

Conclusion générale

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 l'huile essentielle de la partie aérienne des plantes Absinthe et Aloès Vera a été accomplie par hydro distillation à l'aide d'un dispositif de type Clevenger.

L'objet de notre travail est porté sur l'utilisation de l'extrait de l'Absinthe afin d'offrir des propriétés inhibitrices de corrosion vis-à-vis de l'acier C38 en milieu acide chlorhydrique 1 M.

La démarche de cette étude s'est articulée autour de deux axes principaux : le premier axe comporte deux cas : le premier cas a été d'isoler des métabolites secondaires et de leur attribuer des propriétés biologiques par les tests activités Biologiques.

Nous avons effectué un screening phytochimique de la plante d'Absinthe afin d'identifier la nature des principaux métabolites secondaires présents. Nous avons identifié la présence des alcaloïdes, des flavonoïdes, des tannins, des quinones libres et des saponines, et l'absence des glycosides dans les organes étudiée de cette plante l'Absinthe. La présence de ces composés permet de repousser à travailler à la protection de l'acier contre la corrosion.

Le deuxième cas a été consacré à l'évaluation du pouvoir inhibiteur de l'huile essentielle de l'Absinthe sur l'acier au carbone en milieu HCl 1M. Nous avons utilisé la méthode gravimétrique pour étudier l'influence de la concentration, du temps d'immersion et de la température du milieu sur les processus de corrosion en absence et en présence d'inhibiteur.

Les résultats obtenus montrent que la vitesse de corrosion diminuée tandis que l'efficacité croît avec la concentration de l'huile essentielle de l'Absinthe et atteinte d'une valeur maximale de 80 % à une concentration de 2 g/l.

L'effet du temps d'immersion a également été réalisé, cette étude effectuée pour une concentration de 2g/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 spontanément sur la surface de l'acier. Donc cette adsorption est monocouche limitant l'infiltration de l'électrolyte vers le substrat.

Les essais concernant l'effet de la température ont été menés dans l'intervalle 25 -60°C sur le pouvoir inhibiteur de la corrosion de l'acier par l'huile de l'Absinthe à une concentration optimale (2g/l). A cet effet, l'augmentation de la vitesse de corrosion avec la température suggère que la couche de l'huile qui est formée sur la surface de l'acier est détruite par la température.

Une approche thermodynamique, se fait permettant de quantifier plusieurs paramètres thermodynamiques à savoir, les énergies d'activation (E_a), les enthalpies d'activation (ΔH°_{ads}) et les entropies d'activation (ΔS°_{ads}).

L'énergie d'activation (E_a) en présence l'huile de l'Absinthe est supérieure que celle en absence de l'huile et de l'ordre d'environ de 30 Kj/mole. 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.

Dans le deuxième axe, nous avons essayé d'améliorer les propriétés anti corrosives de l'acier traité par l'huile de l'Absinthe (2g /l) par l'ajout d'un autre l'huile comme deuxième inhibiteur afin d'augmenter la valeur d'efficacité inhibitrice. Dans cette étude l'huile étudiée est de plante de l'Aloès Vera.

Le screening phytochimique de cet extrait (Aloès Vera) a révélé la présence des quinones libres et l'absence de plusieurs composés tels qu'alcaloïdes, flavonoïdes et les tanins indiquant que cet extrait est moins riche des composés organique.

Étude d'inhibition du mélange de deux huiles (Absinthe + Aloès Vera) dans milieu HCl 1M, montre que la valeur de l'efficacité augmente à 10 %, après l'ajout d'une fiable quantité de 0,5 g/l de l'huile d'Aloès Vera alors. Le mélange donne une excellente inhibitrice de corrosion dans un milieu de HCl 1M, nous pouvons dire qu'il y a un effet positives sur l'adsorption des deux huiles, occupant peut être les sites restants, pour avoir une couche homogène, jouant un rôle de barrière qui empêche

l'infiltration de l'électrolyte. L'adsorption de mélange de l'huile suit aussi une isotherme de Langmuir, Ce qui indique que l'ajout d'Aloès Vera ne change pas le processus d'adsorption (la spontanéité).

