

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique



Université Larbi Tébessi - Tébessa



Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature  
et de la Vie

Département : Sciences de la matière

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de  
**Master**

Spécialité : **Chimie des produits naturels**

**Etude de l'activité biologique  
et inhibitrice de la corrosion d'une  
plante « Arbutus unedo »**

**Présenté par :**

CHORFI Zine Eddine

**Devant le jury :**

DINAR KARIM

MCB. Université de Tébessa

**Président**

MANSOURI LAKHDAR

MCB. Université de Tébessa

**Rapporteur**

CHABBI KAWTHER

MCB. Université de Tébessa

**Examineur**

---

Promotion **2021-2022**



Université Larbi Tébessi- Tébessa  
Faculté des sciences exactes et de la nature et de la vie  
Département de ... Sciences de la Matière  
Filière : ... Chimie ...  
Année universitaire 2021/2022



## Déclaration sur l'honneur de non-plagiat (A joindre obligatoirement avec le mémoire)

Je, soussigné(e)

Nom et prénom : CHORFI ZINE EDDINE

Régulièrement inscrit (e) : 1334019416

N de carte d'étudiant :

Année universitaire : 2021/2022

Domaine : science de la matière

Filière : Chimie

Spécialité : Chimie des produits naturels

Intitulé :

Atteste que mon mémoire est un travail original et que toutes les sources utilisées ont été indiquées dans leur totalité, je certifie également que je n'ai ni copié ni utilisé des idées ou des formulations tirées d'un ouvrage, article ou mémoire, en version imprimée ou électronique, sans mentionner précisément leur origine et que les citations intégrales sont signalées entre guillemets.

Sanctions en cas de plagiat prouvé :

L'étudiant sera convoqué devant le conseil de discipline, les sanctions prévues selon la gravité de plagiat sont :

- L'annulation du mémoire avec possibilité de refaire sur un sujet différent.
- L'exclusion d'une année de Master.
- L'exclusion définitive.

من رئيس المجلس الشعبي البلدي  
و بتزويض منه  
ملاحق الإدارة الإقليمية  
بوعلي لعروسي



Fait à Tébessa, le :

Signature de l'étudiant (e)





Université Larbi Tébessa- Tébessa

Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie

Département ..... Sciences de la matière

Filière : ..... Chimie

Spécialité : ..... chimie des produits naturels

Année universitaire : 2021/2022



## Formulaire de levée de réserves après soutenance d'un Mémoire de Master

### Données d'identification du candidats (es) :

Nom et prénom du candidat : Chorfi Zineddine.

Intitulé du Sujet : Etude de l'activité biologique et inhibitrice de  
corrosion d'une plante « Arbutus Unedo »

### Données d'identification du membre de jury :

Nom et prénom : Dinar Karim

Grade : MCB

Lieu d'exercice : Université Larbi Tébessa – Tébessa-

Vu le procès-verbal de soutenance de la thèse sus citée comportant les réserves suivantes :

.....  
A refaire le mémoire  
.....

Et après constatation des modifications et corrections suivantes :

.....  
les réserves sont corrigées.  
.....

Je déclare en ma qualité de président de jury de soutenance que le mémoire cité remplit toutes les conditions exigées et permet au candidat de déposer son mémoire en vue de l'obtention de l'attestation de succès.

Le :

Président de jury de soutenance : (Nom/Prénom et signature)

Dr. Dinar - K

## *Remerciements*

*Avant toute chose, on tient à remercier Allah le tout puissant, de nous avoir donnée la force, la patience et le courage pour réaliser ce travail*

*Je remercie ma famille et surtout mes parents pour leur soutien moral, leur patience et leur encouragement durant les étapes difficiles de ce travail*

*J'exprime toute mes reconnaissances à mon encadreur Mr. **MANSOURI LAKHDAR** pour l'opportunité qu'il m'a offert et la confiance qu'il m'a témoignée mes cette année. Je le remercie pour sa disponibilité, son altruisme démesuré, ses idées innovantes, son soucis du détail et pour ses conseil et la confiance qu'il m'accordé m'ont permet de réaliser ce travail*

*Je tiens à remercier Monsieur **DINAR KARIM** , de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire*

*J'adresse aussi mes sincères remerciements à Mme **CHABBI KHAWTHER** , pour l'honneur qu'elle moi a fait en acceptant d'examiner ce mémoire*

*Enfin, mes derniers remerciements vont à ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail .*

## Résumé

L'importance des plantes naturelles réside dans le fait qu'elles contiennent des substances naturelles bioactives tels que les polyphénols et les flavonoïdes. Ces éléments sont utilisés à des fins thérapeutiques contre les maladies ainsi que des inhibiteurs de corrosion. Dans ce travail, nous avons étudié l'activité biologique antibactérienne et l'activité inhibitrice de corrosion de l'extrait de la plante de la région de Lac des oiseaux (El Tarf ,Algérie).L'extraction a été réalisée dans des solvants purs (méthanol, eau distillée, hexane, chloroforme, acétate d'éthyle) et l'extrait a été évalué comme antibactérien par la méthode de l'aromogramme, qui a révélé une activité inhibitrice de croissance des bactéries testées, notamment avec *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. De manière générale, les résultats obtenus sont prometteurs et ouvrent de nouveaux horizons dans le domaine des usages naturels qui peuvent constituer une bonne alternative aux produits chimiques. Nous avons également étudié l'effet de l'extrait de la plante sur la corrosion des métaux en milieu acide (acide chlorhydrique). En utilisant les techniques suivantes : (mesure du volume d'hydrogène gazeux dégagé, courbes de polarisation et spectroscopie d'impédance électrochimique) et les résultats obtenus ont montré que l'extrait est un inhibiteur de la corrosion des métaux.

**Mots clés** : extrait de la plante, activité biologique antibactérienne, inhibiteur de corrosion des métaux .

## **Abstract**

The importance of natural plants lies in the fact that they contain natural bioactive substances such as polyphenols and flavonoids. These elements are used for therapeutic purposes against diseases as well as corrosion inhibitors. In this work, we studied the antibacterial biological activity and the corrosion inhibiting activity of the plant extract from the bird lake region (El Tarf, Algeria). The extraction was carried out in pure solvents (methanol, distilled water, hexane, chloroform, ethyl acetate) and the extract was evaluated as antibacterial by the aromogram method, which revealed growth inhibitory activity of the bacteria tested, in particular with *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. In general, the results obtained are promising and open new horizons in the field of natural uses which can constitute a good alternative to chemical products. We also studied the effect of the plant extract on the corrosion of metals in an acid medium (hydrochloric acid). Using the following techniques: (measurement of the volume of hydrogen gas released, polarization curves and electrochemical impedance spectroscopy) and the results obtained showed that the extract is an inhibitor of metal corrosion.

**Key words:** plant extract, antibacterial biological activity, metal corrosion inhibitor.

## ملخص

تكمّن أهمية النباتات الطبيعية في كونها تحتوي مكونات طبيعية نشطة بيولوجيا كالبوليفينول والفلافونويد هذه العناصر تستخدم لأغراض علاجية ضد الامراض وكذلك كمضادات لتأكل المعادن. في هذا العمل قمنا بدراسة النشاط البيولوجي المضاد للبكتيريا والنشاط المثبط للتأكل لمستخلص النبتة من منطقة بحيرة الطيور (الطارف، الجزائر) ، تم إجراء استخلاص في مذيبات نقية (ميثانول، ماء ، هكسان ، كلوروفورم، أسيتات إيثيل ) وتم تقييم المستخلص كمضاد للبكتيريا باستعمال طريقة aromogramme التي كشفت عن نشاط مثبط لنمو الجراثيم التي تم اختبارها خاصة مع بكتيريا *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 . على العموم فإن النتائج المتحصل عليها واعدة وتفتح افاق جديدة في مجال الاستعمالات الطبيعية التي يمكن ان تكون بديلا جيدا للمواد الكيميائية. كما قمنا بدراسة تأثير مستخلص النبتة على تأكل المعادن في وسط حمضي (حمض الهيدروكلوريك) . باستعمال التقنيات الاتية: (قياس حجم غاز الهيدروجين المنطلق، منحنيات الاستقطاب والتحليل الطيفي للممانعة الكهروكيميائية) وقد أظهرت النتائج المتحصل عليها أن المستخلص مثبط لتأكل المعادن.

**الكلمات المفتاحية:** مستخلص النبتة، النشاط البيولوجي المضاد للبكتيريا، مثبط لتأكل المعادن.

## Listes des abréviations

**OMS** : Organisation mondiale de la Santé

**ISO** : L'Organisation internationale de normalisation

**HCl** : Acide chlorhydrique

**1M** : Une fois molaire

**mL** : millilitre

**Cm** : Centimètre

**DMSO** : Diméthylsulfoxyde

**MH** : Mueller Hinton

**NACE**: National Association of Corrosion Engineers

**SIE** : Spectroscopie d'impédance électrochimique

**Cdl** : Capacité de la double couche

**C** : Concentration

**I<sub>corr</sub>** : Intensité du courant de corrosion

**EI** : Efficacité inhibitrice

**F** : Fréquence

**Z** : Impédance

**E** : Potentiel

**E<sub>corr</sub>** : Potentiel de corrosion

**R<sub>tc</sub>** : Résistance de transfert de charge

**Θ** : Taux de recouvrement

**V<sub>corr</sub>** : Vitesse de corrosion



## Listes des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Principales classes des flavonoïdes .	5
<b>Tableau 2:</b> la classification d'Arbutus unedo	9
<b>Tableau 3:</b> Les noms vernaculaires d'arbutus unedo	10
<b>Tableau 4:</b> Les principaux facteurs de corrosion	13
<b>Tableau 5:</b> Gros matériel	21
<b>Tableau 6:</b> Petit matériel et produits.	22
<b>Tableau 7:</b> tableau des souches bactériennes utilisées.	28
<b>Tableau 8:</b> la transcription des diamètres des zones d'inhibition	29
<b>Tableau 9:</b> Résultats des screening phytochimiques	37
<b>Tableau 10:</b> Diamètre (D) pourcentage d'inhibition (PI%) et la sensibilité des souches.	40
<b>Tableau 11:</b> La longueur de dégagement du gaz de H <sub>2</sub> dans diffèrent concentration de l'extrait brute.	43
<b>Tableau 12:</b> Paramètres électrochimiques et efficacité inhibitrice de la corrosion	48

## Listes des Figures

<b>Figure 1:</b> Squelette de base des flavonoïdes.....	5
<b>Figure 2 :</b> des tannins hydrolysables Structure de l'acide gallique (a) et structure de l'acide ellagique. ....	7
<b>Figure 3:</b> Structure des tanins condensés (tannins non hydrolysables) .....	7
<b>Figure 4:</b> structure de base l'isoprène.....	8
<b>Figure 5:</b> Arbutus unedo (Taref) .....	9
<b>Figure 6:</b> Représentation schématique d'une pile de corrosion. ....	15
<b>Figure 7:</b> Amorçage (a) et propagation (b) d'une pique .....	16
<b>Figure 8:</b> situation géographique du site de récolte (lac des oiseaux).....	20
<b>Figure 9:</b> Protocole expérimentale de la méthode d'extraction solide/liquide (photo personnel, 2022).....	26
<b>Figure 10:</b> Les étapes d'extraction de la plante solide/liquide et liquide/liquide. ....	27
<b>Figure 11:</b> Le dégagement de H <sub>2</sub> selon les différentes concentrations de l'extrait brute. ....	31
Les courbes de la Figure 12 illustrent les différents cas. ....	32
<b>Figure 13:</b> Evolution du potentiel en fonction du temps d'immersion .....	32
<b>Figure 14:</b> Détermination du courant de corrosion par la méthode des droites de Tafel .....	34
<b>Figure 15:</b> Exemple du tracé dans le plan complexe (plan de Nyquist).....	35
<b>Figure 16:</b> Schémas de circuits électriques équivalents fréquemment rencontrés . ....	36
<b>Figure 17 :</b> Résultat de test des tannins.....	37
<b>Figure 18:</b> Résultat des saponosides.....	38
<b>Figure 19:</b> Résultat de test flavonoïdes .....	38
<b>Figure 20:</b> Résultat de test des alcaloïdes .....	39
<b>Figure 21:</b> Résultat de test des Quinones .....	39
<b>Figure 22:</b> Résultat de test des huiles volatiles.....	39
<b>Figure 23 :</b> Effet antibactérien de l'extrait brute de plante sur les différentes souches bactériennes (photo personnel).....	42
<b>Figure 24:</b> Evolution du potentiel de corrosion d'un métal dans la solution à 1M de HCl sans ou avec l'ajout de l'extrait brute de la plante à 25 C° .....	44
<b>Figure 25:</b> potentiodynamiques pour l'alliage dans une solution 1M d'HCl à la température ambiante (25C°) dans différentes concentrations.....	45

**Figure 26:** Impédance électrochimique de l'acier dans la solution 1M HCl en présence des différentes concentrations de l'extrait .....47

# Table des matières

Introduction générale .....	1
<b>Chapitre I : Les plantes médicinales et les activités biologiques</b>	
1.Introduction .....	2
2. Les plantes médicinales .....	2
2.1. Définition d'une plante médicinale .....	2
2.2. Utilisation des plantes médicinales.....	2
2.3. Phytothérapie et plantes médicinales.....	3
2.4. Les éléments actifs des plantes (drogue végétale).....	3
3. Polyphénols .....	4
3.1. Définition de Polyphénols .....	4
3.2. Classification .....	4
a .Les acides phénols.....	4
b. Les flavonoïdes .....	4
C .Les anthocyanes .....	6
d.Les tanins .....	6
e. Les saponines .....	7
f. Les terpénoïdes .....	8
4.Présentation du plante médicinale « Arbutus unedo ».....	9
4.1. Position systématique de la plante :.....	9
4.2. Noms vernaculaires : .....	10
4.3. Répartition géographique : .....	10
4.4. Propriétés et usages .....	10
5. Activités biologiques des plantes médicinales .....	11
5.1. Activité antibactérienne des plantes médicinales .....	11
<b>Chapitre II: Les inhibiteurs de corrosion</b>	
1.Introduction .....	12
2. Généralité sur la corrosion.....	12
2.1. Définition de la corrosion .....	12
2.2.Les facteurs de corrosion.....	12
2.3. Les formes de corrosion .....	14
3. Les inhibiteurs de corrosion .....	16

3. 1. Définition.....	16
3.2. Propriétés d'inhibiteurs.....	16
3.3. Classement des inhibiteurs .....	17
a. Par nature .....	17
b. Par domaine d'application.....	17
c. Par réaction partielle .....	18
d.Par mécanismes réactionnel.....	19

### **Chapitre III: Matériels et méthodes**

1 . Matériel végétale.....	20
2 . Situation géographique .....	20
3. Récolte et séchage de la plante.....	20
4. Matériel de laboratoire utilisé.....	20
5. Screening phytochimique .....	23
5.1. Introduction .....	23
5.2. Les alcaloïdes : .....	23
5.3. Les saponosides (test de mousse) : .....	23
5.4. Les flavonoïdes :.....	23
5.5. Les tannins :.....	24
5.6. Les huiles volatiles : .....	24
5.7. Quinones libres :.....	24
5.8. Anthocyanes : .....	24
5.9. Les cardénolides : .....	24
5.10. Les coumarines :.....	25
5.11. Les stérols :.....	25
6.Préparation de l'extrait de la plante.....	25
6.1.Extraction solide/liquide.....	25
6 .2 .Extraction liquide-liquide .....	26
6 .3 .Rendements de l'extrait brut.....	27
7.Etude de l'activité antibactérienne de la plante.....	27
7.1.Teste de l'activité antibactérienne .....	28
8. Etude de l'activité inhibitrice de la plante.....	30
8.1. Méthode gravimétrique.....	30
8.2.Méthodes électrochimiques .....	32

8.2.1 Suivi du potentiel de corrosion en circuit ouvert.....	32
8.2.2 Courbes de polarisation .....	33
8.2.3 La spectroscopie d'impédance électrochimique.....	34
8.2.4 Circuits électriques équivalents .....	36

## **Chapitre IV : Resultats et Discussions**

1. Screening phytochimiques.....	37
2. Rendements de l'extrait brute .....	40
3. Etude de l'activité antibactérienne .....	40
3.1. Teste de l'activité antibactérienne .....	40
4. Etude de l'activité inhibitrice de la plante.....	43
4.1. Étude gravimétrique .....	43
4.2. Étude électrochimique .....	44
4.2.1. Le Potentiel de corrosion.....	44
4.2.2. Courbes de polarisation .....	45
4.2.3. La spectroscopie d'impédance électrochimique.....	46

<b>Conclusion générale</b> .....	49
----------------------------------	----

## **Annexes**

Annexe 01 .....	50
Annexe 02.....	54
Références.....	63



# **Introduction général**

## **Introduction générale**

Depuis l'antiquité, l'homme utilise les plantes qui poussent autour de lui pour se nourrir et se soigner. Il est temps de redécouvrir ces végétaux trop longtemps oubliés, dont nous pouvons mettre à profit les multiples vertus dans notre vie quotidienne. Durant des siècles, nos ancêtres ont accumulé un véritable savoir sur les vertus médicinales des plantes [01].

En effet, le règne végétal est une source jugée inépuisable de molécules pouvant présenter un intérêt thérapeutique. Dans ce contexte, une grande partie de l'intérêt des recherches actuelles porte sur l'étude des métabolites secondaires qui constituent souvent des principes actifs des plantes médicinales et l'évaluation de leur valeur thérapeutique sur laquelle l'industrie pharmaceutique s'appuie largement pour le développement de nouveaux médicaments [01].

D'autre part, en plus des activités biologiques des plantes, au cours des dernières années, l'attention des chercheurs s'est focalisée sur les propriétés anti corrosives des produits naturels d'origine végétale. En effet, étant donné l'utilisation de plus en plus croissante des métaux et alliages dans la vie moderne, la corrosion constitue un problème énorme dont les conséquences sont néfastes et inestimables. Les produits naturels tels que les composés extraits de plantes semblent être une alternative écologique idéale pour remplacer les traditionnels inhibiteurs de corrosion [02].

L'objectif de notre travail vise à déterminer les propriétés biologiques et inhibitrice de corrosion d'une plante médicinale.

Ainsi ce mémoire est structuré en deux parties, initié par une partie recherche bibliographique et une partie pratique comportant le matériel et méthodes suivies, des résultats obtenus et leur discussion et enfin notre travail s'achève par une conclusion générale.

