الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Dr SAIDA Moulay Tahar. جامعة د الطاهر مولاي سعيدة
Faculté de Technologie كلية التكنولوجيا
Département de Génie des procédés قسم :هندسة الطرائق

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Pour l'obtention du diplôme Master

En **Génie des procédés**

Option: **Génie des Procédés des Matériaux**

Présenté par :

SOUIDI TAREK ABDELAZIZ ET RACHEDI FEDIL

Thème

Propriétés Inhibitrices De Quelques Huiles Essentielles Des Plantes Sur La Corrosion De L'acier.

Devant le jury :

Dr M. Adjdir	**Professeur**	**Université de Saida**	**Président**
Dr Benhlima	**Maître de Conférences A**	**Université de Saida**	**Examinateur**
Dr N. Ghali	**Professeur**	**Université de Saida**	**Encadreur**

Année Universitaire : 2020-2021

Remerciement

Le travail présenté dans ce mémoire a été réalisé au sein du laboratoire N°5 de chimie de l'université Dr TAHAR MOULAY Saida.

Nous tenons à remercier Monsieur le *professeur*. *Mr M.Adjdir* de l'université Dr Moulay Tahar Saida qui a accepté la présidence de jury et de l'intérêt qu'il aporté à ce travail. Nous somme très heureuses de l'honneur qu'il a bien voulu nous faire.

Nous tenons à remercier Monsieur le Docteur Benhlima de l'université DrMoulay Tahar Saida de nous avoir fait l'honneur d'examiner ce travail.

Nous tenons à remercier d'abord notre encadreur, Mr GHALI NOUREDDINE, pour avoir dirigé notre travail, pour son aide et sesorientations.

Nous remercions vivement toutes les enseignants de deux facultés de sciences et de Technologie qui nous ont encadrés durant notre cycle de formation

Et un grand remercier pour Mr BOUDINAR, Mr AIMER, Mr GUEZEN, Mr OUEZZEN, Mr TABBEL, Mr MERAH, Mme BELARBI, M^{me}CHOMANE, pour toutes les informations et les conseils

On remercie nos collègues :

HAKEM, KADA, HAZEB, LALA, HICHOUR, KHAZINI,KHALDOUN, DJORFI, GLAOUI, SMATI, DAHMANI

A tous les membres de jury pour leurs critiques, remarques qui contribue à l'amélioration de la qualité de ce travail.

Merci a toutes et a tous.

Résumé :

Ce travail porte une inhibition de la corrosion de l'acier C38 en milieu acide H_2SO_4 1M par l'huile essentielle de la plante d'*Artemisia Absinthium L(* Absinthe*)* .

Nous avons étudiée l'effet de l'addition de l'huile de l'Absinthe sur la corrosion d'un acier au carbone en milieu H_2SO_4 1M en utilisant la méthode gravimétrique et potentiométrique (courbe de polarisation) , Les résultats obtenus ont été montré que la vitesse de corrosion diminue en fonction de l'augmentation de la concentration de l'huile de l'absinthe et se stabilise à une concentration de 2,5 g/l. A cet effet l'efficacité inhibitrice de la corrosion atteint une valeur maximale d'environ 86,43 % pour un temps d'immersion est de 24h.

Le déplacement les valeurs de potentiels de corrosion l'acier vers le sens positif ainsi la diminution les valeurs de l'intensité montre que l'inhibition la plus dominante est anodique induisant la formation d'une couche protectrice à base de cette huile.

Les résultats obtenus montrent aussi que l'augmentation de la température accélère le processus de corrosion et détruit la couche formée. Les valeurs des paramètres thermodynamiques obtenues (ΔGads, ΔHads, ΔSads) confirment l'adsorption physique de l'huile de l'Absinthe sur la surface métallique.

Abstract:

This work is devoted to the corrosion inhibition of C38 steel in 1M H_2SO_4 medium by the essential oil of the d'*Artemisia Absinthium L* Absinthe plant(Absinthe).

We studied the effect of addition of the oil Absinthe on the corrosion of carbon steel in 1M H_2SO_4 medium, using the gravimetric and potentiometric (polarization curve) method. The results obtained were show that the corrosion rate decreases with increasing concentration of added oil worm wood stabilizes at a concentration of 2,5 g/l. for this purpose the inhibitory efficiency of the corrosion reaches a maximum value of about 86,43 % for an immersion time is 24h.

Shifting the corrosion potential values of steel in the positive direction and reducing the intensity values shows that the most dominant inhibition is anodic, inducing the formation of a protective layer based on this oil.

The results also show that the increasing of temperature accelerates the corrosion process and destroys the formed layer. The values of the thermodynamic parameters obtained (ΔGads, ΔHads, ΔSads) confirm the physical adsorption of oil worm wood on the metal surface.

الملخص :

يتعل? مب?? ه??لعمل بتثبي? تأكل?لف?لا? C38 في ?س? حمضي H_2SO_4 ب??س?ة?ل?ي??لع?ـ?? لنبـا ?

?لشهيبة .??سنا تأثي??ضافة ?ي??لشهيبة على تأكل?لف?لا? في ?س? حمضي H_2SO_4 باستخ??? ??يقـة فقـ??

?ل??? ??لاستق?ا ? (منحنى?لاستق?ا ?) بحي???ه? ??لنتائج?? س?عة?لتآكل تتناق ? مـع ?يـا?? ت?كيـ?

?ل?ي??لمضا ? بحي??ستق? ? قيمتها عن? ت?كي? 2,5 ? / لت? ?بلغ ? قيمة?لكفا??لمثب?ـة حـ??لي 86,43%

لفت?? تصل?لى 24ساعة.

ي?ه? تح?يل?لقي??لمحتملة للتآكل للصل ? في?لاتجا??لإيجابي ?تقليل قي??لش?????لتثبي??لأكث? شي?عا ه?

في?تجا??لق? ??لم?ج ?، مما ي?? ??لى تك?ي? ?بقة ??قية تعتم? على ه??ل?ي ?.

ت?ه??لنتائج?يضا???ل?يا?? في ??جة?لح??? يس?? عملية?لتآكل ?ي?م??ل?بقة?لمتك?نـة. ت?كـ? قـي?

?لخصائ ??ل?يناميكية?لح??ية (ΔGads, ΔHads, ΔSads)?لامتصا ??لفي?يائي ل?ي??لشهيبة على س?ح

?لمع?? .

Table des matières

Liste des figures : I
Liste des tableaux : II
Introduction : ..... A
Chapitre I. Généralités sur la corrosion : 1
I.1 Introduction : 1
I.2 Définition : 2
I.3 Différents processus de la corrosion 3
I.3.1. Corrosion chimique (sèche) : 3
I.3.2 Corrosion biochimique : 4
I.3.3 Corrosion électrochimique : 4
I.4 Facteurs de corrosions 5
I.5 Forme de la corrosion 5
I.5.1 Corrosion uniforme (généralisée) : 5
I.5.2 Corrosion localisée : 6
I.6 La méthode d'évaluation de la Résistance à la corrosion : 7
I.6.1 Matériel électrochimique : 8
I.7 Moyens de lutte contre la corrosion : 9
I.7.1 Protection par les inhibiteurs de corrosion : 10
I.7.1.1 Définition : 10
I.7.1.2 Propriétés : 10
I.7.2 Conditions d'utilisation : 11
I.7.3 Classes d'inhibiteurs : 11
I.7.4 Nature des molécules de l'inhibiteur : 12
I.7.5 Mécanismes d'action électrochimique : 13
I.7.6. Inhibition de la corrosion des métaux par des substances naturelles: 14
Référence : 16
Chapitre II :Rappels bibliographiques Artemisia Absinthium L..... **Erreur ! Signet non défini.**
II Présentation de la plante d'Artémisia 19
II.1 Introduction 19
II.2 Nomenclature scientifique 20
II.3 Description botanique 20
II.4 Huile essentielle de l'Artemisia Absinthium L : 22
II.4.1 Composition chimique d'Artemisia Absinthium L : 22
II.4.1.1 Les composés terpéniques : 22
II.4.2 Variations de teneur et de composition : 26

II.5 Appareil végétatif de l'*Artémisia Absinthium L* : 26
II.6 Appareil reproducteur de l'Artémisia Absinthium L : 27
II.7 Utilisations de l'Absinthe : 27
II.7.1 Propriétés thérapeutiques : 27
II.8 Travaux antérieurs effectués sur l'Artémisia Absinthium L 28
II.8.1 Utilisations traditionnelles : 28
II.9 Toxicité de la plante : 29
II.10 Huiles essentielles : 29
II.10.1 Activité insecticide : 29
II.10.2 Méthodes d'extraction : 30
Référence : 33
Chapitre III : Matériels, Méthodes Et Résultats Expérimentaux 37
III Résultat expérimental 37
III.1 Mesure la vitesse de corrosion : 37
III.2 Efficacité inhibitrice 37
III.3 Matériels et techniques : 37
III.3.1 Matériel végétal : 37
III.3.2 Extraction des huiles essentielles : 37
III.4 Détermination du rendement en huile essentielle : 39
III.4.1 Matériau utilise : 39
III.4.2 Préparation des solutions : 39
III.4.2 Dispositif expérimental de corrosion avec inhibiteur 39
III.5 Variation de la vitesse de corrosion et l'efficacité de l'huile essentielle de l'Absinthe : 40
III.6 Isotherme d'adsorption: 42
III.6.1 Mécanismes de dissolution de l'acier en milieu HCl contient de l'huile essentielle de l'Absinthe: 45
III.7 Effet de la température du milieu : 46
III.8 Vitesse de corrosion de l'acier: 46
III.9 loi d'Arrhenius: 48
III.10 L'enthalpie et l'entropie d'adsorption: 51
III.11 Etude électrochimiques : 53
Références : 55
Conclusion : 58

Liste des figures :

Chapitre I :

Figure I.1……...……...……. 6
Figure I.2……...……. ..6
Figure I.3……...……. ..8
Figure I.4……...……... .12
Figure I.5……...……... 13
Figure I.6……...……. .14

Chapitre II:

Figure II.1……...……. 26
Figure II.2……...…….. 28
Figure II.3…….28
Figure II.4……...…… 30
Figure II. 5……...…… 32
Figure II. 6……...……... 34
Figure II. 7……...……...……. 35
Figure II. 8……...……. 36

Chapitre III:

Figure III.1……...……..…….44
Figure III.2……...…….. 44
Figure III.3……...…… 46
Figure III.4……...…… 47
Figure III.5……...……... 49
Figure III. 6……...…… 52
Figure III. 7……...…… 52
Figure III.8……...…… 53
Figure III.9……...……. 54
Figure III.10…… 54
Figure III.11……. 56
Figure III.12……...……... 57
figure III. 2……...…….. 59

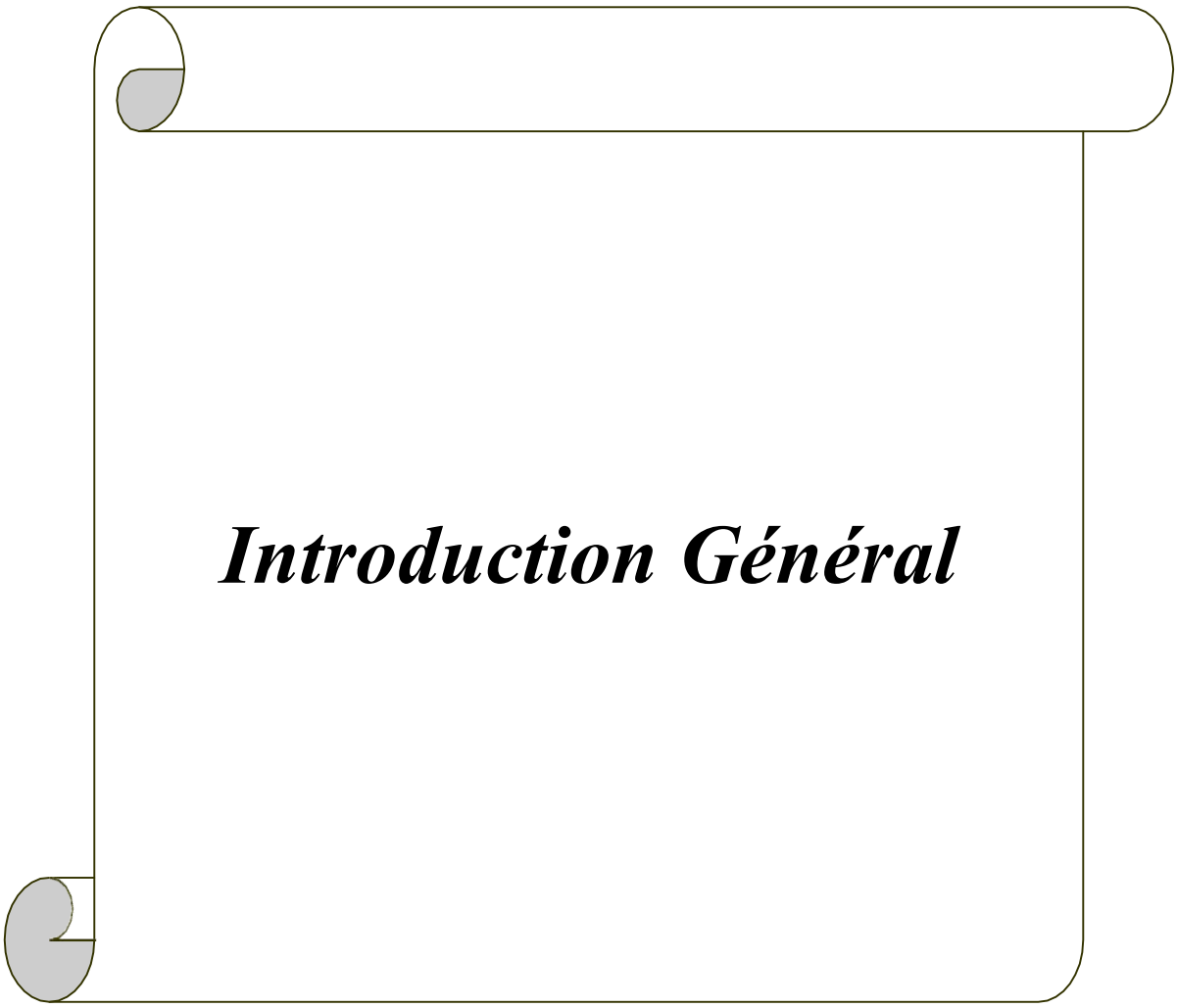
Liste des tableaux :

Chapitre I :

Tableau I.1…….**5**

Chapitre III :

Tableau III.1…… 45
Tableau III.2 ……49
Tableau III.3 ...……...…… 51
Tableau III.4……...…… 55
Tableau III.5……...……..57
Tableau III.6……...…… 60



Introduction Général

Introduction :

La corrosion c'est une destruction non voulue des métaux sous l'action de milieux corrosifs (agents atmosphériques ou réactifs chimiques). Après attaque, les métaux ont tendance à retourner à leur état primitif (initial) d'oxyde, sulfure, carbonate etc., plus stable par rapport au milieu considéré et ainsi à subir une détérioration de leurs propriétés.

Ce phénomène à pris de nos jours une importance considérable, étant donné l'utilisation de plus en plus grande des métaux et alliages dans la vie moderne.

Au point de vue économique la corrosion est d'une importance primordiale. On estime par exemple que chaque année le quart de la production d'acier est détruit par la corrosion, ce qui correspond environ à 150 millions de tonnes/an ou encore 5 tonnes/seconde. Ces pertes pouvaient être supérieures s'il n'y avait pas la protection contre la corrosion.

La majorité des métaux et des alliages placés dans les environnements variées sont affectés par différentes formes de corrosion, à savoir la corrosion uniforme ou localisé.

Ces attaques sont particulièrement dangereuses lorsqu'elles sont localisées.

L' utilisation des inhibiteurs de corrosion constituent un moyen à part entière de protection contre la corrosion métallique. Les inhibiteurs de corrosion sont des composé chimique qui, ajouté à faible concentration au milieu corrosif, ralentit ou stoppe le processus de corrosion d'un métal placé au contact de ce milieu.

L' utilisation des huiles et des extraits des plantes comme source des inhibiteurs pour empêcher ou retarder la corrosion des métaux. Ces types de inhibiteur ne contient ni des métaux lourds, ni des composé toxique, ils sont biodégradables et renouvelable. Plusieurs recherches montrent que l'utilisation des huiles et des extraits des plantes pour la protection des métaux permet d'atteindre des taux d'efficacités élevée. Sachant que ces produits considèrent de plus en plus comme source d'inhibiteur verts.

L'objectif de notre travail est d'étudier l'interaction entre l'huile essentielle de l'Absinthe et la surface de l'acier au carbone dans un milieu acide.

Notre travail est subdivisé en trois chapitres essentiels :

Le premier chapitre : nous parlons sur la corrosion métallique ainsi nous donnons quelques types de corrosion et leurs formes, et nous parlons aussi sur les inhibiteurs de corrosion.

Le deuxième chapitre : nous donnons une étude bibliographique sur les plantes d'*Artemisia Absinthium L* . Nous définissons les plantes et leur classification, nous parlons aussi sur les huiles essentielles de la plante .

Le troisième chapitre : Est consacré à étudié l'effet d'huile essentielle *d'Artemisia Absinthium L* comme une inhibiteurs de corrosion. **A**ussi suivi par une l'effet de la température du milieu à une concentration optimale de d'huile essentielle d' *Artemisia Absinthium L* .

Chapitre I :

Généralité Sur La Corrosion

Chapitre I. Généralités sur la corrosion :

I.1 Introduction :

La corrosion, du latin ‘’corrodère’’, signifie ronger, attaquer. C'est une destruction non voulue des métaux sous l'action de milieux corrosifs (agents atmosphériques ou réactifs chimiques). Après attaque, les métaux ont tendance à retourner à leur état primitif d'oxyde, sulfure, carbonate etc., plus stable par rapport au milieu considéré et ainsi à subir une détérioration de leurs propriétés **[1]**.

En service les matériaux métalliques sont souvent en contact avec un milieu agressif liquide ou gazeux, donc le phénomène de corrosion est un problème de surface ou plus précisément d'interface entre un métal et un milieu agressif liquide ou gazeux. Le processus de la corrosion entraîne une destruction des matériaux métalliques. Ce phénomène à pris de nos jours une importance considérable, étant donné l'utilisation de plus en plus grande des métaux et alliages dans la vie moderne **[2]**.