Les valeurs des paramètres thermodynamiques (E_a , ΔH°_{ads} , ΔS°_{ads}) obtenues pour le mélange des huiles (Absinthe + Aloès Vera) sont supérieures à celles obtenues pour l'huile de l'Absinthe seul, montrant que le mélange de deux huiles est plus adsorbé et les molécules des mélanges sont plus ordonnées que l'huile de l'Absinthe. Ces résultats montrent la nécessité d'ajouter l'huile d'Aloès Vera pour une protection plus performante contre la corrosion de l'acier en milieu HCl 1M.

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 coûteux. 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.



Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents.

A mes frères : ABDELHAK et KHALLIL.

Ma sœur : KHADIDJA

A les deux familles :BOUZID et NOURI.

A mon marie :ILIYES.

A mes amis : NADJET, FATIMA ,NAIMA,
MERIEM, RACHIDA, AICHA.

A tous ce que j'aime

FATIMA EZAHRA.
FATIMA EZAHRA.

- Tableau II.1** : Résumé de la composition chimique des feuilles d'Aloès Vera. **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III.1** Criblage phytochimique de l'extrait Abs..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III.2** teneur de masse de l'impureté présente dans l'acier au carbone. **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III.3** Les valeurs de la vitesse de corrosion sans et avec l'Absinthe à différents temps d'immersion (4h et 24h) à 25°C. **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III.4** : Variation de l'efficacité inhibitrice de corrosion de l'acier à différentes concentrations de l'HE de l'Abs en fonction du temps d'immersion ($t_{im}= 4h$ et 24h) dans HCl 1M à 25°C..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III.5** : Paramètre thermodynamique de l'adsorption de l'HE de l'Abs sur la surface de l'acier à différent concentration en fonction du temps d'immersion $t_{im}=4h$ et 24h dans HCl 1M à 25°C..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III.6** : Les valeurs d'énergies d'activation sans (E_a) ou avec l'Abs (E_a^{inh}) pour l'acier à différentes températures du milieu à $t_{im} = 24h$ **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III.7** : Paramètre thermodynamique en absence et présence l'HE de l'Abs sur la surface de l'acier à différent température. **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III.8 : Criblage phytochimique de l'extrait de l'Alv. **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III.9** : Valeurs de la vitesse de corrosion avec 2g/l l'Abs à différentes concentrations de l'Alv à $t_{im} = 24h$ à 25°C..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III.10** : Variation de l'efficacité inhibitrice de corrosion de l'acier pour 2g/l Abs à différent concentration d'Alv en fonction du temps d'immersion (24h) à 25°C. **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III.11** : Paramètre thermodynamique de l'adsorption..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III.12** : Les valeurs d'énergies d'activation sans et avec l'huile d'Alv pour l'acier à différentes températures du milieu à $t_{im} = 24h$ **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III.13** : Paramètre thermodynamique en absence et en présence le mélange de deux l'HE de l'Abs et de l'Alv sur la surface de l'acier à différentes températures..... **Erreur ! Signet non défini.**

