandis que les ellagitannins produisent de l'acide ellagique et du glucose (Reed,1995).



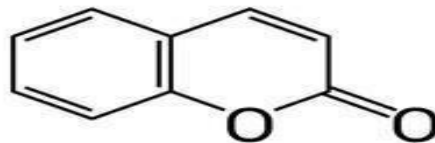
**Figure 09 : Structures des tannins (Bagul et al., 2019)**

- Les coumarines

Ces phénols sont des dérivés hydroxylés de la coumarine simple (qui est une lactone (10), la 2H-1- benzopyrane-2-one). Leur squelette carboné est (C6-C3) (Figure 10). Les coumarines

qui ne sont pas associées à une chaîne organique (coumarines aglycones) portent des groupements méthoxy (-OCH<sub>3</sub>) (Élie, 2022).

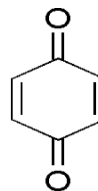
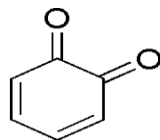
**Coumarin** | C<sub>9</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>



**Figure 10** : Structure chimique des coumarines (Olivier R.P,2018)

- Les quinones

Les quinones résultent de l'oxydation de dérivés aromatiques caractérisés par un motif 1,4-dicétocyclohexa-2,5-diénique (para-quinones) ou par un motif 1,2-dicétocyclohexa-3,5-diénique (ortho-quinones) (Krief,2003) (Figure 11).

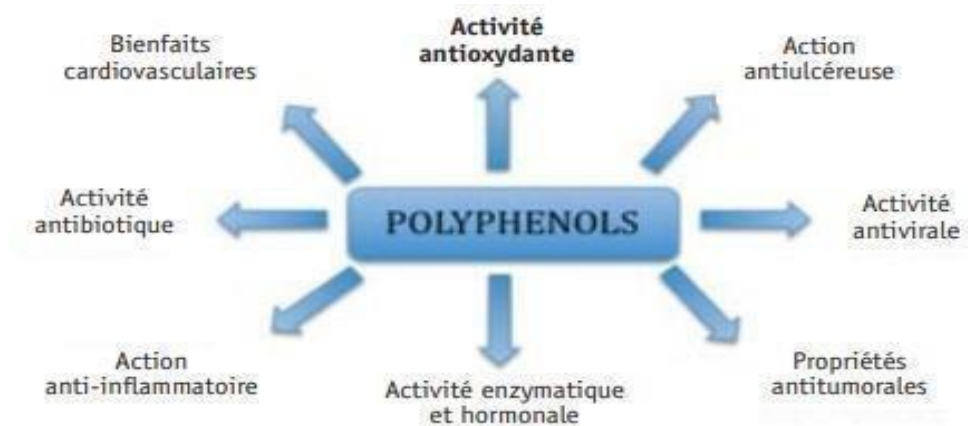


**o-Benzoquinone      p-Benzoquinone**

**Figure 11** : Structures de quinones (Wikipedia, 2024)

Les polyphénols sont caractérisés par leur structure chimique, qui comprend plusieurs cycles phénoliques. Cette caractéristique structurale leur permet de piéger et de neutraliser les radicaux libres nocifs dans le corps, protégeant ainsi les cellules des dommages oxydatifs. Le stress oxydatif, causé par un déséquilibre entre les radicaux libres et les antioxydants, est associé à diverses maladies chroniques, notamment les maladies cardiovasculaires, les troubles neurodégénératifs et certains types de cancer. Les polyphénols agissent comme de puissants antioxydants, aidant à atténuer le stress oxydatif et à promouvoir la santé globale (Figure 12). En plus de leur activité antioxydante, les polyphénols possèdent des propriétés anti-inflammatoires. L'inflammation chronique est un facteur contribuant à de nombreuses maladies, et les polyphénols peuvent aider à moduler la réponse inflammatoire en inhibant les voies inflammatoires et en réduisant la production de molécules pro-inflammatoires. En supprimant

l'inflammation, les polyphénols peuvent aider à réduire le risque de maladies chroniques et à favoriser le bien-être général (Sina,2024).



**Figure 12 : Propriétés des polyphénols (Massaux, 2012)**

### 2.6.2. Les terpénoïdes et les stéroïdes

Issus des mêmes précurseurs, et formés à partir de l'assemblage d'unités à 5 carbones ramifiées, dérivées du 2-méthylbutadiène (polymères de l'isoprène), les terpénoïdes et les stéroïdes constituent probablement la plus large classe de composés secondaires. Comme les dérivés des acides gras, telles les acétogénines, les terpènes ont pour origine biosynthétique l'acétyl CoA ou le malonyl CoA.

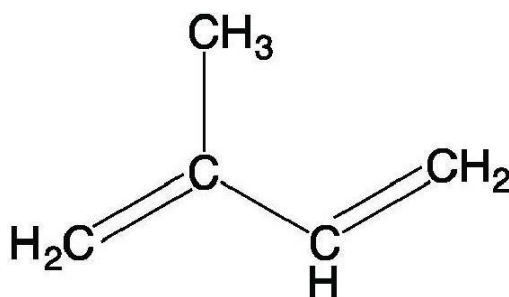
Le nombre d'unités isopréniques définit les différentes classes de terpènes (Tableau 01) : monoterpènes (C10), sesquiterpènes (C15), diterpènes (C20), sesterterpènes (C25), triterpènes (C30) et tétraterpènes (C40) (Krief,2003).

**Tableau 01 : Classification des terpénoïdes sur la base des unité isoprène (Tyagi,2020)**

Terpenoids	No. of isoprene	Molecular formula
Hemiterpene or isoprene	1	C5H8
Monoterpenoids	2	C10H16
Sesquiterpenoids	3	C15H24
Diterpenoids	4	C20H32
Sesterterpenoids	5	C25H40
Triterpenoids	6	C30H48

- Biosynthèse des terpènes

Malgré leur diversité, tous les terpènes ainsi que leurs dérivés, possèdent en commun une voie de biosynthèse appelée, de par l'intervention d'un intermédiaire clé, voie de l'acide mévalonique. Les composés et les dérivés terpéniques peuvent être considérés en tant que polymères du 5-carbone 2-méthyl-1,3-butadiène ou isoprène (Figure 13).



**Figure 13** : Structure d'unité isoprène (A. Almarie, 2020)

La famille des terpènes comprend des hormones (gibberellines et acide abscissique), des pigments caroténoïdes (carotène et xanthophylle), des stérols (par exemple : ergostérol, sitostérol, cholestérol), des dérivés de stérols (par exemple des hétérosides digitaliques), le latex (qui est à la base du caoutchouc naturel) ainsi qu'une grande partie des huiles essentielles qui confèrent aux plantes leur parfum ou leur goût (Hopkins et Evrard, 2003).

Les terpénoïdes jouent un rôle bien plus important dans l'industrie pharmaceutique. Ils sont utilisés dans les onguents et les crèmes pour soulager les démangeaisons et la douleur. Ils ont également démontré une activité antimicrobienne, leur conférant une résistance aux micro-organismes, tels que les champignons et les levures (Jahangeeret al, 2021).

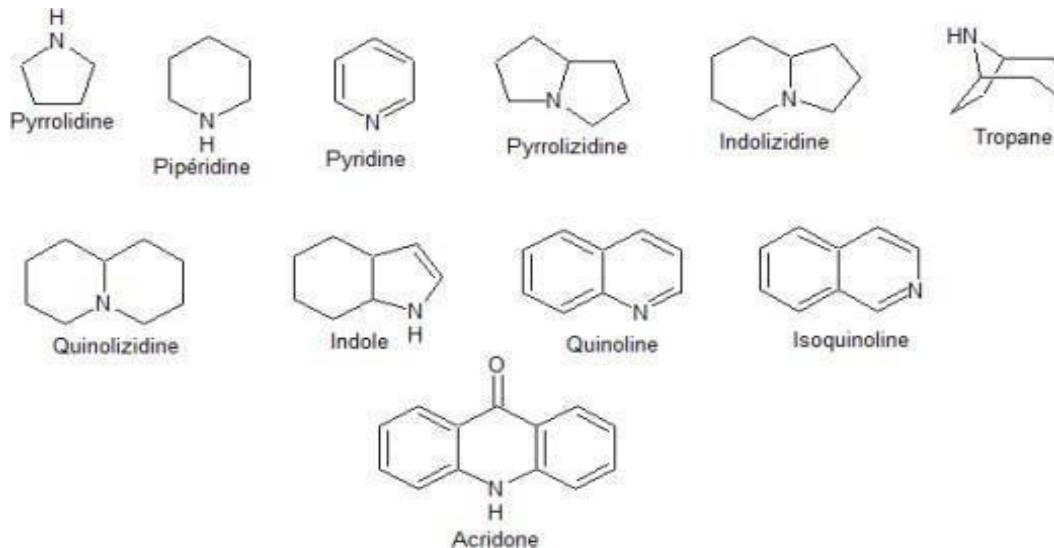
### 2.6.3. Alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des substances naturelles et organiques provenant essentiellement des plantes et qui contiennent au moins un atome d'azote dans leur structure chimique, avec un degré variable de caractère basique (Figure 14).

Ce sont des composés relativement stables qui sont stockés dans les plantes en tant que produits de différentes voies biosynthétiques, la plupart du temps à partir des acides aminés tels que la lysine, l'ornithine, la tyrosine et le tryptophane.



Quelques structures sont relativement simples, tandis que d'autres sont tout à fait complexes (**Muniz,2006**).



**Figure 14** : Structures de quelques alcaloïdes (**Kouwelton,2018**)

Ils sont divisés en trois classes :

- Les alcaloïdes vrais qui contiennent la majorité des alcaloïdes, sont toxiques et disposent d'un large spectre d'activités biologiques.
- Les pseudo-alcaloïdes présentent tous les caractéristiques des alcaloïdes vrais, mais ne sont pas des dérivées des acides aminés.
- Les proto-alcaloïdes qui sont des amines simples, appelées « amines biologiques » et sont solubles dans l'eau (**Beladel, 2021**).

Les alcaloïdes exercent des activités biologiques dynamiques dans l'organisme humain et animal. Ils possèdent des propriétés anti-inflammatoires, adoucissantes, bloquantes ganglionnaires, antispasmodiques, insecticides et hépatoprotectrices. Parmi les médicaments naturels utilisés pour traiter les maladies, ils constituent une source majeure de produits pharmaceutiques où sont commercialisés (**Debnath et al., 2018**).

## 2.7. Métabolites secondaires d'*Aloe vera*

L'*Aloe vera* contient environ 110 constituants potentiellement actifs : la chromone et ses dérivés glycosidiques, l'anthraquinone et ses dérivés glycosidiques, des flavonoïdes, des

saponines, les phénylpropanoïdes et les coumarines, la phénylpyrone et les dérivés phénoliques, les phytostérols et autres (**Kahramanoğlu et al,2019**).

Ces composés exercent une large gamme de bioactivités, notamment des propriétés antivirales, antibactériennes, antifongiques, anticancéreuses, anti-inflammatoires, hydratantes, anti-âge, immunostimulantes, antiradiations et cicatrisantes.

Les variations des métabolites sont probablement attribuables à l'expression différentielle des gènes, aux variations de l'activité enzymatique et aux stades de développement des plantes (**Batra et Dey,2025**).

## **Chapitre 03 : Les activités biologiques réalisées *in vivo* et *in vitro***

### 3.1. Le SPF (Sun Protection Factor)

Les extraits de plantes contiennent des principes actifs qui, selon leur nature, peuvent absorber, réfléchir ou diffuser la lumière solaire. L'efficacité des extraits de plantes comme agent protecteur cutané peut être déterminée en mesurant le facteur de protection solaire (FPS).

L'exposition aiguë et chronique de la peau aux rayons ultraviolets (UV) peut provoquer des lésions cutanées, un stress oxydatif et un photovieillissement, selon la quantité et la forme du rayonnement UV. Bien que la mélanine agisse comme écran solaire naturel de la peau, un rayonnement solaire excessif la rend vulnérable et entraîne des complications cutanées. Chaque année, plus d'un million de personnes dans le monde souffrent de cancer de la peau et décèdent d'un cancer malin.

De nos jours, divers produits de protection solaire contenant des agents synthétiques sont disponibles dans le commerce pour protéger contre l'exposition aux UV. Cependant, ces agents synthétiques ont des effets néfastes sur la peau et la santé humaine en raison de leur toxicité. Les produits de protection solaire à base de plantes sont de plus en plus demandés en raison de leur faible toxicité.

Les métabolites secondaires produits par les plantes médicinales ont une forte tendance à absorber les rayons ultraviolets, protégeant ainsi la peau des dommages. Les crèmes solaires sont utilisées pour la prévention et le traitement des coups de soleil, mais plusieurs études ont montré leur inefficacité pour prévenir le vieillissement prématuré et les complications cutanées. Les dérivés réactifs de l'oxygène étant le principal facteur responsable du photovieillissement et des cancers de la peau, une crème solaire efficace doit contenir des agents antioxydants en plus des filtres solaires pour prévenir efficacement le photovieillissement et le cancer de la peau.

L'exposition prolongée au rayonnement solaire détériore les fibres d'élastine de la matrice extracellulaire, ce qui entraîne une diminution prématurée de la souplesse et de la capacité naturelle de la peau à se réparer.

De nos jours, de nombreuses crèmes de protection cutanée, telles que des crèmes hydratantes, des écrans solaires et des lotions, sont intégrées aux cosméceutiques modernes, contribuant ainsi à réduire les effets nocifs des rayons UV sur la peau. Bien que les crèmes solaires bloquent davantage les UV-A et les UV-B et soient importantes pour prévenir les effets

néfastes de l'exposition au soleil, l'utilisation croissante de produits chimiques dans leur composition a des conséquences néfastes sur la santé. C'est pourquoi les crèmes solaires végétales suscitent un intérêt croissant dans les cosmétiques modernes pour lutter contre ces problèmes (**Prakash Pradhan et al,2020**).

Dans cette étude, nous avons examiné le potentiel de l'*Aloe vera* comme agent protecteur cutané.

### **3.2. L'activité antibactérienne**

En raison de l'effet secondaire des produits chimiques antimicrobiens et de la résistance que les micro-organismes pathogènes établissent contre les antibiotiques, beaucoup d'attention a été prêtée aux extraits bruts des plantes qui commencent à avoir beaucoup d'intérêt comme source potentielle de molécules naturelles bioactives.

Ils font l'objet d'études pour leur éventuelle utilisation comme alternative pour le traitement des maladies infectieuses (**Yakhlef et al,2011**).

Le test de l'activité antibactérienne repose sur la capacité des antibiotiques ou d'autres agents biologiques à inhiber la croissance bactérienne. Après ensemencement d'une gélose avec une souche bactérienne, les extraits des plantes sont appliqués (par disques, puits ou bandelettes), puis la gélose est incubée. L'apparition d'un halo d'inhibition autour de l'extrait indique une activité antibactérienne.

Dans notre travail, l'étude consiste à sélectionner l'extrait de plante le plus actif contre les espèces bactériennes.

#### **3.2.1. Les espèces bactériennes**

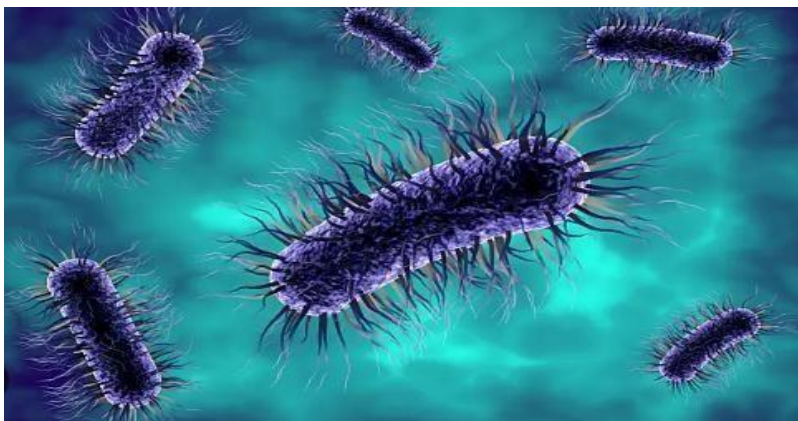
- *Escherichia coli*

*Escherichia coli* est le micro-organisme le plus étudié. C'est à la fois un habitant commensal commun du tube digestif et l'un des agents pathogènes les plus importants chez l'homme. Ainsi, la cause la plus fréquente d'infections sanguines et urinaires.

Parmi les bactéries à Gram négatif, nous avons *E. coli* (Figure 15), ces isolats possèdent des facteurs de virulence spécifiques, tels que des adhésions, des toxines, des systèmes

d'acquisition du fer, des enveloppes polysaccharidiques et des invasines, absents des souches commensales et intestinales pathogènes.

De plus, *E. coli* est le bacille entérique à Gram négatif le plus fréquemment retrouvé dans l'appareil génital féminin, provoquant une colonisation vaginale et/ou endocervicale, ainsi que diverses infections chez la femme enceinte, telles que des infections intra-amniotiques et puerpérales, et des infections néonatales, comme le sepsis néonatal précoce et tardif (Vila et al., 2016).



**Figure 15 :** La bactérie *Escherichia coli* en forme de bâtonnet (Albe-ly,2019)

- *Pseudomonas aeruginosa*

Les bacilles à Gram négatif du genre *Pseudomonas* sont communs dans les sols, les eaux douces et les milieux marins. *Pseudomonas aeruginosa* bénéficie d'une attention accrue car c'est également un pathogène opportuniste, responsable de maladies humaines (Figure 16). La plupart des souches synthétisent des bactériocines (Michel-Briand and Baysse, 2002).



**Figure 16 :** La bactérie *Pseudomonas aeruginosa* en forme de bâtonnet (Charline,2021)

- *Staphylococcus aureus*

*Staphylococcus aureus* est une bactérie commensale humaine à Gram positif (Figure 17) qui colonise de manière persistante les narines antérieures d'environ 20 à 25 % de la population adulte en bonne santé, tandis que jusqu'à 60 % sont colonisés de manière intermittente (**Lister et Horswill, 2014**).

*Staphylococcus aureus* est une cause majeure de bactériémie et d'endocardite infectieuse ainsi que d'infections ostéoarticulaires, cutanées et des tissus mous, pleuropulmonaires et liées aux dispositifs (**Tong et al., 2015**).

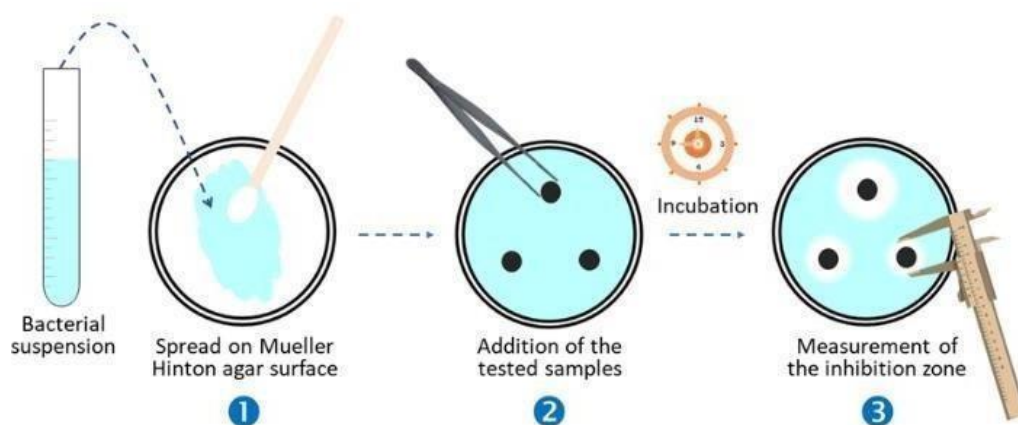


**Figure 17** : La bactérie *Staphylococcus aureus* en forme de coque (**Bensakhria, 2017**)

### 3.2.2. Les méthodes de diffusions

- Méthode de diffusion sur disque

La méthode de diffusion sur disque (méthode de Kirby-Bauer) a une grande popularité dans les laboratoires de microbiologie clinique très actifs, en raison de leur relative simplicité et de leur capacité à tester facilement plusieurs agents antimicrobiens sur chaque isolat bactérien. Cette méthode consiste à placer des disques de papier imprégnés d'antimicrobiens sur la surface d'une gélose préalablement ensemencée avec les bactéries à tester (Figure 18). L'agent antimicrobien diffuse ensuite dans la gélose où il peut inhiber la croissance bactérienne dans la zone entourant le disque (**Biemer, 1973**).

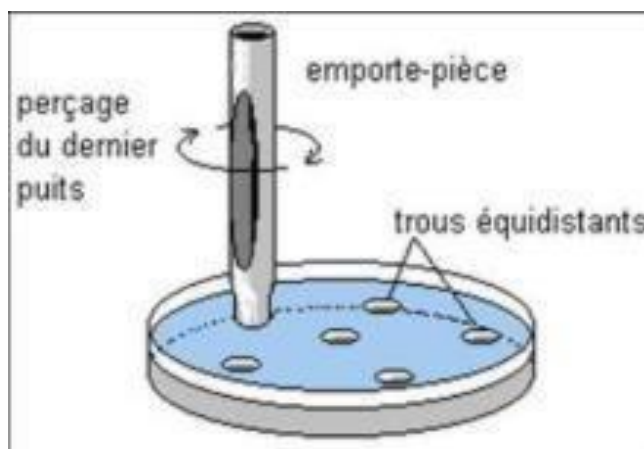


**Figure 18 :** Représentation schématique de la méthode de diffusion sur disque de Kirby et Bauer (El Guerraf et al,2022)

- Méthode de diffusion en puits

La méthode de diffusion en puits d'agar est largement utilisée pour évaluer l'activité antimicrobienne des plantes ou des extraits microbiens.