Les métaux se distinguent des autres matériaux par un ensemble de propriétés avantageuses tels que bonne ductilité, résistance élevée à la traction, résistance aux hautes températures, bonne conductibilité électrique et thermique, grande facilité de mise en œuvre etc. Leurs inconvénients est leur instabilité au contact de l'air et de l'eau ce qui diminue leur résistance à la corrosion et à l'usure, c'est à dire leur durabilité. Mais pour mieux remplir leur fonction pendant la durée de vie prévue on emploie des techniques de protection adéquates contre la corrosion. L'emploi de nouveaux matériaux résistant à la corrosion ont fait l'objet d'un grand nombre de recherche ces dernières années.

Au point de vue économique la corrosion est d'une importance primordiale. On estime par exemple que chaque année le quart de la production d'acier est détruit par la corrosion, ce qui correspond environ à 150 millions de tonnes / an ou encore 5 tonnes / seconde. Ces pertes pouvaient être supérieures s'il n'y avait pas la protection contre la corrosion.

Le remplacement des équipements et matériel corrodés constitue pour l'industrie une charge financière très élevée à laquelle il faut ajouter le manque à gagner correspondant à l'arrêt des installations nécessaires pour effectuer les réparations.

Les coûts annuels imputables à la corrosion et à ses conséquences s'élèvent à plusieurs milliards de dollars par an dans la plupart des pays industrialisés. Aux Etats-Unis, les pertes occasionnées par la corrosion sont évaluées à plus de 7 milliards de

dollars.

La corrosion ne se limite pas à l'acier, mais affecte tous les métaux ainsi que les polymères et céramiques et elle touche tous les domaines de l'économie du circuit intégré au pont en béton armé. L'évaluation des pertes dues à la corrosion doit prendre en considération

- Les pertes directes : remplacement des matériaux et équipements corrodés.
- Les pertes indirectes : réparation, pertes de production.
- Les mesures de protection : utilisation de matériaux plus résistants à la corrosion et plus chers, derevêtement et de protection cathodique
- Les mesures de préventions surdimensionnement des structures porteuses inspection, entretien.

Les pertes directes ne représentent donc qu'une partie des coûts de la corrosion Elles sont souvent inférieures aux pertes indirectes.

Par exemple, si l'on doit arrêter une machine ou un équipement dont l'un des éléments constituant est corrodé, le prix de ce dernier est dérisoire par rapport aux pertes de gain dues au manque de production **[3]**.

L'emploi des matériaux plastiques ou composites dans les différentes branches d'industrie ont trouvés une grande importance chez les utilisateurs, car ces matériaux résistent bien à la corrosion et n'exigent aucun revêtement de protection **[1]**.

I.2 Définition :

La corrosion est une réaction chimique ou électrochimique entre un matériau, généralement un métal, et son environnement qui entraîne une dégradation du matériau et de ses propriétés.

Nous décrirons uniquement la corrosion électrochimique qui intervient de façon très majoritaire dans le domaine biomédical.

Appelée aussi corrosion humide, elle se produit lorsqu'il y a hétérogénéité soit dans le métal ou l'alliage métallique soit dans le milieu. Il y a formation d'une pile avec passage de d'un courant.

Anode : électrode où se produit la réaction d'oxydation (dissolution du métal), où le courant passe du métal vers la solution.

Cathode : électrode où se produit la réaction de réduction (déposition à la surface du métal), où le courant passe de la solution vers le métal **[1, 4]**.

I.3 Différents processus de la corrosion

Les causes de la corrosion sont multiples et complexes et elles résultent d'interactions chimiques et /ou physiques entre le matériau et son environnement. La corrosion jusqu'à ce jour n'est pas complètement éclairée et cela est expliqué par les essais de laboratoire qui ne permettent pas de prévoir avec certitude le comportement d'un métal ou d'un alliage donné lorsqu'il exposé à la corrosion et de même il n'y a pas de métal résistant, d'une manière générale un métal résiste à la corrosion dans des conditions bien déterminées.

Il existe trois types de corrosion : la corrosion chimique, la corrosion électrochimique et la corrosion bactérienne**.**

- Corrosion chimique (sèche).
- Corrosion électrochimique (humide).
- Corrosion biochimique (.Bactérienne) **[5].**

I.3.1. Corrosion chimique (sèche) :

Il s'agit d'une réaction hétérogène entre une phase solide (le métal) et une phase gazeuse. Le processus d'oxydoréduction de la corrosion chimique se déroule dans le domaine atomique avec le milieu ambiant sans présence d'électrolyte. Donc la corrosion purement chimique ne fait donc ne pas intervenir le passaged'un courant électrique, un flux électronique cesse, car l'échange d'électrons entre les différents partenaires de réactions s'effectue directement. L'air renferme l'oxygène, de la vapeur d'eau et des vapeurs acides (anhydride carbonique $C0_2$ et sulfureux $S0_2$, hydrogène sulfureux etc.) ce sont les agents corrosifsmais le plus souvent c'est le $C0_2$. On admet que la formation de la rouille est alors la résultante de l'action de tous ces corps, mais il faut qu'un acide soit présent, même en protection faible pour que l'attaque puisse se produire **[2, 6].**

L'attaque du métal par une réaction chimique avec le milieu ambiant sans intervention du courant électrique nécessite généralement des températures élevées, la réaction qui se produit est de la forme :

$$\textbf{A solide + B gaz} \longrightarrow \textbf{AB solide} \qquad \textbf{(I.1)}$$

Il est très difficile de donner des exemples de corrosion purement chimique, puisque le plus souvent elle estaccompagnée de corrosion électrochimique. On peu considérer comme corrosion chimique l'attaque d'un métal par un autre métal liquide (Hg), par un seul fondu ou par une solution aqueuse (A1 dans CCl_4) l'exemple de la corrosion sèche en atmosphère oxydante à haute température **[1].**

I.3.2 Corrosion biochimique :

C'est l'attaque bactérienne des métaux en particulier dans les canalisations enterrées. Le mécanisme dece mode de corrosion peut être de plusieurs types.

a. Chimique par production de substances corrosives telles que CO_2, H_2S, H_2SO_4,, NH_3 ou d'un acide organique, le cas le plus répandu est celui rencontré dans les canalisations enterrées et déterminé par la formation d'acide sulfurique qui attaque le métal .

b. Certaines bactéries peuvent réduire les sulfates pat l'intermédiaire d'hydrogène.

$$SO_4^{2-} + 8\,H \longrightarrow S^{2} + 4\,H_2O \qquad (I.2)$$

L'hydrogène provient par exemple des régions cathodiques, il y a donc dépolarisation des cathodes et formation accélérée de Fe^{2+} aux anodes.

$$S^{2-} + Fe^{2+} \longrightarrow F_eS \qquad (I.3)$$

c. Dans certains cas, on peut observer sur les canalisations des dépôts adhérents résultant de l'attaque,, non pas du métal lui-même, mais celle de certains constituants du milieu ambiant par des bactéries. Il en résultela formation de piqûres sur le métal, à l'endroit où s'est produit le dépôt, suivant un processus de corrosion par différence de concentration en oxygène **[6]**.

I.3.3 Corrosion électrochimique :

C'est le phénomène de corrosion le plus important et elle se manifeste lorsque le réactif est un liquide ou lorsqu'il existe une hétérogénéité soit dans le métal ou dans le réactif, présentant une dissymétrie de composition.

L'existence de ces hétérogénéités détermine la formation d'une pile, alors un courant électrique circule entre anodes et cathodes dans le réactif et les zones qui constituent les anodes sont attaquées (corrodées). Pourune corrosion électrochimique on a **[2,6]** :

$$\text{A solide} + \text{B liquide} \longrightarrow \text{AB solide} \qquad (I.3)$$

En général il n'existe pas un métal idéalement pur, il contient toujours des hétérogénéités physiques ou chimiques dont le potentiel de corrosion est en général différent de celui de la matrice. C'est à dire les métaux ne sont pas monophasés lorsqu'ils sont plongés dans le réactif.

Même pour un alliage, si ces éléments d'addition sont en solution solide, on ne peut pas les considérer comme parfaitement monophasés, car ils présentent toujours des inclusions, oxydes, sulfures etc. ou bien des régions écrouis.

Donc les légères différences de propriétés chimiques ou physiques entre les différentes parties du métal déterminent une électrode composite (cellule électrochimique) qui contient des micro-cathodes et des micro-anodes en court-circuit, c'est à dire formant des couples électriques (piles).

Lorsqu'une électrode composite est plongée clans un électrolyte, ce qui est toujours réalisé, elle est doncle siège d'un phénomène de corrosion électrochimique et les anodes sont attaquées avec une vitesse quidépend de l'intensité du courant débité par les piles locales **[7]**.

I.4 Facteurs de corrosion

Ce tableau ressue quelques facteurs influençant t sur la corrosion métallique

Tableau I.1 : Quelques facteurs essentiels influençant sur la corrosion métallique.

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

I.5 Forme de la corrosion

Le processus de corrosion des métaux prend de nombreuses formes, qui sont classéesprincipalement selon la forme qui se manifeste à la surface corrodée **[5]** :

- corrosion uniforme,
- corrosion localisée.

I.5.1 Corrosion uniforme (généralisée) :

La corrosion uniforme ou généralisée est une perte de matière plus ou moins régulière surtoute la surface (Figure I.1)**.** Elle se traduit par une dissolution uniforme de la surface métallique en contact avec l'agent agressif**.** Cette forme de corrosion est relativement facileà quantifier par des mesures de perte de masse ou

d'épaisseur et sa progression sur une structureen service peut être suivie par des contrôles périodiques. Les concepteurs d'appareillages peuvent en tenir compte en prévoyant des surépaisseurs consommables par la corrosion. Ce type de corrosion est donc souvent peu dangereux même s'il peut être très coûteux **.**



Figure I.1 : Corrosion *générale (rouille) d'une pièce en acier.*

I.5.2 Corrosion localisée :

La corrosion localisée survient sur une partie du métal à un taux bien supérieur au reste de la surface (Figure I.2), elle peut avoir plusieurs formes, De façon globale, Si la progression de la corrosion s'accomplit à une vitesse uniforme en tout point de la surface, on parle de corrosion uniforme. Si la progression des vitesses de corrosion est non homogène, on parle de corrosion localisée **[8].**

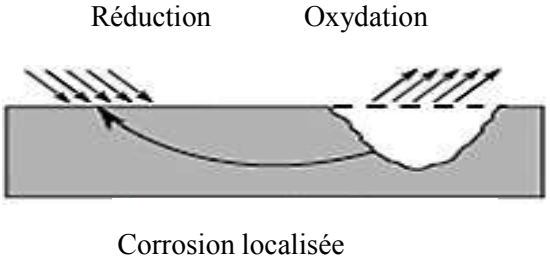


Figure I.2 : Localisation d'une des demi-réactions anodique ou cathodique génère une corrosion localisée **.**

- **Corrosion par piqûre**

Dans certaines conditions d'environnement, les métaux et alliages protégés par un film passif peuvent subir une attaque par piqûration, lorsqu'il se produit une rupture localisée du film. Ces piqures se localisent en certains points de la surface métallique, elles développent de façon insidieuse et s'auto propagent : au fond de la cavité créée, l'hydrolysedes ions métalliques dissous entraine une augmentation du degré d'acidité, ce qui entretientle phénomène de corrosion **[9]**.

- **Corrosion intergranulaire**

C'est une attaque sélective aux joints de grains, par suite d'hétérogénéités locales : appauvrissement de l'un des constituants ou au contraire, enrichissement par suite de précipitation lors d'un traitement thermique par exemple. Il a alors création de piles localesavec dissolution des zones anodiques **[1].**

- **Corrosion par crevasse**

Appelée aussi corrosion caverneuse, elle est due à une différence d'accessibilité de l'oxygène entre deux zones d'une structure métallique. Il y a alors une attaque des partiesmétalliques les moins accessibles à l'oxygène **[5]**.

- **Corrosion galvanique**

Il s'agit de l'attaque préférentielle de la phase la moins noble d'un alliage comportant deuxphases ou de la corrosion pouvant exister entre au moins deux matériaux métalliques placés dans le même environnement. Il y a formation d'une pile. En cas de couplage, plus les métaux en présence sont éloignés sur l'échelle galvanique, plus la pile formée dispose d'énergie pour provoquer les transformations. Les phénomènes de corrosion sont amplifiésà la fois dans la cinétique de dégradation et dans la génération d'ions dans le milieu biologique. La partie la moins noble est l'*anode* et la plus noble est la *cathode*. Le rapport de surface anode/cathode joue un rôle très important **[1,5].**

- **Corrosion et dissolution sélective**

C'est l'oxydation d'un composant de l'alliage, conduisant à la formation d'une structuremétallique poreuse**.**

- **Corrosion par frottement**

C'est la détérioration qui se produit à l'interface entre des surfaces en contact, suite à la conjugaison de la corrosion et d'un faible glissement réciproque des deux surfaces ***[5]***.

I.6 Méthode d'évaluation de la Résistance à la corrosion :

L'évaluation de la résistance à la corrosion des matériaux est réalisée au moyen de plusieursméthodes qui apportent des informations complémentaires.

Les principales sont les méthodes électrochimiques, elles sont souvent associées à des analyses de surface et à des mesures du relargage ionique dans les milieux qui ne seront pas présentées dans ce chapitre **[8].**

I.6.1 Matériel électrochimique :

Les essais se font dans un milieu artificiel dont la composition peut être variable. Le plussouvent il s'agit d'une salive artificielle dont le seul élément organique est l'urée.

La cellule électrochimique à double paroi est maintenue, par l'intermédiaire d'un bain thermostaté, à une température constante et définie (37°C) **[5,8].**

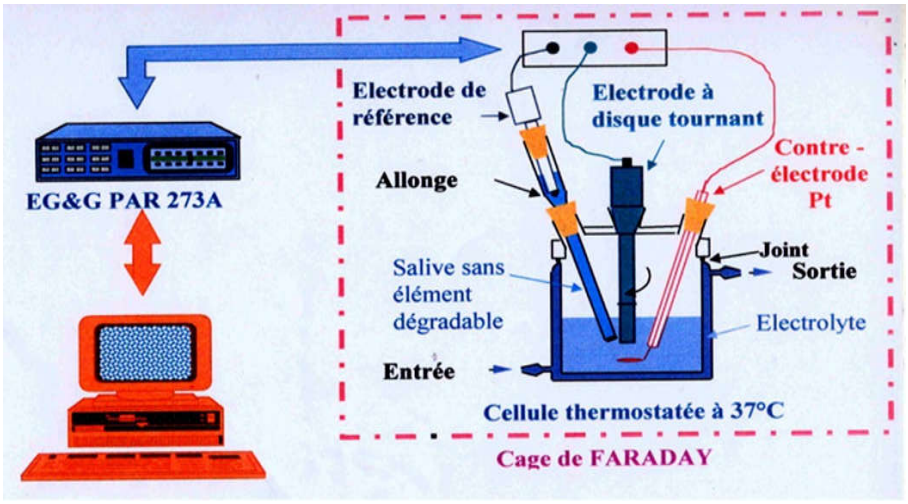


Figure *I.3* : Cellule électrochimique

Classiquement trois électrodes sont utilisées**:**

- **l'électrode de travail** : il s'agit de l'échantillon à étudier, entouré d'un cylindre en polytétra fluoroéthylène. L'ensemble échantillon-cylindre constitue l'embout de l'électrode à disque tournant afin de travailler sous un régime d'agitation dynamique reproductible assurant l'homogénéisation de la solution.
- **l'électrode de référence** : les tensions sont mesurées par rapport à une électrode de référence. Celle la plus souvent utilisée en laboratoire est saturée en chlorure de potassium (ECS). Elle est immergée dans une allonge qui communique avec l'électrolyte de la cellule par l'intermédiaire d'un fritté.
- **l'électrode auxiliaire** : un fil de platine est utilisé comme contre-électrode dans les études où des perturbations en tension ou en courant sont imposées au système.

Le montage fait intervenir un potentiostat qui permet d'imposer un potentiel à

l'électrode de travail, géré par des microprocesseurs. Des logiciels spécifiques assurent le pilotage des séquences expérimentales, l'acquisition et le traitement des données numériques **[8]**.

I.7 Moyens de lutte contre la corrosion :

La prévention contre la corrosion doit être envisagée dès la phase de conception d'une installation. En effet, des mesures préventives prises au bon moment permettent d'éviter de nombreux problèmes lorsqu'il s'agit de garantir une certaine durée de vie à un objet, notammentpour des industries telles que le nucléaire, l'industrie chimique ou l'aéronautique, où les risquesd'accident peuvent avoir des conséquences particulièrement graves pour les personnes et l'environnement.

En matière de protection contre la corrosion, il est possible d'agir sur le matériau lui-même (choix judicieux, forme adaptées, contrainte en fonction des applications, etc.), sur la surface de matériau (revêtement, peinture, tout type de traitement de surface, etc.) ou sur l'environnement avec lequel le matériau est en contact (inhibition de la corrosion) **[10].**

Protection cathodique :

Elle consiste à placer le métal dans son domaine d'immunité. Elle est réalisable soit par anode sacrificielle (réactive) ou bien par courant imposé. La protection par anode sacrificielle consiste à coupler au métal à protéger un métal moins noble qui joue le rôle de l'anode. Dans

la protection par courant imposé, un courant passe entre une cathode constituée du métal à protéger et une anode inerte (graphite, plomb, métal précieux, etc.). L'intensité du courant doitêtre suffisante pour porter le métal à un potentiel pour lequel la réaction est anodique **.**

Protection anodique :

Elle est réservée aux métaux passivables dont le potentiel de corrosion se situe dans le domaine actif ($E_{corr} < E_{passif}$). Une polarisation anodique permet de déplacer le potentiel dansle domaine passif. La densité du courant nécessaire pour maintenir le métal à l'état passif est très faible (équivalente à I_{passif}). Le maintien d'une protection anodique ne nécessite que peu de courant. Par contre, la densité de courant appliquée est nettement plus élevée car elle doit être supérieure à la densité de courant de passivation **. [10,11]**.

Protection par revêtements

Naturellement un revêtement doit résister à l'attaque du milieu de contact dans lequel il se trouve, ainsi qu'il doit adhérer parfaitement au métal support et doit faire preuve d'une certaine résistance mécanique. Les revêtements peuvent être organiques ou inorganiques. Les revêtements organiques forment une barrière plus au moins imperméable entre le substrat métallique et le milieu, tandis que les revêtements inorganiques, qui sont le plus couramment employés pour protéger le métal notamment contre la corrosion atmosphérique, remplissent souvent une fonction décorative. Ils sont utilisés également comme protecteurs contre l'usure **[10]**.