**Chapitre I :**  
**Les plantes médicinales**  
**et les activités biologiques**

## **1.Introduction**

L'homme s'intéresse aux plantes depuis toujours et l'histoire des substances naturelles s'identifie en partie à celle de la pharmacie, dont une discipline, la pharmacognosie, étudie les Poisons et les remèdes naturels, ou par extension la plupart des substances biologiquement actives. Actuellement, plusieurs questions sont soulevées concernant la sécurité des produits chimiques synthétiques utilisés en médecine ou dans l'industrie alimentaire. En effet, les antioxydants de synthèse utilisés pour retarder l'oxydation des lipides se sont avérés responsables d'effets indésirables et l'usage excessif d'agents antimicrobiens chimiques dans la médication humaine ainsi que dans l'élevage animal conduit à l'apparition de souches résistantes. Face aux limites thérapeutiques des médicaments chimiques, le développement de la recherche sur les plantes médicinales a été orienté vers l'obtention de phytomédicaments. Ce développement constitue une étape indispensable pour l'essor de tout un secteur lié aux besoins non seulement de la thérapie, mais aussi de l'industrie agroalimentaire, de la cosmétique et de la parfumerie [03].

## **2. Les plantes médicinales**

### **2.1. Définition d'une plante médicinale**

La définition d'une plante médicinale est très simple. En fait il s'agit d'une plante utilisée pour prévenir, soigner ou soulager divers maux. Les plantes médicinales sont des drogues végétales dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses Environ 35 000 espèces de plantes sont employées par le monde à des fins médicinales, ce qui constitue le plus large éventail de biodiversité utilisé par les êtres humains Les plantes médicinales continuent de répondre à un besoin important malgré l'influence croissante du système sanitaire moderne [04].

### **2.2. Utilisation des plantes médicinales**

Pendant longtemps, les plantes ont été utilisées uniquement en nature, sous forme de tisanes ou de poudres. Maintenant beaucoup sont présentées en gélules, mais il existe de nombreuses formes d'utilisation des plantes médicinales. Quelle que soit leur présentation, elles jouissent d'un regain d'intérêt largement suscité et entretenu par la publicité ainsi que par d'innombrables ouvrages de

vulgarisation [05].

### **2.3. Phytothérapie et plantes médicinales**

L'histoire des plantes aromatiques et médicinales est associée à l'évolution des civilisations. Dans toutes les régions du monde, l'histoire des peuples montre que ces plantes ont toujours occupé une place importante en médecine, dans la composition des parfums et dans les préparations culinaires. L'étude des activités biologiques des extraits de plantes est d'un grand intérêt ; en effet, les plantes constituent une source de substances naturelles ayant un grand potentiel d'application contre les insectes et d'autres parasites des plantes et du monde animal [06].

Les plantes de façon générale et aromatiques en particulier, se caractérisent par deux types de métabolismes : le métabolisme primaire fournit les constituants de base et le métabolisme secondaire produit des métabolites en faibles quantités, mais dont les applications dans différents domaines, en particulier à intérêts pharmaceutique et cosmétique, voir nutritionnel, sont de la plus grande importance. Les huiles essentielles, les alcaloïdes et les composés phénoliques font partie de ce deuxième groupe de métabolites [07].

Les propriétés médicales des plantes médicinales dépendent de la présence d'agents bioactifs variés et appartenant à différentes classes chimiques. Elles sont considérées comme un véritable réservoir de molécules irremplaçables [08].

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) définit la médecine traditionnelle comme une médecine comprenant « diverses pratiques, approches, connaissances et croyances sanitaires intégrant des médicaments à base de plantes, d'animaux et/ou de minéraux, des traitements spirituels, des techniques manuelles et exercices, appliqués seuls ou en association afin de maintenir le bien-être et traiter, diagnostiquer ou prévenir la maladie » [09].

### **2.4. Les éléments actifs des plantes (drogue végétale)**

C'est une molécule présentant un intérêt thérapeutique curatif ou préventif pour l'homme ou l'animal [05]. Contenu dans une drogue végétale ou dans une préparation à base de drogue végétale et utilisé pour la fabrication des médicaments. [10]. Elle est issue de plants fraîches ou des séchées, nous pouvons

cités comme des parties utilisées : les racines écorces, sommités fleuries, feuilles fleurs, fruits, ou encore les graines [11]. Ils sont classés en plusieurs grands groupes selon leur appartenance chimique : parmi ceux-ci, les composés phénoliques, les terpènes et stéroïdes, les composés azotés dont les alcaloïdes et les huiles essentielles. Chacune de ces classes renferme une très grande diversité de composés qui possèdent une très large gamme d'activités biologiques dépendant principalement de leur nature chimique et de leur concentration [12].

### **3. Polyphénols**

#### **3.1. Définition de Polyphénols**

Les composés phénoliques constituent un ensemble de molécules très largement répandues dans le règne végétal. Ce sont des métabolites secondaires des plantes. Ils possèdent dans leur squelette, un ou plusieurs cycles aromatiques portant un ou plusieurs groupes hydroxyles ainsi que des groupes fonctionnels (ester, méthyle ester...) [13]. Ils participent à la défense des plantes contre les agressions environnementales [14] et les attaques microbiennes [15]. Ces dernières années, les recherches sur les composés phénoliques se sont accentuées en raison de leurs activités anti-inflammatoires, antibactériennes, antifongiques, ainsi oxydantes et même anticancéreuses [16].

#### **3.2. Classification**

Les polyphénols possèdent plusieurs groupements phénoliques avec ou sans autres fonctions (alcooliques, carboxyles...). Dans cette famille de molécules, se trouvent de nombreuses substances, qui peuvent se classer selon leur structure en cinq groupes principaux :

##### **a .Les acides phénols**

Les acides phénols, ou acides phénoliques, ont une fonction acide et plusieurs fonctions phénols. Ils sont incolores et plutôt rares dans la nature [17].

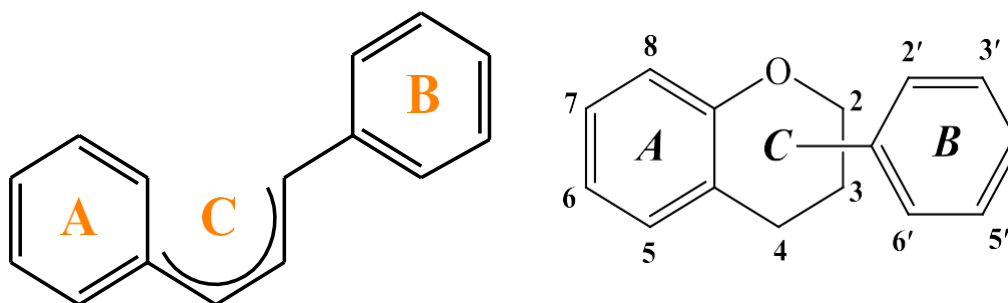
##### **b. Les flavonoïdes**

Les flavonoïdes sont des produits largement distribués dans le règne végétal et sont couramment consommés quotidiennement dans l'alimentation. Ils sont retrouvés également dans les plantes médicinales. Ce sont des pigments



## Chapitre I : Les plantes médicinales Et les activités biologiques

quasiment universels des végétaux qui sont en partie responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles.(Figure 1) [18].



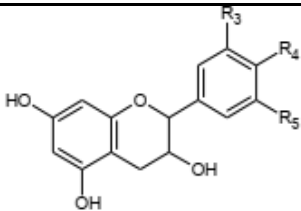
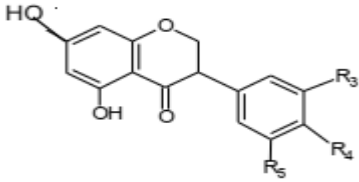
**Figure 1:** Squelette de base des flavonoïdes.

La nature chimique des flavonoïdes dépend de leur classe structurale, du degré d'hydroxylation et méthylation, des substitutions et des conjugaisons sur le cycle C [19]. La variation dans ces paramètres peuvent subdiviser les flavonoïdes en plusieurs classes de molécules, dont les plus importantes sont : flavones, flavonols, anthocyanidines flavanones, flavanols, et isoflavones (tableau 1)[20 ;21].

**Tableau 1:** Principales classes des flavonoïdes .

Classe	Structure	R3	R4	R5	Exemple
Flavones		H	OH	H	Apigénine
		OH	OH	H	Lutéoline
		OH	OCH3	H	Diosmétine
Flavonoles		H	OH	H	Kaempférol
		OH	OH	H	Quercétine
		OH	OH	OH	Myrecétine
Isoflavones		R5	R7	R4	
		OH	OH	OH	Genistine
		H	O-Glu	OH	Daidezine
Anthocyanidines		H	OH	H	Pelargonidine
		OH	OH	H	Cyanidine

## Chapitre I : Les plantes médicinales Et les activités biologiques

		OH	OH	OH	Delphénidine
<b>Flavanols</b>		OH	OH	H	Catéchine
<b>Flavanones</b>		H	OH	H	Narigénine
		OH	OH	H	Eriodictyol

### **C .Les anthocyanes**

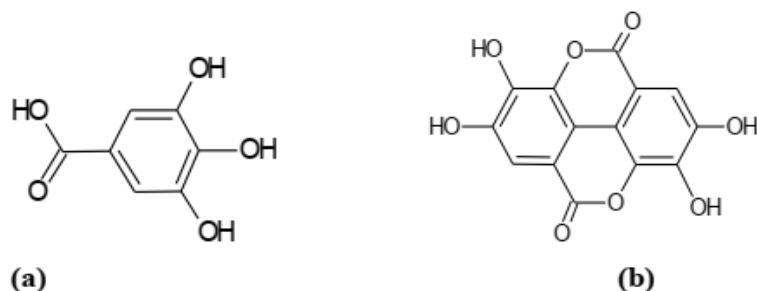
Ces molécules faisant partie de la famille des flavonoïdes et capables d'absorber la lumière visible, ce sont des pigments qui colorent les plantes en bleu, rouge, mauve, rose ou orange Leur présence dans les plantes est donc détectable à l'œil nu. A l'origine de la couleur des fleurs, des fruits et des baies rouges ou bleues, elles sont généralement localisées dans les vacuoles des cellules épidermiques, qui sont de véritables poches remplis d'eau. On trouve également les anthocyanes dans les racines, tiges, feuilles et graines [22].

### **d.Les tanins**

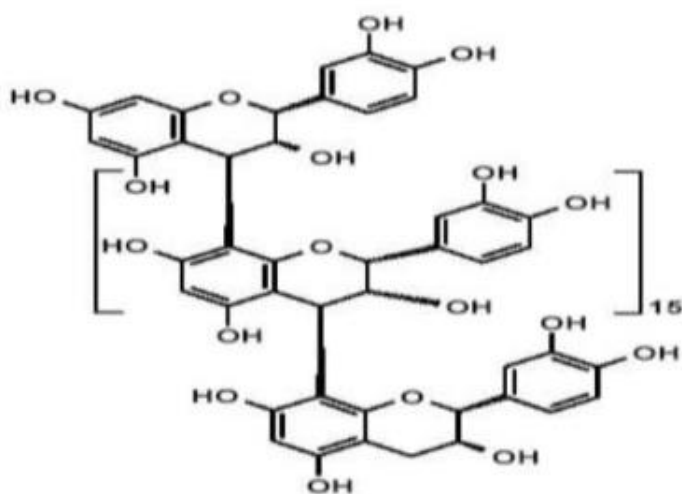
Les tanins sont des polyphénols que l'on trouve dans de nombreux végétaux tels que les écorces d'arbre et les fruits (raisin, datte, café, cacao...). Leur structure complexe est formée d'unités répétitives monomériques qui varient par leurs centres asymétriques, leur degré d'oxydation [23].

Ils ont la capacité de former des complexes avec des macromolécules (les protéines ...) et des liaisons entre les fibres de collagènes [24].

Leur structure chimique est particulièrement variable, mais comporte toujours une partie poly phénolique ; il existe deux catégories de tanins, d'origine biosynthétiques différentes : les tanins hydrolysables et les tanins condensés. .[24].



**Figure 2 :** des tannins hydrolysables Structure de l'acide gallique (a) et structure de l'acide ellagique.



**Figure 3:** Structure des tanins condensés (tannins non hydrolysables)

### e. Les saponines

Les saponines sont des molécules naturellement produites par des plantes ou des animaux, dont le rôle n'est pas encore clairement cerné. Ce sont des hétérosides complexes dits *saponosides*, appartenant aux terpènes cycliques (nom générique donné aux hydrocarbures saturés cycliques ou acycliques ayant pour motif de base le terpène) ou aux stéroïdes. On les trouve chez de nombreux végétaux (salsepareille, quinoa...) mais sont dégradées à la cuisson.

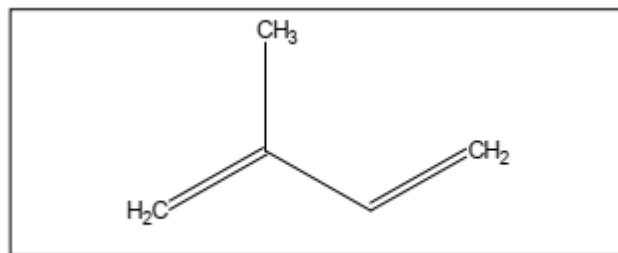
Douées de propriétés tensioactives, les saponines font mousser leurs solutions et servent de détergent. Elles présentent une toxicité plus ou moins importante (selon les saponines, les espèces qui les ingèrent, et le contexte). Injectées dans le sang ou dans les tissus, elles provoquent la dissolution (lyse) de cellules ou de tissus sous l'influence d'agents chimiques, physiques ou biologiques

des globules rouges [24].

### f. Les terpénoïdes

Les terpénoïdes constituent la famille de produits naturels la plus diverse structurellement, stéréo chimiquement et fonctionnellement avec plus de 55 000 molécules identifiées dans toutes les formes de vie [26]. Leur structure varie d'une simple chaîne linéaire d'hydrocarbures jusqu'à des agencements complexes de cycles carbonés [27].

La structure carbonée de base des terpénoïdes est constituée d'un assemblage d'un nombre variable d'unités *2-méthylbutane* (aussi appelées unités isoprène - C<sub>5</sub>). Ces assemblages peuvent être modifiés par ajout/soustraction de groupes méthyles ou ajout d'atomes d'oxygène.



**Figure 4:** structure de base l'isoprène

Les terpénoïdes volatils constituent une partie importante des composés organiques volatils biogéniques (COVB) émis par les végétaux conjointement avec les oxylipines (dérivés d'acides gras) et les dérivés aromatiques (benzénoïdes et phénylpropanoïdes issus de la phénylalanine) [28]. Enfin, les terpénoïdes sont les constituants principaux des huiles essentielles, des résines et des cires de nombreuses plantes.[29].

Terpénoïdes sont impliqués dans de nombreuses fonctions biologiques fondamentales. Ils sont aussi utilisés comme produits dans les domaines pharmaceutiques, notamment en cancérologie, dans le traitement de l'inflammation ou encore des infections bactériennes [26]. Et comme colorants alimentaires, arômes ou parfums [30].

### 4.Présentation du plante médicinale « *Arbutus unedo* »

*Arbutus unedo* est une espèce d'arbre qui appartient au genre *Arbutus* et à la famille des Ericacées ; Grande famille cosmopolite représentée par 124 genres (dont *Arbutus* (arbousier), *Calluna* (callune), *Erica* (bruyère) et *Rhododendron*) et environ 4100 espèces. Les éricacées prédominent en Arctique, dans les régions tempérées et dans les montagnes tropicales et extratropicales du sud-est de l'Asie et d'Amérique avec une forte concentration dans l'Himalaya, en Nouvelle-Guinée et dans les Andes. En général, la plus grande densité ainsi que la plus grande diversité des Ericacées se retrouve sous les climats méditerranéens [31].



Figure 5: *Arbutus unedo* (Taref)

#### 4.1. Position systématique de la plante :

Selon les classifications botaniques établies par GUIGNARD (2001) et SPICHIGER *et al.*(2004) la classification d'*Arbutus unedo* est comme le tableau suivant :

Tableau 2: la classification d'*Arbutus unedo*

Règne	Végétal
Embranchement	Spermatophytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones

## Chapitre I : Les plantes médicinales Et les activités biologiques

Sous-classe	Gamopétales
Ordre	Ericales
Famille	Ericacées
<i>Genre</i>	<i>Arbutus</i>
Espèce	<i>Arbutus unedo</i>

### 4.2. Noms vernaculaires :

D'après les articles [32-37] ,Les noms vernaculaires d'*arbutus unedo* peuvent être résumés dans le tableau suivant :

**Tableau 3:**Les noms vernaculaires d'*arbutus unedo*

NOM BOTANIQUE	<i>Arbutus unedo</i>
Nom Commun	Busserole, raisin d'ours, petit buis )
Nom Arabe	Mathrounia, Qatilabihia, Acireddob, Hennaameur, Lenj, Boujbiba,
Nom Français	Strawberrytree ,
Nom Anglais	Strawberrytree
Nom Berbère	Sisnou, Ticisnou, Bahennou
Nom Espagnol	Madrono
Nom Allemand	Erdbeerbaum

### 4.3. Répartition géographique :

le genre « *Arbutus* » comporte 14 espèces disséminées dans les régions tempérées de l'hémisphère nord ainsi qu'en Amérique tropicale. *Arbutus unedo* L ; est l'une des espèces caractéristiques du maquis méditerranéen sur sols acides ou siliceux, en lisière de bois et sur les versants rocaillieux, dans tout le bassin méditerranéen mais absente de certaines régions sur sol calcaire, présente aussi sur le littoral atlantique jusqu'en Irlande Plante très abondante en Algérie dans les garrigues, les tells et les forêts, mais aussi en Tunisie et au Maroc Elle se rencontre à des altitudes allant de 0 à 600 m, mais moins fréquemment au-delà de 1000 m [37,38].

### 4.4. Propriétés et usages

Dans la médecine populaire traditionnelle, les espèces d'*A. Unedo* ont des effets antiseptiques, diurétiques et laxatifs et sont utilisées pour traiter l'hypertension artérielle [39]. Ses feuilles ont été signalées comme possédant plusieurs propriétés biologiques telles que l'astringent, anti-agrégateur de plaquettes humaines en raison de leurs quantités



relatives élevées en tanins, antiseptiques urinaires, anti-inflammatoires, anti-diarrhéiques, antihypertension et antidiabétiques [40-43].

### **5. Activités biologiques des plantes médicinales**

Les plantes médicinales ont montré à travers plusieurs études des activités biologiques très importantes pour l'organisme, à savoir l'activité anti-inflammatoire [44], anti-fongique [45], anti-virale [46] et antibactérienne [47-50].

#### **5.1. Activité antibactérienne des plantes médicinales**

Les plantes peuvent résister à l'attaque des parasites en utilisant plusieurs mécanismes de défense dont la synthèse de composés à activité antimicrobienne, appelés phytoalexines, qui appartiennent à une large gamme de produits de différentes classes chimiques incluant; les alcaloïdes, les huiles essentielles et les composés phénoliques [51].