- Figure I.1** : La Corrosion uniforme ou généralisée. Erreur ! Signet non défini.
- Figure I.2** : Corrosion sélective. Erreur ! Signet non défini.
- Figure I.3** : Corrosion par piqure. Erreur ! Signet non défini.
- Figure I.4** : Corrosion sous contrainte. Erreur ! Signet non défini.
- Figure I.5** : Diagramme potentiel-pH du fer à 25°C. Erreur ! Signet non défini.
- Figure I.6** : formation des couches barrières en milieu acide. Erreur ! Signet non défini.
- Figure II.1** : plante absinthe. Erreur ! Signet non défini.
- Figure II.2** : Plante Aloès Vera. Erreur ! Signet non défini.
- Figure II.3** : Coupe transversale de feuille d'Aloès Vera Erreur ! Signet non défini.
- Figure II.5** : Structure de Flavonoïde. Erreur ! Signet non défini.
- Figure II.6** : Structure de Saponine. Erreur ! Signet non défini.
- Figure II.7** : Structure des anthraquinones. Erreur ! Signet non défini.
- Figure III.1** : Montage utilisé pour l'extraction des huiles essentielles de l'Absinthe par la méthode d'hydro-distillation. Erreur ! Signet non défini.
- Figure III.2** : Huile essentielle de l'Absinthe. Erreur ! Signet non défini.
- Figure III.3** : Plante absinthe séchée et broyée. Erreur ! Signet non défini.
- Figure III.4** : Mise en évidence des flavonoïdes Erreur ! Signet non défini.
- Figure III.5** : Mise en évidence des alcaloïdes par le test de Mayer. ... Erreur ! Signet non défini.
- Figure III.6** : Mise en évidence des alcaloïdes par le test de Wagner. . Erreur ! Signet non défini.
- Figure III.7** : Mise en évidence des Anthraquinones libres. Erreur ! Signet non défini.
- Figure III.8** : Mise en évidence des tanins. Erreur ! Signet non défini.
- Figure III.9** : Mise en évidence des saponines. Erreur ! Signet non défini.
- Figure III.10** : Mise en évidence des glycosides. Erreur ! Signet non défini.
- Figure III.11** : Dispositif expérimental de corrosion. Erreur ! Signet non défini.
- Figure III.12** : Évolution de la vitesse de corrosion de l'acier à différentes concentrations de l'HE de l'Abs en fonction du temps d'immersion (4h et 24h) dans HCl 1M, et à T=25 °C. Erreur ! Signet non défini.
- Figure III.13** : Évolution de l'efficacité inhibitrice de corrosion de l'acier à différentes concentrations de l'HE de l'Abs en fonction du temps d'immersion dans HCl 1M, pour deux temps d'immersion (4h et 24h) et à T=25°C. Erreur ! Signet non défini.
- Figure III.14** : Isotherme d'adsorption de Langmuir de l'HE de l'Abs en fonction du temps d'immersion dans HCl 1M pour $t_{im}=4h$ à T= 25°C. Erreur ! Signet non défini.
- Figure III.15** : Isotherme d'adsorption de Langmuir de l'HE de l'Abs en fonction du temps d'immersion dans HCl 1M pour $t_{im}=24h$ à T= 25 °C. Erreur ! Signet non défini.