I.7.1 Protection par les inhibiteurs de corrosion :

I.7.1.1 Définition :

Les inhibiteurs de corrosion constituent un moyen de lutte originale contre la corrosion des métaux et des alliages. L'originalité vient du fait que le traitement anticorrosion ne se fait pas sur le métal lui-même mais par l'intermédiaire du milieu corrosif.

Un inhibiteur de corrosion est une « *substance chimique ajoutée au système de corrosionà une concentration choisie pour son efficacité ; celle-ci entraîne une diminution de la vitesse de corrosion du métal sans modifier de manière significative la concentration d'aucun agent corrosif contenu dans le milieu agressif* » **[11].**

I.7.1.2 Propriétés :

Partant de cette définition, un inhibiteur de corrosion doit donc vérifier un certain nombrede propriétés fondamentales :

- Abaisser la vitesse de corrosion du métal tout en conservant les caractéristiquesphysico-chimiques de ce dernier ;
- Être stable en présence d'autres constituants ;
- Être stable dans le domaine de températures utilisé ;
- Être efficace à faible concentration ;
- Être efficace dans les conditions d'utilisation ;
- Peu onéreux par rapport aux économies qu'il permet de réaliser ;
- Être compatible avec les normes en vigueur de non-toxicité et de protection de l'environnement.

Il faut noter que la non-toxicité est le point faible des molécules inhibitrices actuellementutilisées. En effet, un certain nombre d'entre elles sont sur le point d'être interdites et c'est pourcela que les recherches tendent à proposer des molécules moins dangereuses pour l'environnement **[12].**

I.7.2 Conditions d'utilisation :

Les inhibiteurs de corrosion peuvent être utilisés comme unique moyen de protection:

- Soit comme protection permanente; l'inhibiteur permet alors l'utilisation de matériaux métalliques dans des conditions satisfaisantes de résistance à la corrosion tel que:

- Le traitement des eaux (eaux sanitaires, eaux de procédés industriels, eaux de chaudières,etc.) ;
- L'industrie du pétrole : forage, extraction, raffinage, stockage et transport ; à tous les stades de cette industrie, l'utilisation d'inhibiteurs de corrosion est primordiale pour la sauvegarde des installations.

- Soit comme protection temporaire pendant une période où la pièce ou l'installation est particulièrement sensible à la corrosion, que ce soit pendant le décapage acide, le nettoyage desinstallations ou le stockage à l'atmosphère (inhibiteurs volatils, incorporation aux huiles et graisses de protection temporaire).

Un inhibiteur (ou un mélange d'inhibiteurs) peut être combiné à un autre moyen de protection tel que : protection supplémentaire d'un alliage à haute résistance à la corrosion, ou dans l'industrie des peintures additionné à un revêtement de surface (peinture, graisse, huile,etc.) sur des métaux assurant leur protection anticorrosion **[13].**

I.7.3 Classes d'inhibiteurs :

De nombreuses substances présentent une action inhibitrice, ces substances se distinguentselon :

**** leur composition chimique***

- inhibiteurs organiques ;
- inhibiteurs inorganiques (minéraux).

**** leur mode d'action***

- inhibiteurs d'adsorption ;
- inhibiteurs passivant (ils forment des films de passivation).

**** la nature électrochimique du processus***

- inhibiteurs anodiques ;
- inhibiteurs cathodiques ;
- inhibiteurs mixtes.

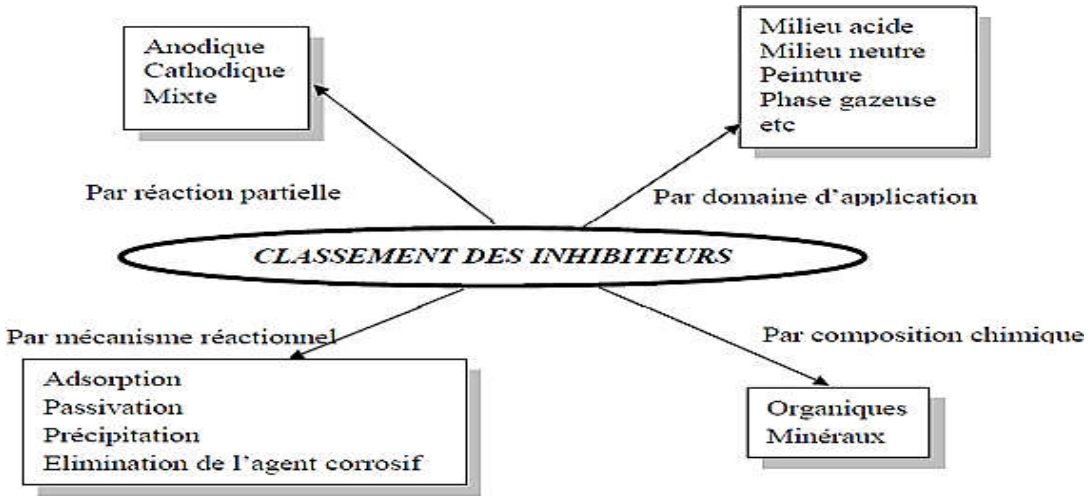


Figure I.4 : *Classement des inhibiteurs de corrosion [14].*

I.7.4 Nature des molécules de l'inhibiteur :

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 auxpropriétés chimiques de la couche formée dans des conditions précisées **[15]**. 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 au moins un centre actif susceptible d'échanger des électrons avec le métal, tel l'azote, l'oxygène, le phosphore ou le soufre. Les groupes fonctionnels usuels, permettant leur fixation sur le métal, sont :

- Le radical *amine* (-NH_2),
- Le radical *mercapto* (-SH),
- Le radical *hydroxyle* (-OH),
- Le radical *carboxyle* (-COOH).

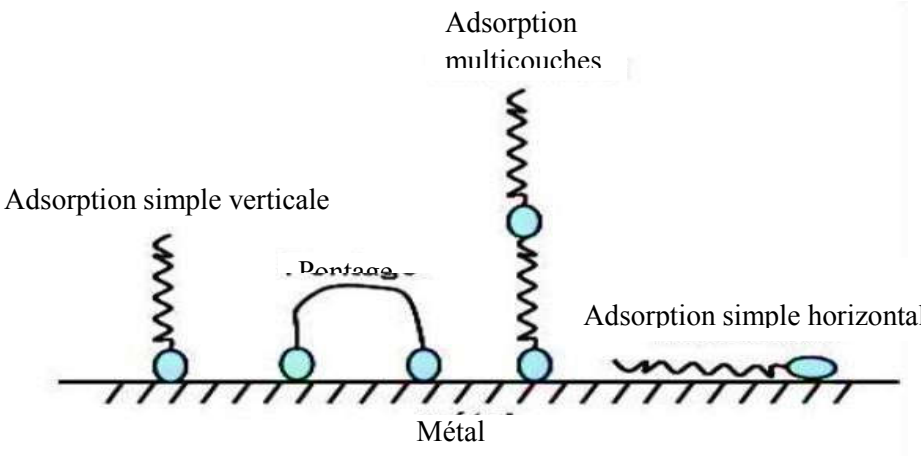


Figure I.5 : *Représentation schématique des modes d'adsorption de molécules organiques inhibitrices sur une surface métallique* **.**

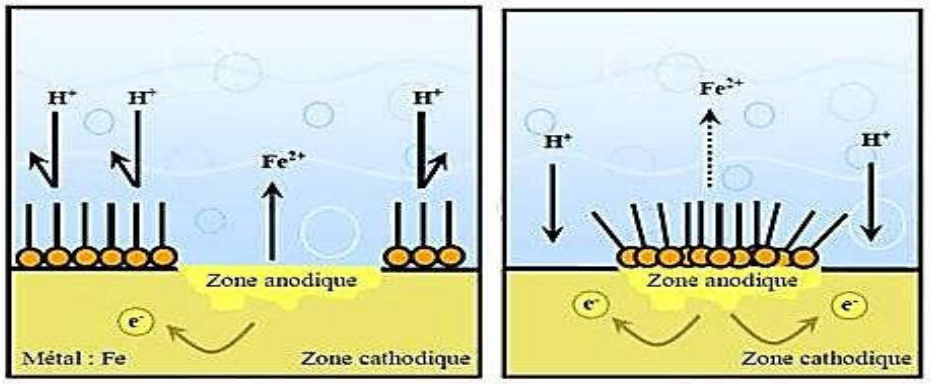
Inhibiteurs minéraux

Les molécules minérales sont utilisées le plus souvent en milieu proche de la neutralité, voire en milieu alcalin, et plus rarement en milieu acide. Les produits se dissocient en solution et ce sont leurs produits de dissociation qui assurent les phénomènes d'inhibition (anions ou cations). Les principaux anions inhibiteurs sont les oxo-anions de type MeO^X tels les chromates, molybdates, phosphates, silicates, etc. Les cations sont essentiellement Ca^{2+} et Zn^{2+} et ceux qui forment des sels insolubles avec certains anions tels que l'hydroxyle OH^-. Le nombrede molécules en usage à l'heure actuelle va en se restreignant, car la plupart des produits efficaces présentent un côté néfaste pour l'environnement **[15]**.

I.7.5 Mécanismes d'action électrochimique :

Une autre façon est de les classer en fonction de leur mode d'action électrochimique. On distingue alors: les inhibiteurs anodiques, cathodiques ou mixtes (regroupant alors les deux premières propriétés).

L'inhibiteur de corrosion forme une couche barrière sur la surface métallique, qui modifieles 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), voire les deux (Figure I.6).



a **b**

Figure I.6 : *Formation des couches barrières* ***(a)*** *cathodiques et* ***(b)*** *anodiques interférant avec lesréactions électrochimiques, dans le cas d'une étude en milieu acide.*

Les inhibiteurs anodiques doivent être utilisés avec précaution. En effet, si le film protecteur est altéré par une rayure ou par une dissolution, ou si la quantité d'inhibiteur est insuffisante pour restaurer le film, la partie exposée se corrode en piqûre profonde. En matièrede corrosion localisée, la corrosion par piqûre est une forme particulièrement insidieuse. L'attaque se limite à des trous, très localisés et pouvant progresser très rapidement en profondeur tout en conservant le reste de la surface indemne **[16]**.

Mécanismes d'action interfaciale

Le mécanisme d'action d'un inhibiteur peut être considère sous deux aspects : un aspect où l'inhibiteur intervient dans les processus fondamentaux de la corrosion et un aspect où l'inhibiteur intervient dans la structure interfaciale.

I.7.6. Inhibition de la corrosion des métaux par des substances naturelles:

De nombreux inhibiteurs utilisés aujourd'hui sont soit synthétisés à partir de matières premières peu coûteuses ou proviennent de composés organiques ayant des hétéroatomes tels que l'azote, le soufre, le phosphore ou l'oxygène dans leur système aromatique ou dans leur chaîne carbonée. Cependant, la plupart de ces substances anticorrosives sont toxiques ou cancérigènes vis-à-vis des êtres humains. Ils peuvent notamment causer des dommages temporaires ou permanents du système nerveux, mais également des perturbations du processusbiochimique et du système enzymatique de notre organisme **.** La toxicité de ces composés se manifeste durant la synthèse ou durant leurs applications. Ces inhibiteurs n'étant pas biodégradables, ils causent également des problèmes de pollution. En conséquence, ces inconvénients ont orienté la recherche dans la direction des substances naturelles qui peuvent également offrir des propriétés inhibitrices vis-à-vis des métaux et

des alliages.

L'intérêt de ce domaine de recherche est principalement au fait que les produits naturels sont biodégradables, écologiques, peu onéreux et présentent une disponibilité abondante. Ces produits sont utilisés sous forme d'extraits ou sous forme d'huiles essentielles solubles dans lemilieu corrosif.

La nature des composés inhibiteurs de corrosion est aussi importante. Un composé efficace dans un milieu pour un métal donné peut être inefficace pour un autre milieu.

Parmi ces applications, nous pouvons citer le décapage acide, le nettoyage industriel par l'acide et le détartrage acide. En raison de l'agressivité de la plupart des solutions acides, des inhibiteurs sont généralement employé pour stopper ou réduire l'attaque corrosive des matériaux métalliques. Les données existantes montrent que la plupart des composés organiques agissent par adsorption à la surface du métal.

En effet, l'utilisation de substances naturelles comme inhibiteurs de corrosion remonte à1930 lorsque des extraits de plantes (tiges séchées, feuilles et graines) de chélidoine (chelidonium majus) et d'autres plantes ont été utilisés dans un bain de décapage H_2SO_4. L'activité d'inhibition de la corrosion dans beaucoup de ces extraits de plantes pourrait être dueà la présence de constituants hétérocycliques comme les alcaloïdes, flavonoïdes, etc. Même la

Présence de tanins, cellulose et des composés polycycliques améliore normalement le film formé à la surface du métal, ce qui aide à sa protection contre la corrosion.

L'étude de l'effet inhibiteur de ces extraits de plantes a pris un axe de recherche plus important. L'avantage de ces composés est qu'ils sont faciles à utiliser, peu onéreux et non toxiques pour le manipulateur et l'environnement.

Beaucoup de travaux se sont focalisés sur l'extraction, notamment, des huiles essentielles qui sont obtenues à partir d'une matière première végétale. Ces huiles sont constituées exclusivement des molécules terpéniques odorantes volatiles contenues dans les organes producteurs des plantes et arbres aromatiques.

C'est dans ce contexte que nous nous intéressons aux extraits bruts de la plante d'ortie qui sont testés en tant qu'inhibiteur de la corrosion de l'acier en milieu H2SO4 0,5 M **[17].**

Référence :

[1] S. Bensaada , «Cours corrosion, Centre universitaire biskra», Livre en ligne , (2016),p.1-3.

[2] F.Constantin. « Etude de l'efficacité d'inhibiteurs de corrosion utilisés dans les liquides de refroidissement. ». Thèse de doctorat, université de Lorraine, France, mars (2012).

[3] B.DJOUBEYR. « Etude bibliographique et suivi de la corrosion dans les circuits industriels de refroidissement ». Mémoire UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR – ANNABA, (2020)

[4] B. GROSGOGEAT, P. COLON. «Cour de Corrosion », Société Francophone de Biomatériaux Dentaires (2010) p.1-2.

[5] S. Bensaada , Cours corrosion, Centre universitaire biskra, Livre en ligne , (2016) mars p.63.

[6] H . SAYAH , « étude de phénomène de corrosion microbienne» thèse de magister USTHB.ALGER (2008) p 42 .

[7] G. Daufin, J. Talbot. «Etude de quelques problèmes de corrosion dans l'industrie laitière». PREMIERE PARTIE. GENERALITES SUR LA CORROSION DES METAUX ET ALLIAGES., INRA Editions, (1971), 51 (507), pp.375-398.

[8] Pr. P. COLON, DR. B. GROSGOGEAT-BALAYRE ,livre en ligne « phénomène de corrosion» campus.cerimes, France.

[9] Les RTS de 1 Ière , « rapport sur la corrosion» , Université d'Annaba, 28 mai (2018) .

[10] S. Dotou, « moyens de lutte contre la corrosion » article ,p 6 , (2011) .

[11] G. Béranger and H. Mazille, « Corrosion des métaux et alliages» : mécanismes et phénomènes. Hermès Science Publications, (2002).

[12] B. LANDOLT, D. « Corrosion et chimie de surfaces des métaux (Traité des matériaux) », Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, (1993); 245-5,

[13] J. P MILLET. « Durabilité et corrosion» ,cours Master Science et Technologie des Matériaux, Pitesti, (2008).

[14] A, M., GAVRILĂ, M., « Durabilitate şi coroziune - tehnici de laborator», Pygmalion, P 973-965, Piteşti, (1997).

[15] F. Constantin. «Etude de l'efficacité d'inhibiteurs de corrosion utilisés dans les liquides de refroidissement ». INSA de Lyon; (2011). Français.

[16] I. Bouali. «Étude d'inhibiteurs de corrosion métallique à base d'orthophosphates de zirconium

lamellaires fonctionnalisés» : synthèse, caractérisations et applications. Matériaux. Université de Lorraine; Université Marrakech Maroc, (2018).

[17] M. FAUSTIN, «Etude de l'effet des alcaloïdes sur la corrosion de l'acier C38 en milieu acide chlorhydrique 1M », Thèse. Institut de l'Enseignement Supérieur de la Guyane, 18 Janvier ,(2013),p38

Chapitre II :

Rappels bibliographiques : Artemisia Absinthium L

II. Présentation de la plante d'Artémisia

II.1 Introduction

La famille des Astéracées représente l'une des taxons les plus importants du règne végétale. Elles sont des plantes angiospermes dicotylédones appartenant aux sous classes des gamopétales ou astérides (Asteridae) et à l'ordre des Astérales. La famille des astéracées avec près de 1500 genres et pas loin de 26000 espèces. Elle est présente dans toutes les régions du monde principalement dans les régions tempérées et à l'exception des pôles. Les astéracées peuvent être annuelles, bisannuelles ou vivaces. On y trouve surtout des plantes vivaces et à feuilles alternes. Dans la grande majorité des cas, les astéracées sont des plantes herbacées mais elles sont également représentées par des arbres, des arbustes ou des lianes, certaines sont également succulentes.

Les Astéracées constituent l'une des plus vastes familles du règne végétal, c'est la deuxième après les orchidées. Cette famille comprend plus de 20.000 espèces végétales. Le métabolisme terpénique est généralement intense chez cette famille qui élabore une grande variété de structures : mono, ses qui, di, et tri-terpénique. La famille des Astéracées comprend de nombreuses plantes aromatiques et médicinales. Parmi les genres importants : *Artémisia* avec 300 espèces. Ils sont utilisés dans une grande partie des pharmacopées locales en raison de leurs diverses propriétés médicinales **[1].**

Le nom " Artemisia " est dérivé de la déesse Artémis qui avait découvert les effets de la plante, alors que le mot "Absinthe" signifie imbuvable à cause du goût très amer de la centrale.

Les plantes du genre Artemisia (Asteraceae) sont une riche source de sesquiterpène bioactif lactones et ont une longue histoire de lutte contre plusieurs pathologies chez les humains et, plus récemment, chez les animaux.

L'Artemisia Absinthium L fait partie de cette famille des Astéracées, cette plante est l'une des espèces qui sont largement utilisées en médecine. Connu sous le nom verniculaire de Chajret mariem ou Chiba (en arabe), et la grande absinthe ou l'armoise amère.

L'Artemisia Absinthium, mieux connu comme le principal ingrédient dans la tristement célèbre Boisson Absinthe, a été utilisé en médecine depuis l'époque de Grèce antique, et aussi dans les systèmes d'Europe occidentale de la médecine traditionnelle .