De la même manière que pour la méthode de diffusion en disque, la surface de la gélose est inoculée en étalant un volume d'inoculum microbien sur toute la surface de la gélose. Ensuite, un trou d'un diamètre de 6 à 8 mm est percé aseptiquement à l'aide d'un perce-bouchon stérile ou d'une pointe, et un volume de la solution d'agent antimicrobien ou d'extrait à la concentration souhaitée est introduit dans le puits (Figure 19). Les géloses sont ensuite incubées dans des conditions adaptées au micro-organisme testé. L'agent antimicrobien diffuse dans le milieu gélosé et inhibe la croissance de la souche microbienne testée.



**Figure 19 :** Méthode d'obtention des puits sur gélose solide (Ben zohra et al,2019)

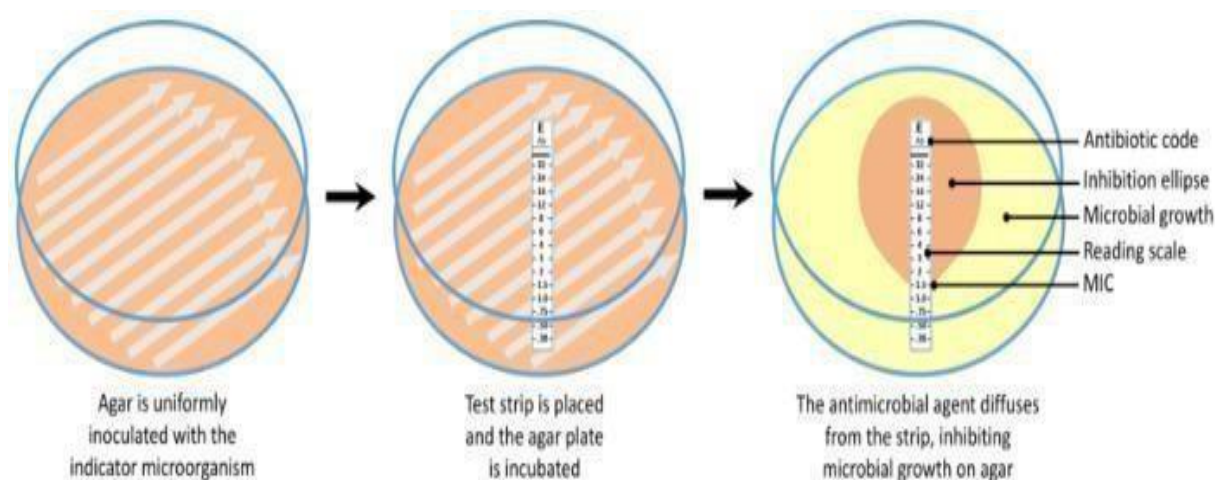


- Méthode de diffusion en gradient (Etest)

Le test de diffusion en gradient antimicrobien offre une approche alternative pour évaluer l'activité antimicrobienne en combinant les principes fondamentaux de dilution et de diffusion de l'agent antimicrobien.

Contrairement aux tests de diffusion en gélose, qui servent principalement d'outils de dépistage, le test de diffusion en gradient est spécifiquement conçu pour déterminer la CMI (concentration minimale inhibitrice). Cette méthode consiste à diluer l'agent antimicrobien sur une bandelette réactive spécialisée, créant ainsi un gradient de concentration couvrant une plage de concentrations.

Après l'inoculation des boîtes de gélose avec l'organisme testé, les bandelettes réactives sont placées à la surface de la gélose (Figure 20). Par la suite, l'agent antimicrobien diffuse progressivement de la bandelette vers la gélose, entraînant la formation d'une zone d'inhibition perceptible (**Hossain,2023**).



**Figure 20** : La méthode de diffusion en gradient pour le dosage antimicrobien (**Hossain, 2023**)

### 3.3. La toxicité

La toxicité d'une substance peut être définie comme sa capacité de produire des effets nocifs à un organisme vivant. Elle varie selon la dose, la fréquence, la durée d'exposition, et le temps d'apparition des signes cliniques (**Bensakhria,2018**).

### 3.3.1. Les formes de la toxicité

On distingue cliniquement quatre formes essentielles de toxicité : la toxicité aiguë, la toxicité à court terme ou subaiguë, la toxicité subchronique et la toxicité à long terme ou chronique (Tableau 02).

- Toxicité aiguë

Administration unique du toxique. L'apparition de la toxicité est de courte durée.

L'absorption du toxique et les manifestations d'intoxication sont rapides.

- Toxicité subaiguë

Toxicité réitérée pendant au maximum 28 jours. L'intoxication subaiguë correspond à des expositions fréquentes et répétées sur une période de plusieurs jours ou semaines pour que les symptômes d'intoxication apparaissent.

- Toxicité subchronique

Toxicité réitérée pendant plus de 28 jours et moins de 90 jours.

- Toxicité chronique

Toxicité réitérée pendant plus de 90 jours. Dans le cas d'une intoxication chronique, les expositions sont répétées sur de longues périodes, la manifestation de l'intoxication dépend soit du poison qui s'accumule, soit des effets engendrés qui s'additionnent (**Lauwerys *et al.*, 2007**).

**Tableau 02 : Les formes de la toxicité (Kherbache, n.d)**

Type de la toxicité	Fréquence d'administration	La durée de l'exposition
Toxicité aiguë	Unique (une seule dose, forte)	≤24heurs
Toxicité subchronique	Répétée, faible dose	De 1à3mois
Toxicité subaiguë	Répétée, faible dose	≤1mois
Toxicité chronique	Répétée, faible dose	≥3mois

### 3.3.2. La dose létale (DL50)

La dose létale 50 % (DL50) est la dose d'un produit qui, lorsqu'elle est ingérée à des espèces animales selon un protocole international réglementé, tue 50 % des animaux sur lesquels elle est testée (Figure 21).

Cette DL 50 s'exprime en gramme de produit par kilogramme de l'animal exposé. Tous les produits chimiques classés du point de vue toxicologique ont une DL50 connue (Guy, 2007).

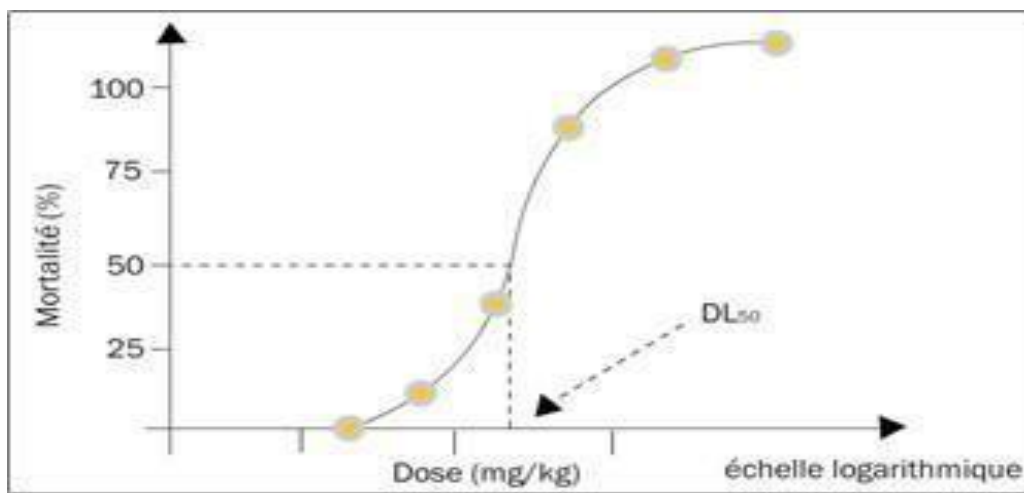


Figure 21 : Une représentation graphique de la DL50 (Bensakhria, 2018)

### 3.3.3. L'espèce animale

Généralement, c'est le rat et la souris qui sont les deux espèces de rongeurs les plus employées et qui sont sélectionnées pour déterminer la DL50 pour des raisons de coût et de commodité. Parfois, une espèce autre qu'un rongeur est utilisée lorsque les schémas métaboliques chez le rat et la souris sont différents de celui de l'homme (Bensakhria, 2018).

- Le choix de l'espèce animale est basé sur des critères (Tableau 03):

**Tableau 03** : Critères de la sélection de la souris et le rat (**Hardin-Pouzet et Morosan, 2019**)

<p>La souris</p> <p>(<i>Mus musculus</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La taille (10 cm, 35 grammes en moyenne).</li> <li>• La courte durée de vie (de l'ordre d'un an).</li> <li>• Le rythme rapide de reproduction (3 à 8 petits par portée et une gestation de 21 jours).</li> <li>• Son faible coût par rapport à d'autres organismes-modèles.</li> <li>• La possibilité d'élever des colonies de taille suffisante pour obtenir des résultats ayant une réelle validité statistique.</li> <li>• La génétique de la souris est étudiée depuis longtemps et de nombreux mutants spontanés sont disponibles.</li> </ul>
<p>Le rat</p> <p>(<i>Rattus norvegicus</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Une espèce plus proche physiologiquement de l'homme, conférant ainsi aux résultats des recherches une meilleure performance translationnelle.</li> <li>• Le modèle de choix pour tester l'efficacité ou la toxicité de molécules avant de passer aux essais pré-cliniques chez l'homme.</li> <li>• Plus facile à manipuler, pour des gestes chirurgicaux.</li> <li>• Sa taille autorise aussi des volumes de prélèvement plus importants et une imagerie plus facile qu'avec la souris.</li> <li>• Une durée de vie plus longue que la souris (de l'ordre de deux ans) permettant des études sur les mécanismes du vieillissement ou les phénomènes neurodégénératifs.</li> </ul>

### 3.4. La peau

Une barrière entre le milieu extérieur et intérieur de notre corps, la peau est un organe complexe dont le fonctionnement a deux finalités :

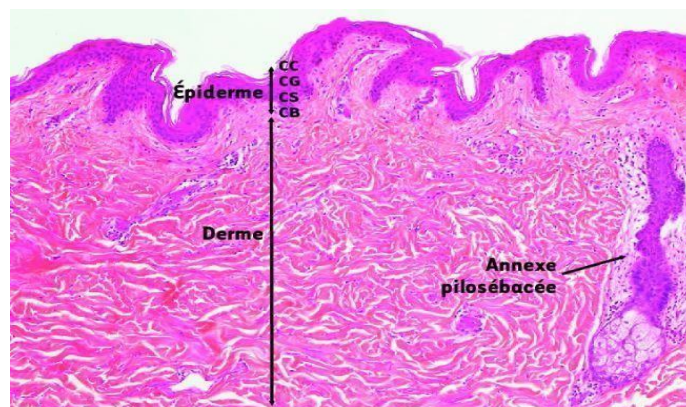
- La première : assurer la communication entre notre propre organisme et le milieu environnant.
- La deuxième : protéger notre organisme des agressions extérieures. Chez l'homme, elle est un des organes les plus importants du corps en regard de sa surface et de sa masse avec environ 2 m<sup>2</sup> pour 5 kilos de poids (**Dréno,2009**).

#### 3.4.1. Structure de la peau

La peau humaine est constituée de trois couches qui sont de la profondeur à la superficie : l'hypoderme, le derme et l'épiderme (Figure 22).

- L'hypoderme est majoritairement constitué des adipocytes qui sont des cellules chargées de lipides.
- Le derme contient un tissu interstitiel formé de collagène, des vaisseaux sanguins, des annexes pilosébacées et des cellules du système immunitaire.
- L'épiderme est constitué de kératinocytes organisés en quatre couches.

La plus profonde, la couche basale (stratum basale), est au contact de la membrane basale qui sépare l'épiderme du derme superficiel, elle est constituée des kératinocytes basaux qui prolifèrent et se différencient en kératinocytes des couches supérieures, c'est-à-dire couche épineuse (stratum spinosum ou corps muqueux de Malpighi), couche granuleuse (stratum granulosum), et couche cornée (stratum corneum) en superficie (**Masson et al,2016**).



**Figure 22** : Structure de la peau humaine (**Masson et al,2016**)

### 3.5. Hydratation et soin de la peau

Une peau saine est synonyme d'une peau bien hydratée. Présente dans chaque cellule du corps humain, l'eau est le substrat et le produit de nombreuses réactions et transformations. C'est également une substance essentielle au bon fonctionnement de la peau, le plus grand organe du corps humain. Elle joue un rôle important dans la couche cornée de la peau, où elle se combine aux protéines et aux lipides (Zalęcki et al., 2024).

Les entreprises de soins de la peau ont développé des hydratants et des crèmes hydratantes, tant pour un usage général que pour aider les personnes souffrant d'affections et de maladies cutanées. Ces affections cutanées comprennent l'eczéma, le psoriasis, la xérose et les dommages causés par le soleil. Les crèmes hydratantes et les traitements topiques visent à atténuer les effets cutanés de ces affections en créant une barrière protectrice limitant la perte d'eau (Gidado et al., 2022).

### 3.6. Crème hydratante à base d'*Aloe vera*

Les plantes médicinales de la famille des Liliacées (Liliaceae), du genre *Aloe*, sont utilisées pour le traitement des maladies de la peau depuis plus de 2000 ans.

Parmi plus de 360 espèces d'aloès, l'*Aloe vera* est la plus populaire en médecine traditionnelle et officinale. De nombreuses études font état de l'efficacité de cette plante en application topique pour le traitement des brûlures, des coups de soleil, des affections cutanées inflammatoires et des plaies.

Cependant, l'action hydratante de l'*Aloe vera* reste largement répandue, et il est utilisé dans de nombreux produits hydratants, à différentes concentrations, ce qui joue un rôle important dans son efficacité et le coût d'un produit cosmétique (Dal'Belo et al., 2006).

## **Chapitre 04 : Matériel et méthodes**



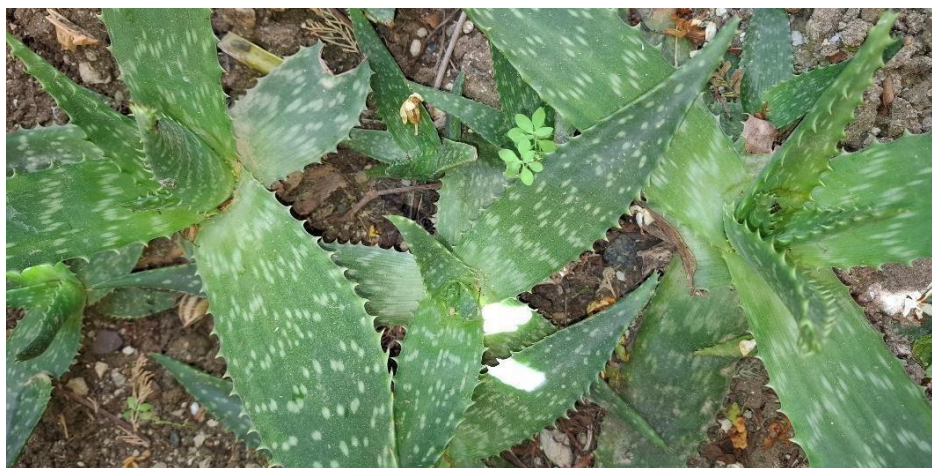
## 4.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé pour les expérimentations est la plante *Aloe vera* (L) Burn. F.

La plante a été récoltée en février 2025 dans la région de Didouche Mourad et Hama Bouziane. Le prélèvement a été effectué à l'aide d'un couteau pour détacher la plante du sol.

### 4.1.1. Le choix de la plante

La plante doit être épaisse et bien charnue pour qu'elle soit riche en gel, pour son aspect il faut choisir des feuillettes verts, sans signe de pourriture ni de parasite (Figure 23).



**Figure 23 : Plante d'*Aloe vera* (Photo originale)**

Le travail a porté sur différents types d'extraits : l'extrait de la plante entière, l'extrait des feuilles, l'extrait du jus d'*Aloe vera*, ainsi que l'extrait du gel d'*Aloe vera*.

La plante a été découpée, les épines retirées, puis, à l'aide d'une cuillère, le gel a été extrait délicatement et le jus d'*Aloe vera* a été collecté (Figures 24-25).



**Figures 24-25 : L'extraction du gel d'*Aloe vera* (Photos originales)**



### 4.1.2. Conservation du matériel végétal

La plante entière et les feuilles ont été directement placées dans l'étuve à 65° pendant environ une semaine pour les faire sécher (Figures 26-27).

Le gel de la plante et le jus ont été conservés dans des bocaux stériles à 4°C jusqu'à l'utilisation.



**Figures 26-27 : La plante avant et après séchage dans l'étuve (Photos originales)**

## 4.2. Préparation des extraits

### 4.2.1. Le broyage

Une fois la plante et les feuilles sont complètement séchées, elles ont été finement broyées en poudre à l'aide d'un mixeur électrique, puis conservées dans des bocaux stériles.

### 4.2.2. La macération

C'est une infusion dans un solvant à froid. L'opération bien que généralement longue et a un rendement souvent médiocre, est la seule méthode utilisable dans le cas de l'extraction d'un ensemble de molécules fragiles (Figures 28-29).

Pour être efficace, une macération, peut durer de 4 à 10 jours, ceci peut présenter quelques inconvénients, en termes de fermentation, ou de contamination bactérienne notamment si le solvant utilisé est l'eau.

Ces phénomènes peuvent entraîner une dégradation rapide des molécules actives, et en vue d'éviter ou de réduire ces inconvénients, la macération peut être opérée dans un récipient couvert et dans certains cas, maintenue dans un réfrigérateur (**Ben Amor, 2008**).

Le poids de la matière végétale ainsi que le volume du solvant ont été indiqués ci-dessous (Tableau 04).

**Tableau 04** : Le poids de la matière végétale et le volume de solvant

Les extraits	Poids de la matière végétale	Solvants utilisés	Volume de chaque solvant
Plante entière (1)	143g	Méthanol à 80%	290ml
Feuillet d' <i>Aloe vera</i> uniquement (2)	73g	Méthanol a 80%	146ml
Le jus d' <i>Aloe vera</i> (3)	245ml	Méthanol a 100%	245ml
Le gel d' <i>Aloe vera</i> (4)	180g	Méthanol a 80%	180ml



**Figures 28-29** : Macération des 4 extraits pendant 48h à l'aide d'un agitateur orbital (**Photos originales**)

### 4.2.3. La filtration

Une fois la macération terminée, les quatre infusions ont été filtrées à l'aide d'un entonnoir en plastique, du coton et du papier filtre (Figure 30).



**Figure 30 : Filtration d'une infusion (Photo originale)**

### 4.2.4. L'évaporation

L'évaporation est une étape nécessaire pour éliminer le solvant utilisé pendant l'extraction.

L'évaporation des quatre infusions a été réalisée à l'aide d'un rotavapor.

- Principe du rotavapor

Un évaporateur rotatif (ou rotavap, ou Rotavapor) est un appareil de laboratoire utilisé généralement en chimie organique pour évaporer rapidement des solvants après avoir été utilisés dans une extraction ou dans un milieu réactionnel. Le plus souvent l'évaporation du solvant est menée sous pression réduite (afin d'accélérer l'étape) que l'on obtient au moyen d'une trompe à eau ou d'une pompe à vide (Figure 31).

Il est composé de plusieurs parties :

- Un réfrigérant en spirale, équipé d'une prise de vide et d'un robinet pour casser le vide, un ballon de recette pour le distillat, situé dans la partie basse du réfrigérant.
- Un moteur, qui assure la rotation du ballon évaporateur (en forme de poire), par l'intermédiaire d'un tube rotatif d'admission des vapeurs.
- Le ballon évaporateur contient la solution dont on doit chasser le/les solvant(s).
- Un bain marie, chargé de chauffer le ballon évaporateur (car l'évaporation est un processus endothermique) (Derabla et Zamouche, 2016).



**Figure 31 : Un rotavapor (Photo originale)**

Une fois le procédé de l'évaporation terminé, les extraits sont séchés dans l'étuve à 37° (Figure 32).



**Figure 32 : Séchage des extraits dans l'étuve (Photo originale)**

### 4.3. Calcul du rendement d'extraction (R%)

Le rendement d'extraction est un indicateur qui permet d'évaluer l'efficacité du processus d'extraction.

- $R (\%) = ((\text{Masse d'extrait sec}) / (\text{Masse de la matière végétale})) \times 100$  (Bohui et al, 2018).

#### 4.4. Le criblage phytochimique

Le screening phytochimique est un ensemble de tests effectués. Ces tests nous permettent d'avoir une idée sur la présence ou l'absence de certains métabolites primaires et secondaires chez les plantes.

Les molécules mises en évidence sont les polyphénols totaux (Tanins, les anthocyanes, les flavonoïdes, les coumarines), les composés terpéniques (Saponosides), les composés azotés (Alcaloïdes), les stérols et polyterpènes, les sucres réducteurs.