Les plantes médicinales sont connues pour leur propriété de produire certains composés chimiques naturellement toxiques pour les bactéries [48,52]. De nombreux chercheurs ont testé l'activité antibactérienne des extraits de plantes médicinales ainsi que des substances pures d'origine végétale sur de nombreuses souches bactériennes pathogènes pour l'Homme [53-55].

La plupart des études effectuées pour la mise en évidence ou pour la confirmation de l'activité antibactérienne des extraits de plantes médicinales ont été suivies par des études de caractérisation des substances bioactives. On attribue, généralement, à l'activité antibactérienne de la plante plusieurs principes actifs tel que les huiles essentielles, les alcaloïdes [56], et les composés phénoliques [57-59].

# **Chapitre II:**

## **Les inhibiteurs de corrosion**

### **1.Introduction**

De nombreuses études ont été et continuent d'être menées dans différentes industries chimiques afin de mieux comprendre les mécanismes de corrosion pour mieux les protéger [60].

Parallèlement aux études de corrosion, plusieurs méthodes de protection sont applicables selon le milieu agressif qui ont tous l'objectif de ralentir la vitesse de corrosion. La diminution de l'agressivité du milieu par adjonction d'inhibiteurs connaît une large application industrielle, spécialement dans l'industrie de décapage et de détartrage [61].

### **2. Généralité sur la corrosion**

#### **2.1. Définition de la corrosion**

La définition de la corrosion établie par la norme internationale ISO 8044 montre qu'il s'agit d'une interaction physico-chimique entre un métal et son milieu environnant, entraînant des modifications dans les propriétés du métal et souvent une dégradation fonctionnelle du métal lui-même, de son environnement ou de système technique constitué par les deux facteurs [62].

Comme tous autres phénomènes, les phénomènes de corrosion obéissent à des lois thermodynamiques où le métal a tendance à retourner à son état d'origine, c'est-à-dire le retour du métal aux formes plus stables sous lesquelles il existe dans la nature [61]. Ceci provient de fait qu'à l'exception des métaux nobles (or, platine) qui se trouvent à l'état natif, la majorité des métaux se trouvent sur terre à l'état minérale des oxydes, sulfures, carbonates et silicates [64].

#### **2.2. Les facteurs de corrosion**

Les phénomènes de corrosion dépendent d'un grand nombre de facteurs et ils peuvent être classés en quatre groupes principaux

## Chapitre II : Les inhibiteurs de corrosion

**Tableau 4:** Les principaux facteurs de corrosion

<b>Facteurs du milieu corrosif</b>	<b>Facteurs métallurgiques</b>	<b>Facteurs définissant les conditions d'emploi</b>	<b>Facteurs dépendant de temps</b>
- Concentration du réactif - Teneur en oxygène - pH du milieu - Température - Pression	- Composition de l'alliage - Procédés d'élaboration - Impuretés - Traitement thermique - Traitement mécanique	- Etat de surface - Forme des pièces - Emploi d'inhibiteur - Procédés d'assemblage	- Vieillessement - Tension mécanique - Modification des revêtements protecteurs

La vitesse de corrosion d'un métal dans un milieu corrosif dépend à la fois des caractéristiques des deux paramètres, la température et le pH. Ils ont une influence directe sur la vitesse de corrosion, et une influence indirecte à travers la phase aqueuse (eau de condensation, eau de production). Les conditions de flux, le film formé à la surface du métal

et la pression ont une influence directe à travers la pression partielle du CO<sub>2</sub> [65-66]

- **Effet de la température**

Généralement, l'augmentation de la température accélère les phénomènes de corrosion, car elle diminue les domaines de stabilité des métaux et accélère les cinétiques de réactions et de transport. L'importance de son influence diffère cependant en fonction du milieu corrosif dans le quelle se trouve le matériau [67].

- **Effet de l'acidité**

La susceptibilité du matériau à la corrosion est en fonction de pH de l'électrolyte. Une forte concentration en protons dans la solution augmente

## **Chapitre II : Les inhibiteurs de corrosion**

---

l'agressivité du milieu, ce qui modifie les équilibres des réactions chimiques et électrochimiques. La corrosion augmente avec la diminution de pH du milieu [68].

- **Régime hydrodynamique**

Le transport des réactifs vers l'interface et des produits de réaction l'électrolyte est de nature à modifier la cinétique des réactions électrochimiques en changeant la concentration des espèces et donc le potentiel d'équilibre. Les conditions hydrodynamiques fixes les vitesses de réactions en contrôlant le transport de matière par établissement d'une couche limite de diffusion des espèces, appelée couche de Nernst, ce qui explique l'importance de l'agitation de l'électrolyte lors des essais de corrosion en laboratoire [69].

- **La salinité**

Les chlorures sont des ions agressifs, souvent à l'origine de corrosion localisée, leur présence en solution s'accompagne d'effets complémentaires, d'une part, leur concentration locale induit une acidification du milieu et d'autre part, la salinité une influence sur la conductivité du milieu [67].

### **2.3. Les formes de corrosion**

Le processus de corrosion des métaux prend quelques nombreuses formes, qui sont classées principalement selon la forme qui se manifeste à la surface corrodée.

#### **a. Corrosion uniforme (généralisée)**

On parle de corrosion uniforme lorsque toute la surface du métal en contact avec la solution est attaquée de la même façon. Elle se traduit par une dissolution uniforme de la surface métallique en contact avec l'agent agressif [70]. Cette forme de corrosion du matériau se développe dans les milieux acides ou alcalins

#### **b. Corrosion localisé**

Ce phénomène survient au contraire lorsque le matériau est mis en présence d'un environnement présentant vis à vis de lui un comportement sélectif. Cette sélectivité peut avoir des origines multiples tant au niveau du matériau (alliage hétéro phase, présence d'inclusions, protection de surface localement défectueuse, matériau bimétallique...) qu'au

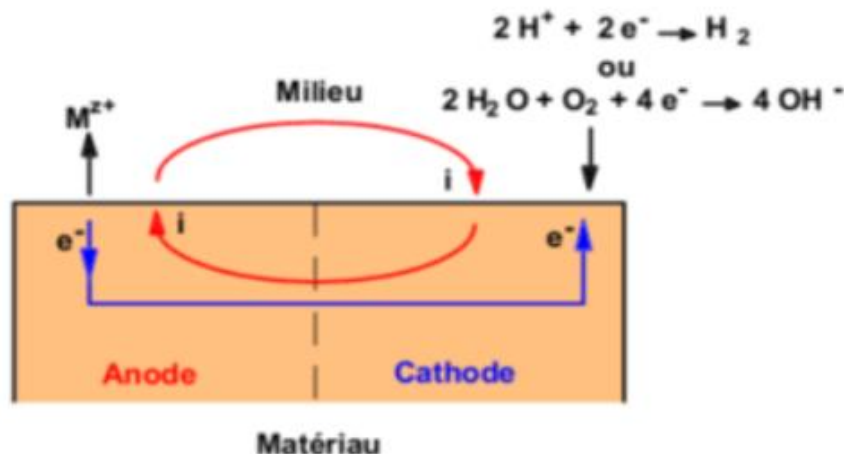
## Chapitre II : Les inhibiteurs de corrosion

niveau de l'environnement (variation locale de composition, de pH ou de température) [71].

Cette forme de corrosion s'effectue dans quelques points de la surface d'un matériau [72] :

### ➤ Corrosion galvanique (corrosion bimétallique)

C'est l'une des formes les plus courantes de corrosion en milieu aqueux. Elle est due à la formation d'une pile électrochimique entre deux matériaux dans laquelle une des électrodes (l'anode) se consomme au bénéfice de l'autre (la cathode) qui reste intacte. Cette sélectivité des réactions est due à une hétérogénéité provenant soit du matériau, soit du milieu ou des conditions physicochimiques et thermodynamiques à l'interface [71,73].



**Figure 6:** Représentation schématique d'une pile de corrosion [71].

### ➤ Corrosion par piqûre

Elle se produit quand les métaux protégés par un film d'oxyde mince comme l'aluminium et ses alliages et les aciers inoxydables sont mis en contact avec un milieu aqueux (pour un pH voisin de la neutralité) contenant les halogénures, notamment le chlorure  $Cl^-$ . La quantité de métal corrodé est très faible, elle introduit des cavités de quelques dizaines de micromètres de diamètre à l'intérieur du matériau à partir d'une ouverture de faible surface. On distingue deux étapes dans le processus

## Chapitre II : Les inhibiteurs de corrosion

de corrosion par piqûre, l'amorçage qui se produit lors de la rupture locale de la passivité et la croissance ou propagation [71,72,74] .

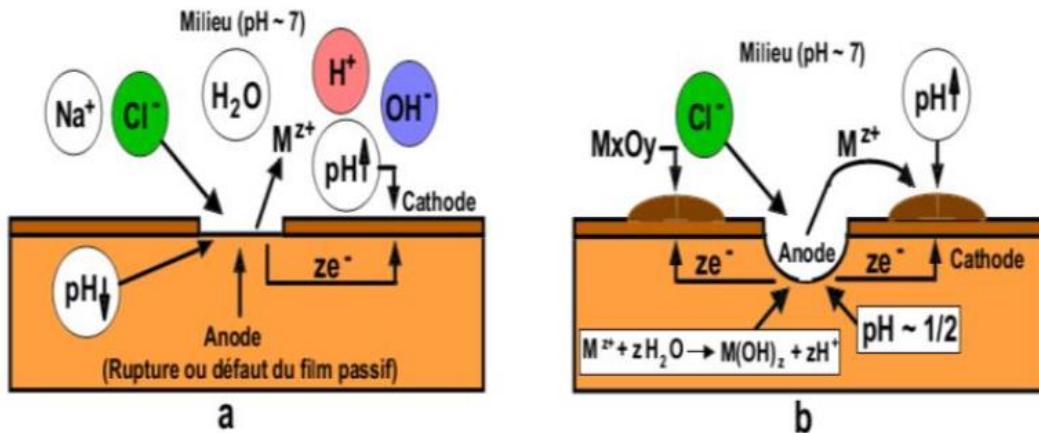


Figure 7: Amorçage (a) et propagation (b) d'une piqure [71]

### ➤ La corrosion sous contrainte

Cette forme est une fissuration du métal qui résulte de l'action commune d'une Contrainte mécanique et d'une réaction électrochimique.

### ➤ La corrosion caverneuse

La corrosion caverneuse qui est observée lorsqu'il y a infiltration d'une Solution entre deux parties d'un assemblage.

## 3. Les inhibiteurs de corrosion

### 3.1. Définition

La définition donnée par la National Association of Corrosion Engineers (NACE) "un inhibiteur c'est une substance qui retarde la corrosion lorsqu'elle est ajoutée à un environnement en faible concentration"[75] .

### 3.2. Propriétés d'inhibiteurs

Un inhibiteur de corrosion doit abaisser la vitesse de corrosion d'un métal sans en affecter les caractéristiques physico-chimiques, il doit être stable en présence des autres

constituants du milieu. Un inhibiteur est reconnu comme tel s'il est stable à la température d'utilisation et efficace à faible concentration, être compatible avec les normes de non toxicité et être peu onéreux [76]. Il peut être utilisé pour une protection permanente (surveillance d'un système ...), ou plus couramment en vue d'une protection temporaire (stockage, décapage...)[77].

### **3.3. Classement des inhibiteurs**

#### **a. Par nature**

➤ **Les inhibiteurs organiques :**

Les inhibiteurs organiques représentent un groupe très important d'inhibiteurs de corrosion. L'efficacité des inhibiteurs organiques est liée à la structure, à la concentration et aux propriétés chimiques de la couche formée sur les conditions précisées. L'action d'un inhibiteur organique est le résultat de son adsorption à la surface du matériau. Après cette adsorption à la surface, ils ont une double action ralentissant simultanément les processus anodique et cathodique. La plupart de ces inhibiteurs ont dans leur structure principalement des atomes d'azote, de soufre ou d'oxygène. Les inhibiteurs qui contiennent du soufre sont plus efficaces que ceux qui contiennent l'azote, car le soufre est un meilleur donneur d'électrons que l'azote. La principale caractéristique de ces inhibiteurs est leur efficacité élevée, même à faible concentration. L'effet inhibiteur augmente souvent avec le poids moléculaire de l'inhibiteur. L'utilisation d'inhibiteurs organiques est préférée pour des raisons d'écotoxicité.

➤ **Les inhibiteurs inorganiques (minéraux)**

Ces inhibiteurs minéraux sont utilisés en milieux alcalins et presque jamais en milieux acides. Les molécules minérales se dissocient en solution et les anions et cations assurent en fait l'inhibition. Les chromates, les molybdates, les silicates, les phosphates sont les plus importants inhibiteurs minéraux. Maintenant, l'emploi de la plupart de ces produits est réglementé car ils créent des problèmes pour l'environnement [78].

#### **b. Par domaine d'application**

Dans la classification relative au domaine d'application, on peut distinguer les inhibiteurs de corrosion utilisés en milieu aqueux, organiques ou gazeux. Ceux utilisés en



## **Chapitre II : Les inhibiteurs de corrosion**

---

milieu aqueux sont choisis en fonction de pH du milieu : en milieu acide, ils sont utilisés afin d'éviter l'attaque chimique du zinc lors d'un décapage ou de détartrage et en milieu neutre/alcalin, ils sont souvent utilisés pour protéger les conduites des circuits de refroidissement. Les inhibiteurs utilisés en milieu organique sont incorporés dans les lubrifiants pour moteurs, dans l'essence ou dans les peintures. Les inhibiteurs en phase gazeuse sont employés pour protéger les objets métalliques pendant leur transport et stockage. Pour cela, des composés organiques ayant une pression de vapeur élevée sont souvent utilisés [77].

### **c. Par réaction partielle**

Dans la classification relative au mécanisme d'action électrochimique, on peut distinguer les inhibiteurs anodiques, cathodiques ou mixtes. Les inhibiteurs de corrosion forment une couche barrière sur la surface métallique, qui modifie les réactions électrochimiques en bloquant soit les sites anodiques (siège de l'oxydation du métal) soit les sites cathodiques (siège de la réduction de l'oxygène en milieu neutre aéré ou siège de la réduction du proton  $H^+$  en milieu acide) [80].

#### **➤ Les inhibiteurs anodiques**

Les inhibiteurs anodiques diminuent la densité de courant de dissolution du métal et déplacent le potentiel de corrosion dans le sens positif. Ce type d'inhibiteurs doit être utilisé en quantité suffisante car dans le cas contraire, ils peuvent accentuer la corrosion des zones non protégées.

#### **➤ Les inhibiteurs cathodiques**

Les inhibiteurs cathodiques, en revanche, diminuent la densité de courant de réduction du solvant et déplacent le potentiel de corrosion dans le sens négatif. Du fait de leur mode d'action, les inhibiteurs cathodiques sont considérés comme plus sûrs que les inhibiteurs anodiques car ils ne risquent pas de favoriser la corrosion localisée.

#### **➤ Les inhibiteurs mixtes**

Les inhibiteurs mixtes diminuent la vitesse des deux réactions partielles en modifiant peu le potentiel de corrosion .

## **Chapitre II : Les inhibiteurs de corrosion**

---

Les inhibiteurs de corrosion qui augmentent la résistance ohmique de l'électrolyte sont considérés, dans certains cas, comme inhibiteurs filmant (anodique et cathodique). La résistance de la solution augmente suite à la formation d'un film à la surface de corrosion du métal. Lorsque le film est déposé sélectivement sur la surface anodique, le potentiel de corrosion se déplace vers des valeurs positives. Dans le cas où le film est déposé à la surface cathodique, le potentiel de corrosion balance vers des valeurs négatives [80].

### **d.Par mécanismes réactionnel**

Dans la classification liée au mécanisme réactionnel mis en jeu en fonction de leur mode d'action, on peut distinguer différents types d'inhibiteurs : ceux agissant par adsorption, par passivation ou par précipitation.

#### **➤ Les inhibiteurs agissant par adsorption**

Sont en général les inhibiteurs organiques. Ils empêchent l'action du milieu agressif en se fixant sur la surface du métal. Leur fixation se fait principalement par la fonction active de l'inhibiteur ; cependant, les parties polaires peuvent être également adsorbées. Ceux qui agissent par adsorption chimique s'avèrent souvent plus efficaces que ceux agissant par adsorption physique, car le partage des électrons renforce la liaison entre le métal et l'inhibiteur. Généralement, en présence d'une chimisorption, la molécule inhibitrice agit comme donneur d'électrons alors que le métal agit comme accepteur d'électrons.

#### **➤ Les inhibiteurs agissant par passivation**

Sont en général les inhibiteurs minéraux. Ils provoquent la passivation spontanée du métal en renforçant la couche d'oxyde formée naturellement sur la surface du métal. Ils se réduisent sur les pores de la couche d'oxydes/hydroxyde plus ou moins protectrice qui se forme naturellement sur la surface du métal. L'ion chromate est un des inhibiteurs passivant par excellence mais son caractère cancérigène et sa forte toxicité réduisent notablement son utilisation.

# **Chapitre III:**

## **Matériels et méthodes**

### 1 . Matériel végétale

Le matériel végétal est constitué des feuilles de plante **Arbutus unedo** qui appartient à la famille des éricacées. La récolte a été effectuée en la fin de janvier 2022 à lac des oiseaux, willaya d'El -Tarf (Est Algérie).

### 2 . Situation géographique

Lac des oiseaux est une commune de la wilaya d'El-Tarf (Algérie), elle occupe une superficie de 85,88 Km<sup>2</sup> située à 36°46'32" au nord, 8°07'05" à l'est .



Figure 8: situation géographique du site de récolte (lac des oiseaux)

### 3. Récolte et séchage de la plante



Cette plante a été récoltée durant a la fin de le mois de janvier 2020 dans la ville lac des oiseaux, willaya d'El -Tarf (Est Algérie).. Après la récolte, les parties aériennes débarrassées des débris, lavées et séchées à l'ombre. Elles sont broyées en poudre fine à l'aide d'un broyeur électrique et conservées dans des boites hermétiquement fermées et à l'abri de l'humidité.

### 4. Matériel de laboratoire utilisé


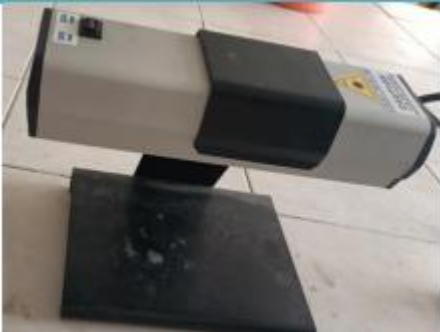
Le gros matériel utilisé est représenté dans le tableau 5 .

## Chapitre III : Matériels et méthodes

Tableau 5: Gros matériel

<b>Matériel</b>	<b>Photo</b>
<b>Rotavapeur</b>	
<b>Agitateur magnétique</b>	
	
<b>Etuve</b>	
	

### Chapitre III : Matériels et méthodes

<b>Voltalab 40</b>	
<b>Lampe UV</b>	

Le petit matériel et les produits utilisés sont regroupés dans le tableau 6.