L'Artemisia, connu aussi comme l'absinthe du désert (connu en arabe comme shih, Armoise blanche (pour les français) a été utilisée dans la médecine traditionnelle par de

nombreuses cultures depuis les temps anciens **[2].**

II.2 Nomenclature scientifique

Avant de dénoncer le nom scientifique, il faut d'abord connaître le nom vernaculaire :

- ***Le nom vernaculaire***

En Algérie (nom vernaculaire) :

Diverses appellations sont attribuées à l'*Artémisia Absinthium L.* En Arabe : *Chiha Coracani, Chaibet el Adjouz, Degnatech Cheik, Chiba, Chedjret Merieme* .

Dans d'autres pays

L'Artemisia Absinthium L possède plusieurs autres appellations à travers l'Europe telleque :

1) **Nom Français :** *Absinthe.*
2) **Nom Anglais :** *Wormwood*.
3) **Nom Allemand :** wermut.
4) **Nom Espagnol :** *encens*.
5) **Nom Italien :** *assenzo*.

- ***Le nom scientifique :***
  - Règne : Plantes (*Plantae*)
  - Sous-règne : Trachéophytes
  - Division : Spermatophytes
  - Sous-division : Angiospermes
  - Classe : Eudicotylédones ou Dicotylédones vraies
  - Sous-classe : Astéridées
  - Clade : Campanulidées
  - Ordre : Astérales
  - Famille : Astéracées
  - Genre : *Artemisia*
  - Espèce : *Absinthium* **[3].**

II.3 Description botanique

L'Absinthe ou *Artemisia Absinthium L* est une plante de lafamille des Astéracées. C'est une espèce d'armoise bisannuelle, vivace, herbacée et qui mesure entre 0,4et 1 mètre.

La plante est recouverte de poils soyeux blancs et argentés formant une sorte de duvet lui donnant un aspect gris cendré. Son rhizome est dur.

La tige de couleur vert argent est rameuse, duveteuse, droite, cannelée et feuillée.

Les feuilles molles, découpées en trois lobes dentés, sont gris verdâtre (avec des reflets argentés) sur le dessus et presque blanches et soyeuses sur le dessous. Elles sont opposées à la base puis alternées pour le reste de la plante .

Les feuilles basilaires peuvent mesurer jusqu'à 25 centimètres de long et sont longuement pétiolées. Elles sont pennées et découpées en lanières étroites blanchâtres et cotonneuses (surtout en dessous) **.**

Les feuilles caulinaires sont quant à elles moins divisées et brièvement pétiolées,et celles qui se trouvent au sommet peuvent même parfois être simples et sessiles (Figure 1) **[4]**.



Figure II.1 : Feuilles *d'Artemisia Absinthium L*.

La floraison a lieu de juillet à septembre. Les fleurs sont jaune-verdâtre, tubulaireset elles sont réunies à l'extrémité des rameaux en petits capitules globuleux etpendants. En réalité, si on observe le réceptacle de ces capitules, on s'aperçoit qu'il ya deux types de fleurs : les fleurs femelles tridentées sur le pourtour et au centre et lesfleurs hermaphrodites à cinq dents entremêlées de longs poils réceptaculaires de couleur jaune. Elles sont toutes petites mais très nombreuses **[5]**. **.**

Ces petits capitules sont ensuite réunis en grappe et forment des panicules feuillées et ramifiées.

C'est une plante odoriférante, en effet, elle possède une forte odeur aromatique etune

saveur amère due à l'absinthine. L'essence d'absinthe (*Artemisia Absinthium* L.) s'accumule dans les nombreuses glandes oléifères sécrétrices de la plante (en particulier au niveau de la feuille) **.**

Les fruits de l'absinthe (*Artemisia Absinthium* L.) sont des akènes (typiques des astéridées) relativement petits et glabres **[6]**.

II.4 Huile essentielle de l'Artemisia Absinthium L :

C'est un liquide épais ayant un pouvoir rotatoire dextrogyre, vert foncé à bleu verdâtre avec une odeur aromatique forte et caractéristique, que l'on obtient par hydrodistillation, entrainement à la vapeur d'eau, vapo-hydrodistillation, extractions assistées par les micro-ondes ou distillation sèche (techniques actuelles les plus courantes d'extraction d'huile essentielle) (184). Par oxydation de l'air, sa coloration devient brunâtre et sa consistance se résinifie et devient donc plus épaisse. Son goutest amer et âcre. Sa densité varie de 0,925 à 0,95. C'est un liquide soluble dans les solvants organiques, l'alcool et les huiles **[7].**

L'huile essentielle d'absinthe (*Artemisia Absinthium* L.) est composée en majorité de composés terpéniques et en particulier de monoterpènes (environ 85 %) **[8].**

II.4.1 Composition chimique d'Artemisia Absinthium L :

La plante d'absinthe (*Artemisia Absinthium L.*) est constituée d'un grand nombre de composés chimiques, dont la plupart se retrouvent dans l'huile essentielle d'absinthe.

Il existe plusieurs catégories :

II.4.1.1 Les composés terpéniques :

Ils constituent 85 % de l'huile essentielle d'absinthe (*Artemisia Absinthium* L.).

Il s'agit de lactones sesquiterpéniques, d'homoditerpènes peroxydés et de monoterpènes.

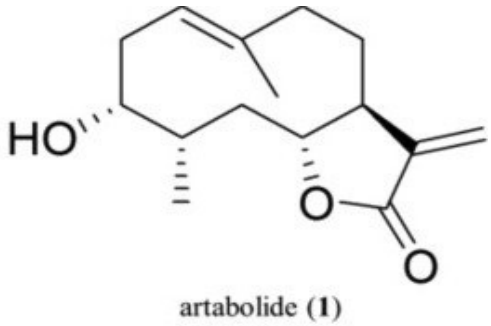
- **Les lactones sesquiterpéniques :**

Ce sont eux qui sont responsables du gout amer de la plante et c'est au cours du mois de juillet, lors de la floraison, que leur teneur est maximale **[9].**

On les trouve principalement dans les trichomes (poils glandulaires) des feuilles supérieures de la plante.

- Parmi les lactones sesquiterpéniques, on distingue :

L'Artabolide et ses 3 composés dérivés : l'hydroxypélénolide, le ketopélénolide a et le ketopélénolide b



artabolide (**1**)

Figure II.2 : artabolide

- L'Artabolide inhibe le transport de l'auxine polaire (hormone de croissance végétale ayant un rôle de contrôle et de régulation de la croissance de la plante. Cettehormone intervient tout au long de la vie de la plante.) **[15].**
- L'Artabsine et la Matricine Ce sont deux proazulènes appartenant également aux lactones sesquiterpéniques et qui sont également présents dans la plante d'absinthe (*Artemisia Absinthium* L.).

Par distillation à la vapeur d'eau, l'artabsine couplée avec une autre lactone sesquiterpénique : la matricine, se transforme en absinthine qui est un dimère encoreplus amer, et en un second composé : un dihydrochamazulène de couleur jaune/orange/rouge.

Ce dernier composé va s'oxyder au contact de l'oxygène de l'air et va donner un chamazulène de couleur bleue appartenant aux monoterpènes.

C'est ce composé qui donnera cette fameuse couleur bleutée-vert à l'Absinthe utilisée comme boisson apéritive. Cette réaction a surtout lieu lorsque la distillation se passe en milieu acide ou en milieu basique puis acide.

L'Artémisinine, une autre lactone sesquiterpénique avec deux atomes d'oxygène liés par un pont peroxyde au-dessus d'un cycle à sept atomes de carbone, est présente dans les feuilles d'absinthe (*Artemisia Absinthium* L.). **[10].**

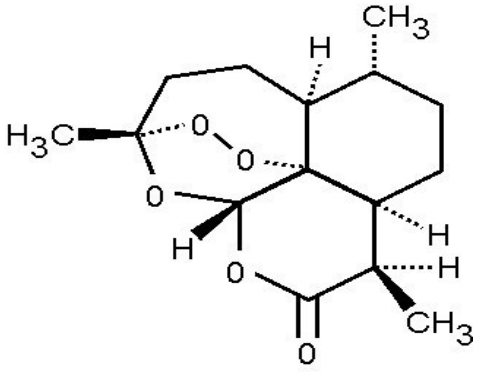


Figure* II.3 *: Artémisinine

Ce composé présente des propriétés antipaludéennes très intéressantes connueset utilisées à cet effet depuis plus de 2 000 ans en Chine. Cette molécule est la base de nouvelles thérapies anti-malariques. En 2001, l'OMS déclare cette molécule *« le plus grand espoir mondial contre le paludisme ».* C'est son groupe peroxyde qui semble être la clé de son efficacité : il bloquerait une enzyme qui permet au parasite de pomper le calcium et l'empêcherait ainsi de se développer **[11]**.

La production d'artémisinine dépend de la présence de régulateurs ou d'hormonesde croissance comme l'auxine polaire (NAA acide Naphtalène acétique), certaines cytokinines comme la BAP (BenzylAminoPurine) ou la kinétine, ou bien encore certains acides aminés comme la valine, la phénylalanine, la cystine ou la leucine **[12].**

Les autres lactones sesquiterpéniques présentes dans l'absinthe (*Artemisia Absinthium* L.) sont :

L'artabine, l'anabsine, l'artemoline, l'absintholine, l'arabsine, l'absinthine, l'isoabsinthine, l'anabsinthine, l'artanolide, la ridentineet le deacétyl- globicine L'absinthine ainsi que ses deux isomères : l'isoabsinthine et l'anabsinthine sont des guaianolides dimères issus des proazulènes matricine et artabsine.
L'artanolide et le déacétyl-globicine sont également des guaianolides.

- **Les monoterpènes**

Leur synthèse est liée à la présence des chloroplastes, on les retrouve dans l'huile essentielle.

On va retrouver des monoterpènes de haut poids moléculaire comme les estersde thuyyle, les esters de sabinyle ou encore les esters de chrysanthényl **[13].**

Parmi les monoterpènes les plus courants rencontrés chez *ArtemisiaAbsinthium* L., on trouve :

- Des carbures (ou hydrocarbures) terpéniques comme : le Z- époxy-ocimène, l'*alpha*-fenchène, le *beta*-myrcène, l'*alpha* et le *beta*-pinène,le limonène, le sabinène, le camphène, le *beta*-caryophyllène, l'*alpha* et le *beta*-phellandrène, le cadinène, le thuyène, le bisabolène ;

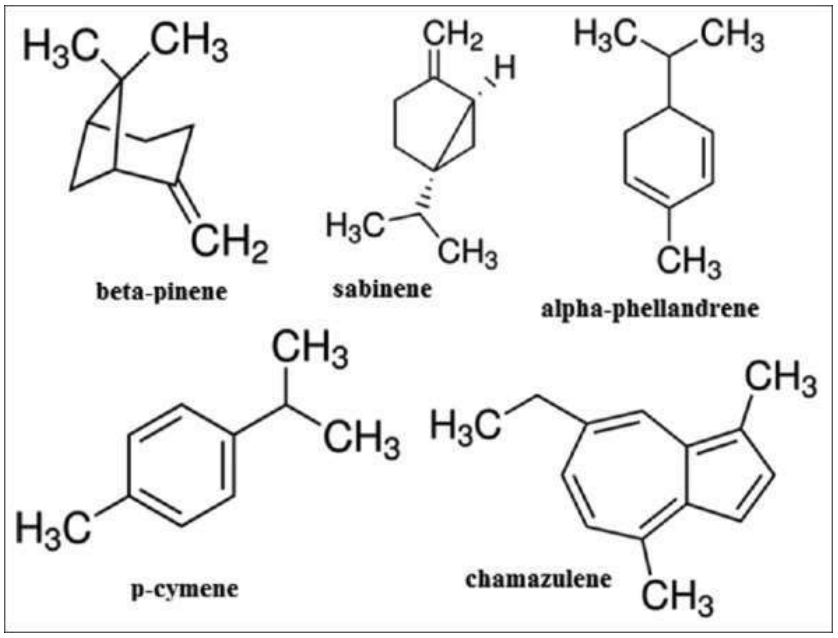


Figure II.4 : Carbures terpéniques

- Des alcools terpéniques comme : le linalol, le chrysanthénol, le terpinéol, le cinéol, le nérol, le géraniol, le thuyol ;
- Des esters et/ou cétones terpéniques comme : l'acétate, l'isovalérate et le palmitate de thuyyl, l'acétate de chrysanthényl, l'acétate de bornyle (ou acétate d'endo-bornyle), l'isovalerate de neryl, le butyrate de neryl, le camphre et les deux plus connus de l'absinthe (*Artemisia Absinthium* L.) : l'*alpha* et la *beta*-thuyone (cette dernière étant la plus présente) [14]

➢ Les hydrocarbures saturés

Il y en a très peu par rapport aux autres composés chimiques, ils sont largement minoritaires. On en retrouve environ une soixantaine dans l'huile essentielle d'absinthe (*Artemisia Absinthium* L.), notamment le nonacosane appartenant à la famille des paraffines **[15].**

a) Toxicité

Que ce soit après ingestion ou par injection, à de faible dose, l'huile essentielle d'absinthe (*Artemisia Absinthium* L.) provoque chez les mammifères une excitation générale, des tremblements, des secousses musculaires, puis à plus forte dose, l'huile essentielle d'absinthe (*Artemisia Absinthium* L.) pure entraine des convulsions chez les mammifères. Chez les animaux à sang froid, après injection d'huile essentielle d'absinthe (*Artemisia Absinthium* L.) pure, on observe de l'agitation, des étouffements,des troubles respiratoires et une baisse de la sensibilité.

Toxicité par voie orale de l'huile essentielle d'absinthe (*Artemisia Absinthium* L.)

pure chez le rat :

- Dose Létale 50 : 0,96 en moyenne (de 0,54 à 1,38 g/kg).

Par voie intradermique chez le lapin :

- Dose Létale 50 Supérieure à 5 g/kg .

La dose létale médiane ou dose létale 50 est un indicateur quantitatif de la toxicité d'une substance. Cet indicateur mesure la dose de substance entrainant la mort de 50 % d'une population animale donnée dans des conditions d'expérimentation précises **[16].**

II.4.2 Variations de teneur et de composition :

La composition de l'huile essentielle d'absinthe (*Artemisia Absinthium L*) varie, tant sur le plan qualitatif que quantitatif, en fonction de différents facteurs. Il existe même des différences de teneur en huile essentielle entre deux plants d'absinthe (*Artemisia Absinthium* L.) distincts mais également au sein d'une même plante. Ces variations sont dues à plusieurs facteurs :

C'est une plante vivace pouvant atteindre **90** cm à **1** m de haut, recouverte de poils soyeux blancs argentées et de nombreuses glandes oléifères. Son odeur est très forte, sa saveur est fortement amère et aromatique. **[17].**

II.5 Appareil végétatif de l'*Artémisia Absinthium L* :

- **Racine :** La plante possède un rhizome dur.

- **Tige :** Les tiges sont souterraines, ligneuses ; dressés et rameuses. Les fragmentsde tige sont rigides, gris argentés, à l'extérieur sont anguleux et possèdent une moelle interne.
- **Feuilles :** L'absinthe possède des grosses touffes de feuilles recouvertes d'un fin duvet gris pale dont les feuilles sont composées, opposées à la base, puis alternes pour le reste de la plante. Elles sont très découpées, plumeuses, pennatilobées en trois lobes dentés. Les feuilles basilaires mesurent jusqu'à 25 centimètres de long et sont longuement pétiolées .Les feuilles caulinaires sont brièvement pétiolées, moins divisées. Les feuilles au sommet peuvent même être simples et sessiles (sans pétiole). Involucre blanchâtre à folioles linéaires. Les rameaux portent à leurs extrémités des petits capitules globuleux. Elles sont vert grisâtre au dessus et vert argenté, Presque blanches etsoyeuses, sur le dessous **[18].**



Figure II. 5 : Feuilles d'Absinthe originale

II.6 Appareil reproducteur de l'Artémisia Absinthium L :

- **Fleur et inflorescence** Les fleurs sont jaunes, tubulaires.

La floraison a lieu de juillet à septembre. Inflorescence en petits capitules (composée) globuleux souvent pendants, à leur tour réunis en grappes ou longs panicules feuillés et ramifiés, parfois terminales. Bractées florales en rangs peu nombreux avec Pappus souvent présent.

- **Fruits et graines** Le fruit de l'absinthe est un akène, fruit sec non soudé à la graine dont la dissémination est de type barochore. Les graines tombent à cotéde la plante en automne **[19].**

II.7 Utilisations de l'Absinthe :

II.7.1 Propriétés thérapeutiques :

L'Absinthe est un excellent tonique amer, elle est légèrement diurétique, emménagogue et vermifuge. C'est l'un des meilleurs toniques stomatiques contre la dyspepsie, la gastrologie et les insuffisances hépatiques **[20].** Les substances amères présentes dans cette espèce lui confèrent des propriétés thérapeutiques **[21].**

La plante possède également une action antitoxique en cas d'intoxication au Plomb **[22].** D'autres utilisations sont décrites comme remède populaire, l'absinthe
Jouait d'une grande réputation comme tonique, contre l'anémie et l'arthrite **[23].** Et par voie externe, contre le retard de cicatrisation.

Des études menées en 1995 au Pakistan ont conclu, que l'Absinthe possède une activité hépato protectrice élevée grâce à son action inhibitrice sur les enzymes responsables des métabolites dans le foie **[24].** Ces propriétés thérapeutiques s'expliquent

par la présence des composés terpéniques (sesquiterpènes lactone et mono- terpènes).

❖ **Usage culinaire :**

L'absinthe est en fait très peu utilisée en tant qu'épice. En raison de sa saveur amère très prononcée, elle ne doit être utilisée qu'avec parcimonie (quelque fragment de feuilles).Or sa consommation est prohibée dans de nombreux pays en raison de ses fortes teneurs en thuyone neurotoxique, entrainant des troubles nerveux, des hallucinations et des convulsions **[25].**

❖ **Stimulant digestif :**

En stimulant la production du suc gastrique et de la bile, l'Absinthe améliorela digestion et l'absorption des aliments. Elle élimine aussi les flatulences et ballonnements. La teinture d'Absinthe favorise la digestion, Elle aide le corps à retrouver sa vitalité après une longue maladie **[26].**

❖ **Vermifuge :**

L'absinthe est un remède traditionnel pour éliminer les vers comme en témoigneson nom en anglais, qui signifie tue-vers **[27].**

❖ **Anti-inflammatoire :**

L'effet anti-inflammatoire de l'Absinthe lui permet de traiter certaines maladies, ces principes amers sont des azulènogénes qui peuvent fournir le carbure anti- inflammatoire, c'est leur transformation en azulènes qui leur confère des qualités anti- inflammatoire. Cette plante est parfois prescrite comme antidépresseur.