Plusieurs tests ont été réalisés pour les quatre extraits (Tableau 05) :

**Tableau 05** : Les tests phytochimiques réalisés

	Le test	La procédure	Le résultat	Référence
Composant phénolique	FeCl <sub>3</sub>	3 mg de l'extrait dans 1 ml du méthanol + quelques gouttes de FeCl <sub>3</sub> à 5 %	Couleur vert foncé/noir bleuâtre	Tiwari et al, 2011
	Eau chaude	Eau chaude dans un bécher+5g de la plante fraîche chauffage pendant 10 min	Un anneau de couleur noire ou marron à l'extrémité jonction de trempage	Pooja et Vidyasagar, 2016
Flavonoïde	Shinoda	2,5 mg de l'extrait dissout en 5 ml méthanol + 1-2 mg du Mg en poudre + des gouttes du Hcl concentré	Solution colorée du rose ou pourpre	Raaman, 2006
	Shibata	1g de l'extrait dans 1 ml de méthanol 50% (chauffage)+1-2 mg du Mg en poudre+ 5-6 gouttes du HCL concentré	Couleur rouge (Flavonols) ou orange (Flavones)	Jagessar, 2017
	Chlorure ferrique	2,5 mg de l'extrait dans 2,5 ml du méthanol+ des gouttes de FeCl <sub>3</sub> à 10%	Des précipitations vertes	Audu et al., 2007
Tannins	Braymer	1,5 mg de l'extrait+ 3ml d'eau distillée+ 3 gouttes de FeCl <sub>3</sub> à 10%	Couleur vert clair/ brunâtre vert/ bleu noir	Singh et Kumar, 2017
	Gélatine	2,5 mg de l'extrait dans 5 ml d'eau distillée+ 2 ml de gélatine solution 1% + 2 ml de NaCl à 10%	Précipitation blanche	Pandey et Tripathi, 2013



	NaOH	1mg de l'extrait dans 1 ml d'eau distillée+ 4ml de NaOH a 10% puis une agitation	Formation d'une émulsion	Singh et Kumar, 2017
Anthocyanine	Hcl test	2ml de l'extrait+ 2ml de Hcl(2N)+ quelque ml de l'ammoniac	Rose rouge qui vire au bleu violette après l'ajout d'ammoniac	Savithramma et al., 2011
Coumarines		2ml de l'extrait aqueux (préparé par infusion à 5%) sont ajoutés dans un tube contenant 3ml de NaOH à 10%	Couleur jaune, l'apparition d'une fluorescence bleu-vert sous lampe UV	Inkalaba et al, 2024
Alcaloïde	Wagner	1mg de l'extrait dans 1ml du méthanol+ 1-2 goutte de Wagner réactif (le long des côtés du tube)	Précipitation brune/ rougeâtre	Raaman, 2006
	Mayer	1mg de l'extrait dans 1ml du méthanol+ 1-2 gouttes de Mayer réactif (le long des côtés du tube)	Blanc crème/ précipitation jaune	
Stérol, stéroïde et terpénoïdes		20mg de l'extrait traités avec 2,5 ml d'acétique anhydride et 2,5 ml de chloroforme, puis une solution concentrée d'acide sulfurique a été ajoutée lentement	Rouge violet(stéroïde)/ vert bleuté(terpénoïdes)	Harborne,1998
Saponines	La mousse	0,5g de l'extrait est bien agité avec 2ml d'eau distillée	Production d'une mousse pour 10 min	Pandey et Tripathi, 2013
Sucres réducteurs	Fehling	1 mg de l'extrait+ 2ml du réactif Fehling puis ébullition pour 2 min	Précipitation rouge	Singh et Kumar, 2017

#### 4.5. Dosage des polyphénols

Le dosage des polyphénols totaux par le réactif de Folin-Ciocalteu a été décrit dès 1965 (Singleton et Rossi). Depuis, son utilisation s'est largement répandue pour caractériser les extraits végétaux d'origines les plus diverses (**Boizot ET Charpentier, 2006**).

Le réactif de Folin Ciocalteu est un acide de couleur jaune constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ). Il est

réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène. La coloration produite, dont l'absorption maximum à 760 nm, est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux (**Bessas et al,2008**).

Une courbe d'étalonnage a été réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide gallique à différentes concentrations (25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200  $\mu$ l) (Tableau 07).

**Tableau 07** : Concentration d'acide gallique.

Concentration ( $\mu$ l)	25	50	75	100	125	150	175	200
SM ( $\mu$ l)	62.5	125	187.5	250	312.5	375	437.5	500
Méthanol ( $\mu$ l)	437.5	375	312.5	250	187.5	125	62.5	0

Le but de la préparation des différentes concentrations est de tracer une courbe d'étalonnage de l'acide gallique (Figure 33).



**Figure 33** : Les concentrations d'acide gallique (**Photo originale**)

- Préparation des échantillons :

Chaque extrait a été préparé à raison de 1 mg dissout dans 1ml méthanol.

La lecture des absorbances a été réalisée à l'aide d'un spectrophotomètre à 765nm (figure37). Les mesures ont été effectuées pour : le blanc, les différentes concentrations d'acide gallique et les extraits, après incubation de 2 heures.

Les mélanges réactionnels ont été préparés selon les protocoles suivants :

- Le blanc : 300  $\mu\text{l}$  méthanol + 1500  $\mu\text{l}$  Folin-Ciocalteu + 1200  $\mu\text{l}$  Carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) + incubation à l'obscurité pendant 2h.
- Les concentrations d'acide gallique : 300  $\mu\text{l}$  de chaque concentration + 1200  $\mu\text{l}$  Carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) + incubation à l'obscurité pendant 2h.
- Les extraits d'échantillon : 300  $\mu\text{l}$  de chaque préparation d'extrait + 1500  $\mu\text{l}$  Folin-Ciocalteu + 1200  $\mu\text{l}$  Carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) + incubation à l'obscurité pendant 2h.

Le blanc est utilisé pour tarer le spectrophotomètre, et permet ainsi de corriger l'absorbance de fond et d'obtenir une mesure précise de l'absorbance des extraits.

Par la suite, les absorbances des différentes concentrations d'acide gallique et les extraits sont mesurées à l'aide du spectrophotomètre.

L'équation de la droite de régression ( $y=ax+b$ ) permet ensuite de déterminer la concentration des polyphénols dans les extraits, à partir de leurs absorbances mesurées.



**Figure 34** : Un spectrophotomètre (Photo originale)

#### 4.6. Dosage des flavonoïdes

La quantification des flavonoïdes a été effectuée par une méthode basée sur la formation d'un complexe très stable, entre le chlorure d'aluminium et les atomes d'oxygène présent sur les carbones 4 et 5 des flavonoïdes (Ali-Rachedi et al., 2018).



L'absorbance des extraits est mesurée à 420 nm, la quercétine est utilisée comme une molécule de référence pour tracer une courbe d'étalonnage, préparée en dissolvant 1 mg de la quercétine dans 5ml de méthanol (solution mère).

Une série de dilutions de la quercétine à différentes concentrations (25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200  $\mu$ l) est préparée (Tableau 08).

**Tableau 08 :** Concentrations de la quercétine.

Concentration ( $\mu$ l)	25	50	75	100	125	150	175	200
SM ( $\mu$ l)	125	250	375	500	625	750	875	1000
Méthanol ( $\mu$ l)	875	750	625	500	375	250	125	00

Le but de la préparation des différentes concentrations c'est pour tracer une courbe d'étalonnage de la quercétine (Figure 35).



**Figure 35 :** Les concentration de la quercétine (**Photo originale**)

- Préparation des échantillons :

Chaque extrait a été préparé à raison de 1mg dissout dans 1ml méthanol.

La lecture des absorbances a été réalisée à l'aide d'un spectrophotomètre à 415nm. Les mesures ont été effectuées pour : le blanc, les différentes concentrations de la quercétine et les extraits après 40 minute d'incubation.

Les mélanges réactionnels ont été préparés selon les protocoles suivants :

- Le blanc : 2700 µl méthanol + 150 µl de l'acétate de potassium ( $\text{CH}_3\text{COOK}$ ) + 150 µl du nitrate d'aluminium ( $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ) + incubation 40 min à l'obscurité.
- Les concentrations de la quercétine : 750 µl de chaque concentration + 1950 µl méthanol + 150 µl de l'acétate de potassium ( $\text{CH}_3\text{COOK}$ ) + 150 µl du nitrate d'aluminium ( $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ) + incubation 40 min à l'obscurité.
- Les échantillons : 750 µl de chaque préparation d'extrait + 1950 µl méthanol + 150 µl de l'acétate de potassium ( $\text{CH}_3\text{COOK}$ ) + 150 µl du nitrate d'aluminium ( $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ) + incubation 40 min à l'obscurité.

Le blanc est utilisé pour tarer le spectrophotomètre, et permet ainsi de corriger l'absorbance de fond et d'obtenir une mesure précise de l'absorbance des extraits.

Par la suite, les absorbances des différentes concentrations de la quercétine et les extraits sont mesurées.

L'équation de la droite de régression ( $y=ax+b$ ) permet ensuite de déterminer la concentration des flavonoïdes dans les extraits, à partir de leurs absorbances mesurées.

#### 4.7. Calcul du SPF (Sun Protector Factor)

Le SPF est l'un des indicateurs le plus couramment utilisé pour la classification des niveaux de protection offerts par les produits de protection solaire contre les coups de soleil dus principalement aux rayons UVB nocifs (gamme du spectre solaire de 290 à 320 nm) (**Stanfield et al, 2010**).

Divers agents synthétiques ont été utilisés comme photoprotecteurs, mais leur potentiel toxique chez l'homme limite leur utilisation.

Les substances naturelles ont récemment été envisagées comme de potentielles ressources en matière de protection solaire, en raison de leur absorption dans le spectre UV et de leur activité antioxydante (**Ebrahimzadeh et al, 2014**).

La méthode utilisée pour calculer le SPF de nos extraits est celle décrite par (**Prakash Pradhan et al, 2020**), avec des modifications adaptées.

Pour évaluer le facteur de protection solaire (SPF) des extraits de l'*Aloe vera*, l'absorbance de nos échantillons a été comparée avec l'absorbance de pommades de référence ayant des SPF de : 20, 50 et 60 achetées du commerce (Figure 36).



**Figure 36** : Des pommades a un SPF différentes : 20,50,60 (Photo originale)

Pour mesurer l'absorbance dans l'UV, 1mg de chaque pommade de référence a été dissout dans 2ml de méthanol, la même préparation a été réalisée pour les trois extraits d'*Aloe vera* à savoir :

Extrait 01 : extrait de la plante *Aloe vera* entière.

Extrait 02 : extrait des feuilles uniquement.

Extrait 03 : extrait du jus d'*Aloe vera*.

Après agitation, les préparations (extraits et pommades) ont été analysées à l'aide d'un spectrophotomètre dans une gamme de longueur d'onde (290-295-300-305-310-315-320 nm) qui fait partie du spectre des rayons ultraviolets (UV) émis principalement par le soleil.

Un blanc composé de 2 ml de méthanol pur, est utilisé pour étalonner le spectrophotomètre.

Les mesures d'absorbance entre 290-320 permettent d'évaluer la capacité des extraits (1, 2, 3) à absorber les rayons UVB, ce qui est directement lié à leurs potentiel photoprotecteurs.

Après avoir pris les mesures d'absorption, le SPF est calculé pour les extraits et les pommades de référence en utilisant l'équation suivante :

$$\text{➤ } \text{SPF} = \text{CF} \cdot \sum \frac{\text{EE}(\lambda) \cdot \text{I}(\lambda) \cdot \text{Abs}(\lambda)}{\text{Abs}(\lambda)}$$

pour l'ensemble de longueurs d'onde 290 jusqu'à 320 nm.

- CF : Facteur de correction = 10.
- $EE(\lambda)$  : Effet érythématogène du rayonnement à la longueur d'onde  $\lambda$ .
- $I(\lambda)$  : Intensité de la lumière solaire à la longueur d'onde  $\lambda$ .
- $Abs(\lambda)$  : Absorbance de la longueur d'onde  $\lambda$  par une solution de la préparation.

Les valeurs du terme « EE x I » sont des constantes (Tableau 09).

**Tableau 09** : (EE x I) normalisée utilisée dans le calcul des données SPF (**Prakash Pradhan et al, 2020**)

Longueur d'onde ( $\lambda$ nm)	EE x I (normalisé)
290	0.0150
295	0.817
300	0.2874
305	0.3278
310	0.1864
315	0.0839
320	0.0180
Totale	1

## 4.8. L'activité antibactérienne

L'objectif de ce test consiste à déterminer l'activité antibactérienne des quatre extraits de l'*Aloe vera* vis-à-vis de trois souches bactériennes pathogènes pour l'homme.

### 4.8.1. Stérilisation du milieu de travail

Avant toute manipulation des bactéries, le milieu de travail doit être bien stérilisé, pour cela on a utilisé l'eau de javel et l'alcool, la même stérilisation a été appliquée pour le matériel utilisé : le Bec bunsen, l'anse de platine, la micropipette.

#### 4.8.2. Les souches bactériennes

En raison de la différenciation structurale de la paroi cellulaire des bactéries, on a choisi une bactérie de gram positive et 2 autres bactéries de gram négative.

- *Escherichia coli* : gram négative.
- *Pseudomonas aeruginosa* : gram négative.
- *Staphylococcus aureus* : gram positive.

Les souches bactériennes utilisées dans le présent travail proviennent du laboratoire GBBV (Laboratoire de biochimie génétique et biotechnologies végétales) de l'université Frères Mentouri et sont des souches référencées.

Les bactéries sont conservées au frais à 4°C dans des boîtes Pétri, une revivification des bactéries est faite avant de commencer le test.

La revivification des souches a pour objectif l'obtention d'une culture jeune et pure. Elle consiste à ensemencer en stries quelques colonies de souches conservées à la surface de la gélose préalablement coulée et solidifiée dans des boîtes de pétri (Djadi et Ait-Amar, 2014).

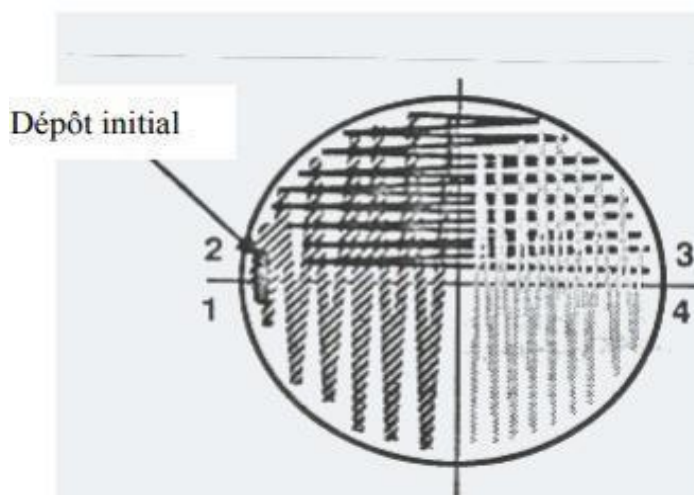
Pour cela, la gélose nutritive a été coulée dans les boîtes pétri (3 répétitions pour chaque souche bactérienne) et ont été manipulées dans la zone stérile proche du bec bunsen, afin de limiter les risques de contamination (Figure 37).



**Figure 37** : Manipulation des boîtes dans la zone stérile (Photo originale)

Un prélèvement de quelques colonies de souches bactériennes a été effectué à l'aide d'une anse de platine, suivi d'un ensemencement des boîtes de pétri contenant la gélose nutritive.

L'ensemencement a été réalisé par des stries tracées sur le premier cadran. Ensuite, la boîte a été tournée pour effectuer des stries dans le deuxième cadran. Enfin, la boîte a de nouveau été tournée vers le troisième cadran, et des stries ont été tracées (Figure 38).



**Figure 38 : Méthode d'ensemencement (Belmessikh et Mergoud, n.d)**

Les boîtes de pétri renfermant chacune une souche bactérienne, ont été incubées à 37C° pendant 24 heures (Figure 39).



**Figure 39 : Incubation des boîtes de pétries (Photo originale)**

#### **4.8.3. Préparation de l'inoculum**

Une fois les cultures bactériennes sont bien activées et purifiées, les suspensions bactériennes de trois bactéries ont été préparées.



Dans trois tubes stériles, 10 ml d'eau physiologique (NaCl 0.9%) ont été versés, les tubes ont été étiquetés, chaque tube correspondant à une des souches bactériennes.

A l'aide d'une anse de platine stérile et flambée au bec bunsen, 1 à 2 colonies des souches bactériennes réactivées ont été prélevées, puis transférées dans les tubes qui contiennent l'eau physiologique.

L'anse a été agitée à l'intérieur de chaque tube pour que les colonies soient bien transférées et homogénéisées dans chaque suspension bactérienne.

Puis, la densité de chaque suspension bactérienne a été comparée au standard de turbidité MacFarland 0.5, si la suspension est plus concentrée par rapport au MacFarland on ajoute de l'eau physiologique, et si la suspension est plus diluée on ajoute plus de colonies bactériennes.

#### 4.8.4. Les milieux de culture

Un milieu de culture est une préparation permettant aux microorganismes de se multiplier rapidement en grand nombre. Il doit donc satisfaire les exigences nutritives du germe étudié (l'eau, le carbone, l'énergie, l'azote, le phosphore, les ions minéraux, les facteurs de croissance, un pH voisin du pH optimal, ...) (**Belmessikh et Mergoud, n.d**).

La gélose nutritive a été utilisée pour la revivification des bactéries, tandis que la gélose Mueller-Hinton pour effectuer le test d'activité antibactérienne.

Avant d'utiliser toute utilisation de gélose, il faut la faire fondre dans un bain-marie pendant environ 30 min.

Le milieu gélosé nutritif est défini comme un milieu de base favorisant la croissance d'une gamme de chimio-organotrophes peu exigeants sur le plan nutritionnel. Il est essentiellement composé de peptone, d'extrait de viande, de chlorure de sodium et d'agar (**Nishiyama et al, 2012**).

La gélose Mueller-Hinton est un milieu standardisé, riche en nutriments, largement utilisé en microbiologie, notamment pour les tests de sensibilité aux antimicrobiens. Développé par John Howard Mueller et Jane Hinton dans les années 1940, ce milieu était initialement destiné à la culture d'espèces pathogènes de *Neisseria*. Cependant, il est depuis devenu le milieu privilégié pour les tests de sensibilité aux antibiotiques grâce à sa composition homogène et à son aptitude à accueillir un large éventail d'organismes. C'est le milieu de référence pour des tests tels que la méthode de diffusion sur disque de Kirby-Bauer (**Handerson,2024**).

#### 4.8.5. L'antibiotique

Pour évaluer le potentiel inhibiteur des extraits d'*Aloe vera*, deux types de témoins ont été utilisés :

Un témoin positif, représenté par l'antibiotique, afin de comparer l'efficacité des extraits.

Un témoin négatif, représenté par le DMSO (diméthylsulfoxyde) qui n'a aucun effet antibactérien.

L'antibiotique utilisé est Clamoxyl (1g), dont le principe actif est Amoxicilline (Figure 40).

L'amoxicilline est un antimicrobien bêta-lactamine largement utilisé, approuvé par la Food and Drug Administration (FDA) des États-Unis pour une utilisation en soins primaires. Ainsi, elle est une aminopénicilline obtenue par l'ajout d'un groupe amino à la pénicilline pour lutter contre la résistance aux antibiotiques.

Ce médicament est indiqué dans le traitement des infections causées par des isolats sensibles de certaines bactéries (Geddes et al, 2007).



**Figure 40 : Antibiotique Clamoxyl (Photo originale)**

#### 4.8.6. Préparation des échantillons

Pour la réalisation du test antibactérien, les solutions suivantes ont été préparées : l'antibiotique, le DMSO et les différentes dilutions pour les quatre extraits d'*Aloe vera* (solution mère, 1/2, 1/4, 1/8) (Tableau 10).



**Tableau 10** : Préparation des échantillons

Les échantillons	L'antibiotique	DMSO	Solution mère pour chaque extrait	Dilution 1/2 pour chaque extrait	Dilution 1/4 pour chaque extrait	Dilution 1/8 pour chaque extrait
La préparation	0.1 g dans 1ml DMSO	1ml	0.1g dans 1ml DMSO	Solution mère +1ml DMSO	Dilution 1/2 + 1ml DMSO	Dilution 1/4 + 1ml DMSO

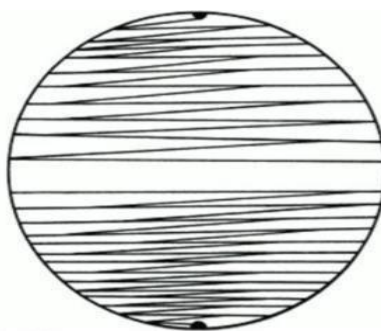
#### 4.8.7. Méthode de diffusion en puits

Cette méthode est réalisée contre trois bactéries pathogènes, chaque bactérie a été testée avec les quatre extraits d'*Aloe vera*, l'ensemble des manipulations a été réalisé trois fois.

Le nombre total de boîtes de Pétri utilisées est de 36, toutes les boîtes ont été étiquetées et annotées.

Avant de commencer la manipulation, le poste de travail ainsi que le matériel utilisé ont été nettoyés et désinfectés.

La gélose Mueller-Hinton (3 flacons) a été fondue pendant 30 min dans un bain-marie, puis versée dans les boîtes Pétri, après la solidification de la gélose, on utilise des écouvillons stériles trempés dans les suspensions bactériennes, pour ensemercer les boîtes de pétri par des stries séchées (Figure 41).



**Figure 41** : Ensemencement en strie sur un milieu solide (Benaissa,2021)

Ensuite, des puits ont été réalisés à l'aide des embouts bleu stériles. Chaque boîte contenant six puits, dans lesquels ont été déposés 20µl des solutions suivantes à l'aide d'une

micropipette : l'antibiotique, le DMSO, la solution mère, la dilution 1/2, la dilution 1/4, ou dilution 1/8 de nos extraits.