**Tableau 6:** Petit matériel et produits.

<b>Petit matériel</b>	<b>Produits</b>
1- Papier filtre	1- MeOH
2- Erlenmeyer	2- Acétate d'éthyle
3- Ampoule à décanter 1 l	3- Chloroforme
4- Entonnoir	4- Eau distillée
5- Spatule	5-KCl
6- Becher de (50ml, 100ml, 250ml, 500ml)	6- hexane
7- Ballon à fond rond 1 l	7-NH <sub>4</sub> OH
8- Tubes à essais	8-FeCl <sub>3</sub>
9- Fiole jaugée	9-NaOH
9- pipette	10-CHCl <sub>3</sub>
	11-C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH

	12-Ether de pétrole
	13-CH <sub>3</sub> COOH (glacial)
	14-H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
	15-Anhydride acétique

## **5. Screening phytochimique**

### **5.1. Introduction**

Le screening phytochimique est une étude qualitative pour rechercher les métabolites primaires et secondaires contenus dans notre plante (phénols, tanins, alcaloïdes, flavonoïdes, composés réducteurs, etc.)[81].

### **5.2. Les alcaloïdes :**

1g de la poudre de la plante séchée et broyée sont mélangés avec 10ml d'HCl à 5% dans un récipient. Après une demi-heure de macération. On filtre le mélange on additionne ou filtrat quelque gouttes de réactif de Mayer, l'apparition d'un précipité blanc jaunâtre indique la présence d'alcaloïdes.[81].

### **5.3. Les saponosides (test de mousse) :**

1g de la poudre sèche est pesé dans une fiole dans laquelle 10ml d'eau distillée sont ajoutés et bouillis pendant 5mn, le mélange est filtré, 2,5ml du filtrat sont ajoutés à 10ml d'eau distillée dans un tube à essai. Le tube est secoué vigoureusement pendant 30s puis on laisse reposer une demi-heure. Une mousse alvéolaire révèle la présence des saponines[81].

### **5.4. Les flavonoïdes :**

10g de la poudre sont macérés dans 150ml à 1% d'HCl pendant 24h. Après avoir filtré le mélange, on procède au test suivant : On prend 10ml du filtrat, on le rend basique par l'ajout du NH<sub>4</sub>OH, après trois heures, l'apparition d'une couleur jaune claire dans la partie supérieure du tube à essai indique la présence des flavonoïdes [81].

### **5.5. Les tannins :**

10g de poudre sèche, sont placés dans 100ml de MeOH à 80%. Après 15mn d'agitation les extraits sont filtrés et mis dans des tubes. L'ajoute de gouttes d'une solution de FeCl<sub>3</sub> à 1% permet de détecter la présence ou non des tannins. La couleur bleu ou vert indique la présence des tannins [81].

### **5.6. Les huiles volatiles :**

Macérer 10g de la poudre dans 40ml d'eau distillée avec agitation constante 30mn, l'extrait est filtré. 2ml du filtrat sont secoués avec 0,1ml de NaOH dilué et une petite quantité de HCl dilué, un précipité blanc est formé avec les huiles volatiles [82].

### **5.7. Quinones libres :**

1g de poudre broyée est placé dans un tube avec 15 à 30ml d'éther de pétrole, Après agitation et un repos de 24h, l'extrait est filtré puis concentré au rotavapeur, la présence des quinones est confirmée par l'ajout de quelques gouttes de NaOH 1/10 lorsque la phase aqueuse vire au jaune rouge ou viole.[81].

### **5.8. Anthocyanes :**

Repose sur le changement de couleur de l'infusé à 10% avec changement de PH. On ajoute à l'infuser quelques gouttes de HCl pur, on a un changement de couleur, puis on rajoute quelques gouttes de NH<sub>4</sub>OH. On a un autre changement de couleur, cela indique la présence des anthocyanes [81].

### **5.9. Les cardénolides :**

1g de poudre sèche est macéré dans 20ml d'eau distillée pendant 3h, après filtration, on prélève 10ml de filtrat et on l'extrait avec un mélange de 10ml de CHCl<sub>3</sub> et de C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH. On évapore la phase organique, puis dissout le précipité dans 3ml de CH<sub>3</sub>COOH glacial, en ajoutant quelques gouttes de FeCl<sub>3</sub> et 1ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré sur les parois du tube à essai, l'apparition d'une couleur vert-bleu dans la phase acide indique la présence des cardénolides [81].



### **5.10. Les coumarines :**

1g de la matière végétale est placé dans un tube, en présence de quelques gouttes d'eau distillée. Le tube est recouvert avec de papier imbibé de NaOH dilué et porté à ébullition toute fluorescence jaune témoigne de la présence de coumarines après examens sous UV[81].

### **5.11. Les stérols :**

Macérer 1g de poudre sèche dans 20ml d'éther pendant 24h, filtrer puis évaporer, le résidu obtenu est dissous dans l'anhydride acétique, l'addition d'acide sulfurique pur développe en présence des produits stéroluque, une coloration mauve vire ou vert [81].

## **6.Préparation de l'extrait de la plante**

### **6.1.Extraction solide/liquide**

- **La Macération**

La macération est une opération qui consiste à laisser séjourner la matière végétale (broyat) dans le méthanol pour extraire les principes actifs (composés phénoliques et flavonoïdes). Cette méthode d'extraction a été effectuée selon le protocole décrit par Hamia (Hamia C., Guergab A., Rennane N., Birache M., Haddad M., Saidi M et yousfi M.(2014) )

Le protocole de la macération de cette plante est le suivant :

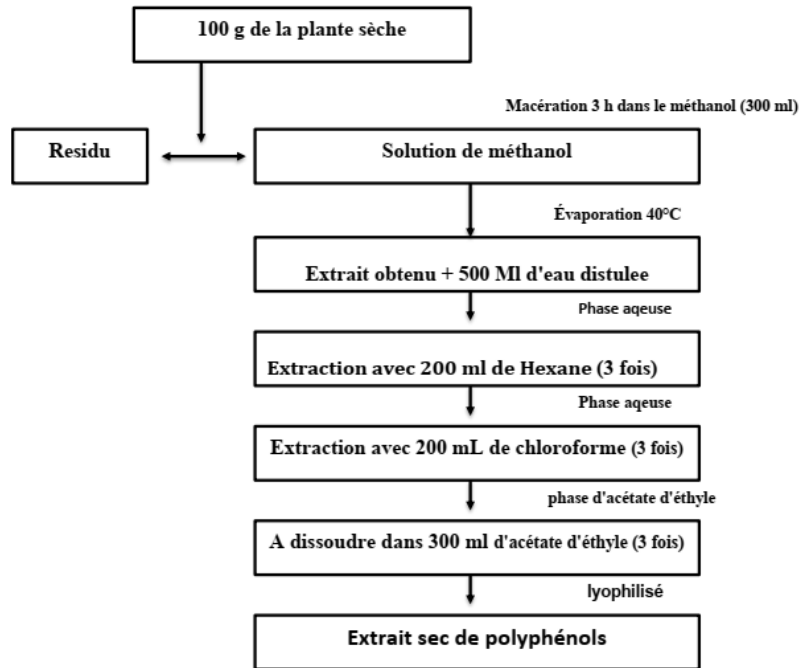
- On pèse 100 grammes de la matière végétale,
- On met la matière végétale (100 g) sur 300 ml de solvant, (méthanol) ,
- On agite de temps en temps,
- On laisse macérer pendant 24 h,
- On filtre sur un papier filtre Wathman (n°:1),
- On récupère le filtrat dans un flacon,
- On répète la procédure trois fois,
- Les macéras de 3 jours sont placés dans un seul récipient,
- On évapore à sec.



**Figure 9:** Protocole expérimental de la méthode d'extraction solide/liquide  
(photo personnel, 2022)

### 6.2. Extraction liquide-liquide

L'extraction liquide-liquide des métabolites secondaires dépend de leur solubilité dans les solvants organiques. Ainsi, le fractionnement de l'extrait brut a été mené, d'abord en ajoutant de l'eau chaude et en filtrant, ensuite en utilisant successivement deux solvants organiques de polarités différentes. Les extraits sont conservés à froid jusqu'à leur utilisation. La Figure 22, résume les étapes de fractionnement de l'extrait brut. Les étapes d'extraction de la plante, solide/liquide et liquide/liquide sont représentés sur la Figure 9 :



**Figure 10:** Les étapes d'extraction de la plante solide/liquide et liquide/liquide [83].

### 6.3 .Rendements de l'extrait brut

Le rendement en pourcentage de la plante en extrait brut a été calculé par la formule :

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

R : Rendement en extrait brut exprimé en %.

M : Masse (g) de l'extrait brut après extraction.

M<sub>0</sub> : Masse (g) du matériel végétal sec initial.

### 7. Etude de l'activité antibactérienne de la plante

Dans cette étude, nous avons utilisées des espèces bactériennes du Laboratoire de Biologie des Systèmes Microbiens (LBSM)ENS KOUBA(LBSM), les souches bactériennes utilisées sont représentées dans le tableau suivant :

### Chapitre III : Matériels et méthodes

**Tableau 7:** tableau des souches bactériennes utilisées.

Bactérie G+	
Nom de la bactérie	Code de germe
<i>Staphylococcus aureus</i> 639c	Sa 639c
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 43300	Sa ATCC 43300
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	Sa ATCC 25923
<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633	Bs ATCC 6633
Bactérie G-	
Nom de la bactérie	Code de germe
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	Ec ATCC 25922
<i>Escherichia coli</i> ATCC 8739	Ec ATCC 8739
<i>Klebsiela pneumoniae</i>	Kp
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 7320	Pa ATCC 7320

#### **7.1. Teste de l'activité antibactérienne**

- **La méthode de l'aromatogramme**

Cette méthode d'aromatogramme appelée méthode de Vincent. [84]. ou aussi la méthode de diffusion de disques est choisie pour déterminer l'activité antibactérienne de la plante médicinale .

- **Principe**

La technique de l'aromatogramme utilise des disques de papier wattman n°3 imprégnés d'une concentration donnée de l'extrait méthanoïque testé. Ces disques sont déposés à la surface d'une gélose spécifique (Muller Hinton) coulée en boîtes de Pétri uniformément ensemencée d'une suspension bactérienne. Cette méthode nous permet de mettre en évidence l'effet antibactérien de l'extrait sur la souche étudiée. Ainsi la souche qualifiée sensible, très sensible, extrêmement sensible ou résistante [85].

### Chapitre III : Matériels et méthodes

---

#### • **Protocole expérimental**

- Nous avons coulé aseptiquement le milieu de culture gélose MH dans des boites de Pétri. On laisse refroidir sur le paillasse.
- L'ensemencement de chaque boite se fait par écouvillonnage ensuite les boites sont laissées sécher pendant 5 à 10 min.
- Des disques stériles en papier wattman (6 mm de diamètre) sont imprégnés avec 20  $\mu$ l de l'extrait de la plante en mettant seulement en contact le bout du disque, celui-ci va absorber progressivement l'huile essentielle jusqu'à l'imprégnation totale du disque puis déposer sur la gélose MH.
- Après incubation, l'effet d'extrait de plante se traduit par l'apparition d'une zone autour du disque.

• **Lecture** : les résultats sont exprimés par la mesure du diamètre de la zone d'inhibition autour de chaque disque, la moyenne des trois essais est le résultat final. Le diamètre des zones d'inhibition est transcrit par différents symboles [86].

Donc le diamètre de la zone d'inhibition indique la sensibilité de chaque germe étudié, seules les bactéries montrant une sensibilité à notre .

Le tableau suivant exprime la sensibilité des souches [86].

**Tableau 8:** la transcription des diamètres des zones d'inhibition

Le diamètre de la zone d'inhibition	>28	16-28	10-16	<10
Sensibilité du germe	Extrêmement sensible	Très sensible	Sensible	Résistant ou non sensible

### 8. Etude de l'activité inhibitrice de la plante

#### 8.1. Méthode gravimétrique

Cette méthode présente l'avantage d'être d'une mise en œuvre simple, nécessitant tout simplement une balance électronique sensible aux faibles mesures de la perte de masse, bien qu'elle représente une méthode directe pour la détermination de la vitesse de corrosion et en conséquence l'efficacité inhibitrice dans le cas de l'utilisation des inhibiteurs. Son principe repose sur la mesure de la perte de masse ( $\Delta m$ ) subie par un échantillon de surface ( $S$ ), pendant un temps d'immersion ( $t$ ) dans une solution corrosive maintenue à température constante (Un bain thermostaté est à utiliser pour permettre le maintien de l'électrolyte à la température désirée). Le but de cette méthode est l'évaluation de la vitesse de corrosion ( $V_{corr}$ ) qui se définit comme une perte de masse par unité de surface et de temps et peut être exprimée en ( $\text{mg cm}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) par la relation suivante [87] :

$$V_{corr} = \frac{\Delta m}{S.t} \quad (\text{III.1})$$

$$\Delta m = m_1 - m_2 \quad (\text{III.2})$$

Où :  $m_1$  : masse de l'échantillon avant l'essai en mg ;

$m_2$  : masse de l'échantillon après l'essai en mg ;

$S$  : surface totale de l'échantillon en  $\text{cm}^2$  ;

$t$  : temps d'immersion de l'échantillons dans la solution.

L'efficacité inhibitrice est donnée par la relation suivante :

$$EI (\%) = \frac{V_{corr}^{\circ} - V_{corr}^{inh}}{V_{corr}^{\circ}} \quad (\text{III.3})$$

$V_{corr}^{\circ}$  et  $V_{corr}^{inh}$  est la vitesse de corrosion en absence et en présence de l'inhibiteur, respectivement.

### Chapitre III : Matériels et méthodes

Néanmoins cette méthode ne permet pas d'accéder à des paramètres cinétiques, tel que la vitesse des réactions électrochimique, elle ne permet pas aussi l'approche des mécanismes mis en jeu lors de la corrosion. Le recours donc à des techniques électrochimiques s'avère nécessaire pour compléter l'étude de la corrosion et l'inhibition contre la corrosion

#### • **Méthode utilisée**

Dans cette étude, nous surveillons l'effet inhibiteur de l'extrait sur le dégagement d'hydrogène gazeux, qui est causée par la réaction d'un métal dans un milieu acide, il suffit de faire une série d'expériences ciblant les différentes concentrations allant de 200ppm à 800ppm ,on prend un tube témoin contenant la solution d'acide et un morceau de l'acier **A823 Gr-C** et on inverse le tube dans une solution d'acide ,l'acier immergé dégage l'hydrogène suite a la réaction inter faciale ce dernier et emprisonné dans le tube, de même pour les autre concentration. il suffit de mesuré la longueur de hydrogène recueil pendant une heure le temps nécessaire pour une mesure d'OCP sur voltmaster , pour prédire l'effet de la concentration , Figure 10 .



**Figure 11:**Le dégagement de H<sub>2</sub> selon les différentes concentrations de l'extrait brute.

### 8.2.Méthodes électrochimiques

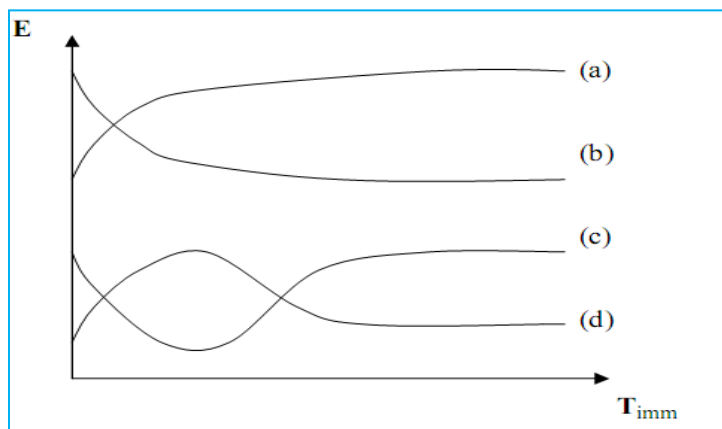
#### 8.2.1 Suivi du potentiel de corrosion en circuit ouvert

Le potentiel de corrosion en circuit ouvert désigné aussi par potentiel d'abandon ou potentiel libre, il s'agit de la grandeur électrochimique la plus immédiatement mesurable. Cette technique simple apporte des informations préliminaires sur la nature des processus en cours, à l'interface métal / électrolyte : corrosion, passivation,...

L'expérience consiste simplement à mesurer le potentiel entre l'électrode de travail et l'électrode de référence sans appliquer de courant. En effet, ce potentiel exprime la tension d'une électrode mesurée par rapport à une électrode de référence. Lorsqu'aucun courant ne circule à travers l'électrode de travail, la détermination du potentiel de corrosion à courant nul est indispensable avant chaque mesure électrochimique. Son évolution dans le temps, fournit une indication sur les changements qui se produisent à la surface de l'électrode. Ce potentiel est caractéristique du métal et dépend des conditions expérimentales, en particulier de la nature du milieu, de la concentration et de la température du milieu [88].

Le suivi du potentiel de corrosion en circuit ouvert nous donne également une indication sur le type de l'inhibiteur (anodique-cathodique) suivant le sens de déviation du potentiel par rapport au potentiel mesuré en absence d'inhibiteur. Si l'inhibiteur est à caractère mixte, aucune indication n'est donnée par la faible variation de potentiel [89].

Les courbes de la Figure 12 illustrent les différents cas [90].



**Figure 13:** Evolution du potentiel en fonction du temps d'immersion



- (a) : Le potentiel devient plus cathodique, il y a formation d'un film protecteur, dit film de passivation ;
- (b) : Destruction de l'oxyde métallique, le potentiel devient de moins en moins noble ;
- (c) : Passivation apparaissant après un début d'attaque ;
- (d) : Disparition d'un film protecteur préexistant à l'immersion.

### **8.2.2 Courbes de polarisation**

En plongeant un métal dans un milieu électrolytique quelconque, il tend à se dissoudre et à se charger électriquement avec création d'une double couche électrochimique assimilable à un condensateur électrique. Au bout d'un temps suffisamment long, pour qu'un régime stationnaire soit établi, l'électrode métallique prend par rapport à la solution un potentiel appelée : Potentiel de corrosion ( $E_{corr}$ ).