❖ **Insecticide :**

L'absinthe est un insecticide ou insectifuge**.** D'après les travaux effectués L'huile essentielle de cette plante a une activité insecticide certaine dans le contrôle de Callosobruchus maculatus (ravageur de niébé) et contre *Tribolium costaneum herbst* (ravageur de blé dur) et la *sitophilus oryzae* (ravageur des grains de céréales) respectivement. **[28]**

II.8 Travaux antérieurs effectués sur l'Artémisia Absinthium L

La majorité des travaux effectués sur l'espèce d*'Artémisia Absinthium L* a portésur les huiles essentielles, les extraits, et leurs activités biologiques. D'autres travaux sont effectués sur l'identification des polyphénoles.

II.8.1 Utilisations traditionnelles :

L'Absinthium a une longue histoire d'utilisation thérapeutique en médecine traditionnelle et en pharmacologie moderne. Elle est utilisée dans des préparations anthelminthiques, anti-rhume, anti-inflammatoires et antimicrobiennes et pour ses effets

antiseptique, antidépresseur, digestif, carminatif, stimulant, cholérétique et tonique Elle est également utilisée dans le traitement de la fièvre chronique et comme antispasmodique L'absinthe est aussi utilisée pour favoriser la cicatrisation des plaies cutanées **[29]**

II.9 Toxicité de la plante :

Quelques études de toxicité d'Artemisia à court terme sont disponibles. L'absinthe n'a montré aucun effet toxique. Cependant, l'incertitude persiste à cause de la présence du thuyone dans l'huile essentielle, qui possède des effets neurotoxiques **[30]**.

II.10 Huiles essentielles :

La composition chimique de l'huile essentielle varie selon le chimiotype considéré, Elle varie également selon les conditions géographiques et climatiques (température, altitude, précipitation, hauteur, direction du vent, période de cueillette, etc.), et selon la phase de développement de la plante **[31].**

Selon Gilly l'huile essentielle de l'Absinthe possède une saveur amère et brulante, sa densité varie entre 0,925 et 0,950. Cette huile contient beaucoup de composants mono et sesquiterpènes qui ont été identifiés dans cette huile. De nombreuses publications munie par Basta et al, Chaisson et al, ont décrit la composition chimique et l'activité biologique de l'huile essentielle d'Absinthe . Ces travaux mettent en évidence la grande variabilité chimique de l'huile essentielle en fonctions des paramètres cités ci précédemment.

La majorité des travaux effectués sur l'espèce d*'Artémisia Absinthium L* a portésur les huiles essentielles, les extraits, et leurs activités biologiques. D'autres travaux sont effectués sur l'identification des polyphénoles, ainsi que sur les flavonoïdes.

Ce composé dans quelques espèces d'*Artemisia* est fortement lié au faible taux d'activité antioxydante. Par la suite les chercheurs a évalué l'activité antioxydante d'*Artemisia Absinthuim L* **[32]**.

II.10.1 Activité insecticide :

L'activité insecticide de l'Absinthe a été déterminée, ils ont conclus que l'effet insecticide de l'huile essentielle de l'Absinthe est dû essentiellement à l'abondance de thuyone, l'acétate de sabinyl et aussi à tous les constituants chimiques contenus dans huile.

Une étude récente en 2014 a été réalisée par Dhen N et Mjdoub O, ces auteurs ils ont reportés que la potentialité insecticide de l'huile essentielle de l'Absinthe, a été investiguée contre deux insectes ravageurs à savoir *Rhyzopertha dominica* et *spodoptera littoralis.* L'huile essentielle de l'Absinthe a montré une forte toxicité par fumigation contre les adultes de R.dominica, un insecte des denrées stockées, avec des concentrations létales

CL_{50} de 18,23 µl d'air et CL_{90} de 41,74 µl d'air **[33].**

II.10.2 Méthodes d'extraction :

❖ **Extraction à reflux**

Cette méthode consiste à mettre la poudre des plantes dans de l'eau et chauffer jusqu'à l'ébullition. Ce dernier empêche la perte de réactif ou de produit par évaporation

Dans le vase à réaction (souvent un ballon), du fait de l'augmentation de la température, certaines espèces chimiques s'évaporent. Ces espèces chimiques montent alors dans le réfrigérant. De l'eau froide s'écoule en permanence dans ce réfrigérant, au contact des parois, les gaz refroidissent et se condensent sous formes de gouttelettes sur les parois du réfrigérant etfinissant par retomber dans le vase à réaction.

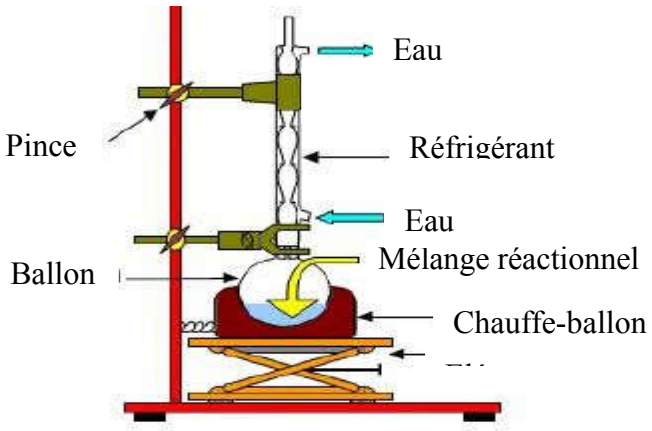


Figure II. 6: Montage de chauffage à reflux simple.

❖ **Infusion**

Elle consiste à verser de l'eau bouillante sur les plantes (ou encore à jeter les plantes dansle récipient contenant de l'eau bouillante) au moment précis où l'eau entre en ébullition. On couvre le récipient et on le laisse infuser pendant le temps nécessaire. Le temps d'infusion est variable suivant la nature de la plante (racines, tiges, etc.) : de dix minutes à une heure. C'est par l'infusion que sont traitées les plantes médicinales les plus couramment utilisées : camomille, menthe, thé, tilleul, verveine, etc.

❖ **Décoction**

Cette méthode s'opère en faisant bouillir les plantes, le plus souvent dans de l'eau, parfoisdans l'alcool. Elle convient surtout aux écorces, aux racines, tiges et fruits. On laisse bouillir pendant un temps plus ou moins long selon les espèces, en général de 10 à 30 minutes. Pour extraire le plus possible de principes actifs, il faut avoir soin de couper

les plantes en menus morceaux, puis de passer la tisane en expriment.

La différence entre la décoction et l'infusion est la température à laquelle les substances sont extraites d'une matrice naturelle (feuille, fleur, écorce, etc.). Pendant la décoction, l'ébullition est maintenue et la température est donc maximale alors que l'infusion est réaliséeà partir d'une eau, éventuellement très chaude, dans laquelle on plonge la plante. On ne maintient pas le chauffage pendant l'infusion. On extrait moins de substances lors d'une infusion, et on risque moins la décomposition des substances extraites si elles sont thermiquement peu stables, comme le sont de nombreux produits naturels **[34]**.

- **Entrainement à la vapeur d'eau**

Dans ce système d'extraction, la matière végétale est soumise à l'action d'un courant de vapeur sans macération préalable. Les vapeurs saturées en composés volatils sont condensées puis décantées. L'injection de vapeur se fait à la base de l'alambic.

Actuellement la technique la plus utilisée ressemble beaucoup à la précédente. Elle consiste à introduire la vapeur d'eau générée par une chaudière en deçà de la matière végétale contenue dans un alambic. A son passage, la vapeur d'eau entraîne l'huile essentielle des plantespour être condensée et séparée dans un séparateur des phases. Au laboratoire, la vapeur est générée dans un premier ballon et acheminée verticalement entraînant avec elle l'huile essentielle contenue dans la matière végétale. Cette méthode a pour avantage d'éviter le contactprolongé de la matière végétale avec l'eau en ébullition et évite donc la formation de certains artefacts **[35]**.

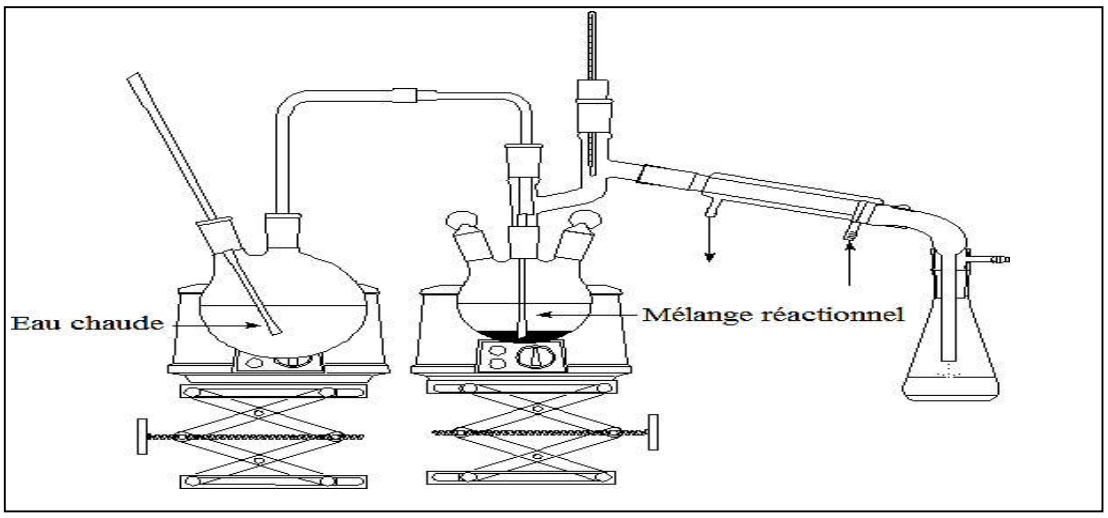


Figure* II. 7*: Montage d'hydrodistillation (entrainement à la vapeur).

❖ **Extraction au Soxhlet :**

Une des méthodes d'extraction les plus utilisées est l'extraction au Soxhlet. Elle est particulièrement adaptée pour les échantillons qui présentent de faibles rendements d'extractioncar elle permet d'extraire de grandes quantités d'échantillon. L'échantillon est introduit dans unfiltre et le tout est placé dans le réservoir du Soxhlet Le solvant est placé dans leballon sous-jacent et chauffé jusqu'à sa température d'ébullition. Après évaporation, le solvant se condense sur le réfrigérant en verre et tombe dans le réservoir.

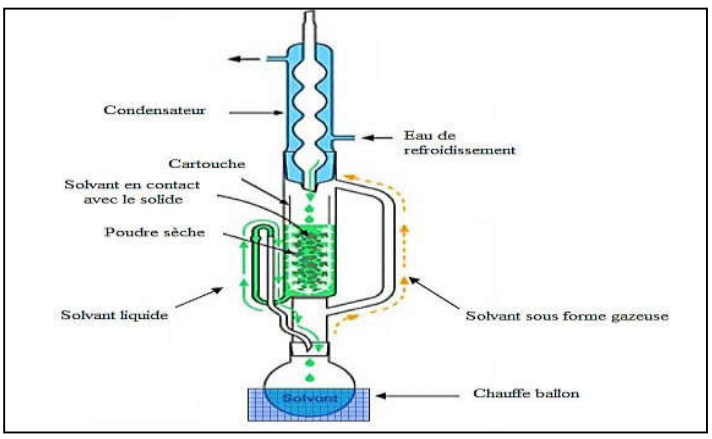


Figure II. 8: Schéma de l'appareillage d'extraction au Soxhlet.

Lorsque ce dernier est plein, le solvant se déverse dans le ballon, et un nouveau cycle recommence. Les durées d'extraction varient de 1 à 24 heures, la quantité d'échantillon de 1 gà 50 g, le type et la quantité de solvant varient de 150 à 300 mL en fonction des auteurs. Les solvants les plus utilisés sont le dichlorométhane, le chloroforme, le toluène, l'hexane, le mélange hexane/acétone ou le méthanol **[36]**.

Référence :

1 G. Gilly ; « Les plantes aromatique et huiles essentielles à grasse ». Ed. L'harmattan. Paris, p193-197, (2005).

2 A. Renouf. L'Absinthe (Artemisia absinthium L.) : approche ethnobotanique. Sciences pharmaceutiques. (2019).p 1-3.

3 G. Ghemour ; « Les plantes médicinales dans la région des Ouadhia et Boghni ». Thèse d'ingénieur, U.M.M.T.O, Institut d'Agronomie, 2005.

4 N B, GUIRAUD J. «Absinthe » : l'abécédaire de l'absinthe. Sainte-Marguerite-des-Loges: BVR; (2006). p224.

5 N. MOUAKITE «Étude de 3 plantes à huile essentielle contenant de la thuyone: absinthe, sauge» Thèse. France: Université de Caen. UFR des sciences pharmaceutiques; France, 1986.

6 TOBYN G, DENHAM A, WHITELEGG M. « Artemisia absinthium » , G, DENHAM A, WHITELEGG M, éditeurs. Medical Herbs ,Edinburgh: Churchill Livingstone; (2011)**.**

7 J. PATOCKA,B. PLUCAR « Pharmacology and toxicology of absinther. » 2003;1(4):199-205.

8 P. BLAGOJEVIĆ, N. RADULOVIĆ, R. PALIĆ, STOJANOVIĆ G. « Chemical composition of the essential oils of Serbian wild-growing Artemisia absinthium ». 1 juin (2006);54(13):4780-9**.**

9 N. MOUAKITE « Étude de 3 plantes à huile essentielle contenant de la thuyone: absinthe, sauge», [Thèse d'exercice]. [France]: Université de Caen. (1986).

10 F. CHIALVA, P. LIDDLE, G. DOGLIA « Chemotaxonomy of wormwood (Artemisia absinthum L » . 1 sept 1983;176(5):363-6.

11 Wikipédia. Artemisinin-based combination therapy. In: Wikipédia [Internet]. 2018 [cité 16/févr/2019].

12 M. ZIA M. CHAUDHARY « Effect of growth regulators and amino acids on artemisinin production in the callus of Artemisia absinthium ». juin (2007),799-805.

13 A. LAMARTI, I. SADKI, A. BADOC. « Obtention par culture in vitro de clones d'Absinthe, Artemisia absinthium L». Bull Société Pharm Bordx. (1996).p 25-43.

14 Musée virtuel de l'Absinthe. Musée Virtuel de l'Absinthe . Musée Virtuel de l'Absinthe. [cité 15 févr 2019].

15 L. MARTÍN, A. MAINAR, A. GONZÁLEZ-COLOMA, J. BURILLO, URIETA J. «Supercritical fluid extraction of wormwood (Artemisia absinthium L.) ». 1 févr (2011), 64‑71..

16 : OPDYKE D. Biological data (Moreno, 1974). In: Monographs on fragrance raw materials: a collection of monographs originally appearing in food and cosmetics toxicology [Internet].

Pergamon press. Oxford: Elsevier; 2013 [cité 16 févr 2019].

17 Wikipédia. Dose létale médiane. In: Wikipédia [Internet]. 2019 [cité 6 avr 2019]. Disponible sur:https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Dose_l%C3%A9tale_m%C3%A9diane&oldid=158006676].

18 Musée virtuel de l'Absinthe. (cité 15 févr 2019). Disponible sur: **http://www.museeabsinthe.com/absinthe-herbes-1.html**

19 Les sentiers cachés.2018.Disponiblesur:**http://les-sentiers-caches.forumsactifs.com/t66-asteracees-l-absinthe- deesse-maudite**

20 Msidobre. Numération babylonienne. [cité 8 avr 2019]. Disponible sur: **http://msidobre.free.fr/exposes/numeration/babylone.html**

21 EBERS G. Le papyrus d'Ebers .Université de Leipzig. [cité 15 févr 2019]. Disponible sur: **https://www.ub.uni-leipzig.de/en/about-us/exhibitions/permanent-exhibition /ebers-papyrus/**

22 PATOCKA J, PLUCAR B. Pharmacology and toxicology of absinther. *J Appl Biomed*. (2003) ;1(4):199‑205.

23 Wikipédia. Papyrus de Kahun. 2016 [cité 16 févr 2019]. Disponible sur: **https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Kahun_Papyri&oldid=701305441**

24 Foundations of Anthropology at the University of California. Hearst medical papyrus [Internet]. (2019). Disponible sur: **http://bancroft.berkeley.edu/Exhibits/anthro/6curriculum2_papyrus.html**

25 DELAHAYE M. *Petit traité de l'absinthe : le mythe ressuscité*. Saint-Rémy-de-Provence: Equ Larousse É. Hippocrate. [cité 15 févr 2019]. Disponible sur: **http://www.larousse.fr/encyclopedie/personnage/Hippocrate/123966**

26 Wikipédia. Claude Galien. [cité 15 févr 2019]. Disponible sur: **https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Claude_Galien&oldid=156634739**

27 LACHENMEIER D. Wormwood (*Artemisia Absinthium* L.) : a curious plant with both neurotoxic and neuroprotective properties? Elsevier *J Ethnopharmacol*. 19août (2010) ;131(1):224‑7.

28 HUTTON I. Myth, reality and absinthe. *Curr Drug Discov Technol*. sept 2002;62‑4.

29 LACHENMEIER D, WALCH S, PADOSCH S, KRÖNER L. Absinthe - a review. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 1 juin 2006;46(5):365‑77.

30 Wikipédia. Pline l'Ancien. In: Wikipédia [Internet]. 2019 [cité 15 févr 2019].

31 Wikipédia. Dioscoride. In: Wikipédia [Internet]. 2018 [cité 15 févr 2019].

32 LONG B. L'absinthe [Internet]. Dynamis. [cité 15 févr 2019].

33 Pegasus and co. Famille gauloise . Famille gauloise. 2014 [cité 15 févr2019].

34 A. Zaabar, « Utilisation de l'extrait de la plante d'ortie (Urtica dioica L.) Comme inhibiteurde corrosion de l'acier dans les milieux HCl 0,5 M et NaCl 3% », Mémoire de Magister, Université de Bejaia, (2010).

35 C. J. Guy, J. F. Ida, D. Lord, « Essential oils and microwave, extracts of cultivated plants », Perfumer and Flavorist 17 (1992).