Une fois terminé, les boîtes de pétri sont bien fermées en utilisant le parafilme pour éviter toute contamination, puis incubées à 37° pendant 24h (Figure 42).

La lecture des résultats a été effectuée après 24h d'incubation.



**Figure 42 :** Incubation des boîtes Pétri dans l'étuve (méthode des puits) (Photo originale)

#### 4.8.8. Méthode de diffusion sur disque

Cette méthode est réalisée contre trois bactéries pathogènes, chaque bactérie a été testée avec les quatre extraits d'*Aloe vera*, l'ensemble des manipulations a été réalisé une fois.

Le total de boîtes de pétri utilisées sont en nombre de 12 boîtes, toutes les boîtes ont été étiquetées et annotées.

Avant de commencer la manipulation, le poste de travail ainsi que le matériel utilisé ont été nettoyés et désinfectés.

La gélose Mueller-Hinton (3 flacons) a été fondue pendant 30 min dans un bain-marie, puis versée dans les boîtes de pétri, après la solidification de la gélose, on utilise des écouvillons stériles trempés dans les suspensions bactériennes, pourensemencer les boîtes de pétri par des stries sérés

Cette méthode (méthode de Kirby-Bauer), basée sur l'utilisation des disques de papier, chaque disque a été imprégné de 10 µl d'échantillons (l'antibiotique, DMSO ou extraits) à l'aide

d'une micropipette, puis délicatement déposé à la surface de la gélose à l'aide d'une pince stérile.

Chaque boîte contient 6 disques : un disque d'antibiotique, un de DMSO, un de solution mère, et trois correspondants aux dilutions 1/2, 1/4, 1/8.

Une fois terminé, les boîtes de pétri ont été bien fermées en utilisant le parafilme pour éviter toute contamination, puis placées à l'étuve pour une incubation pendant 24h à 37° (Figure 43).

La lecture des résultats a été effectuée après 24h d'incubation.



**Figure 43 :** Incubation des boîtes de pétri dans l'étuve (méthode des disques) **(Photo originale)**

#### 4.9. Test de toxicité

Le test de toxicité aiguë a été réalisé afin d'évaluer les effets potentiels de la plante *Aloe vera* sur un modèle animal, afin de déterminer la dose létale de 50% de la population animale.

La méthode utilisée est celle décrite par (Nasri et Nasri, 2024). Avec des modifications apportées.

La méthode consiste à administrer par voie orale différentes doses de l'extrait de la plante, en fonction du poids des animaux, puis à les placer sous observation pendant une période déterminée.

#### 4.9.1. Modèles animaux utilisés

L'expérience a été réalisée sur des souris albinos de laboratoire, on a bien vérifié que les souris ont été de même sexe (femelle), adultes, cliniquement saines, avec un poids variant entre 21.8 et 36.9g.

Avant de réaliser le test, les souris ont été placées dans des cages qui ont été nettoyées tous les deux jours, l'eau et la nourriture ont été disponibles pour les souris pendant toute la durée de l'expérimentation (Figure 44).



**Figure 44 : Cage d'hébergement des souris (Photo originale)**

#### 4.9.2. Répartition des lots

Pour ce test de toxicité aiguë, quatre lots de souris ont été constitués :

- Lot 1 : Composé de 4 souris de poids variés, recevant des doses différentes de l'extrait : 50, 200, 400, 800 mg/g.

Les observations ont été effectuées toutes les 30 min, puis à 2 h, 24 h, 7 jours, et 14 jours.

- Lot 2 : Composé de 3 souris de poids variés, recevant des doses différentes : 1000, 1500, 2000 mg/g.

Les observations ont été effectuées toutes les 30 min, puis à 2 h, 24 h, 7 jours, et 14 jours.

- Lot 3 : Composé de 3 souris de poids variés, recevant des doses différentes : 3000, 4000, 5000 mg/g.

Les observations ont été effectuées toutes les 30 min, puis à 2 h, 24 h, 7 jours, et 14 jours.

- Lot 4 : Composé de 3 souris, dont un témoin (n'ayant reçu aucun traitement) et deux ayant reçu la dose la plus concentrée : 5000 mg/g.

Les observations ont été effectuées toutes les 30 min, puis à 2 h, 24 h, 7 jours, et 14 jours.

Si aucune mortalité n'est notée, la dose létale médiane (DL50) est probablement supérieure à 5000 mg/g.

#### 4.9.3. Préparation des doses testées

Le test de toxicité a été réalisé seulement pour l'extrait (01) de la plante *Aloe vera* entière. Les extraits ont été dilués dans l'eau physiologique à l'aide d'un agitateur rotatif (Figure 45).



**Figure 45** : Dilutions d'extrait à l'aide d'un Agitateur rotatif (**Photo originale**)

Avant de préparer les doses à administrer aux souris, chaque animal a été pesé, car les poids variaient d'une souris à une autre, cela peut influencer sur la concentration des doses. Donc une souris plus lourde qu'une autre a reçu une quantité d'extrait plus importante.

La concentration des doses a été calculée selon les proportions suivantes (Tableau 11) :

**Tableau 11** : Administration des doses selon le poids des souris.

Les lots	Les souris	Le poids	La dose prévue (mg/g)	La dose administrée (mg/g)	Le volume d'eau physiologique (ml)
1	1	36,9	50	1,845	0,37
	2	32	200	6,4	0,32
	3	31,7	400	12,68	0,32
	4	31,1	800	24,88	0,31
2	1	29,5	1000	29,5	0,3
	2	25,6	1500	38,4	0,26
	3	25	2000	50	0,25
3	1	24,5	3000	73,5	0,24
	2	26,5	4000	106	0,27
	3	21,8	5000	109	0,22
4	1	33,8	5000	169	0,34
	2	33,4	5000	167	0,33
	3	34	Témoin	/	1



#### 4.9.4. L'administration des doses

Avant administration des doses, les souris ont été mises à jeun pendant 24h de la nourriture et environ 4h de l'eau, afin de standardiser les conditions physiologiques.

Le gavage consiste à utiliser une canule permettant l'administration directe de liquide dans l'estomac du rongeur (Figure 46).

C'est une procédure difficile qui requiert une maîtrise technique, particulièrement au niveau de la contention.



**Figure 46 : Gavage des souris (Photo originale)**

Une fois la procédure terminée, une observation rigoureuse a été menée pendant une période de 14 jours en évaluant plusieurs paramètres physiologiques et comportementaux.

## **Chapitre 05 : Résultats et discussion**

## 5.1. Détermination du rendement d'extraction

Selon la littérature, plusieurs méthodes d'extraction utilisées dans les études scientifiques comme l'extraction traditionnelle, l'extraction par Soxhlet, l'extraction par solvant organique, l'extraction par ultrasons, l'extraction supercritique et micro-ondes...

Après broyage de la plante d'*Aloe vera* entière et les feuillettes, les poids de la matière sèche obtenue étaient 143g pour la plante entière et 71g pour les feuillettes.

La méthode d'extraction utilisée est la macération (solide-liquide) avec du méthanol 80% pour l'extraction de la plante *Aloe vera* entière, les feuillettes, et le gel, une macération (liquide-liquide) avec du méthanol pur a été utilisée pour le jus d'*Aloe vera*.

Le méthanol est un solvant polaire largement utilisé pour extraire les composés naturels des plantes (**Kabra et al, 2019**). L'addition de l'eau présente l'avantage de moduler la polarité des solvants alcooliques (**Caunii et al, 2012**).

Par ailleurs, plusieurs auteurs ont étudié l'influence de différentes conditions d'extraction sur les rendements d'extraction, tels que le rapport solide/solvant, le type de solvant ainsi que le temps d'extraction (**Elferjane et al, 2023**).

Le rendement (R%) a été déterminé à l'aide de la formule suivante :

$$\text{R (\%)} = ((\text{Masse d'extrait sec}) / (\text{Masse de la matière végétale})) \times 100$$

Nous avons obtenu les résultats suivants (Tableau 12) :

**Tableau 12** : Les résultats du rendement d'extraction

Les extraits	Méthode d'extraction	Poids de la matière végétale	Masse de l'extrait brut	Rendement %
Extrait de la plante entière	Macération avec du méthanol 80% pendant 48h	143g	13.23g	9.2%
Extrait des feuillettes d' <i>Aloe vera</i>	Macération avec du méthanol 80% pendant 48h	73g	5.5g	7.5%
Extrait de jus d' <i>Aloe vera</i>	Macération avec du méthanol 100 % pendant 48h	245ml	7.4g	3%
Extrait du gel d' <i>Aloe vera</i>	Macération avec du méthanol 80% pendant 48h	180g	4.83g	2.7%



Ces rendements d'extraction obtenus pour les quatre macérations indiquent une procédure d'extraction efficace des biomolécules de la plante *Aloe vera*.

Le rendement obtenu pour la plante entière est de 9.2% à partir d'une masse initiale de 143g cela est légèrement inférieure par rapport au rendement rapporté par (**Oubiche,2016**), qui a obtenu un rendement de 10.75% à partir d'une masse initiale de 200g de la plante entière. Cette différence peut être justifiée par la masse initiale utilisée de la matière végétale, 200g étant supérieure à 143g.

Autre étude de (**Yahyaoui et Ramdani, 2020**), ont marqué un rendement de 17.5% à partir d'une masse initiale de 500 g de la plante entière, le choix de solvant (méthanol pur) peut avoir une meilleure efficacité par rapport au méthanol 80% ce qui explique le fait qu'ils ont marqué un rendement plus élevé.

Le rendement obtenu pour les feuillets d'*Aloe vera* est de 7.5% pour une masse initiale de 73 g, et un rendement de 2.5% de gel d'*Aloe vera* pour une masse initiale de 180g, ces valeurs sont supérieures par rapport aux rendement rapportés par (**Moniruzzaman et al, 2012**), qui ont marqué un rendement de 4% pour les feuillets et 0.5% pour le gel, cela peut-être expliqué par le choix du solvant car ils ont utilisé l'éthanol à 80%, ainsi que la durée d'extraction relativement courte.

Les études concernant le rendement de jus d'*Aloe vera* sont limitées dans la littérature, car le jus (mucilage) d'*Aloe vera* a un apport significatif en eau, ce qui réduit la concentration en composés extractibles.

Notre étude a montré un rendement de 3% à partir d'un volume initial de 245 ml, malgré ce rendement qui est faible, le jus d'*Aloe vera* reste une source intéressante de biomolécules actives.

## 5.2. Le criblage phytochimique

Les résultats de la présence de certains métabolites secondaires sont présentés dans les tableaux ci-dessous. Quatre types d'extraits d'*Aloe vera* ont été utilisés : l'extrait de la plante entière (extrait 1), des feuilles (extrait 2), le jus (extrait 3) et le gel (extrait 4)

- **Les composés phénoliques**

**Tableau 13** : Présence des composés phénoliques

Composés phénoliques	FeCl <sub>3</sub>	extrait 1	+
		extrait 2	+
		extrait 3	+
		extrait 4	+
	Eau chaude	plante entière	+
		les feuillets	+

(+) : présence. (-) : absence.

Le test de chlorure ferrique FeCl<sub>3</sub> a révélé la présence de composés phénoliques dans les quatre extraits d'*Aloe vera*, indiquée par l'apparition d'une couleur vert foncé (Figure 47).

La présence de composés phénoliques est également confirmée par le test d'eau chaude dans les feuillets d'*Aloe vera* et la plante entière d'*Aloe vera*, mise en évidence par la formation d'un anneau de couleur marron à l'extrémité jonction de trempage (Figure 48).

Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par (Yoruk et Paksoy,2024), qui ont rapporté la présence du latex qui est riche en composés phénoliques dans l'épiderme supérieur et inférieur des feuilles d'*Aloe vera*. Par ailleurs, le gel d'*Aloe vera* contient une multitude de molécules, dont des composés phénoliques.



**Figures 47-48** : Les résultats relatifs à la détection des composés phénoliques (**Photos originales**)

- **Les flavonoïdes**

**Tableau 14** : Présence et Absence des flavonoïdes

Flavonoïdes	Shinoda	extrait 1	-
		extrait 2	-
		extrait 3	-
		extrait 4	-
	Shibata	extrait 1	+
		extrait 2	+
		extrait 3	+
		extrait 4	+
	FeCl <sub>3</sub>	extrait 1	+
		extrait 2	+
		extrait 3	+
		extrait 4	+

Les flavonoïdes ont été recherchés dans les quatre extraits en utilisant 3 tests : Shinoda, Shibata et le test de FeCl<sub>3</sub>.

Le test de Shinoda a montré un résultat négatif pour les quatre extraits, révélé par l'absence de la coloration souhaitée (rose ou pourpre), cela peut être justifié par une concentration faible des flavonoïdes dans les extraits pour être détectée par ce test.

Le test de Shibata a donné un résultat positif pour les quatre extraits, justifié par l'apparition d'une couleur rouge foncé dans l'extrait 1 et 2 qui indique la présence des Flavonols, et une couleur orange clair dans l'extrait 3 et 4 qui indique une faible présence des Flavones (Figure 49).

Le test de chlorure ferrique (FeCl<sub>3</sub>) a également donné un résultat positif pour les quatre extraits, mis en évidence par la formation des précipitations vertes (Figure 50).

Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par **(Bista et al, 2020)**, qui ont également confirmé la présence de flavonoïdes dans l'*Aloe vera* à travers des tests phytochimiques réalisés.



**Figures 49-50** : Les résultats relatifs à la détection des flavonoïdes (**Photos originales**)

- **Tannins**

**Tableau 15** : Présence et absence des tannins

Tannins	Braymer	extrait 1	+
		extrait 2	+
		extrait 3	+
		extrait 4	+
	Gélatine	extrait 1	-
		extrait 2	-
		extrait 3	-
		extrait 4	-
	NaOH	extrait 1	-
		extrait 2	-
		extrait 3	-
		extrait 4	-

L'analyse phytochimique pour détecter la présence des tannins dans les extraits d'*Aloe vera* est a été réalisée à l'aide de trois tests : Braymer, Gélatine et NaOH.

Le test de Braymer a montré un résultat positif pour les quatre extraits, indiqué par la présence d'une couleur vert clair (Figure 51).

En revanche, le test de gélatine et le test du NaOH ont montré des résultats négatifs pour tous les extraits, cela est causé par une faible concentration des tannins dans les extraits pour être détectée par ce test ou une faible réactivité des tannins vis-à-vis des réactifs utilisés dans les deux tests ce qui explique l'absence de réaction observable.

Les résultats obtenus dans cette étude ont été comparés à ceux rapportés par (**Benzidia et al, 2018**) et (**Wintola et Afolayan, 2011**), qui ont également confirmé la présence des tannins dans la plante entière d'*Aloe vera*, les feuillets et le gel, ces résultats soutiennent l'idée que les tannins sont largement distribués dans les différentes parties d'*Aloe vera*.



**Figure 51** : Les résultats relatifs à la détection des tannins (**Photo originale**)

- **Anthocyanines**

**Tableau 16** : Présence et absence des anthocyanines

Anthocyanines	test HCl	extrait 1	-
		extrait 2	-
		extrait 3	+
		extrait 4	+

Le test à l'acide chlorhydrique (HCl), utilisé pour la détection des anthocyanines, a été appliqué aux quatre extraits d'*Aloe vera*.

L'extrait 3 et 4 ont présenté une réaction positive, révélée par l'apparition d'une couleur bleu clair indiquant la présence d'anthocyanines de faible quantité (Figure 52), tandis que les extraits 1 et 2 n'ont montré aucune réaction significative.

Ces résultats sont cohérents avec ceux rapportés par (Al-Hilifi et al, 2022), qui ont également détecté les anthocyanines dans le gel d'*Aloe vera* avec des concentrations modérées.



**Figure 52** : Les résultats relatifs à la détection des anthocyanines (**Photo originale**)

- **Coumarines**

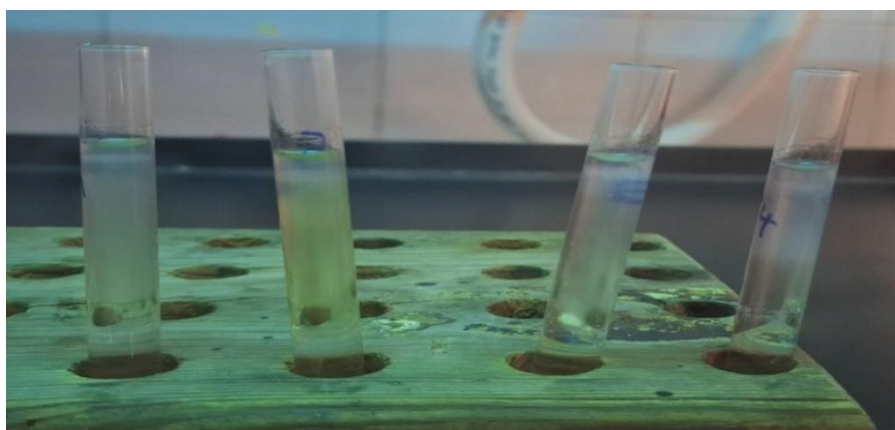
**Tableau 17** : Présence des coumarines

Coumarines	extrait 1	+
	extrait 2	+
	extrait 3	+
	extrait 4	+

Les quatre extraits d'*Aloe vera* ont été soumis à un test de détection des coumarines, caractérisé par l'apparition d'une coloration jaune et une fluorescence bleu-vert sous lampe UV.

Tous les extraits testés ont présenté une réaction positive (Figure 53), confirmant la présence de coumarines dans les différentes parties de la plante *Aloe vera*.

Ces résultats sont en accord avec ceux prouvés par les travaux de **(Rehman et al, 2017)** et **(Kahramanoğlu et al, 2019)**.

**Figure 53** : Les résultats relatifs à la détection des coumarines (**Photo originale**)

- **Alcaloïdes**

**Tableau 18** : Présence et absence des alcaloïdes

Alcaloïde	Wagner	extrait 1	+
		extrait 2	-
		extrait 3	-
		extrait 4	-
	Mayer	extrait 1	-
		extrait 2	-
		extrait 3	-
		extrait 4	-

La détection d'alcaloïde dans les quatre extraits d'*Aloe vera* est réalisée à l'aide de deux tests : le test de Wagner et le test de Mayer.

Le test de Wagner repose sur la formation d'un précipité brun/ rougeâtre en présence d'alcaloïde, l'extrait 1 a montré un résultat positif (Figure 54), tandis que les extraits 2, 3 et 4 n'ont montré aucune réaction.

En revanche, le test de Mayer qui repose sur la formation d'un précipité jaune /blanc crème, n'a montré aucune réaction positive, ce qui suggère l'absence d'alcaloïdes dans les quatre extraits.

Ces résultats négatifs correspondent à ceux rapportés par (**Oubiche, 2016**), qui n'a pas non plus observé la présence d'alcaloïdes, cela peut être lié à une concentration inférieure au seuil pour être détectée.



**Figure 54** : Le résultat relatif à la détection des alcaloïdes (**Photo originale**)

- **Stérol, Stéroïde, Terpénoïdes**

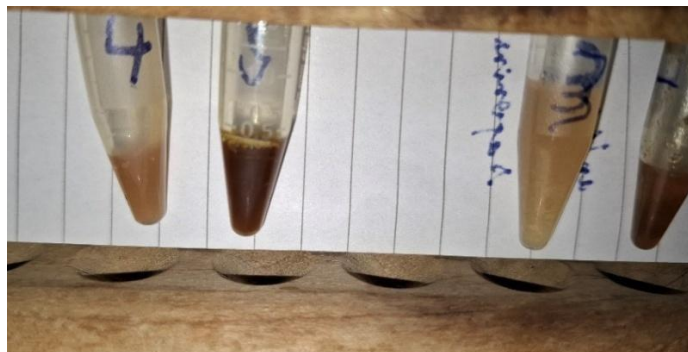
**Tableau 19** : Présence des Stérol, Stéroïde, Terpénoïdes

Stérol, Stéroïde, Terpénoïdes	extrait 1	+
	extrait 2	+
	extrait 3	+
	extrait 4	+

Les résultats obtenus révèlent la présence de stérols, stéroïdes et terpénoïdes dans les quatre extraits d'*Aloe vera* (Figure 55), caractérisée par un vert bleuté dans tous les extraits ce qui confirme la présence des terpénoïdes.



Les résultats observés sont cohérents avec ceux de (Aryantini et al, 2020), qui ont confirmé la présence des terpénoïdes dans le jus d'*Aloe vera*. De plus, (Feroose et Balakrishnan, 2015), ont confirmé la présence de ces composés dans les feuillets de la plante et le gel d'*Aloe vera*.



**Figure 55** : Les résultats relatifs à la détection des terpénoïdes (Photo originale)

- Saponines

**Tableau 20** : Présence des Saponines

Saponine	La mousse	extrait 1	+
		extrait 2	+
		extrait 3	+
		extrait 4	+

La présence des saponines dans les quatre extraits d'*Aloe vera* a été détectée par la formation d'une mousse pendant 10 min, indiquant un résultat positif (Figure 56).

Ces observations sont en accord avec ceux de (Okechukwu et al, 2019), qui ont également rapporté la présence de saponines dans les extraits de feuilles d'*Aloe vera*. De plus, (Sanchez et al, 2020), ont confirmé la présence des saponines dans le gel d'*Aloe vera*.



**Figure 56** : Les résultats relatifs à la détection des saponines (Photo originale)



- **Sucres réducteurs**

**Tableau 21** : Présence des sucres réducteurs

Sucres réducteurs	Fehling	extrait 1	+
		extrait 2	+
		extrait 3	+
		extrait 4	+

Le test de Fehling a été réalisé sur les quatre extraits et a mis en évidence la présence de sucres réducteurs dans tous les extraits, révélée par la formation d'un précipité rouge brique (Figure 57).