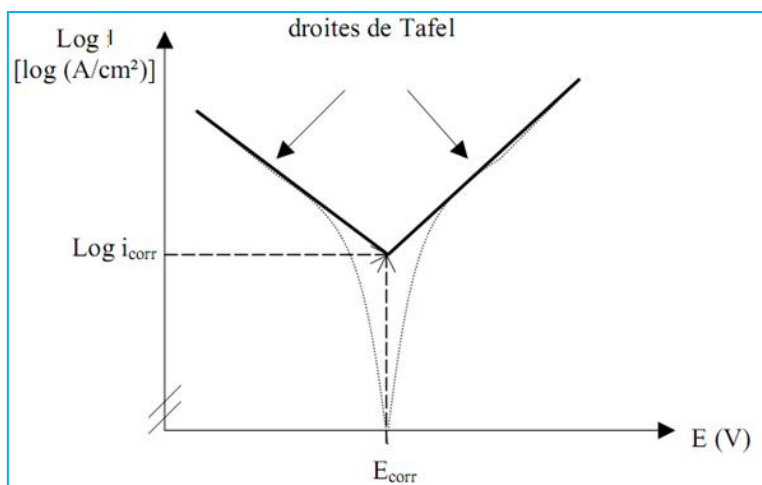
Les courbes  $i = f(E)$  (méthode potentiodynamique) sont déterminées donc en appliquant un balayage de potentiel variable à l'électrode de travail par rapport à une référence à mesurer l'intensité du courant (la densité du courant) correspondante qui circule entre l'électrode du travail et l'électrode auxiliaire pour chaque valeur de potentiel.

La densité du courant de corrosion  $i_{corr}$  peut être alors déterminée graphiquement à l'aide des droites de Tafel Figure 12.

La méthode nécessite l'utilisation d'un montage à trois électrodes :

- Une électrode de travail .
- Une électrode de référence (Electrode au Calomel Saturé dans cette étude)
- Une électrode auxiliaire

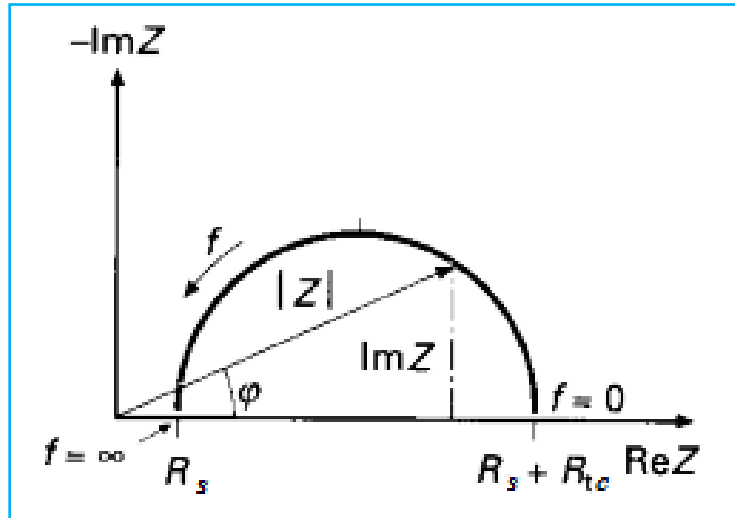
Les courbes de polarisation (courant-tension) stationnaires permettent aussi d'appréhender la formation de films inhibiteurs. En effet, la présence d'un film peut se caractériser sur ces courbes par la diminution de la densité du courant de corrosion sur un large domaine de potentiel [91,92].



**Figure 14:** Détermination du courant de corrosion par la méthode des droites de Tafel

### 8.2.3 La spectroscopie d'impédance électrochimique

La spectroscopie d'impédance électrochimique consiste à mesurer la réponse de l'électrode face à une modulation sinusoïdale de faible amplitude du potentiel en fonction de la fréquence. Cette méthode transitoire peut être avantageusement couplée à celle du tracé des courbes stationnaires  $I=f(E)$  et permet une analyse plus complète du mécanisme d'action de l'inhibiteur. Le rôle de l'inhibiteur dans les différents processus intervenant à l'électrode (transfert de charges, diffusion, adsorption) peut être étudié en détail, et des valeurs telles que celles de la résistance de transfert et de la résistance de polarisation peuvent permettre d'accéder à la mesure de la vitesse de corrosion même dans le cas où le métal est recouvert d'une couche protectrice [92].



**Figure 15:** Exemple du tracé dans le plan complexe (plan de Nyquist)

L'exploitation du diagramme (figure II. 3) obtenu à partir de l'expression de l'impédance électrochimique donne accès à plusieurs paramètres représentatifs du système :

- La résistance de la solution ( $R_s$ )
- La résistance de transfert de charges ( $R_{tc}$ )
- La capacité de double couche ( $C_{dc}$ )

Dans le cadre des études sur les inhibiteurs de corrosion, la spectroscopie d'impédance permet, en particulier, de déterminer le mode d'action du produit. Dans le cas d'une adsorption de l'inhibiteur, le spectre d'impédance est représenté, dans le plan de Nyquist, par une boucle capacitive plus ou moins aplatie, pouvant présenter un déphasage par rapport à l'axe des réels [91].

Le taux d'inhibition ( $\theta$ ) on peut être calculé par les équations suivantes :

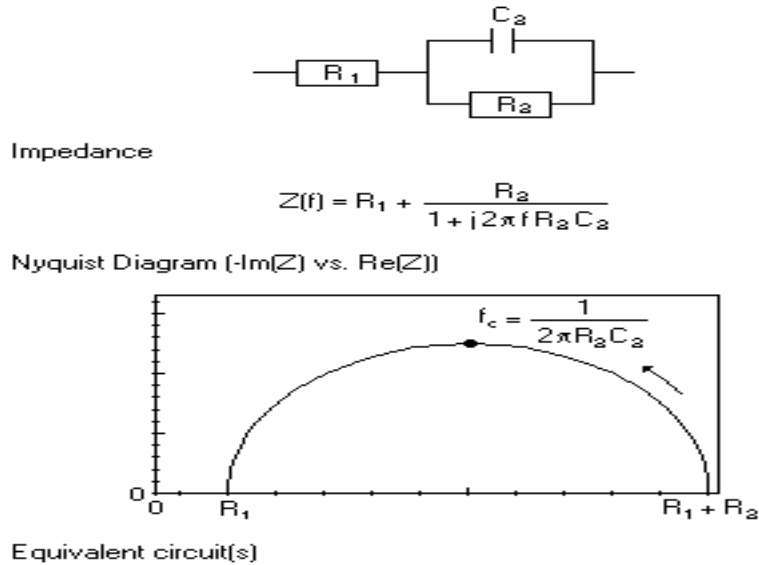
$$\theta = \frac{C_{dc}^{\circ} - C_{dc}^{inh}}{C_{dc}}$$

L'efficacité inhibitrice de corrosion de l'acier est calculée à partir de la résistance de transfert de charge selon la relation suivante :

$$EI\% = \theta.100$$

### 8.2.4 Circuits électriques équivalents

Un circuit équivalent, bien que ne remplaçant pas un modèle physique, est un outil pratique permettant de mieux visualiser le comportement électrique d'une électrode et facilitant la simulation numérique de l'impédance. L'impédance du système est mesurée en fonction de la fréquence du signal appliqué (Entre 1mHz et 100 KHz) et sa valeur est reportée dans le plan complexe pour chaque fréquence. [91].



**Figure 16:** Schémas de circuits électriques équivalents fréquemment rencontrés .

**Chapitre IV :**  
**Resultats et Discussions**

### 1. Screening phytochimiques

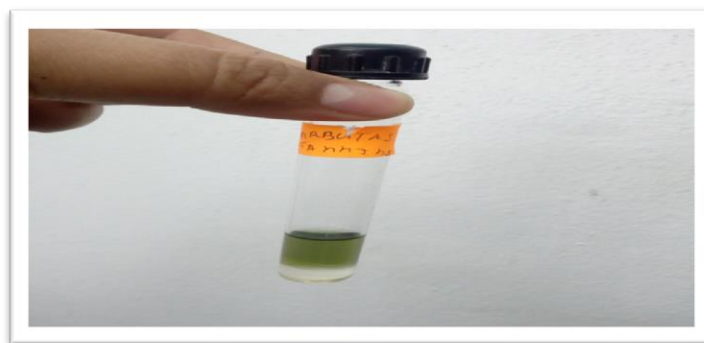
L'analyse qualitative de la poudre de plante qui a pour but la mise en évidence la présence de certains types de métabolisme secondaire, a été faite par des réactions de colorations en tubes à essai. Les résultats des tests sont caractériser dans le tableau 9.

**Tableau 9:** Résultats des screening phytochimiques

Teste	Résultat
Les alcaloïdes	+
Les saponosides	+
Les flavonoïdes	+
Les tannins	++
Les huiles volatiles	-
Quinones	-
Anthocyanes	+
Cardinolides	-
coumarines	+
Stérols	-

Signification des symboles : ++ abondamment présent ; + présente ; - absence

- **Tannins**



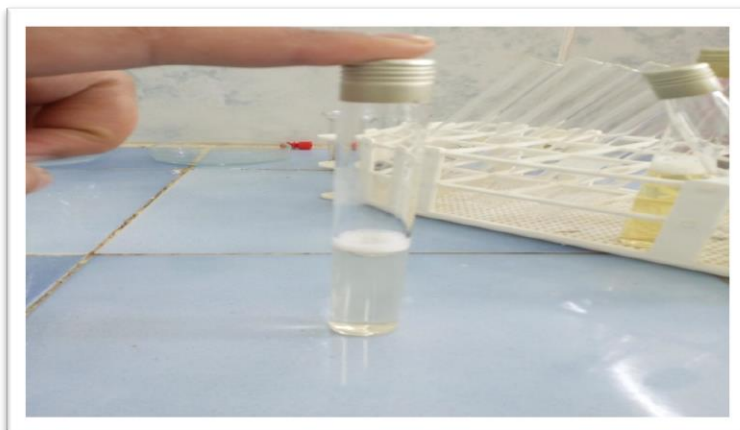
**Figure 17 :** Résultat de test des tannins

Le screening phytochimique montre que les tannins présents dans la plante d'*Arbutus unedo* avec un taux important

## Chapitre IV : Résultats et Discussions

---

- Les saponosides



**Figure 18:** Résultat des saponosides

Le test de mousse confirme la présence de saponosides dans les feuilles des arbutus

- Les flavonoïdes et les alcaloïdes



**Figure 19:** Résultat de test flavonoïdes



**Figure 20:** Résultat de test des alcaloïdes

Selon les résultats du screening phytochimique effectué sur la plante des feuilles d'Arbutus on remarque la présence moyenne de flavonoïdes et des alcaloïdes

- **Les Quinones libre et les huiles volatiles**



**Figure 21:** Résultat de test des Quinones



**Figure 22:** Résultat de test des huiles volatiles



## Chapitre IV : Résultats et Discussions

Les résultats montrent l'absence des huiles volatiles ainsi que les Quinones dans la plante. Sur l'ensemble du résultat obtenu, nous remarquons que la plante d'arbutus riche en métabolites secondaire. Les tests phytochimiques réalisés nous ont permis d'avoir une idée générale sur la composition chimique de nos échantillons étudiés.

### 2. Rendements de l'extrait brute

M : Masse (g) de l'extrait brut après extraction. (M=6,9g).

M0 : Masse (g) du matériel végétal sec initial. (M0=100g).

$R = (6,9/100) \times 100 = 6,9\%$ .

### 3. Etude de l'activité antibactérienne

#### 3.1. Teste de l'activité antibactérienne

Dans notre étude l'activité de l'extrait de la plante a été réalisé sur 8 bactéries par la méthode d'aromatogramme. Le tableau suivant résume nos résultats ou les valeurs indiquées sont la moyenne de 3 essais pour chaque bactérie.

**Tableau 10:** Diamètre (D) pourcentage d'inhibition (PI%) et la sensibilité des souches

Nom de la bactérie	D (mm)	(PI%)	Sensibilité des souches
<i>Staphylococcus aureus</i> 639c	18	19,98	Très sensible
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 43300	20	22,20	Très sensible
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	50	55,52	Extrêmement sensible
<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633	20	22,20	Très sensible
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	16	17,76	Très sensible
<i>Escherichia coli</i> ATCC 8739	22	24,43	Très sensible

## Chapitre IV : Résultats et Discussions

<i>Klebsiela pneumoniae</i>	12	13,33	sensible
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 7320	24	26,70	Très sensible

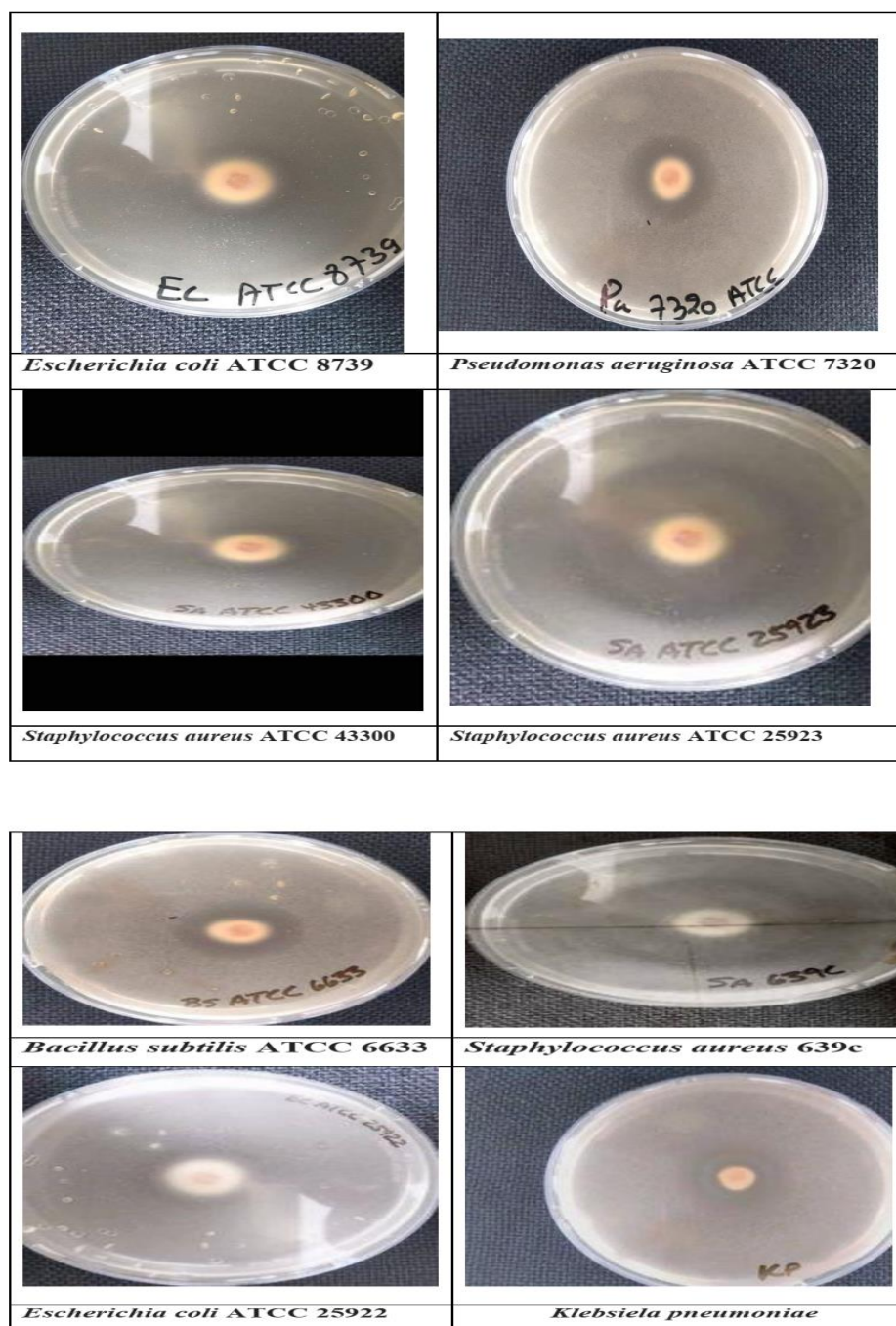
Nous avons observé que l'activité de même extraits de la plante varie d'une souche à une autre, cette variation est remarquée avec les diamètres des zones d'inhibition qui montre que certaines souches sont sensibles ou très sensibles que d'autres .

Les diamètres d'inhibition pour l'extrait de la plante sont variés de 18 mm à 50 mm Le diamètre le plus élevé est obtenu avec *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 (50 mm) (bactérie qui provoque des infections cutanées) voir l'Annexe ...et le plus faible avec *Klebsiella pneumoniae* (12 mm) [86].

Les résultats obtenus montrent que *extrait de la plante possède* une activité antibactérienne sur les souches testées.

Les résultats de l'aromatogramme obtenus dans cette étude sont présentés par la figure ci-dessous :

## Chapitre IV : Résultats et Discussions



**Figure 23** : Effet antibactérien de l'extrait brute de plante sur les différentes souches bactériennes (photo personnel).

## 4. Etude de l'activité inhibitrice de la plante

### 4.1. Étude gravimétrique

A la première lecture le constat fait sur les résultats laisse écrire que la concentration 200ppm inhibi le dégagement d'hydrogène on obtient une longueur de 1,956521739 cm vue la longueur 2,96551724 cm d'h2 libéré sans extrait, à 400 ppm l'inhibition est observée avec une longueur 1,62352941 du gaz confiné. Au-delà de 400 ppm la réaction est à nouveau catalysée cela est probablement due au phénomène de désorption ce qui laisse la surface de l'acier **A823 Gr-C** sans protection. On prend 400ppm comme concentration optimal .

La valeur de l'efficacité inhibitrice donnée par la relation ci-dessous effectués dans les mêmes conditions pour chaque concentration [91-93]. **Tableau IV.2** résume les résultats.

$$\frac{l_0 - l_c}{l_0} * 100 = \eta(\%)$$

$l_0$  et  $l_c$  La longueur du gaz dégagé sans et avec extrait.

**Tableau 11:** La longueur de dégagement du gaz de H2 dans diffèrent concentration de l'extrait brute.

N° De Tube	00 (Temoin)	01	02	03	04
La concentration	1 M + 00 ext	1M + 200 ppm	1M + 400 ppm	1M + 600 ppm	1M + 800 ppm
La langueur de H2 (Cm) (60 min)	2,96551724	1,956521739	1,62352941	2,5	2,91428571
$\eta(\%)$	0	34,024267	45,253078	15,697674	01,727575

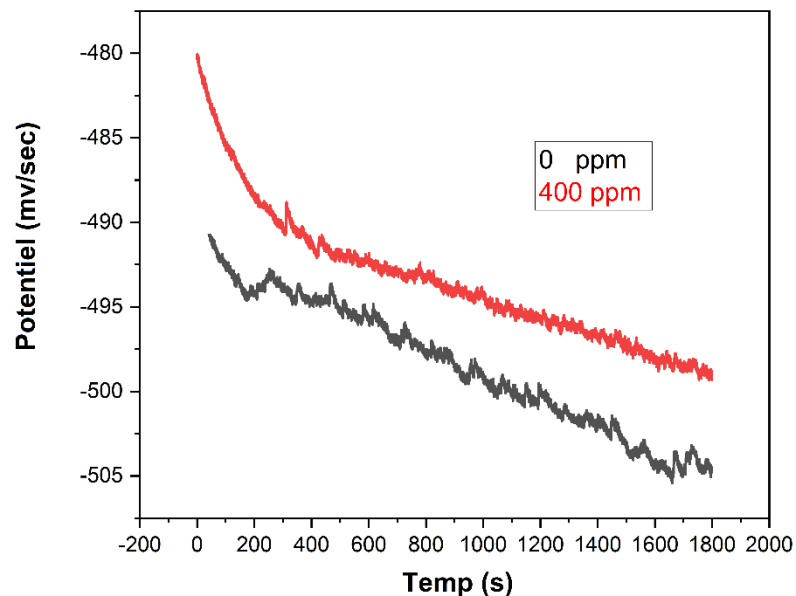
## Chapitre IV : Résultats et Discussions

Les lettres significatives de la balance sont 0.000 Quatre lettres ce qui donne 0,0022 pour toute les pesées il est recommandé de ne pas adopté la balance de 0.000 g lors de l'étude gravimétrique pour ce matériaux à des temps non prolongés .