36 M. K. Bagga, R. Gadi, O. S. Yadav, R. Kumar, R. Chopra, G. Singh, « Investigation of phytochemical components and corrosion inhibition property of Ficus racemosa stem extract on mild steel in H_2SO_4 medium », Journal of Environmental Chemical Engineering 4 (2016) 4699-4707**.**

Chapitre III :

Matériels, Méthodes Et Résultats Expérimentaux

Chapitre III : Matériels, Méthodes Et Résultats Expérimentaux

III Résultat expérimental

III.1 Mesure la vitesse de corrosion :

La vitesse de corrosion est calculée par la méthode de perte de masse, est déterminé par la formule suivante :

$$V_{cor} = \frac{\Delta m}{s.t} \qquad \text{III.1}$$

S : la surface exposée en cm^2.

t : le temps d'exposition dans la solution en heure.

Δm (mg) : la perte de masse moyenne de l'acier (le taux de corrosion) del'échantillon.

III.2 Efficacité inhibitrice

L'efficacité inhibitrice (E%) des composés étudiés est calculée en utilisant larelation suivante :

$$E\% = 1 - V0corr / Vcorr \qquad \text{III.2}$$

V'_{cor} et $V^0{}_{cor}$ Représentent respectivement les valeurs de la vitesse de corrosion en présence et en absence de l'inhibiteur.

La vitesse de corrosion peut être déterminée par plusieurs méthodes classiquement utilisées par les expérimentateurs. Dans cette étude, nous avons utilisé la méthode la plus simple : Méthode gravimétrie (perte de masse).

III.3 Matériels et techniques :

III.3.1 Matériel végétal :

La plante de l'Absinthe récolté dans le village d'Ain zarga commune de Sidi boubker Wilaya de Saida.

III.3.2 Extraction des huiles essentielles :

L'extraction des huiles essentielles de la partie aérienne de la plante a été effectuée par hydro-distillation dans un appareil appelé Clevenger (figure III.1) d'écrit à la

pharmacopée française (1928) **[1].**

La distillation a été réalisée par ébullition dans un ballon tri cols de 100 g de matière végétale avec 600 ml d'eau, l'ensemble est porté à ébullition pendant 3 heures, les vapeurs d'eau chargées d'huiles essentielles, en traversant le réfrigérant se condensent et chutent dans une ampoule à décanter , l'eau et l'huile se séparent par différence de densité.



Figure III.3: Montage utilisé pour l'extraction des huiles essentielles de l'absinthe par laméthode d'hydro-distillation.



Figure III.2 : Huile essentielle de l'Absinthe**.**

Après la récupération de l'huile dans une bouteille en verre, nous avons constaté que la couleur de cette huile est bleu pas jaune (figure III.2), et cela peut être due à la composition de l'absinthe.

III.4 Détermination du rendement en huile essentielle :

Le rendement d'une extraction se calcule par le rapport entre la masse de l'huile essentielle extraite et la masse de la matière première végétal. Le rendement expriméen pourcentage est calculé par la formule suivante :

$$R(\%) = (M_{HE} / M_{MV}). 100 \qquad \text{III.3}$$

R : rendement de l'extraction en ٪

$\mathbf{M_{HE}}$ **:** masse de l'huile essentielle extraite en (g).

$\mathbf{M_{MV}}$ **:** masse de la matière végétale en (g).

R(%) = (0,20/100).100= 0,20%

Le rendement en HE de l'Absinthe égale à 0,20 %.

La valeur de rendement est très petite car la récupération de l'huile de 'Absinthe est très difficile, cette, malgré nous avons essayé plusieurs repris augmenter la valeur.

III.4.1 Matériau utilise :

Les études sont effectuées sur un échantillon en acier au carbone C38. L'électrode de travail (acier) subit avant chaque essai, un prétraitement, qui consiste en un polissage de la surface de l'électrode par différents abrasifs (1200, 800, 400), suivie d'un rinçage à l'eau distillée, puis dégraissée dans l'acétone, et séché.

La solution corrosive est une solution aqueuse de H_2SO_4 1M, la température du milieu est maintenus à 25°C.

III.4.2 Préparation des solutions :

La solution corrosive est une solution de H_2SO_4 1M (avec ou sans inhibiteur) obtenue par dilution. La gamme de concentrations utilisée pour l'inhibiteur varie entre 0,5 g et 2,5 g/l.

III.4.2 Dispositif expérimental de corrosion avec inhibiteur

Une fois la préparation de l'état de surface est achevé, l'échantillon est pesé et introduit immédiatement dans l'électrolyte sans et avec l'inhibiteur (HE) (H_2SO_4 1M de volume 100 ml). Après une durée d'immersion bien déterminée (1h, 4h, 24h), les pièces sont lavées, séchées puis pesées.

III.5 Variation de la vitesse de corrosion et l'efficacité de l'huile essentielle de l'Absinthe :

La vitesse de corrosion de l'acier est calculée à partir des mesures de perte de masses de chaque essai. Les échantillons sont immergés dans H_2SO_4 1M sans et avec l'addition de différentes concentrations d'huile essentielle de l'Absinthe (Abs). Ces concentrations varies de 0,5 à 2,5g/l à des temps d'immersion différents (1 h, 4 h et 24 h).

La vitesse est déterminée après un temps d'immersion à une température de 25°C.

Les valeurs de la vitesse de corrosion sont regroupées sur le tableau III.1.

Tableau III.1 : Vitesse de corrosion et l'efficace d'inhibition de la corrosion de l'acier dans H_2SO_4 1M à 25 °C en l'absence et en présence de différentes concentrations de l'huile essentielle de l'Absinthe à différents temps d'immersion (1 h, 4 h et 24 h).

Concentration (g/l)	La vitesse (mg /cm².h)			E %		
	1 h	4h	24h	1h	4h	24h
0	0,243	1,231	1,80	-	-	-
0,5	0,2	0,550	0,551	17,71	55,32	69,38
1	0,164	0,29	0,461	32,51	76,44	74,38
1,5	0,141	0,223	0,360	41,97	81,88	80,00
2	0,118	0,197	0,303	51,44	83,99	83,16
2,5	0,091	0,167	0,281	62,55	84.38	86,43

Les valeurs de tableau III.1, montre que la vitesse de corrosion diminue avec l'augmentation de concentration de l'huile de l'Absinthe dans H_2SO_4 1M, qui indiquant que cet huile possède d'excellente propriétés inhibitrices de la corrosion de l'acier, expliquant aussi que l'adsorption de l'huile augmente sur la surface de l'acier et empêchant la dissolution de l'acier.

On constate aussi que la vitesse de corrosion diminue légèrement à partir une concentration de 2 g/l à 2,5 g/l pour les trois temps d'immersion (1 h, 4 h et 24 h).

En remarquons aussi que l'efficacité inhibitrice de corrosion augmente en fonction de la concentration de l'huile essentielle et aussi en fonction du temps d'immersion, par exemple à un temps d'immersion de 1h, elle est de l'ordre 62,55 % pour une concentration de 2,5 g/l de l'huile, alors qu'elle était avant de l'ordre de 32,51 % pour une concentration de 1 g/l. Pour un temps de 4 h d'immersion l'efficacité augmente à une valeur maximale 86,43 % en présence d'une concentration 2,5g /l de l'huile essentielle.

L'effet de la concentration de l'inhibitrice de l'HE de l'Absinthe à 25°C sur la vitesse de corrosion et

la variation de l'efficacité inhibitrice en milieu H_2SO_4 1M est illustré sur les deux figures suivant :

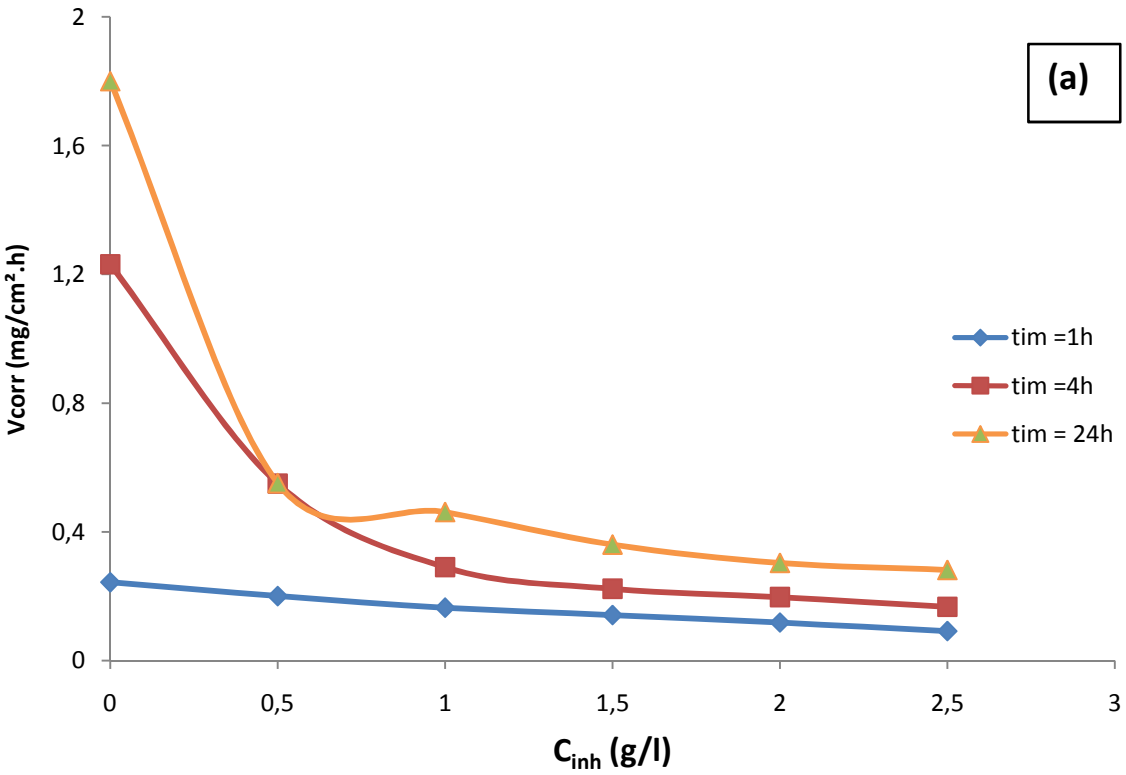


Figure III.3 : Évolution de la vitesse de corrosion de l'acier à différentes concentrations de l'HE de l'Absinthe en fonction du temps d'immersion (1h,4h et 24h) dans H_2SO_4 1M, et à T=25 °C.

La figure montre clairement la diminution de la vitesse de corrosion avec l'ajout de l'HE de l'Absinthe à différentes concentrations pour les deux temps d'immersion (4h et 24h). Cette diminution est plus remarquable à t_{im}= 24h par contre elle est légèrement régulière pour un temps t_{im} = 1h. Cette figure montre aussi la stabilité de la vitesse après l'ajout de 2 g/l de l'huile pour les trois temps d'immersion. L'allure de ces courbes montre qu'une grande quantité d'huile s'absorbe en première temps surtout pour les deux temps d'immersion (4h et 24h) et après une légèrement quantité peut s'adsorber. Cela peut être indiqué que l'HE de l'Absinthe qui s'absorbe sur la surface de l'acier bloquant les sites actifs de l'acier empêchant la dissolution de l'acier.

Evolution de Vitesse de corrosion (Vcorr) (a) et l'efficacité inhibitrice (EI%) (b), déterminée par gravimétrie, en fonction de la concentration ou milieu H_2SO_4 1M.

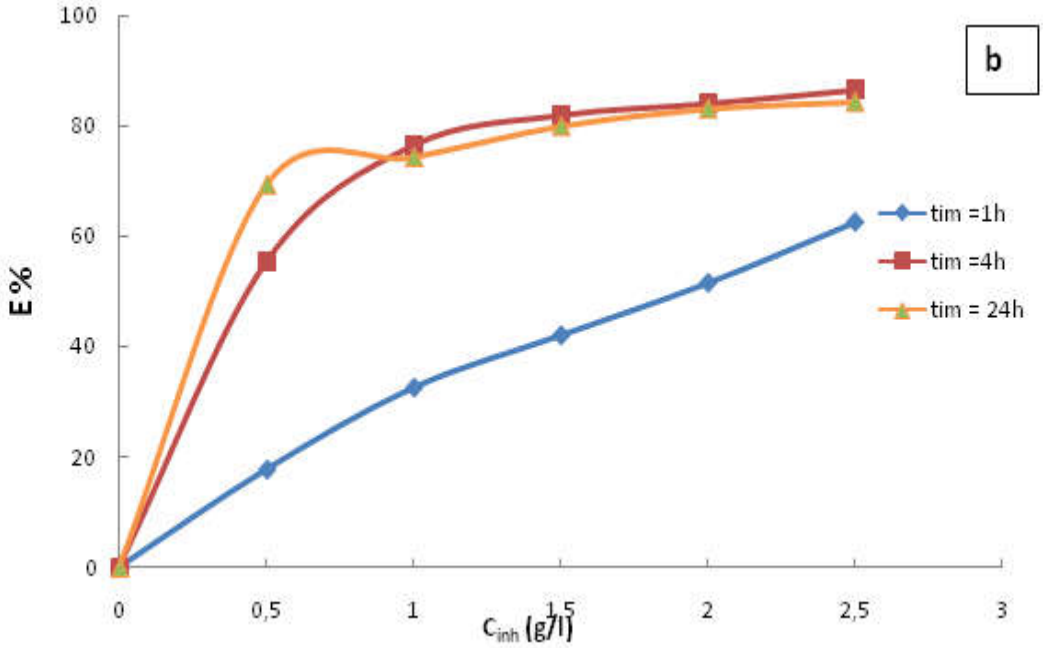


Figure III.4: Évolution de l'efficacité inhibitrice de corrosion de l'acier à différentes Concentrations de l'HE de l'Absinthe en fonction du temps d'immersion dans H_2SO_4 1M, pour Des Temps d'immersion (1h ,4h et 24h) et à T = 25°C**.**

D'après cette figure, nous remarquons que l'efficacité inhibitrice augmente en fonction de concentrations de l'huile et avec le temps d'immersion (1h ,4h et 24h), cependant, elle est plus grande dès qu'on ajoute une petite quantité de l'huile essentielle de l'Absinthe pour les deux temps d'immersion (4 h et 24 h). Ceci nous permet de dire que l'adsorption de l'huile nécessite une quantité bien déterminée et un temps bien étudié afin d'avoir une bonne efficacité.

III.6 Isotherme d'adsorption:

Les isothermes d'adsorption sont très importantes pour déterminer le mécanisme d'adsorption. L'efficacité d'inhibition dépend:

- Du taux de recouvrement de la surface métallique par les molécules d'inhibiteur;
- De la fixation de la molécule d'inhibiteur sur le métal;
- De la stabilité du complexe qui dépend de la planéité de la molécule;

Dans notre travail, nous avons choisi le modèle adsorption le plus adéquat (Langmuir). Langmuir suppose l'existence à la surface d'un nombre fixe de site énergiquement

identique, chaque site ne peut adsorber qu'une seule particule.

Le taux de recouvrement (θ) pour différentes concentration s est détermine à partir des mesures gravimétrique par l'équation suivant **[2]:**

$$\theta = \frac{m_0 \ \ m_{in}}{m_0 \ \ m_m} \qquad \textbf{III.4}$$

Le réaménagement de cette relation donnée:

$$\frac{C_{inh}}{\theta} = \frac{1}{K} + C_{inh} \qquad \textbf{III.5}$$

La constante d'adsorption K est liée à l'énergie libre standard d'adsorption (ΔG_{ads}) par l'équation de van 'thoff **[3]:**

K:désigné le coefficient d'adsorption

C_{inh}: la concentration de l'inhibiteur dans la solution.

R: la constante de gaz par fait en ($J.mol^{-1}.K^{-1}$).

55,5 : est la concentration de l'eau en solution ($mol.l^{-1}$).

T:la températureen(K)

$$K = \frac{1}{55,5} e^{\frac{\Delta G_{ads}}{RT}} \qquad \textbf{III.6}$$

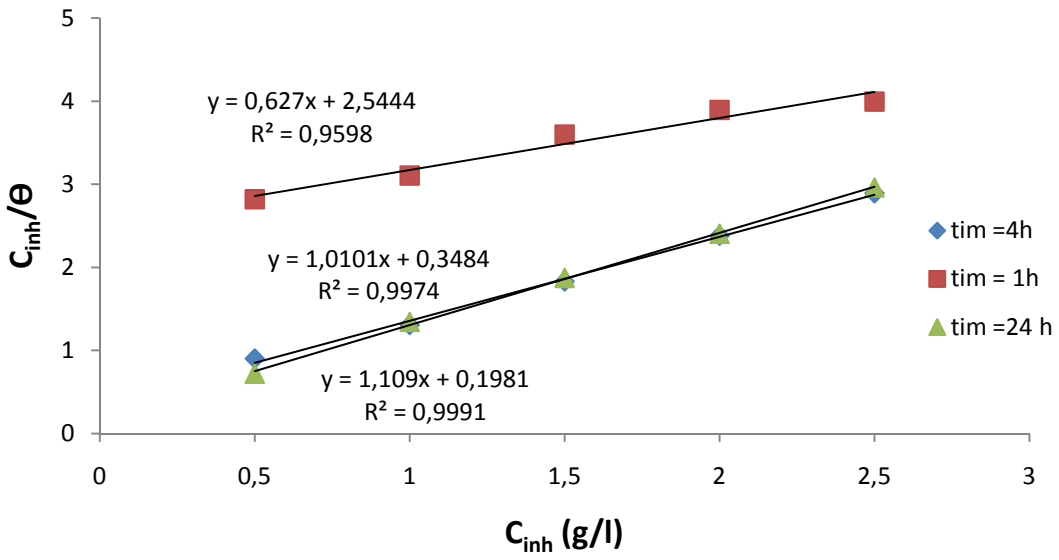


Figure III.5 : isotherme d'adsorption de Langmuir ($C_{inh}/_{\theta}$ en fonction C_{inh}) de l'huile essentielle de l'Abs. Temps d'immersion : 1h ,4h et 24h à T = 25°C.

Le tracé C_{inh}/θ en fonction de la concentration de l'huile de l'Absinthe pour les trois temps d'immersion (1h, 4h et 24h) à 25°C en H_2SO_4 donne une droite. Cela montre que l'adsorption de l'HE de l'Absinthe sur la surface de l'acier en milieu H_2SO_4 obéit l'isotherme d'adsorption de Langmuir. A cet effet, nous pouvons dire que l'adsorption de l'huile sur la surface de l'acier est monocouche, limitant forcement l'infiltration de l'électrolyte vers le substrat.

L'ordonnée à l'origine de cette droite donne la valeur 1/K et à partir de cette valeur, on déduit la valeur de K.