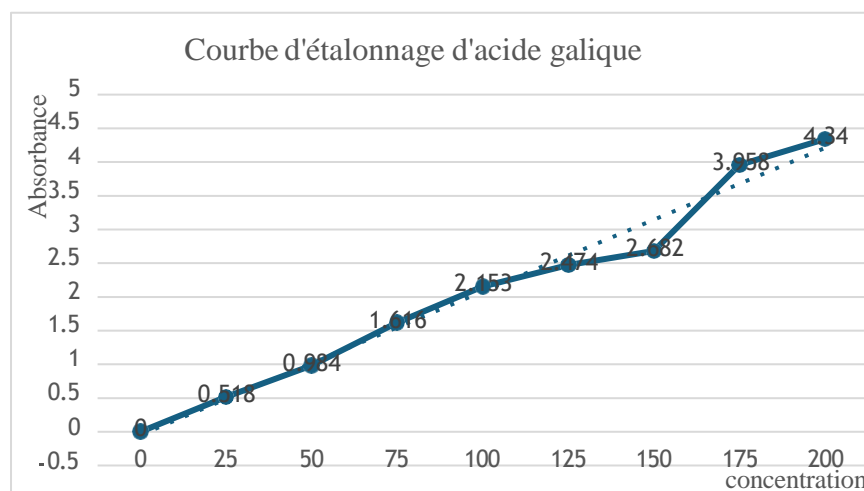
Ces résultats sont en accord avec ceux de (Nejatzadeh-Barandozi et Enferadi, 2012), qui ont confirmé la présence de sucres réducteurs dont les plus abondants étaient le glucose et le galactose dans le gel et les feuillets d'*Aloe vera*.

**Figure 57** : Les résultats relatifs à la détection des sucres réducteurs (**Photo originale**)

### 5.3. Le dosage des polyphénols

La teneur totale en composés phénoliques des différents extraits d'*Aloe vera* a été estimée en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu.

La courbe d'étalonnage de l'acide gallique est montrée ci-dessous.



**Figure 58 :** La courbe d'étalonnage de l'acide galique (**Photo originale**)

L'équation obtenue d'après la courbe linéaire est  $y = 0,5322x - 0,5806$ , avec  $R^2 = 0,9802$  :

- y: représente la valeur d'absorbance.
- x: représente la valeur de la concentration.

La teneur en polyphénols a été déterminée en mesurant l'absorbance des extraits, puis les résultats obtenus ont été appliqué à l'équation de la courbe d'étalonnage de l'acide galique (Figure 58), ce qui permet de quantifier les polyphénols exprimés en équivalent acide galique par gramme de matière sèche des extraits d'*Aloe vera*.

Les résultats de teneur en polyphénols des extraits sont présentés ci-dessous :

**Tableau 22 :** Les mesures de l'absorbance et la teneur en polyphénols totaux.

Echantillons	Poids des extraits utilisés	Absorbance	Polyphénols totaux (mg EAG/g)
Extrait 1	1 mg	7,876	15,89
Extrait 2	1 mg	8,364	16,81
Extrait 3	1 mg	2,372	5,55

Ces résultats confirment la présence des polyphénols dans l'ensemble des parties de la plante *Aloe vera* mais avec des concentrations différentes, cela est probablement lié à la distribution des métabolites secondaires dans la plante pendant sa croissance.

La teneur en polyphénols totaux la plus élevée a été mesurée dans l'extrait 2 des feuillets d'*Aloe vera* avec une teneur de 16.81 mg, suivi par l'extrait de la plante entière d'*Aloe vera* avec une teneur de 15.89 mg, la plus faible teneur est de 5.55 pour l'extrait du jus d'*Aloe vera*.

La teneur en composés phénoliques mesurée dans l'ensemble de la plante est supérieure à celle rapportée par (Azib et Hammache, 2019), qui ont trouvé une teneur en composés phénoliques de 13,78mg GAE/g dans la plante d'*Aloe vera*.

De même, la concentration en composés phénoliques dans les feuillets d'*Aloe vera* obtenue dans cette étude est largement supérieure à celle rapportée par (Aliliche et al, 2013), qui ont trouvé une teneur en composés phénoliques de 8,45 mg GAE/g dans les feuilles d'*Aloe vera*.

En revanche, la concentration des composés phénoliques dans le jus d'*Aloe vera* est largement inférieure à celle rapportée par (Roy et al, 2025), qui ont trouvé une teneur en composés phénoliques variant de 32,0 à 56,96 % dans le jus d'*Aloe vera*.

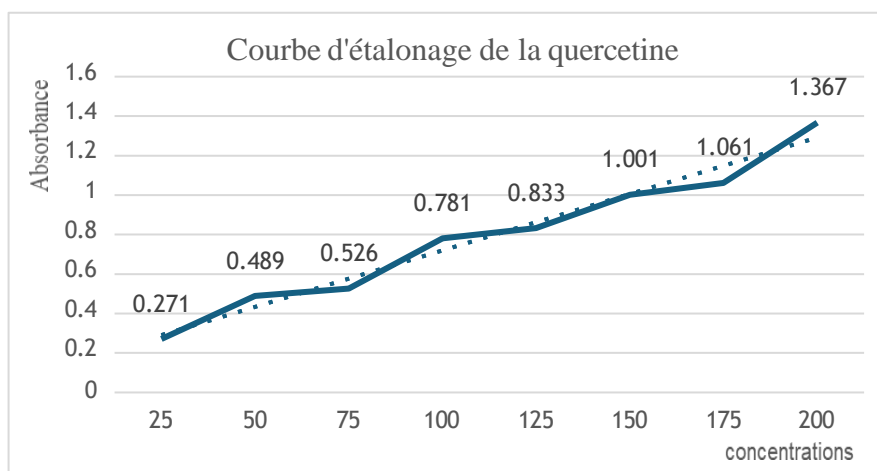
En effet, cette différence entre les résultats peut être influencée par divers facteurs, tels que les conditions climatiques, les pratiques culturales, la maturité à la récolte et les conditions de stockage.

Dans le cas des composés phénoliques, la méthode de préparation des échantillons et le dosage, ainsi que les conditions d'extraction en termes de type de solvant, la température et le nombre d'étape d'extraction sont également très importante (Podsdek, 2007).

#### 5.4. Le dosage des flavonoïdes

La teneur totale en flavonoïdes des différents extraits d'*Aloe vera* a été estimée en utilisant la méthode de chlorure d'aluminium ( $AlCl_3$ ).

La courbe d'étalonnage de la quercétine est montrée ci-dessous :



**Figure 59** : La courbe d'étalonnage de la quercétine (Photo originale)

L'équation obtenue d'après la courbe linéaire est  $y = 0,143x + 0.1478$ , avec  $R^2 = 0,9728$  :

- y: représente la valeur d'absorbance.
- x: représente la valeur de la concentration.

La teneur en flavonoïdes a été déterminée en mesurant l'absorbance des extraits, puis les résultats obtenus ont été appliqués à l'équation de la courbe d'étalonnage de la quercétine (Figure 59), ce qui permet de quantifier les flavonoïdes exprimés en équivalent de la quercétine par gramme de matière sèche des extraits d'*Aloe vera*.

Les résultats de teneur des flavonoïdes des extraits sont présentés ci-dessous.

**Tableau 23** : Les mesures de l'absorbance et la teneur en Flavonoïdes

Echantillons	Poids des extraits utilisés	Absorbance	Flavonoïdes (mg EQ/g)
Extrait 1	1 mg	4.68	31.68
Extrait 2	1 mg	8,84	60.78
Extrait 3	1 mg	0.46	2.18

Ces résultats confirment la présence des flavonoïdes dans l'ensemble des parties de la plante *Aloe vera* mais avec des concentrations différentes.

La teneur en flavonoïdes la plus élevée a été mesurée dans l'extrait 2 des feuillets d'*Aloe vera* avec une teneur en de 60.78mg, suivi par l'extrait de la plante entière d'*Aloe vera* avec une teneur de 31.68mg, la plus faible teneur est de 2.18 pour l'extrait du jus d'*Aloe vera*.

La teneur en Flavonoïdes dans l'ensemble de la plante est largement inférieure à celle rapportée par **(Bista et al, 2020)**, qui ont trouvé une teneur de 73.26 mg QE/g dans la plante entière d'*Aloe vera*.

En revanche, la teneur en Flavonoïdes dans feuillets d'*Aloe vera* est largement supérieure à celle rapportée par **(Añibarro-Ortega et al, 2019)**, qui ont trouvé une teneur de 11.6 mg QE/g dans les feuillets d'*Aloe vera*.

De même, la teneur en Flavonoïdes dans le jus d'*Aloe vera* est inférieure à celle rapportée par **(Añibarro-Ortega et al, 2019)**, qui ont trouvé une teneur de 4.3 mg QE/g dans le jus d'*Aloe vera* (mucilage).

En effet, cette différence entre les résultats peut être liée aux conditions d'extraction en termes de température et le nombre d'étapes d'extraction ainsi que l'état et l'origine de l'échantillon.

## 5.5. Calcul du SPF (Sun Protector Factor)

Les résultats de l'absorbance de nos échantillons et l'absorbance de pommades de référence ayant des SPF de : 20, 50 et 60 sont montrés dans le tableau ci-dessous.

Les mesures des absorbances sont utilisées pour calculer le SPF des extraits et les crèmes solaires de référence en utilisant l'équation suivante :

- $SPF = CF \cdot \sum EE(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot Abs(\lambda)$  : pour l'ensemble de longueurs d'onde 290 jusqu'à 320 nm.

**Tableau 24** : L'absorbance des extraits et les crèmes de référence

Longueur d'onde	Absorbance des extraits			Absorbance des témoins		
	1	2	3	SPF 20	SPF 50	SPF 60
290	0,684	0,87	0,504	0,965	0,152	4,606
295	0,702	0,86	0,424	1,02	0,151	5,804
300	0,681	0,87	0,418	1,085	0,189	0,009
305	0,827	0,988	0,46	1,128	0,199	0,012
310	1,337	1,227	0,54	1,123	0,203	0,002
315	0,58	1,555	1,334	1,071	0,204	0,048
320	0,514	2,006	1,983	0,889	0,152	0,003

Les résultats du SPF sont montrés ci-dessous.

**Tableau 25** : Les résultats du SPF

	Absorbance des extraits			Absorbance des témoins		
	1	2	3	SPF 20	SPF 50	SPF 60
SPF	8,415542	10,52502	5,613946	10,94583	1,918583	5,54251

Les extraits d'*Aloe vera* testés présentent des potentiels photoprotecteurs importants, l'extrait de la plante entière a montré une valeur de 8.41, l'extrait des feuillets a montré la plus grande valeur de 10.52, tandis que l'extrait de jus d'*Aloe vera* a montré la valeur de 5.61.

Selon les résultats, la pommade d'un SPF de 20 a donné un résultat relativement proche (SPF mesuré = 10,95), ce qui valide partiellement la méthode utilisée, en revanche, les pommades d'un SPF 50 et 60 ont donné des résultats loin des données théoriques, cela peut être expliqué par le fait que cette méthode utilisée est plus fiable pour des extraits naturels dilués ou des pommades partiellement protectrices que pour des crèmes solaires qui offrent une protection supérieure, il est probable que certain crèmes solaires du commerce ne sont pas correctement contrôlés et présentent un étiquetage erroné.

Les valeurs obtenues pour les extraits d'*Aloe vera* sont comparées à littérature scientifique, aux pommades commerciales utilisées comme référence (SPF 20, 50 et 60), et la

classification établie par la FDA (Food and Drug Administration) concernant les niveaux de protection solaire. Ces comparaisons permettent d'évaluer le potentiel photoprotecteur des extraits testés.

Parmi Plusieurs essais de formulations des crèmes solaires à base des extraits de la plante *Aloe vera*, (**Rodrigues et al, 2020**), ont trouvé des valeurs du SPF se situant entre 14,6 et 16,9 pour des différentes formulations de crèmes solaires à base d'*Aloe vera*, ces valeurs sont largement supérieures par rapport à nos résultats des trois extraits bruts.

Autre études telle que (**Hendrawati et al, 2020**), ont montré des valeurs du SPF qui se situaient entre 4.36 et 10.21 pour des différentes formulations de crèmes solaires à base du gel juteux de la plante *Aloe vera*, ces valeurs sont presque similaires par rapport à nos résultats des trois extraits.

La différence entre les valeurs de nos résultats et celles rapportées dans la littérature scientifique peut être liée au fait que les extraits utilisés sont sous forme pure et brute, tandis que autres études ont évalué des formulations pour des crèmes solaires enrichies en *Aloe vera*. Ces formulations incluent souvent d'autres agents photoprotecteurs qui peuvent contribuer à augmenter le SPF.

Parmi les trois extraits testés, l'extrait 2 (SPF = 10,53) a donné une valeur de protection proche de la pommade de référence SPF 20 (SPF mesuré = 10,95). Cela suggère que l'extrait 2 possède un bon potentiel photoprotecteur naturel, presque équivalent à une pommade commerciale de protection moyenne enrichie en agents photoprotecteurs.

Le niveau relatif de protection solaire (SPF) est déterminé selon la classification de la FDA (**Food and drug administration, 2007**):

- Faible = SPF 2 à moins de 15.
- Moyen = SPF 15 à moins de 30.
- Élevé = SPF 30 à 50.
- Plus élevé = SPF supérieur à 50.

Bien que l'extrait 2 présente un SPF relativement élevé par rapport aux autres extraits, il reste en dessous du seuil requis pour une protection moyenne.

Les valeurs obtenues montrent que les extraits d'*Aloe vera* ne répondent pas aux exigences réglementaires d'une pommade photoprotectrice efficace, mais peuvent jouer un rôle efficace dans la formulation des pommades photoprotectrices.

## 5.6. Activité antibactérienne

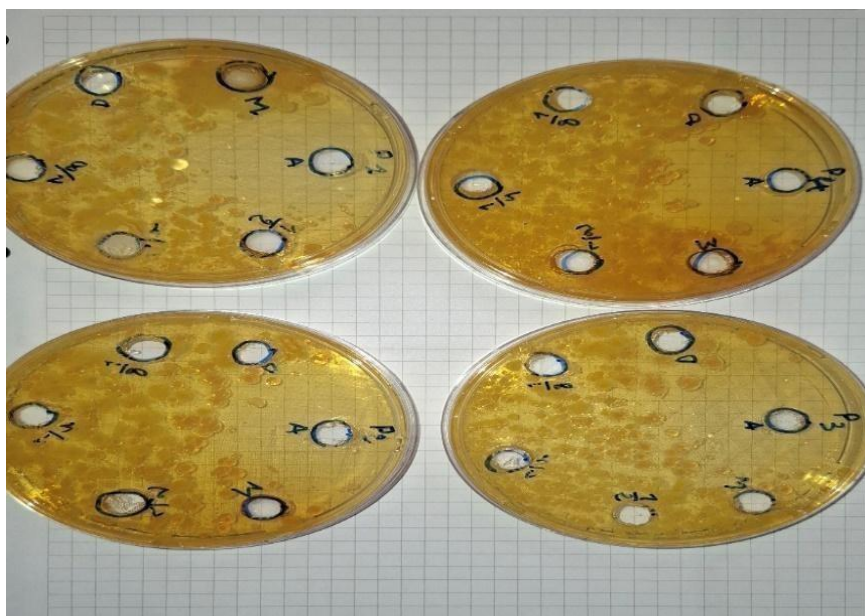
L'activité antibactérienne a été évaluée à l'aide de deux méthodes : la diffusion en puits et la diffusion sur disque.

### 5.6.1. Méthode de diffusion en puits

Après 24 h d'incubation pour les boîtes de pétri contenant les souches bactériennes, le DMSO, l'antibiotique et les extraits d'*Aloe vera*, aucune zone d'inhibition n'a été observée autour des puits contenant les extraits testés, ni autour de ceux contenant le DMSO.

L'absence de zones d'inhibition peut être liée à plusieurs facteurs : une diffusion limitée des extraits à travers le milieu gélosé, ce qui masque leurs activités. Il est également possible que les boîtes aient été contaminées lors des manipulations ce qui a entraîné la présence de bactéries indésirables dans le tapis bactérien, qui peuvent être plus résistantes aux composés des extraits d'*Aloe vera*.

En revanche, une zone d'inhibition est apparue autour des puits contenant l'antibiotique de référence, dans toutes les boîtes de pétri, L'apparition de la zone d'inhibition prouve que l'antibiotique a diffusé dans le milieu et a exercé une action antibactérienne efficace sur les bactéries indésirables (Figure 60).

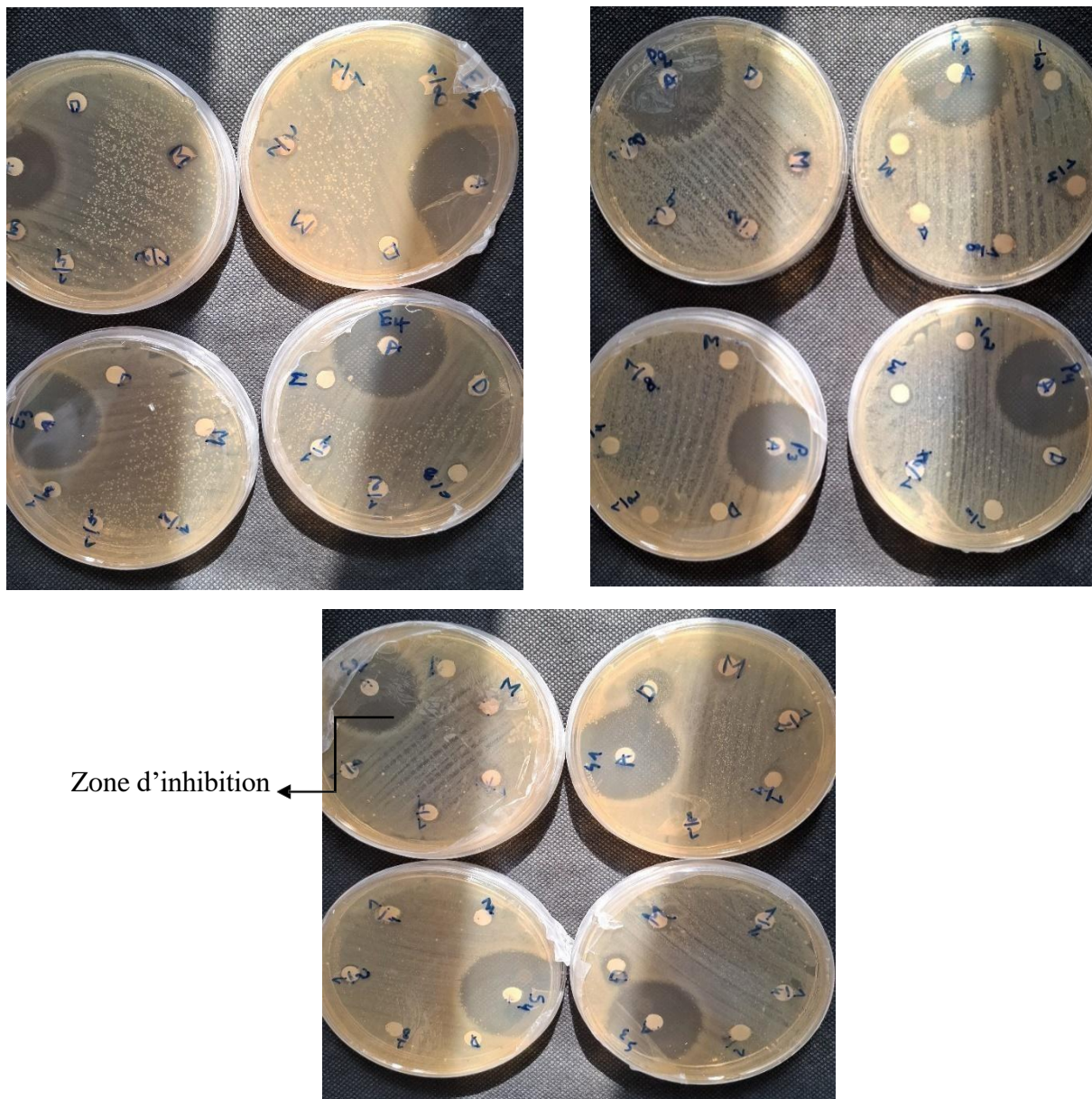


**Figure 60 :** Résultats relatifs à la méthode de diffusion en puits (Photo originale)



### 5.6.2. Méthode de diffusion sur disque

Après 24 h d'incubation pour les boîtes de pétri contenant les souches bactériennes, le DMSO, l'antibiotique et les extraits d'*Aloe vera*, des zones d'inhibition ont été observées sur les boîtes de Pétri, (Figures 61-62-63).



**Figures 61-62-63 :** Résultats relatifs à la méthode de diffusion sur disque pour les trois souches bactériennes (**Photos originales**)



Les mesures des zones d'inhibitions sont montrées dans le tableau suivant :

**Tableau 26** : Zones d'inhibitions de la souche bactérienne *E. coli*

Les concentrations	extrait 1	extrait 2	extrait 3	extrait 4
DMSO	/	/	/	/
Antibiotique	40mm	30mm	36mm	37mm
solution mère	10mm	9mm	9mm	9mm
dilution[1/2]	9mm	8mm	8mm	8mm
dilution[1/4]	8mm	7mm	6mm	7mm
dilution[1/8]	6mm	7mm	6mm	7mm

D'après les résultats, les plus larges zones d'inhibition concernent l'antibiotique Amoxiciline (contrôle positif), ce qui indique que l'antibiotique a bien diffusé dans la gélose et a exercé une forte activité antibactérienne contre la bactérie *E. coli*.