### 4.2.Étude électrochimique

#### 4.2.1. Le Potentiel de corrosion

Appelé communément le potentiel d'abandon ou potentiel libre, il s'agit de la grandeur électrochimique la plus immédiatement mesurable. Cette technique simple apporte des informations préliminaires sur la nature des processus déroulant à l'interface métal/ électrolyte. L'immersion de l'électrode de travail dans la solution avec et sans l'ajout de l'extrait de la plante pendant une durée de 30 min permet le souscrit du degré de sévérité de la solution et établir un état de stabilité du potentiel en fonction du temps. Cela permet d'obtenir un potentiel relativement stable qui servira comme donnée essentiel pour le tracé des courbes de polarisation et les diagrammes d'impédance électrochimique.



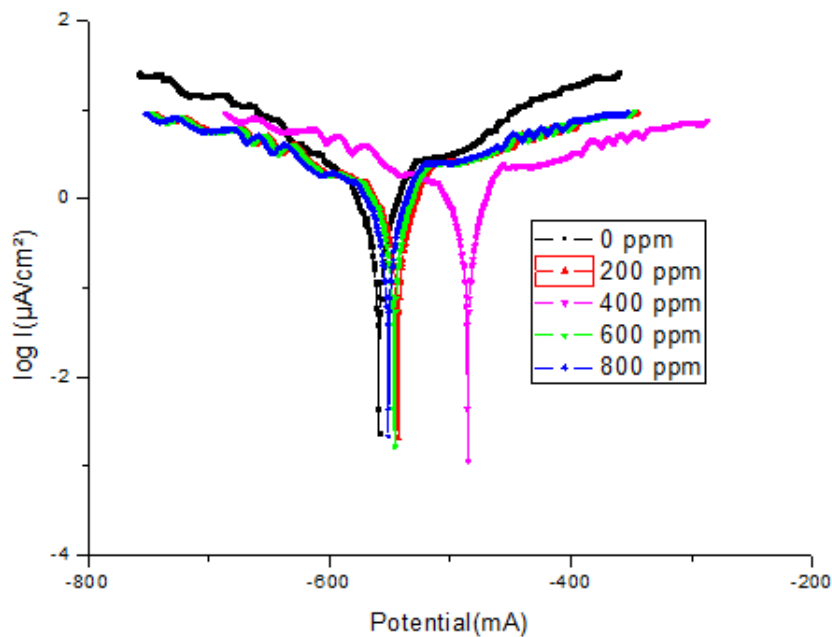
**Figure 24:** Evolution du potentiel de corrosion d'un métal dans la solution à 1M de HCl sans ou avec l'ajout de l'extrait brute de la plante à 25 C°

## Chapitre IV : Résultats et Discussions

D'après la Figure 23. On observe que sans l'ajout de l'extrait brute de la plante, le potentiel libre de corrosion débute à  $-480$  mV/ECS et diminue jusqu'à atteindre des valeurs qui fluctuent légèrement autour de  $-491$  mV/ECS. Ceci est traduit par une dissolution du métal, qui rend par la suite le potentiel tend vers des valeurs moins nobles jusqu'à une stabilité relative qui due probablement à la formation de dépôt de corrosion à la surface se comportant comme une couche protectrice. Avec l'ajout de l'extrait brute de la plante, le potentiel de corrosion de métal dans la solution 1M de HCl devient encore plus cathodique suite à une formation d'un film inhibiteur à la surface de l'acier [89].

### 4.2.2. Courbes de polarisation

Le comportement électrochimique de notre électrode dans ce milieu traduit par les Courbes  $i = f(E)$ , sont tracées avec une vitesse de balayage de  $1 \text{ mV.s}^{-1}$  en partant du potentiel de corrosion et en se déplaçant vers des potentiels soit de plus en plus négatifs pour les tracés cathodiques ou de plus en plus positifs concernant les tracés anodiques. Ces tests ont été effectués sur une électrode de l'acier **A823 Gr-C** dans le milieu corrosif aéré de HCl 1 M, en absence et en présence de l'inhibiteur et sans agitation du milieu réactionnel.



**Figure 25:** potentiodynamiques pour l'alliage dans une solution 1M d'HCl à la température ambiante (25C°) dans différentes concentrations

## Chapitre IV : Résultats et Discussions

---

La figure de tracés des courbes de polarisation illustre le déplacement anodique des potentiels, ainsi il convient de dire qu'à la concentration 400ppm le déplacement est notable il est de  $-483.5$  mV avec une densité de courant  $i_{corr} = 0.0015mA/cm^2$ .

L'action de l'extrait se traduit par une diminution des courants de corrosion.

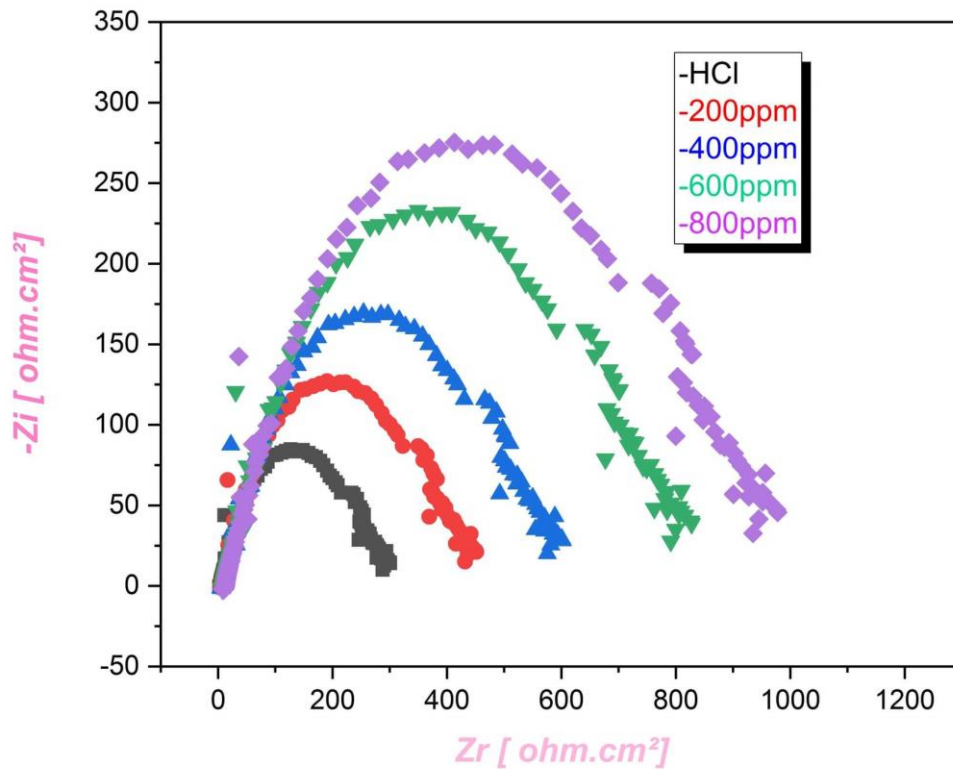
Les pontes des courbes montrent que l'inhibition est à la fois cathodique et anodique.

La concentration 400 ppm est la plus inhibitrice au-delà de 400ppm la désorption à lieu de l'acier **A823 Gr-C** . perd la couche protectrice est l'attaque sera d'avantage [91].

### 4.2.3. La spectroscopie d'impédance électrochimique

La technique d'impédance électrochimique permet de caractériser les mécanismes complexes, mettant en jeu plusieurs étapes réactionnelles et ayant des cinétiques caractéristiques différentes. Les résultats de cette méthode sont obtenus sous forme de diagramme de Nyquist. L'analyse du spectre d'impédance permet d'associer à chacune des étapes observables des diagrammes de Nyquist des grandeurs physiques représentatives.

Des mesures d'impédance électrochimique sont effectuées au potentiel d'abandon dans le milieu corrosif en régime linéaire avec un signal sinusoïdal d'amplitude de 10 mV sur un domaine de fréquence de 100 kHz à 10 mHz, pour caractériser le comportement Electrochimique de l'acier.



**Figure 26:** Impédance électrochimique de l'acier dans la solution 1M HCl en présence des différentes concentrations de l'extrait

Les diagrammes d'impédances ont l'allure elliptique, due à la dispersion de la fréquence interfaciale vue à l'hétérogénéité de la surface résultat de la rugosité, des impuretés, des dislocations ainsi à la couche de l'inhibiteur. L'absence de l'agitation rend la capacité de la double couche importante et elle augmente en fonction de la concentration la même remarque pour la Resistance.

Les valeurs des paramètres électrochimiques et de l'efficacité inhibitrice pour différentes concentrations de l'inhibiteur obtenus par S.I.E sont réunies dans Tableau 12.



## Chapitre IV : Résultats et Discussions

---

**Tableau 12:** Paramètres électrochimiques et efficacité inhibitrice de la corrosion de.

<b>C (ppm)</b>	<b><i>R<sub>tc</sub></i> (<math>\Omega \cdot \text{cm}^2</math>)</b>	<b>C<sub>dl</sub> (<math>\mu\text{F}/\text{cm}^2</math>)</b>	<b><math>\Theta</math></b>	<b>EI(%)</b>
<b>0</b>	<b>322,5</b>	<b>123,4</b>	<b>-----</b>	<b>-----</b>
<b>200</b>	<b>507,7</b>	<b>50,3</b>	<b>0,592</b>	<b>59,2</b>
<b>400</b>	<b>732,7</b>	<b>26,83</b>	<b>0,783</b>	<b>78,3</b>
<b>600</b>	<b>970,6</b>	<b>14,91</b>	<b>0,879</b>	<b>87,9</b>
<b>800</b>	<b>1125,9</b>	<b>10,10</b>	<b>0,9181</b>	<b>91,81</b>

# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

Certaines plantes peuvent être bénéfiques pour la santé, surtout si elles contiennent des substances naturelles bioactives comme les polyphénols, ce qui les a rendues intéressantes pour les chercheurs.

Le présent travail a été consacré à l'étude de l'activité biologique et inhibitrice de la corrosion d'une plante

L'analyse des résultats obtenus montre que :

- la plante possède une excellente propriété antibactérienne et qu'elle peut se substituer efficacement aux antibiotiques de synthèse, Surtout contre les bactéries (Staphylococcus aureus ATCC 25923Ces germes ont tendance à infecter la peau) .
- la plante possède une excellente propriété inhibitrice de la corrosion de métal, L'évaluation des propriétés inhibitrices du sujet de notre étude a été effectuée par une méthodes gravimétrique et des méthodes électrochimiques (on remarque une concordance entre les résultats obtenus par les différentes méthodes) :
  - L'étude gravimétrique :Nous avons observé une activité inhibitrice lorsque la concentration de l'extrait a été augmentée(On prend 400ppm comme concentration optimal )
  - L'étude électrochimique :la concentration 400 ppm Correspondance à la minimale valeur de la densité de courant

Enfin, les résultats ont montré que les molécules de la plante agissent comme antibactérien et comme un bon inhibiteur de corrosion .

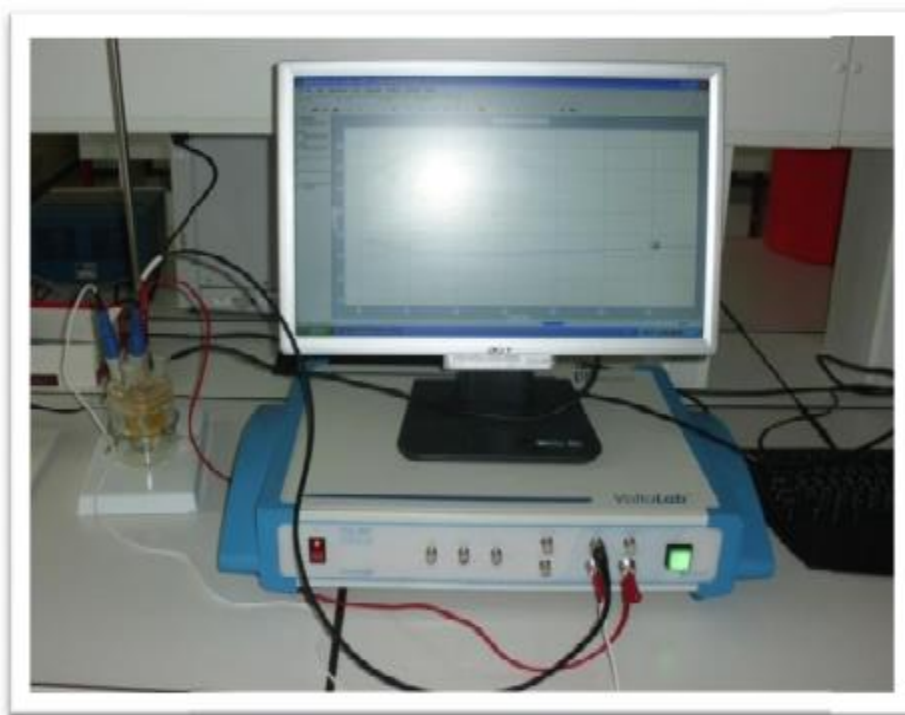
# **Annexes**

## Annexe 01

### 1.Appareillages utilisés pour les essais électrochimiques

Les essais électrochimiques sont réalisés à l'aide d'un montage électrochimique trois électrodes constituant la cellule électrochimique : Une électrode de référence au calomel saturé (ECS) pour les mesures de potentiel. Une électrode auxiliaire en platine servant a la fermeture du circuit électrique et une électrode de travail à base d'un acier

Les mesures électrochimiques sont réalisées avec un montage comprenant un potentiostat, type PGZ301 (Voltalab), piloté par le logiciel Voltmaster ,Figure1.



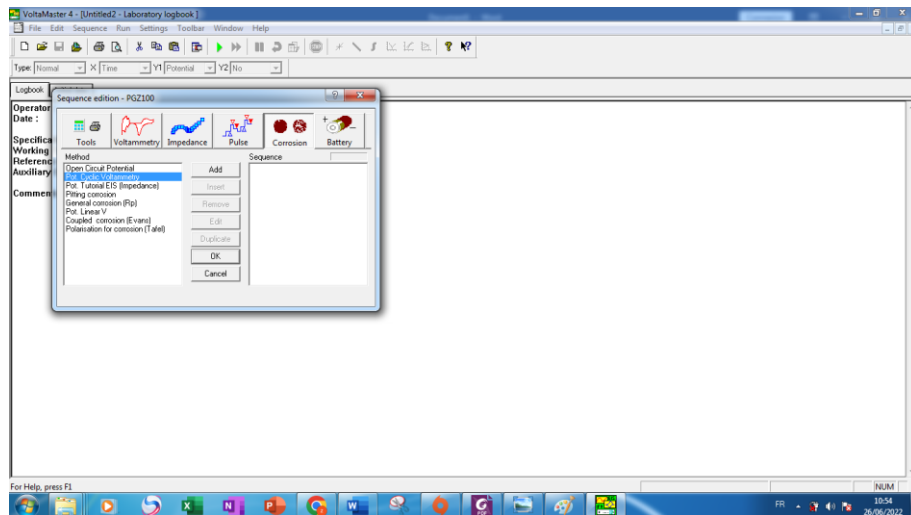
**Figure 1.** Photographie du dispositif de mesures



**Figure2:** électrode de travail (photo personnel)

## 2.Paramètres utilisés dans le logiciel Voltmaster

- double clic sur l'icône de voltmaster pour ouvrir le logiciel
- aller sur le menu file puis « new séquence »
- aller sur le menu sequence puis « sequence Edition » La fenêtre suivante apparaît ,Figure 3 .

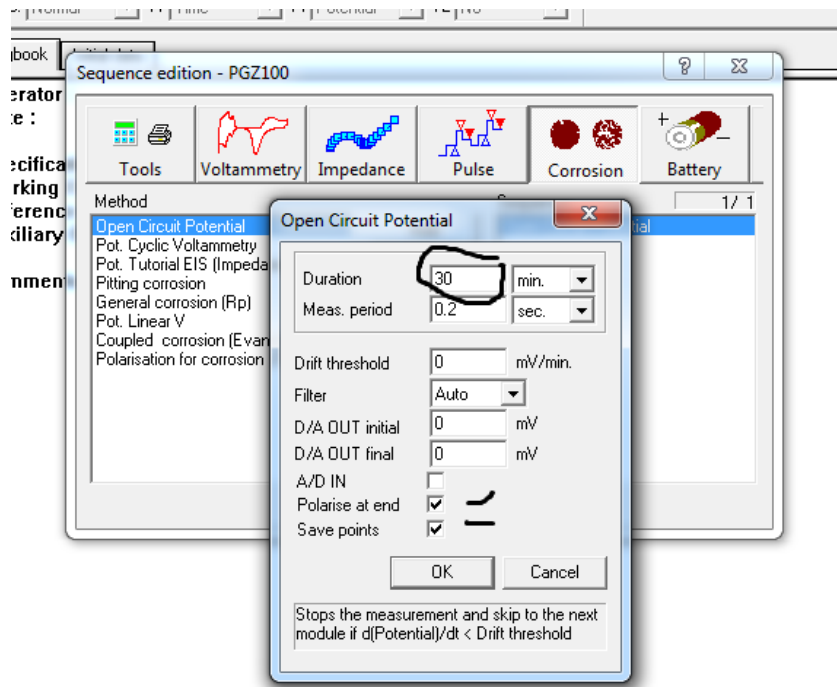


**Figure 3 :**la fenetre de voltmaster

-On choisie « corrosion »,Ensuite, nous choisissons la méthode d'étude que nous voulons(open circuit potentiel , pot tutoril EIS (impedance), pot. Linear v (tafel) .....).