Les valeurs de K et de ΔG_{ads} sont résumées dans le tableau suivant:

Tableau III.2 : Paramètre thermodynamique de l'adsorption de l'HE de l'Absinthe sur la surface de l'acier à différentes concentrations en fonction du temps d'immersion (1h ,4h et 24h) dans H_2SO_4 1M à25C°.

t_{im} (h)	K (l/g)	$-\Delta G°_{ads}$ (kJ.mol^{-1})
1	0,393	8,04
4	2,873	12,33
24	5,05	14,34

Les valeurs négatives- ΔG°_{ads} indiquent que le processus d'adsorption est spontané indique qu'est la stabilité de la monocouche adsorbée à la surface métallique.

Généralement les valeurs absolues de - ΔG°_{ads} voisines de 20 KJ.mol^{-1} ou inferieures, sont liées à des interactions électrostatiques entre les molécules chargées et le métal chargé (physisorption), alors que celle proches de -40 KJ.mol^{-1}ou supérieure s'impliquent un transfert de charges entre les molécules organiques et la surface métallique (chimisorption) **[4].**

Alors les valeurs de - ΔG°_{ads} calculées, dans notre étude, sont inférieures à - 20 KJ.mol $^{-1}$ ce qui, indiquent que l'adsorption la plus dominante de l'HE de l'Absinthe sur la surface de l'acier est de type physique.

III.6.1 Mécanismes de dissolution de l'acier en milieu HCl contient de l'huile essentielle de l'Absinthe:

Le très grand nombre de recherches menées sur la corrosion de l'acier en milieu HCl. Quelques auteurs ont proposé le mécanisme de la corrosion de l'acier dans le milieu acide **[5],** suivant les réactions:

$$Fe + A^{n-} \rightarrow (FeA^{n-})_{ads} \qquad \textbf{III.7}$$

$$(FeA^{n}-)_{ads} \rightarrow (FeA^{n-})ads + ne- \qquad \textbf{III.8}$$

$$(FeA^{n+})_{ads} \rightarrow (Fe^{2}+)ads + A^{n-} \qquad \textbf{III.9}$$

L'évolution cathodique de l'hydrogène est représentée par les réactions suivantes:

$$Fe+H^{+} \rightarrow (FeH^{+})_{ads} \quad \textbf{III.10}$$

$$(FeH^{+})_{ads} + ne^{-} \rightarrow (FeH)_{ads} \quad \textbf{III.11}$$

$$(FeH^{+})_{ads} + H^{+} + ne^{-} \rightarrow Fe + H_2 \quad \textbf{III.12}$$

III.7 Effet de la température du milieu :

La température est l'un des facteurs pouvant modifier le comportement des matériaux dans un milieu corrosif donné ainsi que l'efficacité inhibitrice d'un composé. En générale lorsque la température augmente des changements sur l'action des inhibiteurs apparaissent.

Cette partie du travail consiste à étudier l'effet de l'augmentation de la température du milieu H_2SO_4 1M sur les propriétés anti corrosion de l'acier pour une concentration optimale l'HE de l'Absinthe (2 g/l).

L'étude de l'effet de température peut nous renseigner sur la détermination de l'énergie d'activation (E_a), de l'enthalpie d'activation (H_{ads}) et de l'entropie d'activation du processus de corrosion (S_{ads}).

III.8 Vitesse de corrosion de l'acier:

Nous avons effectué des testes de perte de masse de l'acier dans H2SO4 1M sans et avec l'addition de l'HE de l'Abs (2g/l), à différentes températures, compris entre 25 et 50°C, avec un temps d'immersion (1h ,4h et24h).

Tableau III.3 :

Température (°C)		V_{corr} (mg/cm^2.h)			E %		
		t_{im} = 1h	t_{im} = 4h	t_{im} = 24h	t_{im} = 1h	t_{im} = 4h	t_{im} = 24h
25	**Blanc**	0,243	1,231	1,80	-	-	-
	2,5 g/l	0,091	0,167	0,281	62.55	86,43	84.38
30	**Blanc**	0,343	1,868	2,342	-	-	-
	2,5 g/l	0,131	0,311	0,467	61.80	83,35	80,05
40	**Blanc**	0,713	3,011	3,842	-	-	-
	2,5 g/l	0,3	0,755	0,884	57,92	74.92	76,99
50	**Blanc**	1,587	4,142	5,000	-	-	-
	2,5 g/l	0,584	1,443	1,752	54,63	65,16	64,96

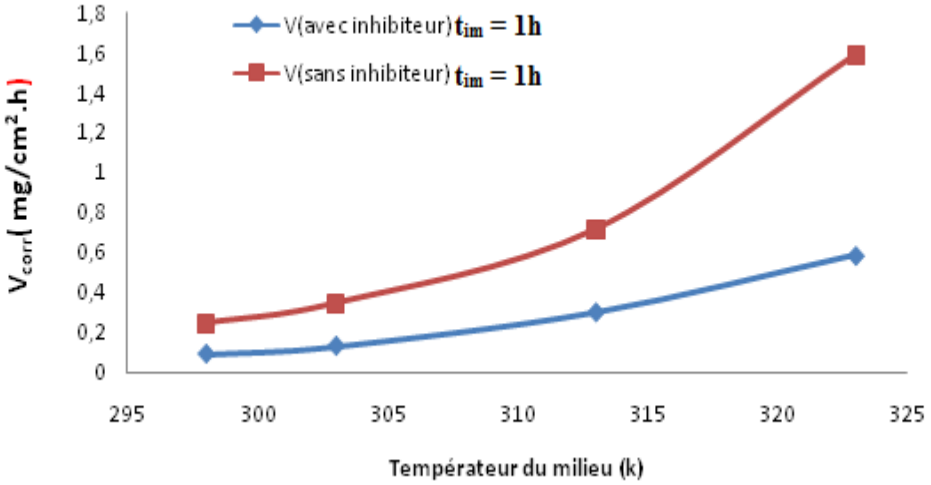


Figure III 6: Variation de la vitesse de corrosion de l'acier en fonction de la température du milieu H_2SO_4 1M. Sans et avec inhibiteur. Concentration de l'huile essentielle = 2g/l pour t_{im} = 1h.

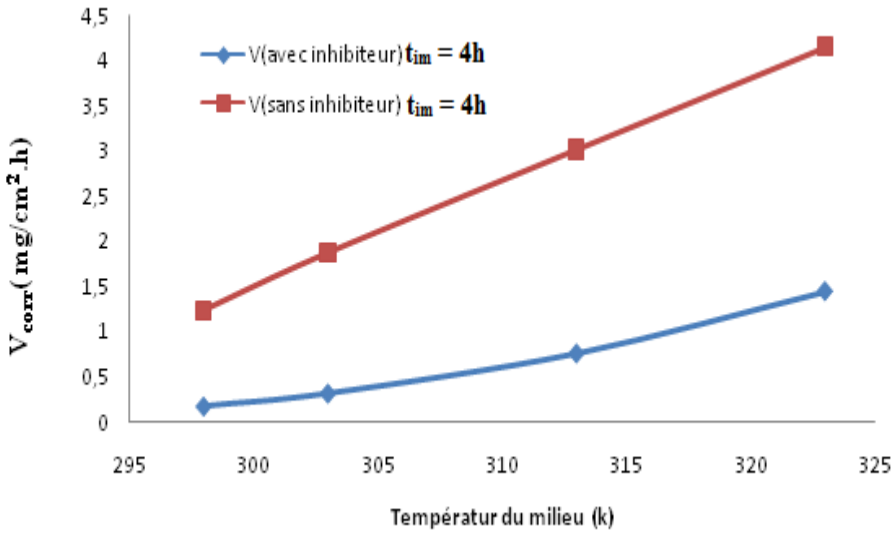


Figure III 7: Variation de la vitesse de corrosion de l'acier en fonction de la température du milieu $H_2SO_4$1M. Sans et avec inhibiteur. Concentration de l'huile essentielle = 2g/l pour t_{im} = 4h.

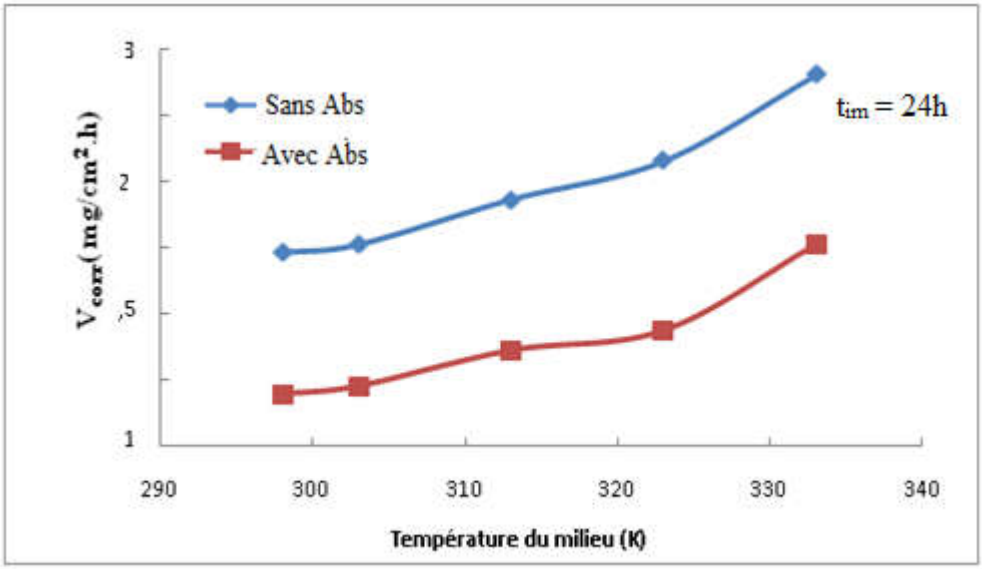


Figure III.8 : Effet de la température sur la vitesse de corrosion de l'acier dans H_2SO_4 1M en absence et en présence l'HE de l'Absinthe pour t_{im}=24h.

D'après les figure nous constatons que l'augmentation de la vitesse de corrosion de l'acier est en fonction de la température du milieu, malgré la présence une concentration optimale de l'HE de l'Abs (2g/l), ce qui explique que la couche formée sur la surface de l'acier par l'adsorption de l'huile est détruite de plus en plus par l'augmentation de la température permettant l'infiltration de l'électrolyte vers les ubstrat ce qui conduisant à la dissolution de l'acier.

III.9 loi d'Arrhenius:

La dépendance de type d'Arrhenius observés entre la vitesse de corrosion et la température, nous a enfin permis de calculer la valeur de l'énergie d'activation du processus de corrosion (E_a) à différentes températures, en l'absence et présence de l'inhibiteur, selon la relation suivante**[3]:**

$$\log(Vcorr) = \log(A) - \frac{Ea}{2{,}303\ RT} \qquad \textbf{III.13}$$

- V_{corr} : la vitesse de corrosion (mg. $cm^2.h^{-1}$).
- E_a : l'énergie d'activation (KJ. mol^{-1}).
- R : la constante de gaz parfait en (J. $mol^{-1}.K^{-1}$).

Nous avons ainsi procédé au tracé de la variation du logarithme de la vitesse de corrosion de l'acier dans H2SO4 1M sans et avec l'HE de l'Abs pour un temps d'immersion (t_{im}=1h,4h et 24h) en fonction de l'inverse de la température du milieu.

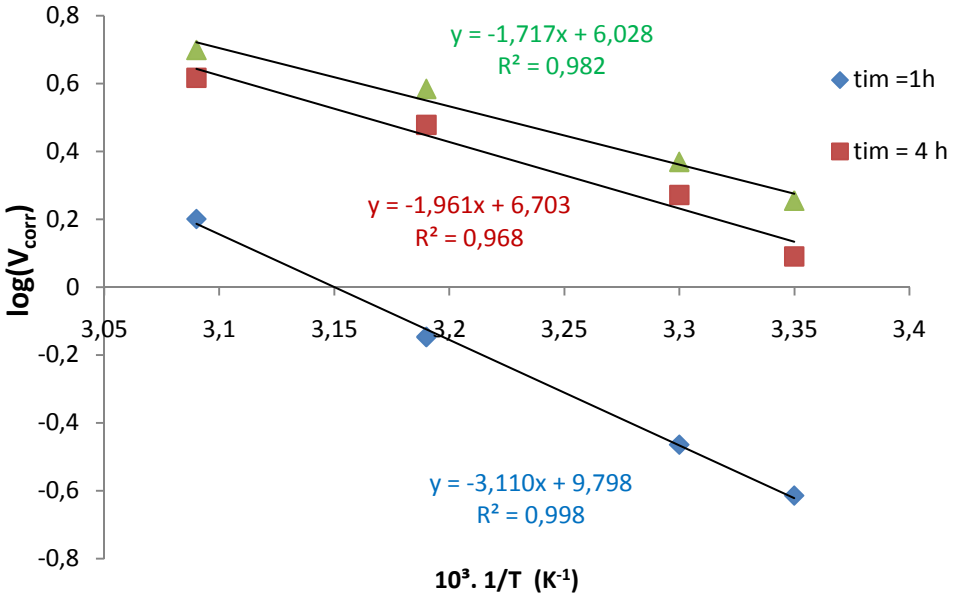


Figure III.9: Droites d'Arrhenius de la dissolution du l'acier dans H2SO4 1M à différentes températures en absence de l'huile essentielle de l'Absinthe à différents temps d'immersion

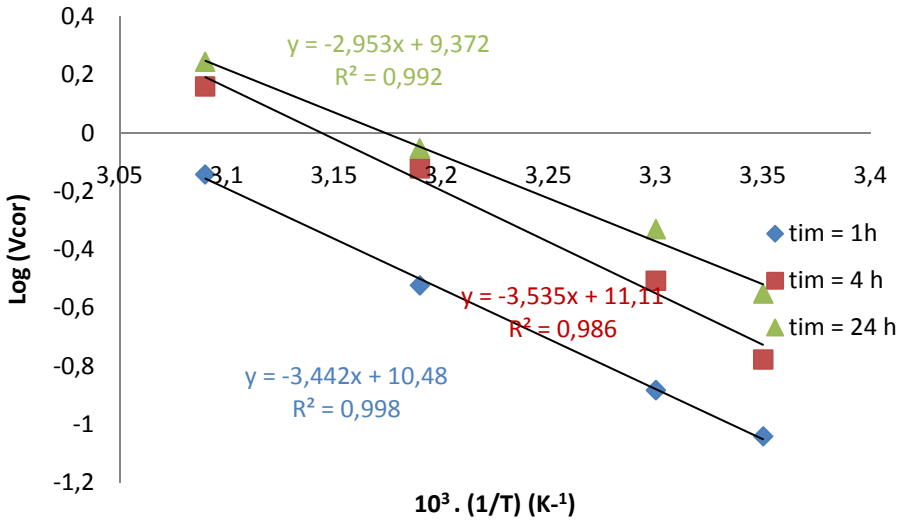


Figure III.10 : Droites d'Arrhenius de la dissolution du l'acier dans H_2SO_4 1M à différentes températures en présence de l'huile essentielle de l'Absinthe à différents temps d'immersion

Ces courbes montrent que la variation du log (V_{corr}) en fonction de l'inverse de la température est sensiblement linéaire est suite la loi d'Arrhenius aussi bien en absence qu'en présence de l'Absinthe (R^2, le coefficient de corrélation est d'environ 1). Ces résultats nous a permis de calculer les valeurs de l'énergie d'activation à partir de la pente ($-E_a /R$).

Les valeurs d'énergies d'activation sont calculées à partir des pentes des droites d'Arrhenius (Figure et).Les valeurs obtenues sont regroupées sur le tableau suivant.

Tableau III.4: Les valeurs d'énergies d'activation sans (E_a) ou avec l'Abs (E_a^{inh}) pour l'acier différentes températures du milieu à t_{im}=1h,4h et 24h

E_a (kJ.mol^{-1})	Temps d'immersion (h)		
	1	**4**	**24**
Sans HE de l''Absinthe	59 ,51	37,52	32,85
Avec HE de l'Absinthe	65,87	67,63	56,51

D'après le tableau, nous constatons que les valeurs de l'énergie d'activation obtenues en présence l'HE de l'Absinthe sont supérieures qu'en absence. Cependant nous pouvons dire que l'augmentation de l'énergie d'activation en présence de l'huile peut être attribuée à la physisorption de l'inhibiteur sur la surface de l'acier carbone **[6,7].**

En 1965, radovici propose un classement des inhibiteurs reposant sur cette comparaison, il distingue **[8,9]:**

- Les inhibiteur pour lesquels $\mathbf{E_a^{inh} > E_a}$ qui s'adsorbent sur le substrat par des liaisons de nature électrostatique (liaison faible), ce type de liaison sensibles à la température ne permet pas de lutte efficacement contre la corrosion quand la température augmente.
- Les inhibiteur pour les quels $\mathbf{E_a^{inh} < E_a}$ ces inhibiteur présentent quant à eux, une augmentation du pouvoir protecteur avec la température, les molécules organiques de inhibiteur s'adsorbent à la surface métallique par des liaisons fortes (chimisorption).
- Les inhibiteur pour lesquels $\mathbf{E_a^{ihn} = E_a}$ cette catégorie ne présente pas d'évolution du pouvoir protection avec la température, très peu de composé appartiennent à cette dernière catégorie.

III.10 L'enthalpie et l'entropie d'adsorption:

Une formule alternative de l'équation d'Arrhenius permet la détermination de l'enthalpie et de l'entropie, selon l'équation suivante **[10]:**

$$Vcorr = \left(\frac{RT}{Nh}\right) \exp\left(\frac{H_{ads}}{RT}\right) \exp\left(\frac{S_{ads}}{R}\right) \qquad \textbf{III.14}$$

V_{corr}: la vitesse de corrosion de l'acier. ΔH_{ads} : l'enthalpie d'adsorption (J. mol^{-1}).

ΔS_{ads} : l'entropie d'adsorption (J. $mol^{-1}.K^{-1}$).

R : la constante de gaz parfait en (J. $mol^{-1}.K^{-1}$).T : la température absolue (K).

N : nombre d'Avogadro (6,022 $.10^{23}$ molécule. mol^{-1}).h: constant de plank (6,626.10^{-34} j.sec.mol^{-1}).

les figures III.11 et III.12 représentent la variation du ln (V_{cor}/T) en fonction de l'inverse de la température du milieu sans et avec 2g/l de l'huile essentielle de l'Absinthe respectivement.