Aucune zone d'inhibition pour le solvant DMSO (contrôle négatif), il n'a pas d'effet antibactérien ce qui confirme que l'activité observée dans les extraits est bien due aux extraits d'*Aloe vera* et pas un effet du solvant.

Tous les extraits d'*Aloe vera* ont exercé un effet antibactérien révélé par l'apparition des zones d'inhibition. Toutefois, le diamètre de ces zones varie selon la concentration (plus l'extrait est concentré, plus il inhibe la croissance bactérienne).

Globalement, la meilleure activité est celle de l'extrait 1 de la plante entière, donc c'est le plus riche en composés actifs, l'extrait 2 des feuillettes et l'extrait 4 du gel montrent le même effet antibactérien.

L'extrait 3 de jus montre l'activité la plus faible (chute rapide à 6 mm dès la dilution 1/4), le diamètre 6 mm est souvent considéré comme une zone de tolérance du disque, donc c'est une zone non significative cliniquement.

**Tableau 27** : Zone d'inhibition de la souche bactérienne *Pseudomonas aeruginosa*

Les concentrations	extrait 1	extrait 2	extrait 3	extrait 4
DMSO	/	/	/	/
Antibiotique	39mm	35mm	39mm	35mm
solution mère	10mm	11mm	9mm	9mm
dilution[1/2]	9mm	9mm	8mm	7mm
dilution[1/4]	7mm	8mm	7mm	7mm
dilution[1/8]	6mm	8mm	6mm	6mm

D'après les résultats, les zones d'inhibition les plus larges concernent l'antibiotique Amoxiciline (contrôle positif), ce qui indique que l'antibiotique a bien diffusé dans la gélose et a exercé une forte activité antibactérienne contre la bactérie *Pseudomonas aeruginosa*.

Aucune zone d'inhibition pour le solvant DMSO (contrôle négatif), il n'a pas d'effet antibactérien ce qui confirme que l'activité observée dans les extraits est bien due aux extraits de l'*Aloe vera* et pas un effet du solvant.

Tous les extraits d'*Aloe vera* ont exercé un effet antibactérien révélé par l'apparition des zones d'inhibition. Toutefois, le diamètre de ces zones varie selon la concentration (plus l'extrait est concentré, plus il inhibe la croissance bactérienne).

Globalement, l'extrait 1 de la plante entière et l'extrait 2 des feuillets montrent une activité antimicrobienne plus efficaces que l'extrait 3 de jus et l'extrait 4 de gel, avec des zones d'inhibition légèrement plus larges à toutes les concentrations.

**Tableau 28** : Zone d'inhibition de la souche bactérienne *Staphylococcus aureus*

Les concentrations	extrait 1	extrait 2	extrait 3	extrait 4
DMSO	/	/	/	/
Anti biotique	33mm	33mm	39mm	36mm
solution mère	9mm	10mm	12mm	9mm
dilution[1/2]	8mm	8mm	8mm	8mm
dilution[1/4]	7mm	7mm	7mm	6mm
dilution[1/8]	6mm	6mm	6mm	6mm

D'après les résultats, les plus larges zones d'inhibition concernant l'antibiotique Amoxiciline (contrôle positif), ce qui indique que l'antibiotique a bien diffusé dans la gélose et a exercé une forte activité antibactérienne contre la bactérie *Staphylococcus aureus*.

Aucune zone d'inhibition pour le solvant DMSO (contrôle négatif), il n'a pas d'effet antibactérien ce qui confirme que l'activité observée dans les extraits est bien due aux extraits d'*Aloe vera* et pas un effet du solvant.

Tous les extraits d'*Aloe vera* ont exercé un effet antibactérien révélé par l'apparition des zones d'inhibition. Toutefois, le diamètre de ces zones varie selon la concentration (plus l'extrait est concentré, plus il inhibe la croissance bactérienne).

L'extrait 3 de jus est le plus efficace, il montre une activité antimicrobienne plus marquée par rapport à d'autre extraits. L'extrait 2 des feuillets est également montre un

bon potentiel inhibiteur par rapport aux extraits 1 de la plante et l'extrait 4 du gel qui présentent une efficacité modérée.

Selon les résultats obtenus, tous les extraits ont un potentiel inhibiteur qui varie selon leurs concentrations, mais qui restent inférieurs à ceux de l'antibiotique de référence.

En général, la plante *Aloe vera* contient des composés actifs dans toutes les parties de la plante soit les feuillettes, le jus et le gel qui ont donné un effet antibactérien des bactéries soit du gram positive comme *Staphylococcus aureus* ou des bactéries de gram négative comme *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*.

### 5.6.3. La sensibilité des bactéries

Selon les normes de résistance et de sensibilité des bactéries rapportées par (Ponce et al, 2003), la sensibilité des bactéries a été classée selon le diamètre des halos d'inhibition comme suit :

- Non sensible (-) ou résistance : diamètre <8mm.
- Sensible (+) : diamètre compris entre 9 à 14 mm.
- Très sensible (++) : diamètre compris entre 15 à 19 mm.
- Extrêmement sensible (+++) : diamètre > 20 mm.

Les résultats sont montrés ci-dessous.

**Tableau 29** : Sensibilité des bactéries contre l'extrait 1 (La plante entière d'*Aloe vera*)

Les bactéries	Antibiotique	Solution mère	Dilution 1/2	Dilution 1/4	Dilution 1/8
<i>E. coli</i>	+++	+	+	-	-
<i>Pseudomonas</i>	+++	+	+	-	-
<i>Staphylococcus</i>	+++	+	-	-	-

Les trois bactéries montrent une grande sensibilité à l'antibiotique (Amoxiciline), et une sensibilité modérée à l'extrait 1 ce qui est expliqué par la concentration en composés actifs qui agissent sur les bactéries, il en est de même pour une dilution 1/2 de la solution mère qui a agi contre la bactérie *E. coli* et *Pseudomonas* qui sont des bactéries de gram négative.

**Tableau 30** : Sensibilité des bactéries contre l'extrait 2 (Les feuillets d'*Aloe vera*)

Les bactéries	Antibiotique	Solution mère	Dilution 1/2	Dilution 1/4	Dilution 1/8
<i>E. coli</i>	+++	+	-	-	-
<i>Pseudomonas</i>	+++	+	+	-	-
<i>Staphylococcus</i>	+++	+	-	-	-

Les trois bactéries montrent une grande sensibilité à l'antibiotique (Amoxiciline), et une sensibilité modérée à l'extrait 2 ce qui est expliqué par la concentration en composés actifs qui agissent sur les bactéries, une dilution 1/2 de la solution mère a également agit contre la bactérie *Pseudomonas* qui est une bactérie de gram négative.

**Tableau 31** : Sensibilité des bactéries contre l'extrait 3 (Le jus d'*Aloe vera*)

Les bactéries	Antibiotique	Solution mère	Dilution 1/2	Dilution 1/4	Dilution 1/8
<i>E. coli</i>	+++	+	-	-	-
<i>Pseudomonas</i>	+++	+	-	-	-
<i>Staphylococcus</i>	+++	+	-	-	-

Les trois bactéries montrent une grande sensibilité à l'antibiotique (Amoxiciline), et une sensibilité modérée à l'extrait 3 ce qui est expliqué par la concentration en composés actifs qui agissent sur les bactéries, pour le reste de dilutions, aucune sensibilité n'a été montrée pour les trois bactéries.

**Tableau 32** : Sensibilité des bactéries contre l'extrait 4 (Le gel d'*Aloe vera*)

Les bactéries	Antibiotique	Solution mère	Dilution 1/2	Dilution 1/4	Dilution 1/8
<i>E. coli</i>	+++	+	-	-	-
<i>Pseudomonas</i>	+++	+	-	-	-
<i>Staphylococcus</i>	+++	+	-	-	-

Les trois bactéries montrent une grande sensibilité à l'antibiotique (Amoxiciline), et une sensibilité modérée à l'extrait 4 ce qui est expliqué par la concentration en composés actifs qui agissent sur les bactéries, pour le reste de dilutions, aucune sensibilité n'a été observée pour les trois bactéries.

En effet, tous les extraits d'*Aloe vera* présentent une activité antibactérienne contre des bactéries de gram positif et négatif, principalement à la concentration de la solution mère.

Les résultats obtenus sont en accord avec ceux rapportés par (Onuoha Udumma et al, 2023), qui ont trouvé que les bactéries *E. coli* et *Pseudomonas aeruginosa* sont sensibles à l'extrait d'*Aloe vera* avec des zones d'inhibition qui varient entre : 8.6-13.3 mm pour *E. coli* et entre 11.5-17.7 mm pour *Pseudomonas aeruginosa*.

D'autres recherches telles que (Usman et al, 2020), ont confirmé la sensibilité de la bactérie *Staphylococcus aureus* à l'extrait d'*Aloe vera* avec une zone d'inhibition entre 9-25 mm.

## 5.7. Test de toxicité

Le test de toxicité aigüe mené sur des souris permet d'évaluer la toxicité de la plante *Aloe vera* (extrait 1 de la plante entière).

L'expérience a été basée sur l'administration orale des différentes concentrations de l'extrait d'*Aloe vera* selon le poids des souris qui ont été réparties en quatre lots.

Une série d'observation et de contrôle pendant une période de temps est montrée dans les tableaux ci-dessous, dont :

A = Absence, P = Présence, N = Normal, R = Réduit, V = Vivant, M = Mort.

**Tableau 33 :** Les observations effectuées aux souris durant une période de temps (lot 1)

	lot 1																							
Temps	30 min				2 h				24h				48h				7j				14j			
Les doses administrées (mg/g)	50	200	400	800	50	200	400	800	50	200	400	800	50	200	400	800	50	200	400	800	50	200	400	800
Consommation d'aliment	A	A	A	A	R	R	R	R	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Réspiration	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Tremblement	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Douleurs	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Convulsions	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Changement de peau	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Somnolence	P	P	P	P	R	R	R	R	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sédation	P	P	P	P	R	R	R	R	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Coma	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Vivant/Mort	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V

Selon les résultats d'observation, la consommation d'aliments été absente au début (30 min) suivant l'administration, puis réduite environ 2h et normale pendant le reste de la durée de l'expérience. La respiration est restée stable, avec à un rythme respiratoire normal. Aucun signe de douleur, tremblement, convulsion ni de changement de peau n'a été observé, une période de somnolence et de sédation a été notée juste après l'administration des doses puis se réduit jusqu'à sa disparition, pas de cas de coma ou de mort n'a été enregistré pour le lot 1.

**Tableau 34** : Les observations effectuées aux souris durant une période de temps (lot 2)

	lot 2																	
Temps	30 min			2h			24h			48h			7j			14j		
Les doses administrées (mg/g)	1000	1500	2000	1000	1500	2000	1000	1500	2000	1000	1500	2000	1000	1500	2000	1000	1500	2000
Consommation d'aliment	A	A	A	R	R	R	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Réspiration	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Tremblement	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Douleurs	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Convulsions	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Changement de peau	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Somnolence	P	P	P	R	R	R	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sédation	P	P	P	R	R	R	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Coma	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Vivant/Mort	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V

Selon les résultats d'observation, la consommation d'aliments a été absente au début (30 min) suivant l'administration, puis réduite environ 2h et normale pendant le reste de la durée de l'expérience. La respiration est restée stable, avec à un rythme respiratoire normal. Aucun signe de douleurs, tremblement, convulsion ni changement de peau n'a été observé, une période de somnolence et de sédation a été notée juste après l'administration des doses et puis se réduit jusqu'à sa disparition, pas de cas de coma ou de mort n'a été enregistré pour le lot 2.

**Tableau 35** : les observations effectuées aux souris durant une période de temps (lot 3)

	lot 3																	
Temps	30 min			2h			24h			48h			7j			14j		
Les doses administrées (mg/g)	3000	4000	5000	3000	4000	5000	3000	4000	5000	3000	4000	5000	3000	4000	5000	3000	4000	5000
Consommation d'aliment	A	A	A	A	A	A	N	N	N	N	N	R	N	N	M	N	N	M
Réspiration	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	M	N	N	M
Tremblement	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	M	A	A	M
Douleurs	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	M	A	A	M
Convulsions	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	M	A	A	M
Changement de peau	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	M	A	A	M
Somnolence	P	P	P	R	R	R	A	A	A	A	A	A	A	A	M	A	A	M
Sédation	P	P	P	R	R	R	A	A	A	A	A	A	A	A	M	A	A	M
Coma	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	M	A	A	M
Vivant/Mort	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	M	V	V	M

Selon les résultats d'observation, la consommation d'aliments a été absente au début (30 min), puis réduite environ 2h et normale pendant le reste de la durée de l'expérience, sauf pour la souris qui a administré la dose la plus forte de 5000 mg/ qui avait encore un apport alimentaire réduit jusqu'à sa mort. La respiration est restée stable, avec à un rythme respiratoire normal. Aucun signe de douleurs, tremblement, convulsion ni changement de peau n'a été marqué, une période de somnolence et de sédation a été notée juste après l'administration des doses et puis réduite jusqu'à sa disparition, pas de cas de coma ou de mort n'a été enregistré pour le lot 2 sauf la souris qui a administré la dose la plus haute de 5000 mg/g et qui est morte 5 jours après l'administration de la dose.

La mort de la souris peut être liée à une toxicité systémique aiguë due à l'administration d'une dose élevée de l'extrait d'*Aloe vera*, ce qui permet de mesurer la DL50, mais à cause de l'absence d'autre signe de toxicité comme des douleurs, tremblement, convulsion ou autre signe, donc peut-être la mort de souris est liée à d'autres facteurs comme l'état de santé générale de la souris (souris malade, affaiblie), conditions environnementales mauvaises, des agressions de la part d'autre souris du lot...

Pour cela, la même dose (5000 mg/g) a été administrée pour 2 autres souris où elles ont été mises dans les mêmes conditions des 3 lots précédents avec une comparaison avec une souris témoin.

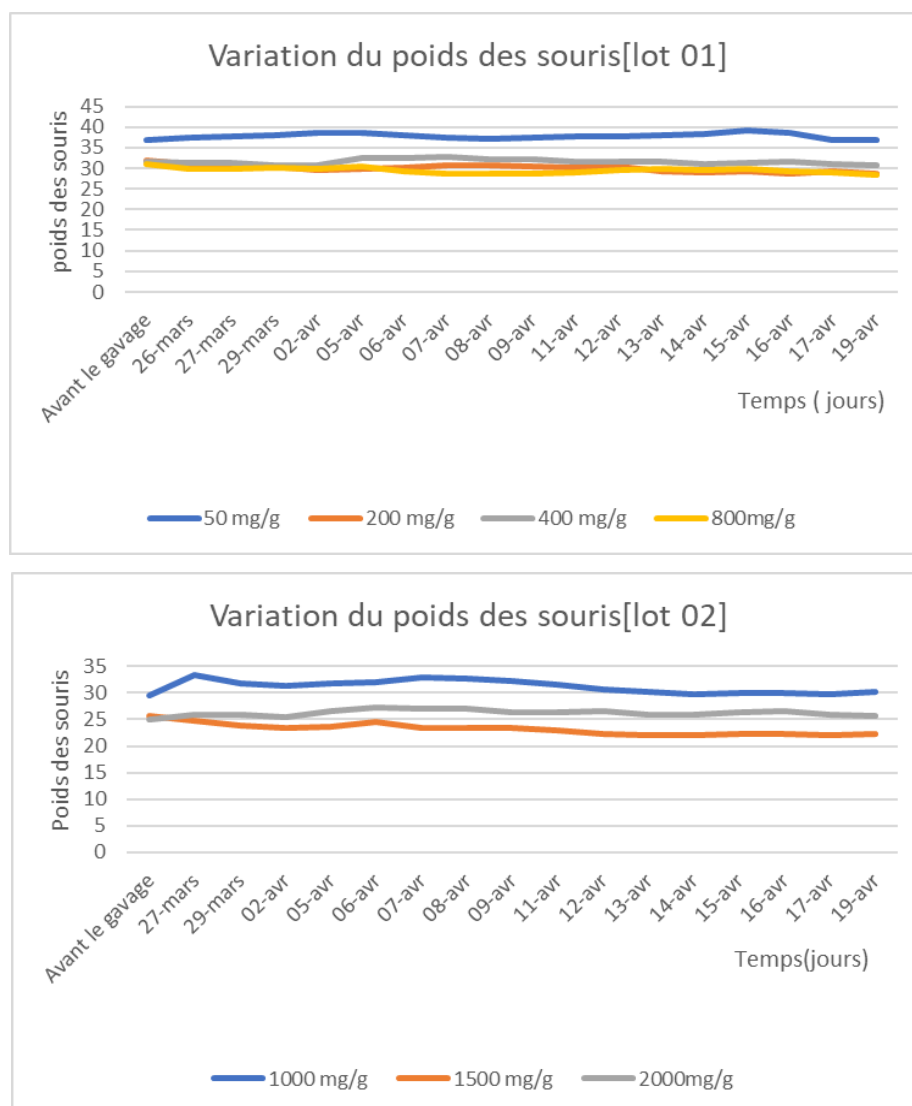
**Tableau 36 :** Les observations effectuées aux souris durant une période de temps (lot 4)

	lot 4																	
Temps	30 min			2h			24h			48h			7j			14j		
Les doses administrées (mg/g)	5000	5000	témoin	5000	5000	témoin	5000	5000	témoin	5000	5000	témoin	5000	5000	témoin	5000	5000	témoin
Consommation d'aliment	A	A	A	R	R	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Réspiration	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Tremblement	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Douleurs	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Convulsions	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Changement de peau	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Somnolence	P	P	P	R	R	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sédation	P	P	P	R	R	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Coma	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Vivant/Mort	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V

Selon les résultats d'observation, la consommation d'aliments a été absente au début (30 min) suivant l'administration, puis réduite environ 2h pour les souris qui ont administré la dose de 5000 mg/g et puis normale le reste de la durée de l'expérience, en comparaison avec la souris témoin qui avait un apport alimentaire normal après 30 min. La respiration est restée stable, avec à un rythme respiratoire normal. Aucun signe de douleurs, tremblement, convulsion ni changement de peau n'a été marqué, une période de somnolence et de sédation a été observée juste après l'administration des doses et puis réduite jusqu'à sa disparition et totalement absente chez la souris témoin, pas de cas de coma ou de mort n'a été enregistré pour le lot 4.

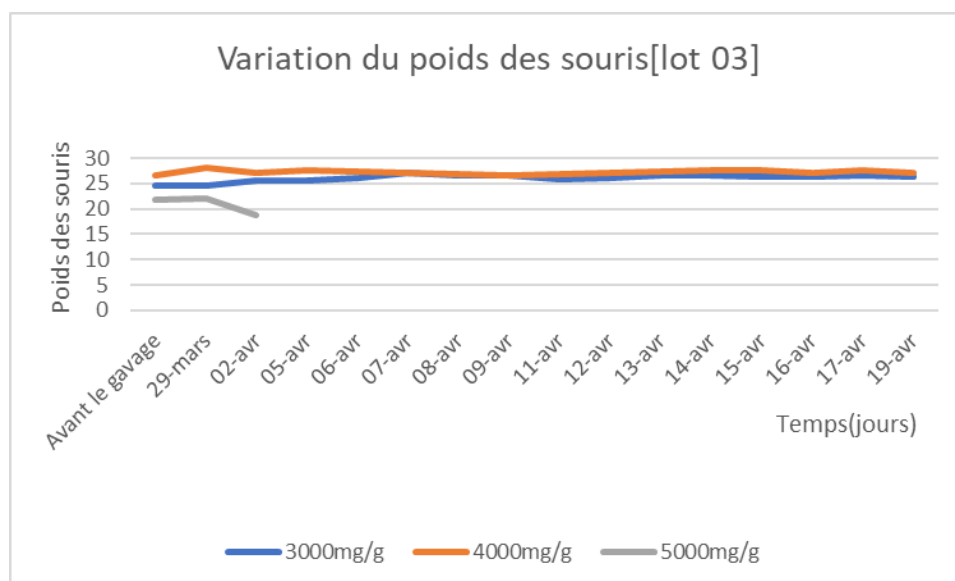
Le changement de poids est aussi observé pendant toute la durée de l'expérience, les résultats sont montrés dans les graphes ci- dessous :





**Figures 64-65 : Variation du poids des souris (lots 1 et 2) (Photos originales)**

Les résultats montrent qu'il n'y a pas de variations remarquables concernant le poids des souris pour les deux lots (Figures 64-65) pendant l'expérience car l'extrait d'*Aloe vera* n'a pas d'effet toxique susceptible d'altérer l'état général des souris, notamment leurs apports alimentaires, leur métabolisme et croissance corporelle.