- **open circuit potentiel**

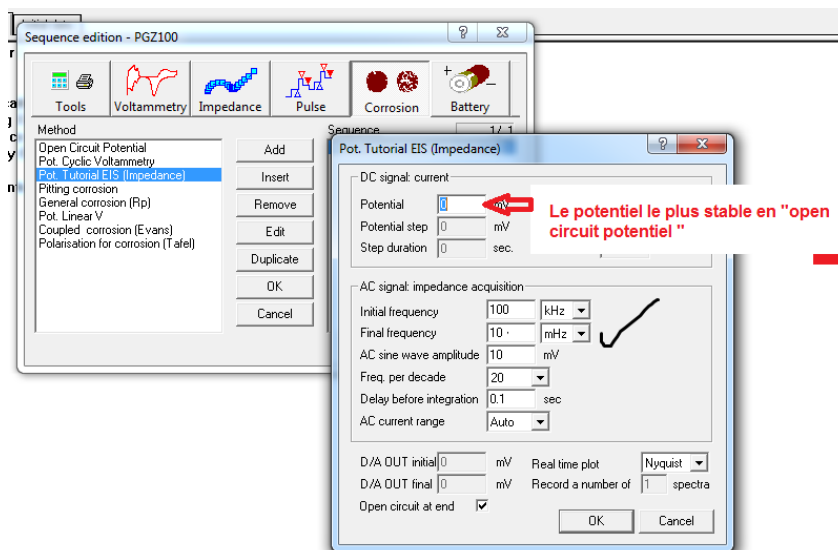
double clic sur « open circuit potentiel », Nous mettons les paramètres suivants ,Figure 4 , puis cliquer sur ok :



**Figure 4** : paramétrés d'open circuit potentiel

- **Pot tutoril EIS (impedance),**

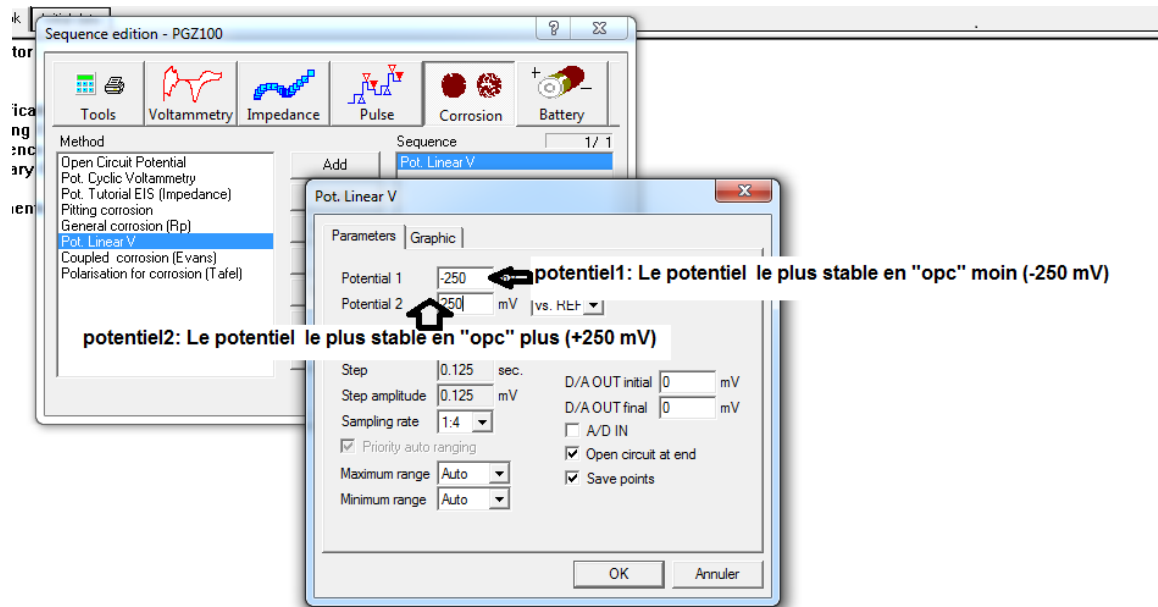
double clic sur « Pot tutoril EIS (impedance) », Nous mettons les paramètres suivants ,Figure 5, puis cliquer sur ok



**Figure 5**: paramétrés d'impédance

- **Pot. Linear v (tafel)**

double clic sur « Pot. Linear v (tafel)» , Nous mettons les paramètres suivants ,Figure 6 , puis cliquer sur ok .



**Figure 6:** paramétrés de pot linear v (tafel)



## Annexe 02

### .Les bacteries

Les bactéries sont très nombreuses et ont souvent été considérées comme des agents pathogènes et agressifs, responsables de maladies plus ou moins graves. Mais, contrairement au virus, ce n'est pas toujours le cas... En effet, le corps humain est colonisé par de nombreuses bactéries qui constituent la « flore commensale » [94]. Par exemple, au niveau du système digestif, le microbiote intestinal, largement impliqué dans les processus de digestion et de défense de l'organisme, est composé d'environ mille milliards de bactéries. Certaines de ces bactéries sont utilisées dans l'alimentation ou dans certains médicaments pour rééquilibrer le microbiote et rétablir une fonction digestive normale (suite à des épisodes de diarrhées...)[95] .

#### .1..Staphylococcus aureus

##### 1.2. Definition

Staphylococcus aureus autrement appelé Staphylocoque à coagulase positive, est une bactérie à gram positif. C'est un coccus, de forme arrondie, qui se présente sous la forme de diplocoques (des cocci associés par deux) ou sous la forme d'amas ayant la forme de grappes de raisin [96] , Figure 1 .

Quelques caractéristiques des bactéries Staphylococcus aureus dans le tableau 1[97].

**Tableau 1** :Les caractéristiques des bactéries Staphylococcus aureus

Forme	Cocci
Gram:	Positif
Culture :	aérobie-anaérobie facultatif
Genre	<i>Staphylococcus</i>
Espèce	<i>Aureus</i>
Nom courant	staphylocoque doré
Morphologie	diplocoques ou amas
Habitat	peau, muqueuses et fosses nasales et le pharynx en majorité



**Figure 1** : Staphylococcus aureus [98].

### **1. 3. Pouvoir pathogène et mode de transmission**

Son réservoir naturel est l'homme. Staphylococcus aureus est très fréquent à l'état commensal et pathogène. En effet, très rapidement après la naissance, il colonise la peau, le tube digestif et la région périnéale des nouveaux nés. Il est également très présent au niveau des fosses nasales et des mains. Mais il peut devenir pathogène et être responsable d'infections cutanées : [furoncles](#), [panaris](#), [abcès](#), [impétigo](#)... Et de certaines infections ORL : [angines](#), [otites](#), [sinusites](#)... En milieu hospitalier, il est impliqué dans les infections nosocomiales, pouvant être graves. Staphylococcus aureus peut aussi être responsable d'intoxications alimentaires. Il se transmet par les mains ou par voie oro-pharyngée, peut ainsi diffuser son mode épidémique dans les maternités, les écoles, les crèches. Pouvant survivre dans le milieu extérieur, il peut être retrouvé sur la literie, dans le matériel médical à l'hôpital, ce qui amplifie les phénomènes de transmission [98] .

### **1.4. Quelques infections de la peau et des tissus mous**

#### **a. Le panaris**

Est une infection localisée sur le doigt. Il peut toucher le pourtour de l'ongle ou la pulpe du doigt ,Figure 2, [97,98].



**Figure 2** : infection de panaris .

### **b. Le furoncle**

Est une inflammation profonde et nécrosante du follicule pilo-sébacé, aboutissant à la nécrose et l'élimination du follicule pileux. [97 ;98] . Il s'observe essentiellement chez l'adolescent ou l'adulte jeune , Figure 3 .



**Figure 3** :infection de furoncle

### **c.Les abcès cutanés**

sont une accumulation de pus constituée sous la forme d'une tuméfaction. C'est une infection cutanée primaire, ils résultent d'une infection bactérienne provoquant l'afflux de globules blancs (polynucléaires) et de cellules de l'inflammation puis leur destruction [97] , Figure 4 .



**Figure 4** :infection d'abcès cutanés [98].

## 2. Escherichia coli, (colibacille)

### 2.1. Définition

Escherichia coli, autrement appelé colibacille, est une bactérie à gram négatif. C'est un bacille, qui se présente sous la forme de bâtonnets allongés [97] , Figure 5.

Quelques caractéristiques des bactéries *Escherichia coli* dans le **Tableau 2** [100] .

. **Tableau 2** : Les caractéristiques des bactéries *Escherichia coli*

Forme	Bacille
Gram:	Négatif
Culture :	Aérobie
Genre	<i>Escherichia</i>
Espèce	<i>Coli</i>
Nom courant	Colibacille
Habitat	constitue la majorité de la flore intestinale aérobie; peut se retrouver également au niveau des muqueuses de l'homme et de l'animal.



**Figure 5** : Escherichia coli .

### 2.2. Pouvoir pathogène et mode de transmission :

Son réservoir naturel est l'homme et tous les animaux à sang chaud [100] . Escherichia coli, fait partie de la flore commensale. Il représente 80% de la flore

intestinale aérobie de l'adulte, et on le retrouve aussi au niveau de différentes muqueuses. De simple bactérie commensale, *Escherichia coli* peut aussi devenir un agent pathogène responsable de différents types d'infections : infections urinaires, diarrhées, cholécystites. Il peut aussi être impliqué dans des infections nosocomiales. La transmission peut se faire par contact direct ou via des contaminations fécales [100] .

## **2.3. Quelques infections par *Escherichia coli***

### **a. Infections urinaires**

L'appareil génital et la partie terminale de l'urètre sont colonisés par une flore bactérienne, dite commensale, dont le rôle est de protéger l'organisme contre les agressions par des agents pathogènes. Chez la femme, la flore vaginale est riche en bactéries anaérobies et sa composition évolue en fonction de l'âge. De la puberté à la ménopause, les lactobacilles sont largement prédominants et assurent le maintien d'un pH acide, empêchant ainsi la multiplications d'autres bactéries., D'autres modifications de l'équilibre de la flore commensale peuvent être à l'origine de certaines maladies, comme les infections urinaires [100].

### **b. Diarrhées**

Les diarrhées aiguës se définissent par l'évacuation de plus de deux selles molles à liquides, de survenue aiguë ou brutale, évoluant depuis moins de deux semaines. Elles sont, dans la majorité des cas, d'origine infectieuse [100].

## **3. *Klebsiella pneumoniae*,**

### **3.1. Définition**

*Klebsiella pneumoniae*, autrement appelé bacille de Friedländer, appartient à la famille des Enterobacteriaceae. Ce sont des bacilles à gram négatif, immobiles et capsulés [100] , Figure 6 .

Quelques caractéristiques des bactéries *Klebsiella pneumoniae*, dans le **Tableau 3** [100] .

**Tableau 3** : Les caractéristiques des bactéries *Klebsiella pneumoniae*,

Forme	Bacille
Gram:	Négatif
Culture :	aérobie-anaérobie facultatif
Genre	<i>Klebsiella</i>
Espèce	<i>Pneumonie</i>
Nom courant	bacille de Friedländer
Habitat	tube digestif de l'homme et des animaux à sang chaud: peut se trouver dans l'eau, le sol et la poussière.



**Figure 6** :*Klebsiella pneumoniae*, [101].

### 3.2 . Pouvoir pathogène et mode de transmission :

*Klebsiella pneumoniae* est à la fois une bactérie commensale de l'organisme, et un agent pathogène responsable d'infections variées. Elle est présente naturellement dans le tube digestif et les voies aériennes supérieures de l'homme et des animaux. Elle se retrouve également couramment dans l'eau, les sols et la poussière. Par ailleurs, *Klebsiella pneumoniae* est à l'origine d'infections respiratoires communautaires survenant surtout chez des sujets fragilisés (personnes âgées, diabétiques ou alcooliques) et d'infections opportunistes chez des malades hospitalisés.

Pour des raisons encore imparfaitement élucidées, ces infections communautaires sont plus fréquentes et plus graves en Asie où une virulence supérieure des souches est

démontrée. En Occident, *Klebsiella pneumoniae* est essentiellement responsable d'infections nosocomiales (infection broncho-pulmonaires, urinaires, bactériémies, infections méningées post-traumatiques ou post-chirurgicale). La transmission des souches de *Klebsiella pneumoniae* se fait par voie manuportée.,[101].

## 4. Pseudomonas aeruginosa

### 4.1. Définition

*Pseudomonas aeruginosa* est une bactérie opportuniste généralement peu virulente chez les personnes saines, mais redoutable chez les individus affaiblis. Elle occupe la troisième place, en termes de fréquence, des bactéries nosocomiales. La bactérie est responsable d'un très large panel d'infections de sévérité variable, allant de l'otite bénigne à l'infection des valves cardiaques, Figure 7, [102 ,103] .

Quelques caractéristiques des bactéries *Pseudomonas aeruginosa* dans le **Tableau 4** [102 ,103] .

**Tableau 4** : Les caractéristiques des bactéries *Pseudomonas aeruginosa*.

Forme	Bacille
Gram:	Négatif
Culture :	aérobie-aérobie strict
Genre	<i>Pseudomonas</i>
Espèce	<i>Aeruginosa</i>
Nom courant	(le bacille pyocyanique)
Habitat	à l'état saprophyte dans l'eau et le sol humide ou sur les végétaux



**Figure 7 :** Pseudomonas aeruginosa [ 103].

#### **4.2 . Pouvoir pathogène et mode de transmission :**

*P. aeruginosa* est une bactérie pathogène opportuniste. Les malades sensibles sont les nourrissons, les vieillards, les sujets atteints de maladies métaboliques (diabète), de cancers, d'hémopathies malignes. *P. aeruginosa* détermine des infections pulmonaires, des infections urinaires, des infections ostéoarticulaires, des infections oculaires, des infections O.R.L (sinusites, otite maligne externe chez les diabétiques, les nouveau-nés, les sidéens), des méningites, des infections cutanées (onyxis, périonyxis, brûlures, ulcères de jambe), des bactériémies, des entérites, des endocardites [ 104].

## **.5.Bacillus subtilis**

### **5.1.Definition**

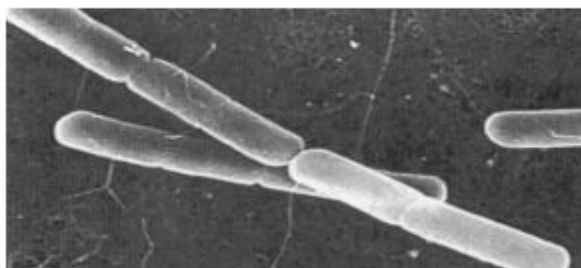
*Bacillus subtilis* est une bactérie naturelle du sol efficace sur un large spectre de champignons et bactéries pathogènes. Elle a une action antagoniste vis-à-vis des agents pathogènes en agissant selon des modes d'action préventifs : sécrétion de lipopeptides qui attaquent à la fois les spores et mycélium des champignons, concurrence spatiale par la formation d'une barrière physique empêchant la fixation du pathogène sur la plante et induction chez la plante de mécanismes de résistance physiologique contre l'attaque des agents pathogènes , Figure 8 , [105] .

Quelques caractéristiques des bactéries *Bacillus subtilis* dans le Tableau 5 [105,106].



**Tableau 5:** Les caractéristiques des bactéries *Bacillus subtilis* .

Forme	Bacille
Gram:	Positif
Culture :	aérobie stricte
Genre	<i>Bacillus</i>
Espèce	<i>Subtilis</i>
Habitat	qu'on trouve généralement dans le sol,



**Figure 8 :** *Bacillus subtilis* [107].

### 5.2 .Pouvoir pathogène et mode de transmission :

Le genre *Bacillus* renferme des espèces pathogènes des insectes comme *B. larvae*, *B. popilliae*, *B. lentimorbis*, *B. thuringiensis*. D'autres espèces pathogènes pour les animaux ; *B.cereus*, *B. circulans*, *B. anthracis*, ont été isolées des infections humaines [108].

*Bacillus subtilis* semble avoir un faible degré de virulence pour humains. Il ne produit pas de quantités importantes de enzymes extracellulaires ou possèdent d'autres facteurs de virulence qui le prédisposerait à provoquer une infection [107]. Il y a un certain nombre de rapports où *B. subtilis* a été isolé de infections humaines. La littérature antérieure contient des références à infections causées par *B subtilis*. Cependant, comme indiqué précédemment, le terme *B. subtilis* était synonyme de toute formation de spores aérobies bacilles, et très probablement, bon nombre de ces infections ont été associé à *B. cereus*[107-109] .

# Références

## Références

- [01] Belgaid, Sadjia, and Louiza Chikhoun. Etude de l'activité microbienne et antifongique des extraits du phlomis bovei de noe-préparation d'une forme pharmaceutique. Diss. UMMTO, 2013.
- [02] Lacheraf, Aida, and Asma Debih. Etude de l'activité biologique et inhibitrice de la corrosion des extraits de deux plante médicinal. Diss. Université Mohamed BOUDIAF de M'Sila, 2019.
- [03] Abd Rabou, Abdel Fattah N., et al. "Notes on some common flora and its uses in Wadi Gaza, Gaza Strip." IUG Journal for Natural and Engineering Studies 16.1 (2008).
- [04] Elqaj, M., A. Ahami, and D. Belghyti. "La phytothérapie comme alternative à la résistance des parasites intestinaux aux antiparasitaires." Journée scientifique" ressources naturelles et antibiotiques". Maroc (2007).
- [05] Chabrier, Jean-Yves. Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie. Diss. UHP-Université Henri Poincaré, 2010..
- [06] Abdelwahed, Afef, et al. "Study of antimutagenic and antioxidant activities of Gallic acid and 1, 2, 3, 4, 6-pentagalloylglucose from Pistacia lentiscus: Confirmation by microarray expression profiling." Chemico-biological interactions 165.1 (2007): 1-13.
- [07] HADDOUCHI, Farah, and Abdelhafid BENMANSOUR. "Huiles essentielles, obtentions, utilisations et activités biologiques. Application à deux plantes aromatiques." Les technologies de laboratoire 3.8 (2008).
- [08] Okigbo, R. N., and A. N. Ajalie. "Inhibition of some human pathogens with the tropical plant extracts Chromolineena odorata and Citrus aurantifolia and some antibiotics." Int. J. Mol. Med. Adu Sci 1 (2005): 34-40.
- [09] Robard, I. "Plantes médicinales d'outre-mer et pharmacopées: aspects juridiques, économiques et culturels." Phytothérapie 2.1 (2004): 16-21..
- [10] Lacheraf, Aida, and Asma Debih. Etude de l'activité biologique et inhibitrice de la corrosion des extraits de deux plante médicinal. Diss. Université Mohamed BOUDIAF de M'Sila, 2019.