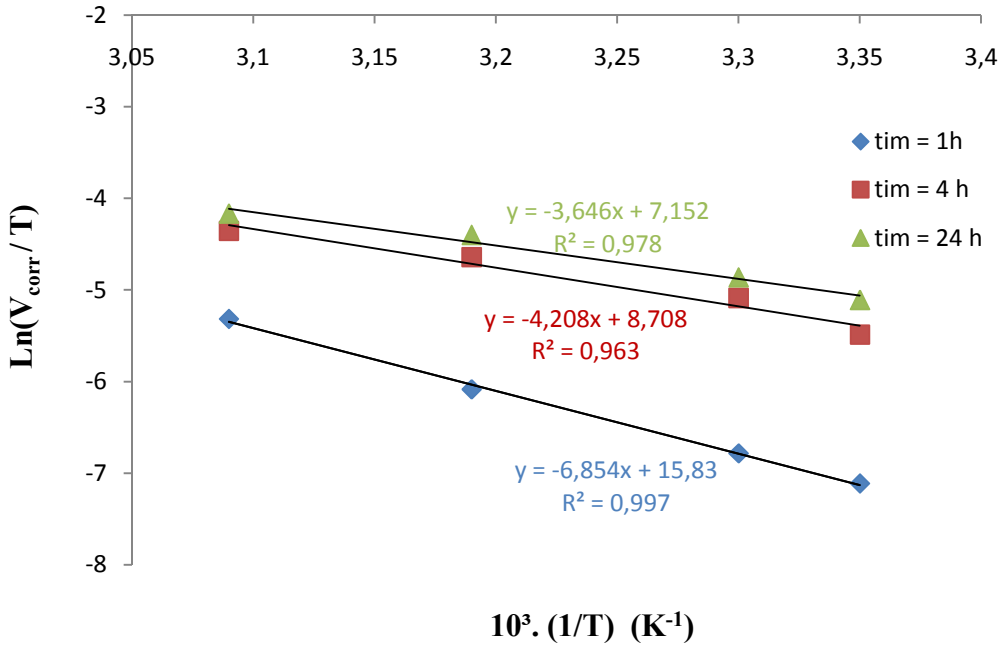


Figure III.11: Variation de ln(v_{cor}/T) en fonction de l'inverse de la température du milieu sans l'Absinthe dans H_2SO_4 1M pour les trois temps immersion.

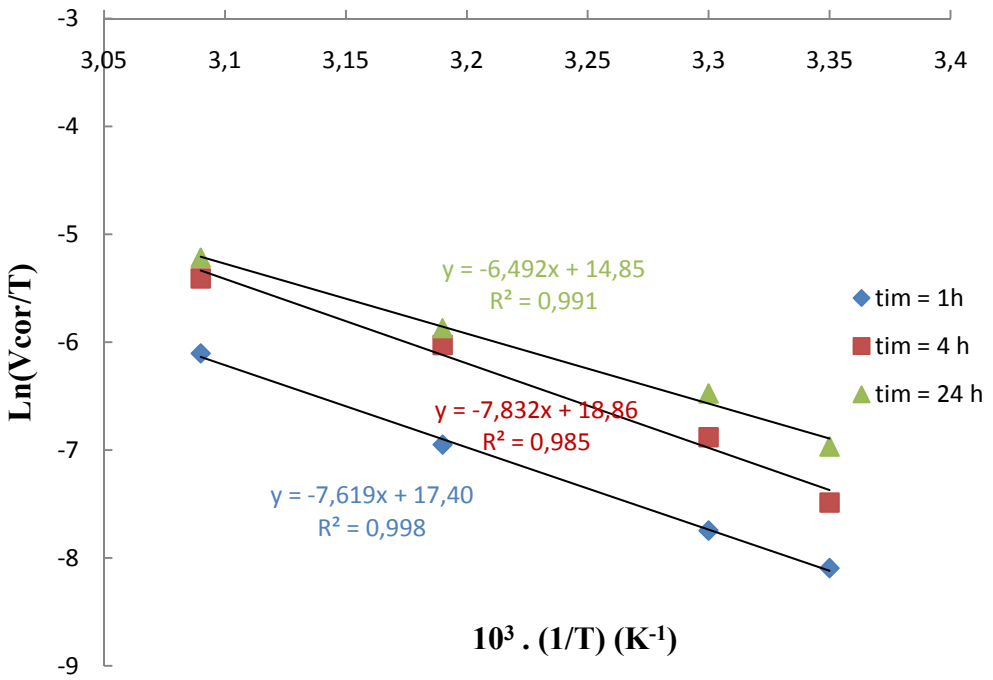


Figure III.12: Variation de ln(V_{corr}/T) en fonction de l'inverse de la température du milieu avec l'Abs dans H_2SO_4 1M pour les trois temps immersion.

Les valeurs de ΔH_{ads}et les valeurs des ΔS_{ads} sont résumées dans les tableaux suivant:

Tableau III.5: Paramètre thermodynamique en absence et présence de l'HE de l'Absinthe sur la surface de l'acier à différentes températures.

	ΔH_{ads} (KJ.mol^{-1})		
	t_{im}= 1h	**t_{im}= 4h**	**t_{im}= 24h**
Sans HE de l'Absinthe	56,95	34,96	30,29
Avec HE de l'Absinthe	63,31	65,08	53,94
ΔS_{ads} (J.mol^{-1}.K^{-1})			
	t_{im}= 1h	**t_{im}= 4h**	**t_{im}= 4h**
Sans HE de l'Absinthe	-65,85	-125,08	- 138,00
Avec HE de l'Absinthe	- 52,72	- 60,66	- 74,00

D'après les résultats obtenus, nous concluons que:

Les valeurs positives de ΔH_{ads} indiquent l'existence du phénomène d'adsorption endothermique de l'huile à la surface de l'acier, d'autre cas les valeurs élèves et négative de l'entropie ΔS_{ads} signifier qu'il y'a diminution du désordre lors de la transformation des réactif en complexe fer-molécule active dans la solution.

Les données thermodynamiques confirment la physisorption d'HE de l'Absinthe sur la surface de l'acier en milieu H2SO4 1M.

III.11 Etude électrochimiques :

Les essais électrochimiques constituent une méthode plus complète pour obtenir des Informations électrochimiques importantes et plus fiable puisqu'elles étudient la base du

Phénomène de corrosion, le processus électrochimique. Ces essais apportent d'intéressantes

Indications quant au mécanisme d'action de l'inhibiteur, et, dans la mesure où elles sont Correctement interprétées, sur la vitesse des processus de corrosion à l'instant où est faite la mesure, ce qui rend de toute façon nécessaire une étude en fonction du temps **[11].**

Les expériences électrochimiques sont effectuées dans une cellule cylindrique, en verre contenant 100 ml de l'électrolyte. La cellule est équipée d'un montage conventionnel à trois électrodes, il s'agit de : l'électrode de travail ; la contre-électrode et l'électrode de référence :

L'électrode de travail est constituée d'un barreau cylindrique en acier C38

L'électrode de référence utilisée est une électrode au calomel saturé (ECS)

La contre-électrode appelée aussi électrode auxiliaire est en Platine (CE),

Les mesures électrochimiques stationnaires sont réalisées à l'aide d'un appareil Voltalab, muni de l'unité potentiostat-galvanostat Type RADIOMETER PGP 201, piloté par un micro-ordinateur doté d'un logiciel « Volta Master 4 ». Les courbes de polarisation sont obtenues en mode potentiodynamique. Le temps d'immersion de l'électrode de travail est de 30 minutes. Les branches anodique et cathodique ont été obtenues consécutivement de -750 mV/ECS jusqu'à -200 mV/ECS avec une vitesse de balayage égale à 1 mV/s.

Les courbes de polarisation ont été effectuées dans les solutions de l'acide sulfurique 1 M.

Les courbes de polarisation de l'acier au carbone en l'absence et en présence de différentes Concentrations des HE de l'Absinthe H_2SO_4 1M à 25°C sont illustrées aux figures 13 ci-dessous.

$$\mathbf{EI\%} = \frac{\mathbf{I_{corr}} \quad \mathbf{I_{inh}}}{\mathbf{I_{corr}}} \mathbf{x100} \qquad \textbf{III. 15}$$

Où I_{corr} et I_{inh} sont les densités de courant sans et avec inhibiteur respectivement, qui ont été déterminés par extrapolation des droites cathodiques et anodiques de Tafel.

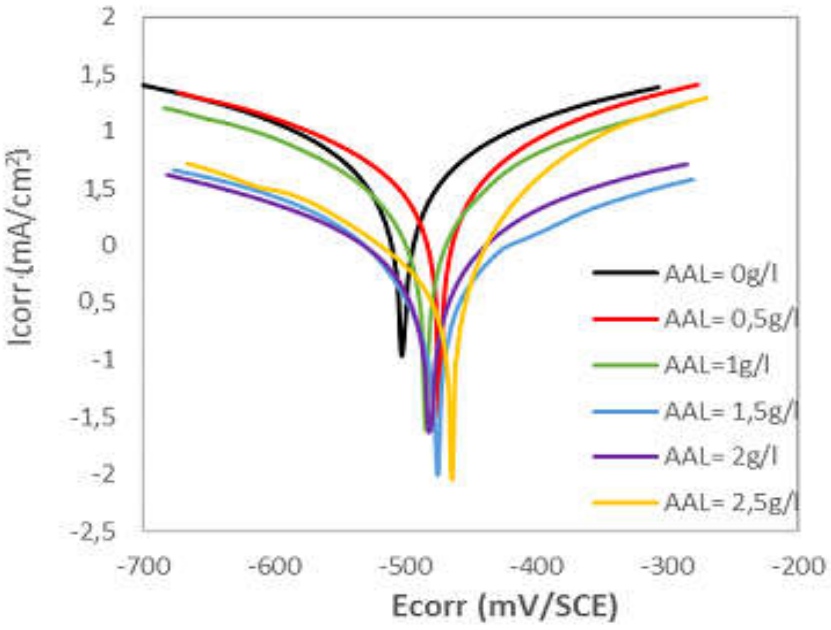


Figure III. 4: Courbes de polarisation de l'acier C38 dans H_2SO_4 1M obtenues à 25°C à différente concentrations des inhibiteurs *: (A) Artemisia Absinthium (AAL).*

La présence de l'inhibiteur de corrosion (huile essentielle) provoque une diminution remarquable de la vitesse de corrosion, c'est-à-dire qu'elle déplace les courbes anodique et cathodique vers des densités de courant (I_{corr}) plus faibles.

Les courbes de polarisations obtenues, montrent que les réactions anodiques et cathodiques sont affectées par l'ajout des inhibiteurs.

Dans le domaine cathodique, l'addition des différents inhibiteurs provoque une diminution du courant

Partiel cathodique correspondant à la réduction du proton**:**

$$2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow H_2 \qquad \textbf{III.16}$$

Dans notre cas et d'après les résultats du tableau **III.6** l'ajout des inhibiteurs testés provoquent une modification des pentes des droites de Tafel (βa et βc).

Le tableau **III.6** regroupe les valeurs des paramètres électrochimiques obtenues.

L'efficacité inhibitrice est calculée en appliquant la relation suivante :

Tableau* III.6*: Les paramètres électrochimiques et l'efficacité inhibitrice pour différentes

Concentrations en inhibiteurs pour la corrosion de l'acier dans H_2SO_4 1M obtenus par les courbes de Polarisation.

Concentration ***($g.L^{-1}$)***	***-Ecorr*** ***(mV/ECS)***	**Icorr** ***(µA cm-2)***	***βa*** ***($mVdec^{-1}$)***	***-βc*** ***($mVdec^{-1}$)***	***E*** ***(%)***
Blanc	502,1	6,6556	335,4	332,7	**-**
		HE Absinthe			
0.5	473,9	5,8914	299,6	351,1	11,48
1	483,9	2,1615	177,9	187,4	67,52
1.5	476,3	1,5099	496,0	412,7	77,31
2	480,7	1,1412	277,9	356,0	82,85
2.5	465,3	0,7895	95,5	238,7	88,13

Les valeurs sur le tableau **III.6** révèlent que la densité de courant de corrosion (I_{corr}) diminue en fonction de l'augmentation de la concentration de l'inhibiteur, ce qui induit à l'augmentation de l'efficacité inhibitrice atteignan un maximum de 88,13 % à 2,5 g/L de l'Absinthe Cet accroissement suggère que les inhibiteurs forment une couche protectrice sur la surface de l'acier bloquant le processus de corrosion,

Ceci confirme le caractère inhibiteur de la corrosion de l'huile essentielle étudiée obtenues précédemment à l'aide des mesures de perte de poids.

L'ajout d'inhibiteur provoque un léger déplacement de potentiel de corrosion (E_{corr}) vers le sens positive indiquant que les inhibiteurs étudiés peuvent être organisé comme un inhibiteur anodique et que les molécules inhibitrices sont plus adsorbées sur les sites anodiques, ce qui entraîne une inhibition des réactions anodiques.

Référence :

[1] M. Badiaga « étude ethnobotanique, phytochimique et l'activité biologique de nauclea latifolia Smith, une plante médicinale africaine récolté au mali », université blaise pascale, thèse doctorat (2012).

[2] L. Sail, F. Ghomari, A. Bezzar, O. Benali, « la perte de masse dans l'inhibition de corrosion d'un acier », le banese science journal. Vol.14. P87-106. (2013).

[3] L. Larabi, O. Benali, Y. Harek « corrosion inhibition of copper in 1M HNO3solution by N-phényl oxalic dihydrazide and oxalic N-phényl hydrazide, N- phényl thiosemicarbazide », portugaliae électrochimica Acta 24, 337-3346(2006).

[4] M. A. Khenadeki « étude théorique et expérimentale de l'effet d'inhibition de la Corrosion d'un l'acier au carbone par les dérivé de basse en milieu chlorhydrique », Université Abou Bekr belkaid -Tlemcen, mémoire de magister (2013).

[5] A. Singh, I. Ahmad, V. K. Singh, & M. A. Quraishi, Journal of Solid State Electrochemistry, 15,1087–1097, (2011).

[6] J. Crousier, C. Antonione, Y. Massiani et J. P. Crousier, Materials Chemistry, 7 (1982) 587.

[7] T. Szauer, A. Brandt, Electrochim. Acta, 26, 1257 (1981).

[8] M. Faustin « étude de l'effet des alcaloides sur la corrosion de l'acier C38 en milieu HCl 1M, université des Antilles et de la guyane, thèse de doctorat (2013).

[9] S. Saadoune « synthèse et caractisation d'inhibiteur bi fonctionnes application à la Corrosion des aciers de construction » université Ferhat Abbas- Sétif, mémoire de magistère (2010)

[10] M. Lebrini « synthèse et études physico- chimique de nouveaux thiadiazoles inhibiteur de corrosion de l'acier en milieu acide », université de Lille, thèse de doctorat (2005).

[11] Bentiss F. (2006). " hétérocycles penta-atomiques : synthèse organique, étude des propriétés inhibitrices de la corrosion et des propriétés complexantes " thèse de doctorat, Université des sciences et Technologies de Lille

Conclusion Générale

Conclusion :

L'objectif de ce travail est étudié les propriétés d'un nouveau inhibiteur de corrosion dit inhibiteur vert (huile essentielle). Cet inhibiteur est non toxique et biodégradable.

L'obtention de l'huile essentielle de la partie aérienne des plantes *d'Artemisia Absinthium L* a été accomplie par hydro-distillation à l'aide d'un dispositif de type Clevenger.

Ce travail est porté sur l'utilisation de l'extrait *d'Artemisia Absinthium L* afin d'offrir des propriétés inhibitrices de corrosion vis-à-vis de l'acier C38 en milieu acide sulfurique.

Notre travail est concentré sur l'évaluation du pouvoir inhibiteur de l'huile essentielle de l'Absinthe sur l'acier au carbone en milieu H_2SO_4 1M. Nous avons utilisé la méthode gravimétrique et électrochimique (courbe de polarisation) pour étudier l'influence de la concentration, du temps d'immersion et de la température du milieu sur le comportement de processus de corrosion en absence et en présence d'inhibiteur.

Les résultats obtenus montrent que la vitesse de corrosion diminuée tandis que l'efficacité croit avec la concentration de l'huile essentielle de *l'Artemisia Absinthium L* et atteinte d'une valeur maximale de 86,43 % à une concentration de 2,5 g/l.

L'effet du temps d'immersion a également été réalisé, cette étude effectuée pour une concentration de 2,5 g/l a permis d'avoir des informations sur la stabilité de la couche inhibitrice formée sur la surface métallique.

La variation linéaire de C/Θ avec leur concentration, montrent que l'effet inhibiteur suit l'isotherme de Langmuir, signifiant que l'adsorption de l'huile essentielle de l'Absinthe est monocouche limitant l'infiltration de l'électrolyte vers le substrat. La valeur négative de ΔG°ads montre que le processus d'adsorption est spontané sur la surface de l'acier.

Une approche thermodynamique, se fait permettant de quantifier plusieurs paramètres thermodynamiques à savoir, les énergies d'activation (Ea), les enthalpies d'activation (H°ads) et les entropies d'activation (ΔS°ads). L'énergie d'activation (Ea) en présence l'huile de l'Absinthe est supérieure que celle en absence de l'huile .Cela peut être expliqué que l'huile d'Absinthe s'adsorbe à la surface de l'acier par des liaisons de nature électrostatique (physisorption). La valeur de l'enthalpie d'activation (ΔH°ads) reflète la nature endothermique du processus de dissolution de l'acier et la valeur élevée de l'entropie d'adsorption (ΔS°ads) illustrant que le phénomène

d'adsorption entre les molécules de l'huile et la surface de l'acier est peut être, ce qui donne une couche plus adhérente.

Une autre approche électrochimique montre que la protection de l'acier par la couche de l'huile formé sur sa surface est une protection anodique, cela peut être confirmé par le déplacement du potentiel de corrosion vers le sens positif, et diminution de l'intensité de corrosion

En fin nous souhaiterons que cette étude contribue d'une manière ou d'une autre à la valorisation des produits naturels en tant qu'inhibiteurs biodégradables, ces derniers présentent un intérêt économique important à l'heure où les inhibiteurs organiques synthétisés sont toxiques et très couteux. Nous souhaiterons aussi de prendre en considération l'utilisation des extraits naturels comme additifs anti corrosifs pour les peintures. En effet, l'utilisation de ces extraits naturels permettrait de rompre avec les moyens de protection classique utilisée dans les peintures industrielle à basses aqueuses (résine acrylate ou alkyde). Ils permettraient de supprimé les métaux lourds tels que Zinc présent dans les additifs actuelles et leurs dissémination progressive dans l'environnement.