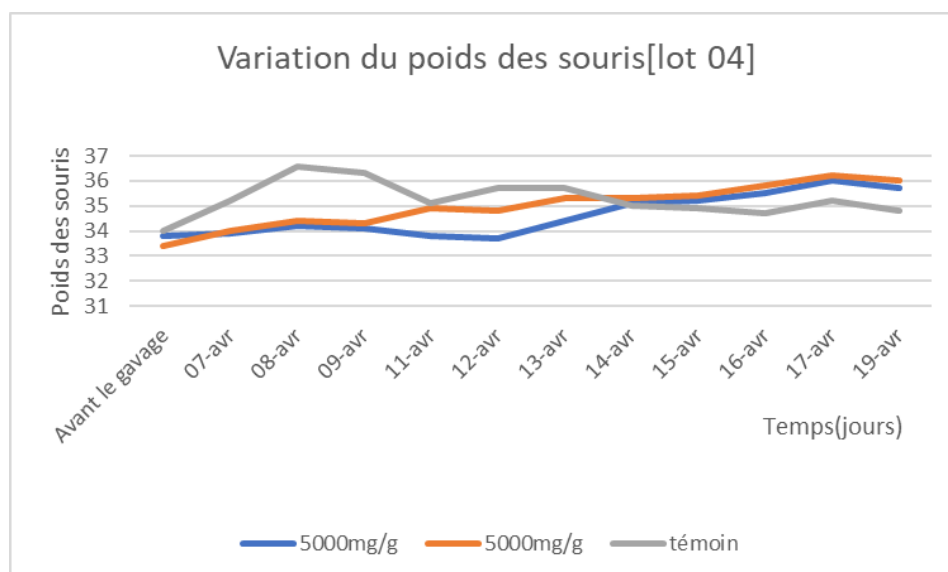


**Figure 66 :** Variation du poids des souris (lot 3) (Photo originale)

Les résultats montrent qu'il n'y a pas de variations remarquables concernant le poids des souris pour le lot 3 (Figure 66), sauf pour la souris qui a administré la dose la plus forte (5000 mg/g) qui a subi une chute de poids remarquable jusqu'à la mort de la souris.

Nous avons supposé que ça été causé soit par un effet toxique de la dose forte de l'extrait d'*Aloe vera*, ou autres facteurs comme l'état de santé générale de la souris.

Pour s'assurer de la cause liée à cette variation de poids, une autre administration de la même dose de (5000 mg/g) est administrée à deux autres souris, qui ont été mise à une observation et une comparaison avec une autre souris témoin.



**Figure 67 :** Variation du poids des souris (lot 4) (Photo originale)

Les résultats concernant le lot 4 (Figure 67), montrent qu'il n'y a pas de variations remarquables concernant le poids des souris mise sous test et c'est le même cas pour la souris témoin, donc l'extrait d'*Aloe vera* n'a pas d'effet toxique susceptible d'altérer le poids des souris et que la mort de la souris dans le lot3 peut-être due à d'autres facteurs.

Ces données peuvent affirmer que la plus haute dose n'est pas une dose létale, donc nous ne pouvons pas déduire la DL50 qui doit être supérieure à cette dose, ce qui confirme que la plante *Aloe vera* n'a pas d'effet toxique ou autre effets néfastes une fois administrée par les organismes vivants.

Nos données sont en accord avec celles obtenues par (Nalimu et al, 2022), qui ont confirmé qu'il n'y a eu aucune mortalité ni changement comportemental apparent aux doses administrées aux rats dans les tests de toxicité orale aiguë. Ainsi, la dose létale médiane (DL50) des extraits d'*Aloe vera* étaient supérieure à 5000 mg/kg.

## **Conclusion et perspectives**

## Conclusion et perspectives

Au terme de ce travail, nous avons pu mener à bien une série d'activités biologiques réalisées *in vitro*, visant à évaluer les propriétés de la plante *Aloe vera*.

A la lumière de nos résultats, la richesse d'*Aloe vera* en métabolites secondaires a été clairement mise en évidence à travers un ensemble de tests phytochimique réalisés sur quatre extraits d'*Aloe vera*.

Le dosage des polyphénols et flavonoïdes permet de préciser la teneur en métabolites secondaires des extraits d'*Aloe vera*, les résultats obtenus indiquent une teneur significative pour les polyphénols et les flavonoïdes, ce qui renforce les observations qualitatives du criblage phytochimique.

L'évaluation du SPF a permis de déterminer la capacité des extraits d'*Aloe vera* à absorber les rayons UV, bien que ces extraits présentent un potentiel absorbant faible pour qu'ils être considéré comme des agents photoprotecteurs à part entière, mais peuvent être efficaces dans la formulation des crèmes solaires.

La méthode de diffusion en disque a montré des résultats positifs de l'action antibactérien des extraits d'*Aloe vera* vis-à-vis trois souches bactériens, cependant la méthode de diffusion en puits a donnée des résultats négatifs peuvent être liés à des contaminations ou une diffusion limitée des extraits dans le milieu gélosé.

Le test de toxicité aigüe réalisé *in vivo* sur des souris montré une absence totale des signes cliniques de toxicité toute la durée d'observation, ce qui confirme la sécurité d'*Aloe vera* pour une utilisation à la fois thérapeutique et cosmétique.

Les recherches et les études mener sur les plantes médicinales ouvrent la vie a plusieurs perspectives de recherche et développement de produits naturels.

L'*Aloe vera* occupe une place importante parmi les plantes médicinales essentiels en raison de leur abondance et diversité en composés bioactifs, qui lui confèrent une variété de propriétés recherché dans le domaine du cosmétique ou même thérapeutique.

Dans ce cadre, notre première tentative est de formuler une pommade hydratante naturelle à base d'*Aloe vera* et autres composants naturels.

## **Références bibliographies**

## Références bibliographiques

1. Abdellah, H., Abdellaoui, K., & Rahmani, M. S. (2022). Valorisation de la flore locale dans l'obtention de produits à haute valeur ajoutée : Cas d'*Aloe vera* issu de sites différents (Mémoire de master, Université Ibn Khaldoun – Tiaret).
2. Achat, S. (2013). Polyphénols de l'alimentation: extraction, pouvoir antioxydant et interactions avec des ions métalliques.
3. Albe-ly, S. (2019). Bactérie *Escherichia coli* et cystite : ce qu'il faut savoir [WWW Document]. ZAVA. <https://www.zavamed.com/fr/escherichia-coli.html> (accessed 4.30.25).
4. Al-Hilifi, S.A. Al-Ali, R.M. Al-Ibresam, O.T. Kumar, N. Paidari, S. Trajkovska Petkoska, A. Agarwal, V. (2022). Physicochemical, Morphological, and Functional Characterization of Edible Anthocyanin-Enriched *Aloe vera* Coatings on Fresh Figs (*Ficus carica* L.). Gels 8, 645. <https://doi.org/10.3390/gels8100645>.
5. Aliliche, M. Boulebtina, A. Foughalia, A. Akkouche, Z. (2013). Essai de fabrication d'une boisson médicinale à base de gel d'*Aloe arborescens* et du miel et l'évaluation de sa qualité (Thesis). Université de Jijel.
6. Ali-Rachedi, F. Meraghni, S. Touaibia, N. Mesbah, S. (2018). Analyse quantitative des composés phénoliques d'une endémique algérienne *Scabiosa Atropurpurea* sub. *Maritima* L. Bull. Société R. Sci. Liège. <https://doi.org/10.25518/0037-9565.7398>.
7. Almarie, A. A. (2020). Roles of terpénoïdes in essential oils and their potential as natural weed killers: Recent developments. In M. S. de Oliveira, W. A. da Costa, & S. G. Silva (Eds.), *Essential oils: Bioactive compounds, new perspectives and applications* (Chap. 24). IntechOpen.
8. Añibarro-Ortega, M. Pinela, J. Barros, L. Ćirić, A. Silva, S.P. Coelho, E. Mocan, A. Calhelha, R.C. Soković, M. Coimbra, M.A. Ferreira, I.C.F.R. (2019). Compositional Features and Bioactive Properties of *Aloe vera* Leaf (Fillet, Mucilage, and Rind) and Flower. *Antioxidants* 8, 444. <https://doi.org/10.3390/antiox8100444>.
9. Aryantini, D. Kristianingsih, I. Kurniawati, E. Dewanti, T. (2020). Formulation, Physical Characteristics, and Irritation Test of Soothing Gel Combination from *Aloe vera* gel and Dragon Fruit Juice.
10. Audu, J. A. Olatu, O. J. Sunday, E. I. (2007). Phytochemical screening of the active ingredients in medicinal plants. *Nigerian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 6(1), 1–7.

11. Azib, C., & Hammache, R. (2019). Évaluation des propriétés antioxydantes et fonctionnelles de l'*Aloe vera* et élaboration d'un jus à base de cette plante (Mémoire de Master, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi, Bordj Bou Arreridj, Algérie).
12. Bagul, V. Dhabekar, S. Sansarode, D. Dandekar, S. (2019). Wood Apple (*Limonia Acidissima* L.): A Multipurpose Herb In Cosmetics 4.
13. Batra, N. Dey, P. (2025). Untargeted metabolomics of *Aloe* volatiles: Implications in pathway enrichments for improved bioactivities. *Heliyon* 11, e42268. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e42268>.
14. Belmessikhe, A. Mergoud, L. n.d. Tp microbiologie bacterial classification | Milieu de culture | Microbiologie [WWW Document]. Scribd. <https://fr.scribd.com/document/545501816/TP-MICROBIOLOGIE-Bacterial-Classification> (accessed 6.8.25).
15. Ben Amor, B. (2008). Maîtrise de l'aptitude technologique de la matière végétale dans les opérations d'extraction de principes actifs: Texturation par détente instantanée contrôlée (DIC). Génie des procédés. [Thèse de doctorat, Université de La Rochelle].
16. Bensakhria, A. (2017). *Staphylococcus aureus* (staphylocoques) » Magazine Science. Mag. Sci. <https://www.magazinescience.com/biologie/staphylococcus-aureus-staphylocoques/> (accessed 5.1.25).
17. Benzidia, B. Berbouchi, M. Hamouche, H. Belahlib, N. (2025). Chemical composition and antioxidant activity of tannins extract from green rind of *Aloe vera* (L.) *Burm. F.* ResearchGate. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2018.05.022>.
18. Benzohra, I. Mégateli, M. Belaidi, H. Benali toumi, F., 2019. Journal Algérien des Régions Arides (JARA) Algerian Journal of Arid Regions [WWW Document] [https://www.researchgate.net/publication/341510124\\_aljaft\\_llmnatq\\_aljzayryt\\_almjlt\\_Journal\\_Algerien\\_des\\_Regions\\_Arides\\_JARA\\_Algerian\\_Journal\\_of\\_Arid\\_Region](https://www.researchgate.net/publication/341510124_aljaft_llmnatq_aljzayryt_almjlt_Journal_Algerien_des_Regions_Arides_JARA_Algerian_Journal_of_Arid_Region).
19. Benzoquinone, 2024. Wikipedia.
20. Bessas, A. Benmoussa, L. Kerarma, M. (2008). Mémoire Online - Dosage biochimique des composés phénoliques dans les dattes et le miel récoltés dans le sud algérien- [WWW Document]. <https://www.memoireonline.com/07/08/1340/dosage-biochimique-composes-phenoliques-datte-miel-sud-algerie.html> (accessed 6.7.25).
21. Biemer, J.J. (1973). Antimicrobial Susceptibility Testing by the Kirby-Bauer Disc Diffusion Method. *Ann. Clin. Lab. Sci.* 3, 135–140.



22. Bista R, Ghimire A, Subedi S (2020) Phytochemicals and Antioxidant Activities of *Aloe Vera* (*Aloe Barbadensis*). J Nut Sci Heal Diet 1(1): 25-36.
23. Bladel, A. (2021). Les métabolites secondaires et leurs fonctions (Mémoire de master, Université Ziane Achour Djelfa)
24. Boizot, N., & Charpentier, J.-P. (2006). Méthode rapide d'estimation des composés phénoliques des milieux biologiques. Revue d'Odonto-Stomatologie, 35(3), 195–200.
25. Botineau, M. (2010). Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. Éditions Tec & Doc, Lavoisier. ISBN 978-2-7430-1112-3.
26. Caunii, A. Pribac, G. Grozea, I. Gaitin, D. Samfira, I. (2012). Design of optimal solvent for extraction of bio-active ingredients from six varieties of *Medicago sativa*. Chem. Cent. J. 6, 123. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-6-123>.
27. Charline, D. (2021). *Pseudomonas aeruginosa* : définition, traitements - Santé sur le Net [WWW Document]. Santé Sur Net L'information Médicale Au Cœur Votre Santé. <https://www.sante-sur-le-net.com/maladies/maladies-infectieuses/pseudomonas-aeruginosa/> (accessed 4.30.25).
28. Chira, (2008). Squelette de base des flavonoïdes En bleu ciel, pont 3 carbonés.
29. Dal'Belo, S.E. Gaspar, L.R. Maia Campos, P.M.B.G.(2006). Moisturizing effect of cosmetic formulations containing Aloe vera extract in different concentrations assessed by skin bioengineering techniques. Skin Res. Technol. Off. J. Int. Soc. Bioeng. Skin ISBS Int. Soc. Digit. Imaging Skin ISDIS Int. Soc. Skin Imaging ISSI 12, 241–246. <https://doi.org/10.1111/j.0909-752X.2006.00155>.
30. David. Au cœur de L'Heure perdue : de la coumarine aux méthylionones - Auparfum [WWW Document]. <https://auparfum.bynez.com/au-coeur-de-l-heure-perdue-de-la-coumarine-aux-methylionones,4078> (accessed 4.25.25).
31. Debnath, B. Singh, W.S. Das, M. Goswami, S. Singh, M.K. Maiti, D. Manna, K. (2018). Role of plant alkaloids on human health: A review of biological activities. Mater. Today Chem. 9, 56–72. <https://doi.org/10.1016/j.mtchem.2018.05.001>.
32. Derabla, C. Zamouche, A. (2016). Etude de l'activité antibactérienne des extraits alcooliques d'ail (*Allium sativum*) et de cannelle (*Cinnamomum zeylanicum*).
33. Djadi, M., & Ait-Amar, H. (2014). Étude de la réactivité microbiologique et de l'effet toxique sur *Carassius auratus* du glutaraldéhyde. European Scientific Journal, 10(21), 179–188.
34. Dréno, B. (2009). Anatomie et physiologie de la peau et de ses annexes. Ann. Dermatol. Vénéréologie, Dermatologie esthétique et correctrice. Actualisation des

Journées de Nantes 2007 et de Bordeaux 2008 136, S247–S251.

[https://doi.org/10.1016/S0151-9638\(09\)72527](https://doi.org/10.1016/S0151-9638(09)72527).

35. EBrahim, A.A. Elnesr, S.S. Abdel-Mageed, M.A.A. Aly, M.M.M. (2020). Nutritional significance of *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) and its beneficial impact on poultry. *Worlds Poult. Sci.* <https://doi.org/10.1080/00439339.2020.1830010>.
36. Ebrahimzadeh, M.A. Enayatifard, R. Khalili, M. Ghaffarloo, M. Saeedi, M. Yazdani Charati, J.(2014). Correlation between Sun Protection Factor and Antioxidant Activity, Phenol and Flavonoid Contents of some Medicinal Plants. *Iran. J. Pharm. Res. IJPR* 13, 1041–1047.
37. El Guerraf, A. Ben jadi, S. Karadas Bakirhan, N. Kiyamaci, M.E. (2022). Schematic representation of the disk diffusion method of Kirby and Bauer [WWW Document]. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/figure/Schematic-representation-of-the-disk-diffusion-method-of-Kirby-and-Bauer\\_fig5\\_358212661](https://www.researchgate.net/figure/Schematic-representation-of-the-disk-diffusion-method-of-Kirby-and-Bauer_fig5_358212661) (accessed 5.1.25).
38. Elferjane, M.R. Jovanović, A.A. Milutinović, V. Čutović, N. Jovanović Krivokuća, M., Marinković, A. (2023). From *Aloe vera* Leaf Waste to the Extracts with Biological Potential: Optimization of the Extractions, Physicochemical Characterization, and Biological Activities. *Plants*. <https://doi.org/10.3390/plants12142744>.
39. Fardet, A. Souchon, I. Didier, D. (2013). *Structure des aliments et effets nutritionnels*. France: Quae.
40. FDA, (2007). Sunscreen Drug Products for Over-the-Counter Human Use; Proposed Amendment of Final Monograph. *Federal Register*, 84(38), 6204–6275. <https://www.federalregister.gov/documents/2007/08/27/07-4131/sunscreen-drug->
41. Feroze, F. Balakrishnan, U. (2015). Phytochemical analysis of an important medicinal plant, *Aloe vera* L. *Journal of Pharmaceutical and Biological Sciences*, 3(4), 131–134
42. Gage, D. (1996). *Aloe Vera: Nature's Soothing Healer*. États-Unis: Inner Traditions/Bear.
43. Gao, Y. Kuok, K.I. Jin, Y. Wang, R. (2019). Biomedical applications of *Aloe vera*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1496320>.
44. Geddes, A.M. Klugman, K.P. Rolinson, G.N. (2007). Introduction: historical perspective and development of amoxicillin/clavulanate. *Int. J. Antimicrob. Agents*,

<https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2007.07.015>.

45. Gidado, I.M. Qassem, M. Triantis, I.F. Kyriacou, P.A. (2022). Review of Advances in the Measurement of Skin Hydration Based on Sensing of Optical and Electrical Tissue Properties. *Sensors* 22, 7151. <https://doi.org/10.3390/s22197151>.
46. Gurib-Fakim, A. (2008). *Plantes médicinales 1*. Allemagne: Fondation PROTA.
47. Guy, Y. (2007). Réflexions sur les critères de choix d'indicateurs de pression phytosanitaire. *Cour. Environ. INRA* 54, 113–120.
48. Hamel, T. Seridi, R. de Bélair, G. Slimani, A. Babali, B. (2013). Flore vasculaire rare et endémique de la péninsule de l'Edough (Nord-Est algérien). *Revue des Sciences et de la Technologie – Synthèse*, 26, 65–74.
49. Handerson, T. (2024). Mueller-Hinton Agar: Composition, Uses, and Importance | Outsource! Contract Laboratory E - Magazine [WWW Document]. <https://outsource.contractlaboratory.com/mueller-hinton-agar-composition-uses-and-importance/> (accessed 5.6.25).
50. Harborne, J. B. (1998). *Phytochemical methods: A guide to modern techniques of plant analysis* (3rd ed.). Springer
51. Hardin-Pouzet, H. Morosan, S. (2019). Des souris, des rats et des hommes: En quoi les modèles rongeurs restent indispensables pour la production de connaissances. *médecine/sciences* 35, 479–482. <https://doi.org/10.1051/medsci/2019082>.
52. Hendrawati, T.Y. Ambarwati, H. Nugrahani, R.A. Susanty, Hasyim, U.H. (2020). The effects of Aloe vera gel addition on the effectiveness of sunscreen lotion. *J. Rekayasa Proses* 14, 101–107. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.45247>.
53. Heroual, K. Filali, S. Meguellati, S. (2020). Les polyphénols : Structure, pouvoir antioxydant et méthodes in vitro de l'évaluation de l'activité antioxydante.
54. Hopkins, W. G. Evrard, C. (2003). *Physiologie végétale*. Belgique: De Boeck Supérieur
55. Hossain, T.J. (2023). Methods for screening and evaluation of antimicrobial activity: a review of protocols, advantages and limitations [WWW Document]. ResearchGate. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33198.48965/1>.
56. *Interactions insectes-plantes*. (2013). France: IRD éditions.
57. Jagessar, R. C. (2017). Phytochemical screening of the secondary metabolites in some medicinal plants of Guyana. *Current Research in Chemistry*, 9(1), 1–12.

58. Jahangeer, (2021). Therapeutic and Biomedical Potentialities of Terpenoids – A Review. J. Pure Appl. Microbiol. <https://microbiologyjournal.org/therapeutic-and-biomedical-potentialities-of-terpenoids-a-review/> (accessed 4.24.25).
59. Jean, C. (2019). *Aloe vera*: Bienfaits, en gel ou à boire, posologie. Darwin Nutr. <https://www.darwin-nutrition.fr/super-aliments/aloe-vera/> (accessed 4.24.25).
60. Kabra, A. Sharma, R. Hano, C. Kabra, R. Martins, N. Baghel, U.S. (2019). Phytochemical Composition, Antioxidant, and Antimicrobial Attributes of Different Solvent Extracts from *Myrica esculenta* Buch.-Ham. ex. D. Don Leaves. Biomolecules 9, 357. <https://doi.org/10.3390/biom9080357>.
61. Kahramanoğlu, İ. Chen, C. Chen, J. Wan, C. (2019). Chemical Constituents, Antimicrobial Activity, and Food Preservative Characteristics of Aloe vera Gel. Agronomy 9, 831. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120831>.
62. Kherbache, A. (n.d.). Toxicologie et santé publique. Université Mohamed Boudiaf - M'sila, Faculté des Sciences, Département de Microbiologie et Biochimie.
63. Kouwelton, p.k. (2018). Application des techniques de chromatographie et de spectroscopie dans l'identification de métabolites secondaires de trois plantes antidiabétiques et antihypertensives de la pharmacopée ivoirienne (Thèse de doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire). <https://www.researchgate.net/publication/326694133>.
64. Krief, S. (2003). Métabolites secondaires des plantes et comportement animal: surveillance sanitaire et observations de l'alimentation des chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda. Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées.
65. La formule structurale de l'acide phénolique : image vectorielle de stock (libre de droits).
66. Labbani, Z. (2024). Dictionnaire encyclopédique. Édition Elalmaia .
67. Labbani. L3-BPV-FSNV/UFGC, Biochimie végétale / Composés phénoliques.
68. Lauwerys, et al. (2007). UVED - Cours [WWW Document]. [https://uved.univ-nantes.fr/GRCPB/sequence3/html/chap1\\_part4\\_1.html](https://uved.univ-nantes.fr/GRCPB/sequence3/html/chap1_part4_1.html) (accessed 5.1.25).
69. Lister, J.L. Horswill, A.R. (2014). *Staphylococcus aureus* biofilms: recent developments in biofilm dispersal. Front. Cell. Infect. Microbiol. 4. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2014.00178>.
70. Lounassi, I. Bensania, Y. (2013). Étude de l'activité antioxydante de la plante *Limonistrum guyonianum* (Thesis).