- [11] Benganou, M. "La phytothérapie entre la confiance et mefiance." Memoire professionnel infirmier de la sante publique, institut de formation paramédical CHETTIA (Alger) 56 (2012).
- [12] Guide des plantes qui soignent, Vidal, (2010)
- [13] Bruneton, Jean. "Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. English." (1999).
- [14] Gee, J. M., and I. T. Johnson. "Polyphenolic compounds: interactions with the gut and implications for human health." *Current medicinal chemistry* 8.11 (2001): 1245-1255.
- [15] Bennick A. Interaction des polyphénols d'usine avec les protéines salivaires. Thèse de doctorat. Université de Toronto. Canada : Andres. 2002 ,184-196
- [16] Montoro, Paola, et al. "Structure–antioxidant activity relationships of flavonoids isolated from different plant species." *Food chemistry* 92.2 (2005): 349-355.
- [17] Haslam, Edwin, and Y. Cai. "Plant polyphenols (vegetable tannins): gallic acid metabolism." *Natural product reports* 11 (1994): 41-66.
- [18] Touafek, Ouassila. "Etude phytochimique de plantes médicinales du Nord et du Sud algériens." (2010).
- [19] Tsao, Jeff Y. "Solid-state lighting: lamps, chips, and materials for tomorrow." *IEEE Circuits and Devices Magazine* 20.3 (2004): 28-37.
- [20] Tsao, Jeffrey Y., et al. "Solid-state lighting: an integrated human factors, technology, and economic perspective." *Proceedings of the IEEE* 98.7 (2010): 1162-1179.
- [21] Narayana, K. Raj, et al. "Bioflavonoids classification, pharmacological, biochemical effects and therapeutic potential." *Indian journal of pharmacology* 33.1 (2001): 2-16.
- [22] Bessas, Ahmed, Larbi Benmoussa, and M. Kerarma. "Dosage biochimique des composés phénoliques dans les dattes et le miel récoltés dans le sud Algérien." Diplôme d'Ingénieur d'Etat en biologie, faculté des sciences, Université Djillah Liabes, Sidi Bel Abbes, Algérie 81 (2008).

- [23] Hemingway, Richard W. "Structural variations in proanthocyanidins and their derivatives." *Chemistry and significance of condensed tannins*. Springer, Boston, MA, 1989. 83-107.
- [24] Paolini, Virginie, Philippe Dorchies, and Hervé Hoste. "Effets des tanins condensés et des plantes à tanins sur les strongyloses gastro-intestinales chez le mouton et la chèvre." *Revue Alter Agri* 61 (2003): 17-19.
- [25] Benslama, A. "Substances d'origine végétale." *Université Mohamed Khider-Biskra Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie, Maroc* 9 (2016).
- [26] McGuire, Michael A., et al. "Phase transitions in LaFeAsO: Structural, magnetic, elastic, and transport properties, heat capacity and Mössbauer spectra." *Physical Review B* 78.9 (2008): 094517.
- [27] Connolly, Joseph Donald, and Robert Alfred Hill. *Dictionary of terpenoids*. Chapman & Hall, 1991.
- [28] Dudareva, Natalia, and Eran Pichersky. "Biochemical and molecular genetic aspects of floral scents." *Plant physiology* 122.3 (2000): 627-634.
- [29] Hennebelle, T., S. Sahpaz, and F. Bailleul. "Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif." *Phytothérapie* 2.1 (2004): 3-6.
- [30] Lacheraf, Aida, and Asma Debih. *Etude de l'activité biologique et inhibitrice de la corrosion des extraits de deux plante médicinal*. Diss. Université Mohamed BOUDIAF de M'Sila, 2019.
- [31] Didi, A. "Étude de l'activité antioxydante des flavonoïdes de l'Arbutus unedo et du Dapline gaidium L. de la région de Tlemcen." *Mémoire de Magister, Université Abou-Bekr Belkaid-Tlemcen* (2009).
- [32] Guignard, J-L. "Botanique systématique moléculaire." (2001).
- [33] Somov, Ernest. "Arbres, arbustes et arbrisseaux en Algérie." (1987).
- [34] Spichiger, Rodolphe-Edouard, et al. "Botanique systématique des plantes à fleurs." *Presses Polytechniques et Universitaires Romandes*. Francia (2002).

- [35] Beloued, A. "Les plantes médicinales d'Algérie.(Ed) OPU." Ben Aknoun, Algérie (2001): 100-227.
- [36] Youssef, Mohand Aït. *Plantes médicinales de Kabylie*. Ibis Press, 2006.
- [37] Hamitouche, Ouamar, and Rachida Zabchi. Évaluation de l'influence de la température de séchage sur l'activité antioxydante et antibactérienne des feuilles d'*Arbutus unedo* L. Diss. Université Mouloud Mammeri, 2016.
- [38] Haouchine, Lamia, and Ouardia Khennache. Etude de l'activité antibactérienne d'extraits de quatre plantes médicinales de Kabylie: *Arbutus unedo* L., *Phlomis bovei* de Noé., *Rosa sempervirens* L. et *Verbascum sinuatum* L. Diss. Université Mouloud Mammeri, 2017
- [39] Pallauf, Kathrin, et al. "Characterization of the antioxidant composition of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) fruits." *Journal of Food Composition and Analysis* 21.4 (2008): 273-281.
- [40] El Haouari, Mohammed, et al. "Antiaggregant effects of *Arbutus unedo* extracts in human platelets." *Journal of Ethnopharmacology* 113.2 (2007): 325-331.
- [41] Pavlović, Dragana R., et al. "Comparative study of spasmolytic properties, antioxidant activity and phenolic content of *Arbutus unedo* from Montenegro and Greece." *Phytotherapy Research* 25.5 (2011): 749-754.
- [42] Ruiz-Rodríguez, Brígida-María, et al. "Valorization of wild strawberry-tree fruits (*Arbutus unedo* L.) through nutritional assessment and natural production data." *Food Research International* 44.5 (2011): 1244-1253.
- [43] Ziyayat, Abderrahim, et al. "Phytotherapy of hypertension and diabetes in oriental Morocco." *Journal of ethnopharmacology* 58.1 (1997): 45-54.
- [44] De Bruyne, Tess, et al. "Condensed vegetable tannins: biodiversity in structure and biological activities." *Biochemical Systematics and Ecology* 27.4 (1999): 445-459.
- [45] Garcia, VM Navarro, et al. "Antifungal activities of nine traditional Mexican medicinal plants." *Journal of ethnopharmacology* 87.1 (2003): 85-88.
- [46] Sindambiwe, J. B., et al. "Screening of seven selected Rwandan medicinal plants for antimicrobial and antiviral activities." *Journal of Ethnopharmacology* 65.1 (1999): 71-77.
- [47] - Basile, A., et al. "Antibacterial and allelopathic activity of extract from *Castanea sativa* leaves." *Fitoterapia* 71 (2000): S110-S116.
- [48] - Basile, Adriana, et al. "Antibacterial activity of pure flavonoids isolated from mosses." *Phytochemistry* 52.8 (1999): 1479-1482.
- [49] - Khattak, Somia, et al. "Biological effects of indigenous medicinal plants *Curcuma longa* and *Alpinia galanga*." *Fitoterapia* 76.2 (2005): 254-257.

- [50] - Khadri, Ayda, et al. "Antioxidant, antiacetylcholinesterase and antimicrobial activities of *Cymbopogon schoenanthus* L. Spreng (lemon grass) from Tunisia." *LWT-Food Science and Technology* 43.2 (2010): 331-336.
- [51] - Wang, Yuan-Chuen, Hsing-Wen Hsu, and Wen-Ling Liao. "Antibacterial activity of *Melastoma candidum* D. Don." *LWT-Food Science and Technology* 41.10 (2008): 1793-1798.
- [52] - Rauha, Jussi-Pekka, et al. "Antimicrobial effects of Finnish plant extracts containing flavonoids and other phenolic compounds." *International journal of food microbiology* 56.1 (2000): 3-12.
- [53] Cottigli, F., et al. "Antimicrobial evaluation of coumarins and flavonoids from the stems of *Daphne gnidium* L." *Phytomedicine* 8.4 (2001): 302-305.
- [54] - Kunle, O., et al. "Antimicrobial activity of various extracts and carvacrol from *Lippia multiflora* leaf extract." *Phytomedicine* 10.1 (2003): 59-61.
- [55] - Quílez, Anti-secretory, et al. "Anti-secretory, anti-inflammatory and anti-*Helicobacter pylori* activities of several fractions isolated from *Piper carpunya* Ruiz & Pav." *Journal of ethnopharmacology* 128.3 (2010): 583-589.
- [56] - Cowan, Marjorie Murphy. "Plant products as antimicrobial agents." *Clinical microbiology reviews* 12.4 (1999): 564-582.
- [57] Navarro, Víctor, et al. "Antimicrobial evaluation of some plants used in Mexican traditional medicine for the treatment of infectious diseases." *Journal of ethnopharmacology* 53.3 (1996): 143-147.
- [58] Cushnie, T. P. T., and A. J. Lamb. "Assessment of the antibacterial activity of galangin against 4-quinolone resistant strains of *Staphylococcus aureus*." *Phytomedicine* 13.3 (2006): 187-191.
- [59] Zhang, Juan, et al. "Phenolic compounds from the leaves of *Cyclocarya paliurus* (Batal.) Ijinskaja and their inhibitory activity against PTP1B." *Food Chemistry* 119.4 (2010): 1491-1496.

- [60] Dieter, Landolt. "Corrosion et chimie de surface des métaux." Presses polytechniques et universitaires Romandes, Lausanne (1993).
- [61] Bentiss, Fouad. Hétérocycles pentatoniques: Synthèses organiques, études des propriétés inhibitrices de la corrosion et des propriétés complexantes. Diss. 2006.
- [62] Bourbia, Wafa, et al. Effet des traitements thermiques sur le comportement microstructural, mécanique et électrochimique de l'alliage d'aluminium 2017A. Diss. Université de Jijel, 2021.
- [63] Vargel, Christian. LE COMPORTEMENT DE L'ALUMINIUM ET DE SES ALLIAGES-CHAPITRE 30-ACTION DE PRODUITS ET MILIEUX DIVERS. 1979.
- [64] Mattsson, Einar. "Survey of activities in corrosion science, engineering and education in the member countries of the European Federation of Corrosion in 1974." *British Corrosion Journal* 11.2 (1976): 65-73.
- [65] Putilova, Ilja Nikolaevna, et al. "Metallic corrosion inhibitors." *Journal of The Electrochemical Society* 108.10 (1961): 234C.
- [66] Bouyanzer, A., B. Hammouti, and L. Majidi. "Pennyroyal oil from *Mentha pulegium* as corrosion inhibitor for steel in 1 M HCl." *Materials Letters* 60.23 (2006): 2840-2843.
- [67] Payan, Sandrine. Comportement à la corrosion galvanique de matériaux composites à matrice d'alliage d'aluminium renforcée par des fibres de carbone haut-module. Diss. Université Sciences et Technologies-Bordeaux I, 2001.
- [68] Ivanov, E. S. "Inhibitors for metal corrosion in acid media." *Metallurgy, Moscow* 34 (1986): 1990-1997.
- [69] Popova, A., et al. "AC and DC study of the temperature effect on mild steel corrosion in acid media in the presence of benzimidazole derivatives." *Corrosion science* 45.1 (2003): 33-58.
- [70] Kherraf, S. "Mémoire de magister «comportement électrochimique de l'acier A105 dans différents milieux.» Influence de quelques inhibiteurs» Université de Skikda (2008).



- [71] Habchi, A. "étude de l'effet de la température sur la corrosion de l'acier XC52 en présence du sulfarler et leur sel correspondent dans un milieu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 20%, mémoire de master, université de Kasdi Merbah Ouargla." (2013).
- [72] Hicham, E. "Etude de l'inhibition de la corrosion de l'acier doux au carbone en milieu acide orthophosphorique par un antibiotique organique." Mémoire d'Etudes Supérieures Approfondies, Université de Oujda (Maroc) (2000).
- [73] Defontaine, C. "Mécanismes de corrosion, systèmes de protection et vieillissement accéléré." Journée thématique (2011).
- [74] Khireche, Soraya. Elaboration et étude de la corrosion des alliages AL-Zn et Al-Zn-Sn dans une solution à 3% en poids de NaCl. Diss. UMMTO, 2011.
- [75] Norman, E. H. "NACE glossary of corrosion terms." *Materials Protection* 4.1 (1965): 79.
- [76] Sanyal, B. "Organic compounds as corrosion inhibitors in different environments—a review." *Progress in Organic Coatings* 9.2 (1981): 165-236.
- [77] European Federation of Corrosion. Proceedings [of The] 4th European Symposium on Corrosion Inhibitors: 82th Manifestation of the European Federation of Corrosion, Ferrara (Italy), 15th-19th September 1975. No. 6. Università degli studi di Ferrara, 1975.
- [78] Constantin, Florina. Etude de l'efficacité d'inhibiteurs de corrosion utilisés dans les liquides de refroidissement. Diss. INSA de Lyon; Universitatea din Pitești. Facultatea de Litere (România), 2011.
- [79] Bentiss, F., M. Lebrini, and M. Lagrenée. "Thermodynamic characterization of metal dissolution and inhibitor adsorption processes in mild steel/2, 5-bis (n-thienyl)-1, 3, 4-thiadiazoles/hydrochloric acid system." *Corrosion science* 47.12 (2005): 2915-2931.
- [80] Mezhoud, Bilel. "Synthèse des inhibiteurs contre la corrosion des aciers." (2010).
- [81] Fotsing, M. S. "Etude phytochimique et des activites biologiques de maerua angolensis DC (Capparidaceae)." (2005): 149-p.
- [82] Ilboudo, S., et al. "Criblage phytochimique et evaluation de la toxicite aigue de pisolithus tinctorius (basidiomycète)." *J Sci Pharm Biol* 10 (2009): 6-13.

- [83] Ho, Chi-Tang, et al. "Antioxidative effect of polyphenol extract prepared from various Chinese teas." *Preventive medicine* 21.4 (1992): 520-525.
- [84] Boudraa, Amina, Rihana Djabri, and Chaima Manseur. Contribution à l'étude du pouvoir antibactérien d'Artemisia herba alba Asso «chih». Diss. Université laarbi tebessi tebessa, 2020.
- [85] Amhis, W., et al. "Tests de sensibilité utile au traitement antibiotique." *Médecine du Maghreb* 91 (2001): 22-5.
- [86] Meena, M. F. "Antimicrobial activity of essential oils from spices." *J. Food Sci. Technol.* 31 (1994): 68-70.
- [87] Choi, Yoon-Seok, and Srdjan Nešić. "Effect of water content on the corrosion behavior of carbon steel in supercritical CO<sub>2</sub> phase with impurities." *CORROSION* 2011. OnePetro, 2011..
- [88] El-Etre, A. Y. "Inhibition of C-steel corrosion in acidic solution using the aqueous extract of zallouh root." *Materials Chemistry and Physics* 108.2-3 (2008): 278-282.
- [89] Gabrielli, C. "Traité analyse et caractérisation." *Techniques d'ingénieur, CNRS-Université pierre Marie Curie, Paris* (2002): 1-21.
- [90] DE COMMANDE, B. O. N. "MASSON M." *Annales de chimie--science des matériaux*. Masson, 1983.
- [91] Li, Xianghong, Shuduan Deng, and Hui Fu. "Triazolyl blue tetrazolium bromide as a novel corrosion inhibitor for steel in HCl and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solutions." *Corrosion Science* 53.1 (2011): 302-309.
- [92] Shih, H., and T. C. Lo. "Electrochemical impedance spectroscopy for battery research and development." Cortech Corporation. CA, Tech. Rep 31.9-11 (1996).
- [93] JP, Bobina M. Kellenberger A. Millet. "Muntean C. Vaszilcsin N. Corrosion resistance of carbon steel in weak acid solutions in the presence of L-histidine as corrosion inhibitor." *Corros. Sci* 69 (2013): 389-395.
- [94] Hart, Tony, and Paul Shears. *Atlas de Poche de Microbiologie*, Flammarion Medecine-Sciences, 1997: *Atlas de Poche de Microbiologie*. Vol. 1. Bukupedia, 1997.
- [95] Goulet, Olivier. "La flore intestinale: un monde vivant à préserver." *Journal de pédiatrie et de puériculture* 22.3 (2009): 102-106.

- [96] ABAZA, Rachid, and Yacine SEDRATI. "Qualité microbiologique des aliments prêts-à-manger utilisés en restauration collective." (2018).
- [97] Afssaps, Recommandations. "Prescription des antibiotiques par voie locale dans les infections cutanées bactériennes primitives et secondaires." *Ann Dermatol Venereol* 131 (2004): 1018-21..
- [98] Lucet, J. C. "Intérêt du dépistage du staphylocoque doré résistant à la méticilline en réanimation." *Annales françaises d'anesthésie et de réanimation*. Vol. 21. No. 5. Elsevier Masson, 2002.
- [99] Haeghebaert, S., et al. "Les toxi-infections alimentaires collectives en France, en 1999 et 2000." *Bull. Epidémiol. Hebdo* 23 (2002): 105-109.
- [100] Lau, Helen Y., Gary B. Huffnagle, and Thomas A. Moore. "Host and microbiota factors that control *Klebsiella pneumoniae* mucosal colonization in mice." *Microbes and infection* 10.12-13 (2008): 1283-1290.
- [101] Fournier, S. "Maîtrise des bactéries hautement résistantes aux antibiotiques émergentes (BHRE)." *Journal des Anti-infectieux* 16.2 (2014): 80-88.
- [102] Steyn, Lynda. "The basics of bacterial skin infections." *SA Pharmacist's Assistant* 20.3 (2020): 21-23..
- [103] Aubron, C., et al. "Actualité de l'antibiothérapie inhalée dans les infections respiratoires à *Pseudomonas aeruginosa*." *Médecine et maladies infectieuses* 32.9 (2002): 460-467.
- [104] [https://fmos.usttb.edu.ml/cours/pluginfile.php/24217/mod\\_resource/content/0/PS\\_EUDOMONAS](https://fmos.usttb.edu.ml/cours/pluginfile.php/24217/mod_resource/content/0/PS_EUDOMONAS) 19-06-2022, 15H 17MIN
- [105] Phytosanitaire, Index. "Association de coordination technique agricole." Paris (1990).
- [106] BOUHAIRI, Soraya. *Bacillus subtilis: Caractères et applications*. Diss. 2017
- [107] Berraho, E. "Cours de Microbiologie Générale." *Laboratoire de Microbiologie et Biologie Moléculaire*, Rabat (2009).

[108] Edberg, S. C. "US EPA human health assessment: *Bacillus subtilis*." Unpublished, US Environmental Protection Agency, Washington, DC 12 (1991).

[109] Logan, N. A. "Bacillus species of medical and veterinary importance." *Journal of medical microbiology* 25.3 (1988): 157-165.