71. LuoJuny Red *Aloe Vera* Seeds, 50pcs/Bag Red *Aloe Vera* Seeds, Easy Planting of Evergreen, Viable Succulent Plant Seedlings with High Germination for Roof Seeds.
72. Macheix, J. Fleuriet, A. Jay-Allemand, C. (2005). Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Suisse: Presses polytechniques et universitaires romandes.
73. Marchand, L.(2021). La santé au naturel : se soigner avec les plantes [WWW Document]. <https://universpharmacie.fr/blog/article/la-sante-au-naturel-se-soigner-avec-les-plantes.html> (accessed 4.29.25).
74. Massaux, P. (2012). Polyphénols : Alliés pour la santé. Abeilles & Cie, (149), 4e trimestre.
75. Masson, A. Bouaziz, J-D. Battistella, M. Bagot, M. Bensussan, A. (2016). Anatomie fonctionnelle de la peau. <https://microbiologiemedicale.fr/peau-anatomie/> (accessed 4.26.25).
76. Michayewicz, N. (2013). L'*Aloe vera*, plante médicinale traditionnellement et largement utilisée depuis des millénaires, aux nombreuses propriétés thérapeutiques. Plante miracle. Université de Lorraine.
77. Michel-Briand, Y. Baysse, C. (2002). The pyocins of *Pseudomonas aeruginosa*. *Biochimie* 84, 499–510. [https://doi.org/10.1016/S0300-9084\(02\)01422-0](https://doi.org/10.1016/S0300-9084(02)01422-0).
78. Moniruzzaman, M. Rokeya, B. Ahmed, S. Bhowmik, A. Khalil, M.I. Gan, S.H. (2012). In vitro antioxidant effects of *Aloe barbadensis* Miller extracts and the potential role of these extracts as antidiabetic and antilipidemic agents on streptozotocin-induced type 2 diabetic model rats. *Mol. Basel Switz.* 17, 12851–12867. <https://doi.org/10.3390/molecules171112851>.
79. Muniz, M. N. (2006). Synthèse d'alcaloïdes biologiquement actifs : la (+) -anatoxine-a et la (±)-camptothécine (Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier – Grenoble I).
80. Nalimu, F. Oloro, J. Peter, E.L. Ogwang, P.E. (2022). Acute and sub-acute oral toxicity of aqueous whole leaf and green rind extracts of *Aloe vera* in Wistar rats. *BMC Complement. Med. Ther.* 22, 16. <https://doi.org/10.1186/s12906-021-03470-4>.
81. Nasri, M. Nasri, R. (2024). Solution naturelle : Production d'un complément alimentaire à base de *Moringa oleifera* à effet hypoglycémiant sous forme de gummies pour les gens diabétiques [Mémoire de fin d'études, École Nationale Supérieure de Biotechnologie Taoufik Khaznadar, Constantine].
82. Nejat zadeh-Barandozi, F. Enferadi, S.T. (2012). FT-IR study of the polysaccharides isolated from the skin juice, gel juice, and flower of *Aloe vera* tissues affected by

- fertilizer treatment. *Org. Med. Chem. Lett.* 2, 33. <https://doi.org/10.1186/2191-2858-2-33>.
83. Nishiyama, H. Saito, R. Chida, T. Sano, K. Tsuchiya, T. Okamura, N. (2012). Nutrient agar with sodium chloride supplementation for presumptive detection of *Moraxella catarrhalis* in clinical specimens. *J. Infect. Chemother. Off. J. Jpn. Soc. Chemother.* 18, 219–227. <https://doi.org/10.1007/s10156-012-0380-0>.
  84. Okechukwu R.I. Ujowundu Cosmas, O. Okika Winifred, O. Ujowundu Favour, N.Oparaeché Nathan, N. (2019). Extracts of *Aloe vera* and *Allium sativum*: potent inhibitors of pathogenic fungi. *World J. Adv. Res. Rev.* 1. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2019.1.2.0009>.
  85. Onuoha Udumma, N. Ogochukwu, A.P. Gabriel, A.O. Emmanuel, E. Linus, C.M. (2023). Evaluation of antibacterial activity of *Aloe vera* extract on some bacterial pathogens. *Int. J. Phytol. Res.* 3, 26–29.
  86. Oubiche, H. (2016). Étude phytochimique et l'activité antifongique de l'*Aloe vera* [Mémoire de fin d'études, Université Mohamed Khider – Biskra].
  87. Pandey, A., & Tripathi, S. (2013). Concept of standardization, extraction and pre phytochemical screening strategies for herbal drug. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2(5), 115–119.
  88. Plant d'Aloès de Krantz - *Aloe arborescens* Mill. Boutique Végétale. <https://www.boutique-vegetale.com/p/plant-aloe-arborescens-aloes-de-krantz> (accessed 4.24.25).
  89. Podsedek, A. (2007). Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review ResearchGate. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.07.023>.
  90. Ponce, A.G. Fritz, R. Roura, I.S. Del valle, C. (2003). Antimicrobial activity of essential oils on native microbial population of organic Swiss Chard | Request . ResearchGate. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(03\)00088-4](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(03)00088-4).
  91. Pradhan, S. P. Adhikari, K. Nepal, S. Pandey, B. P. (2020). Determination of Sun Protective Factor of Selected Medicinal Plants from Western Nepal. *Journal of Nepal Chemical Society*, 41(1), 51–55.
  92. Raaman, N. (2006). *Phytochemical techniques*. New India Publishing Agency.
  93. Reed, J.D. (1995). Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *J. Anim. Sci.* 73, 1516–1528. <https://doi.org/10.2527/1995.7351516x>.

94. Rehman, N.U. Hussain, H. Khiat, M. Khan, H.Y. Abbas, G. Green, I.R. Al-Harrasi, A. (2017). Bioactive chemical constituents from the resin of *Aloe vera*. *Z. Für Naturforschung B* 72, 955–958. <https://doi.org/10.1515/znb-2017-0117>.
95. Reynolds, T. (Éd.). (2004). *Aloes: The genus Aloe*. CRC Press. ISBN 978-0415306720.
96. Roch, L. (2018). Etude intégrative et comparative du métabolisme primaire des fruits au cours de leur développement (phdthesis). Université de Bordeaux.
97. Rodrigues, L.R. Jose, J. (2020). Exploring the photo protective potential of solid lipid nanoparticle-based sunscreen cream containing *Aloe vera*. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08543-4>.
98. Roy, T. Alam, M.S. Bhatia, S. Wagh, M.D. (2025). Development and process optimization of modified aloe polysaccharide juice. *Discov. Food* 5, 87. <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00341-6>.
99. Sánchez, M. González-Burgos, E. Iglesias, I. Gómez-Serranillos, M.P. (2020). Pharmacological Update Properties of *Aloe vera* and its Major Active Constituents. *Molecules* 25, 1324. <https://doi.org/10.3390/molecules25061324>.
100. Savithramma, N., Linga Rao, M., & Suhrulatha, D. (2011). Screening of medicinal plants for secondary metabolites. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 8(3), 579–584.
101. Sina, L. (2024). *Nutrition et Supplémentation*. Allemagne: epubli.
102. Singh, R., & Kumar, P. (2017). Phytochemical screening and antioxidant activity of different parts of *Ficus religiosa*. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 8(4), 1673–1678.
103. Stanfield, J. Osterwalder, U. Herzog, B. (2010). In vitro measurements of sunscreen protection. *Photochem. Photobiol. Sci.* 9, 489–494. <https://doi.org/10.1039/B9PP00181F>.
104. Tang, Q. Chu, J. Peng, P. Zou, Y. Wu, Y. Wang, Y. (2025). Probing the antibacterial mechanism of *Aloe vera* based on network pharmacology and computational analysis. *J. Mol. Graph. Model.* 138, 109034. <https://doi.org/10.1016/j.jmgm.2025.109034>
105. Tiwari, P. Kumar, B. Kaur, M. Kaur, G. Kaur, H. (2011). Phytochemical screening and extraction: A review. *Internationale Pharmaceutica Scientia*, 1(1), 98– 106.

106. Tong, S.Y.C. Davis, J.S. Eichenberger, E. Holland, T.L. Fowler, V.G. (2015). *Staphylococcus aureus* Infections: Epidemiology, Pathophysiology, Clinical Manifestations, and Management. *Clin. Microbiol. Rev.* 28, 603–661. <https://doi.org/10.1128/cmr.00134-14>.
107. Tyagi, S. Gahlot, M.S. Negi, K. Sing, S. (2020). Terpenoids from medicinal plants beneficial for human health care: Review [WWW Document]. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/346648592\\_Terpenoids\\_from\\_medicinal\\_plants\\_beneficial\\_for\\_human\\_health\\_care\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/346648592_Terpenoids_from_medicinal_plants_beneficial_for_human_health_care_Review) (accessed 6.5.25).
108. Usman, A. Hussaini, I.M. Hamza, M.M. Sanusi, S.B. Idris, H. (2020). Antibacterial Activity of *Aloe vera* Gel against Multidrug Resistant *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa*. *UMYU J. Microbiol. Res.* 5, 74–80.
109. Vila, J. Sáez-López, E. Johnson, J.R. Römling, U. Dobrindt, U. Cantón, R., Giske, C.G. Naas, T. Carattoli, A. Martínez-Medina, M. Bosch, J. Retamar, P. Rodríguez-Baño, J. Baquero, F. Soto, S.M. (2016). *Escherichia coli*: an old friend with new tidings. *FEMS Microbiol. Rev.* 40, 437–463. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuw005>.
110. Wangsomboonsiri, S. Thongngam, M. Charoensiddhi, S. Praseptianga, D. Ariyantoro, A.R. Laovitthayanggoon, S. Suppakul, P. Withayagiat, U. Boonsupthip, W. (2025). Effects of vacuum impregnation and calcium compounds on preservation of the microstructure and quality of frozen *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller). *J. Agric. Food Res.* 21, 101785. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101785>.
111. Wintola, O.A. Afolayan, A.J. (2011). Phytochemical constituents and antioxidant activities of the whole leaf extract of *Aloe ferox* Mill. *Pharmacogn. Mag.* 7, 325. <https://doi.org/10.4103/0973-1296.90414>.
112. Yahyaoui, D. Ramdani, M. (2020). Évaluation du pouvoir antioxydant de l’*Aloe vera* (Mémoire de fin d’études, Université de Tlemcen).
113. Yakhlef, G. Laroui, S. Hambaba, L. (2011). Évaluation de l’activité antimicrobienne de *Thymus vulgaris* et de *Laurus nobilis*, plantes utilisées en médecine traditionnelle.
114. Yoruk, N. G. Paksoy, Ö.I. (2024). GC/MS evaluation of the composition of the *Aloe vera* gel and extract. *Food Chemistry*: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101536>.
115. Załęcki, P. Rogowska, K. Wąs, P. Łuczak, K. Wysocka, M. Nowicka, D.(2024). Impact of Lifestyle on Differences in Skin Hydration of Selected Body Areas in young women cosmetics. <https://doi.org/10.3390/cosmetics1101001>.



## Résumé

Le présent travail consiste en l'étude des effets biologiques des quatre extraits de la plante *Aloe vera* : extrait de la plante entière (1), extrait des feuillettes (2), extrait de jus (3) et l'extrait de gel (4), ces extraits ont été étudiés à travers des activités réalisées *in vitro* :

Le criblage phytochimique a été réalisé sur les quatre extraits afin de détecter la présence des différents métabolites secondaires, ce qui a révélé une richesse de la plante *Aloe vera* en composés bioactifs tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les tannins, les coumarines présentent dans les différentes parties de la plante.

Le dosage des polyphénols et flavonoïdes a permis de quantifier leurs teneurs dans l'extrait 1, 2 et 3 d'*Aloe vera* en utilisant la méthode colorimétrique, les résultats ont montré une teneur en polyphénols respectivement de : 15.89 mg EAG/g, 16.81 mg EAG/g et 5.55 mg EAG/g, et une teneur en flavonoïdes respectivement de 31.68 mg EQ/g, 60.78 mg EQ/g et 2.18 MG QE/g.

L'évaluation du SPF permet de déterminer la capacité des extraits d'absorber ou de bloquer les rayons UVB, les résultats ont indiqué un potentiel photoprotecteur pour l'extrait 1, l'extrait 2 et l'extrait 3 respectivement de : 8.41, 10.52 et 5.61, les résultats ont été comparés à ceux de la littérature scientifique, aux crèmes ayant un SPF de 20, 50 et 60, ainsi que les normes établies par la FDA concernant les niveaux de protection solaire.

L'étude de l'activité antibactérienne avait pour objet de mesurer le pouvoir inhibiteur des quatre extraits sur les trois bactéries testées : *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*, en utilisant la méthode de diffusion en puits et sur les disques, nos résultats obtenus par la méthode de diffusion sur les disques ont confirmé l'effet antibactérien par la formation des zones d'inhibitions autour des disques placés dans les boîtes pétri.

Autre activité élaborer *in vivo* visait à tester la toxicité de la plante *Aloe vera* sur des souris de laboratoire par administration orale de l'extrait 1 de la plante entière pendant une certaine période, les résultats ont révélé une absence des effets indésirables chez les souris ce qui indique que la plante *Aloe vera* n'a pas un effet toxique.

Après la réalisation de ces différents tests, un essai de fabrication d'une pommade hydratante à base d'*Aloe vera* est effectué, comme est indiqué dans la partie du projet start-up dans le cadre de l'arrêté ministériel 1275.

**Mots clés:** *Aloe vera*, activités biologiques, SPF, toxicité.

## Abstract

This study involves studying the biological effects of four *Aloe vera* plant extracts: whole plant extract (1), leaflet extract (2), juice extract (3), and gel extract (4). These extracts were studied through in vitro activities:

Phytochemical screening was performed on the four extracts to detect the presence of various secondary metabolites, which revealed the richness of the *Aloe vera* plant in bioactive compounds such as polyphenols, flavonoids, tannins, and coumarins present in different parts of the plant. The dosage of polyphenols and flavonoids allowed to quantify their contents in extract 1, 2 and 3 of *Aloe vera* using the colorimetric method, the results showed a polyphenol content of respectively: 15.89 mg GAE/g, 16.81 mg GAE/g and 5.55 mg GAE/g, and a flavonoid content of respectively 31.68 mg QE/g, 60.78 mg QE/g and 2.18 mg QE/g.

The SPF assessment allowed to determine the extracts' ability to absorb or block UVB rays. The results indicated a photoprotective potential for extract 1, extract 2, and extract 3 of 8.41, 10.52, and 5.61, respectively. The results were compared to those in the scientific literature, to creams with an SPF of 20, 50, and 60, as well as to the standards established by the FDA regarding sun protection levels.

The antibacterial activity study aimed to measure the inhibitory power of the four extracts on the three bacteria tested: *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Staphylococcus aureus*, using the well and disk diffusion method. Our results obtained using the disk diffusion method confirmed the antibacterial effect by the formation of inhibition zones around the disks placed in the petri dishes.

Other in vivo activities aimed to test the toxicity of the *Aloe vera* plant on laboratory mice by oral administration of the extract 1 of the whole plant for a certain period. The results revealed an absence of adverse effects in the mice, indicating that the *Aloe vera* plant does not have a toxic effect.

After completing these various tests, a trial of manufacturing a moisturizing ointment based on *Aloe vera* was carried out, as indicated in the start-up project section within the framework of ministerial decree 1275.

**Keywords:** *Aloe vera*, biological activities, SPF, toxicity.

## ملخص

تتضمن هذه الدراسة دراسة التأثيرات البيولوجية لأربعة مستخلصات من نبات الصبار: مستخلص النبات الكامل (1)، مستخلص الأوراق (2)، مستخلص العصير (3)، ومستخلص الهلام (4). دُرست هذه المستخلصات من خلال تجارب مخبرية: أُجري فحص كيميائي نباتي على المستخلصات الأربعة للكشف عن وجود مستقبلات ثانوية مختلفة، مما كشف عن غنى نبات الصبار بالمركبات النشطة بيولوجيًا، مثل البوليفينولات، الفلافونويدات، التانين والكومارين، الموجودة في أجزاء مختلفة من النبات. سمحت لنا جرعات البوليفينولات والفلافونويدات بتحديد محتواها في المستخلصات 1 و2 و3 من الصبار باستخدام طريقة القياس اللوني، وأظهرت النتائج محتوى بوليفينول قدره 15.89 ملغ من مكافئ حمض الغاليك/ غ، و16.81 ملغ من مكافئ حمض الغاليك/ غ، و5.55 ملغ من مكافئ حمض الغاليك/ غ، على التوالي، ومحتوى فلافونويد قدره 31.68 ملغ من مكافئ الكرسيتين/ غ، و60.78 ملغ من مكافئ الكرسيتين/ غ، و2.18 ملغ من مكافئ الكرسيتين/ غ، على التوالي.

سمح لنا تقييم عامل الحماية من الشمس (SPF) بتحديد قدرة المستخلصات على امتصاص أو حجب أشعة UVB. وأشارت النتائج إلى قدرة حماية من أشعة الشمس للمستخلصات 1 و2 و3 على 8.41 و10.52 و5.61 على التوالي. قورنت النتائج بالنتائج المنشورة في الأدبيات العلمية، وبالكريمات ذات عامل الحماية من الشمس 20 و50 و60، بالإضافة إلى معايير إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA) المتعلقة بمستويات الحماية من الشمس.

هدفت دراسة النشاط المضاد للبكتيريا إلى قياس القوة المثبطة للمستخلصات الأربعة على البكتيريا الثلاث المختبرة: الإشريكية القولونية، والزائفة الزنجارية، والمكورات العنقودية الذهبية، باستخدام طريقة الانتشار البئري والقرصي. أكدت نتائجنا التي تم الحصول عليها باستخدام طريقة الانتشار القرصي التأثير المضاد للبكتيريا من خلال تكوين مناطق تثبيط حول الأقراص الموضوعة في أطباق بيرتي.

هدف نشاط آخر في الجسم الحي إلى اختبار سمية نبات الصبار على فئران المختبر عن طريق إعطاء مستخلص 1 من النبات بأكمله عن طريق الفم لفترة زمنية محددة. كشفت النتائج عن عدم وجود آثار جانبية لدى الفئران، مما يشير إلى أن نبات الصبار ليس له تأثير سام.

وبعد الانتهاء من هذه الاختبارات المختلفة، تم إجراء تجربة تصنيع مرهم مرطب يعتمد على الصبار، كما هو موضح في قسم مشروع start-up في إطار القرار الوزاري رقم 1275.

**الكلمات المفتاحية:** الصبار، الأنشطة البيولوجية، عامل الحماية من الشمس، السمية.

Présenté par : Bouderd Amani	Année : 2025/2024
<b>Evaluation de l'activité biologique <i>in vitro</i> et de la toxicité <i>in vivo</i> d'une plante de la famille des Aloeaceae : développement d'une pommade hydratante à base de cette plante</b>	
<b>Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master et de l'obtention du diplôme Startup dans le cadre de l'arrêté ministériel 1275</b>  <b>Résumé :</b>  <p>Ce travail porte sur l'étude des activités biologiques de quatre extraits d'<i>Aloe vera</i> : extrait de la plante entière, des feuillets, du jus et du gel. Le criblage phytochimique a révélé une richesse en composés bioactifs (polyphénols, flavonoïdes, tannins, coumarines). Le dosage des polyphénols et les flavonoïdes a montré que les extraits de la plante entière et des feuillets sont particulièrement riches en polyphénols et flavonoïdes.</p> <p>L'évaluation du pouvoir photoprotecteur (SPF) a démontré que les extraits testés peuvent absorber les rayons UVB, avec une efficacité plus marquée pour l'extrait des feuillets. L'activité antibactérienne des extraits a été confirmée contre trois bactéries (<i>Escherichia coli</i>, <i>Pseudomonas aeruginosa</i> et <i>Staphylococcus aureus</i> par la formation de zones d'inhibition.</p> <p>Un test de toxicité réalisé <i>in vivo</i> sur des souris n'a révélé aucun effet indésirable, indiquant l'innocuité de la plante. Enfin, un essai de fabrication d'une pommade hydratante à base d'<i>Aloe vera</i> a été mené dans le cadre d'un projet start-up conforme à l'arrêté ministériel 1275.</p> <p><b>Les mots clés :</b> <i>Aloe vera</i>, activités biologiques, extraits, SPF, toxicité.</p>	
<b>Président : Benchiheb Meriem</b>	<b>(MCA-UFM.Constantine)</b>
<b>Encadrant : Bellil Ines</b>	<b>(Prof-UFM.Constantine)</b>
<b>Co-encadrant : Bouaoune Zakarya</b>	<b>(MCA-UFM.Constantine)</b>
<b>Examineur : Cherfia Radia</b>	<b>(MCB-UFM.Constantine)</b>
<b>Représentant de l'incubateur : Benkahoul Malika</b>	<b>(MCA-UFM.Constantine)</b>
<b>Représentant du CDE : Kassah Laouar Mounia</b>	<b>(MCA-UFM.Constantine)</b>
<b>Représentant du CATI : Bouhalouf Habiba</b>	<b>(MCB-UFM.Constantine)</b>