- Figure III.16:** Effet de la température sur la vitesse de corrosion de l'acier dans HCl 1M en absence et en présence l'HE de l'Abs pour $t_{im}=24h$ **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III.17 :** Droites d'Arrhenius calculé à partir de la vitesse de corrosion de l'acier sans l'Abs dans HCl 1M pour $t_{im}=24h$ **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III.18 :** Droites d'Arrhenius calculé à partir de la vitesse de corrosion de l'acier dans 2g/l de l'HE de l'Abs pour $t_{im}=24h$ **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III.19 :** Variation de $\ln(v_{cor}/T)$ en fonction de l'inverse de la température du milieu sans l'Abs dans HCl 1M pour $t_{im}=24h$ **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III.20 :** Variation de $\ln(v_{cor}/T)$ en fonction de l'inverse de la température du milieu avec 2g/l de l'Abs pour $t_{im}=24h$ **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III.21 :** Plante Aloès Vera (AIV). **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III.22 :** Huile essentielle de l'Aloès Vera. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III.23 :** la plante aloès Vera séchée et broyée. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III.24 :** Mise en évidence les différents groupes chimiques..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III.25 :** Évolution de la vitesse de corrosion de l'acier dans HCl 1M en présence de 2g/l l'Abs à différentes concentrations de l'huile d'Alv pour $t_{im}=24h$ à $25^{\circ}C$. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III.26 :** Évolution de l'efficacité inhibitrice de corrosion de l'acier dans HCl 1M en présence de 2g/l d'Abs à différentes concentrations de l'huile d'Alv pour $t_{im}=24h$ à $25^{\circ}C$. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III.27 :** isotherme d'adsorption de Langmuir ($C_{Aloès\ Vera}/\theta$ en fonction $C_{Aloès\ Vera}$) de l'huile essentielle d'Aloès Vera. Temps d'immersion : 24h et $T = 25^{\circ}C$. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III.28 :** Effet de la température du milieu HCl 1M contient 2g/l de l'huile d'Abs sur la vitesse de corrosion de l'acier en absence et en présence de l'huile d'Alv (0,5 g/l) pour $t_{im}=24h$ **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III.29:** Droites d'Arrhenius calculé à partir de la vitesse de corrosion de l'acier dans HCl 1M avec le mélange de deux l'huile essentielle (2 g/l Abs + 0,5 g/l Alv) pour $t_{im}=24h$. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure III.30 :** Variation de $\ln(v_{cor}/T)$ en fonction de l'inverse de la température du milieu avec le mélange de deux l'huile essentielle (2 g/l Abs + 0,5 g/l Alv) pour $t_{im}=24h$. **Erreur ! Signet non défini.**

Introduction

La corrosion peut être considérée comme un phénomène suivant lequel un matériau à tendance sous l'action d'un milieu agressif, à retourner à son état original d'oxyde de sulfure, de carbone... etc. Elle représente avec la dégradation des matériaux un problème économique très important dont les dégâts occasionnent des pertes financières considérables et sont par fois à l'origine d'accidents corporelles.

La majorité des métaux et des alliages placés dans les environnements variés sont affectés par différentes formes de corrosion, à savoir la corrosion uniforme ou localisée. Ces attaques sont particulièrement dangereuses lorsqu'elles sont localisées. L'adsorption des mesures préventives contre la corrosion est donc nécessaire et utilisation des inhibiteurs de corrosion constituent un moyen à part entière de protection contre la corrosion métallique.

Elle consiste à utiliser des substances chimiques qui, lorsqu'elles sont ajoutées, en faible quantité au milieu pour diminuer la vitesse de corrosion des matériaux, il peut être destiné soit à une protection permanente de la pièce (l'installation requiert alors une attention scrupuleuse), soit à une protection provisoire (notamment lorsque la pièce est particulièrement sensible à la corrosion).

Dans les nouvelles structures, utilisation des huiles et des extraits des plantes comme source des inhibiteurs pour empêcher ou retarder la corrosion des métaux. Ces types de inhibiteurs ne contiennent ni des métaux lourds, ni des composés toxiques, ils sont biodégradables et renouvelables. Plusieurs recherches montrent que l'utilisation des huiles et des extraits des plantes pour la protection des métaux permet d'atteindre des taux d'efficacité élevés. Sachant que ces produits sont de plus en plus considérés comme source d'inhibiteurs 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 à différentes températures.

Notre travail est subdivisé en trois chapitres essentiels :

Le premier chapitre : nous parlons sur la corrosion métallique, et nous parlons aussi sur les inhibiteurs de corrosion.

Le deuxième chapitre : nous donnons une étude bibliographique sur les plantes de l’Absinthe et de l’Aloès Vera. Nous définissons les plantes et leur classification, nous parlons aussi sur les huiles essentielles de la plante et les tests phytochimiques des extraits des plantes étudiées.

Le troisième chapitre : est subdivisé en deux parties essentielles.

La première partie comporte deux cas. Dans le premier cas consiste à identifier les composés organiques présentes dans l’Absinthe par les phytochimique.

Le deuxième cas est consacré à l’optimisation de la concentration de l’Absinthe pour lutte contre la corrosion à différents temps d’immersion et suivie par une étude de l’effet de la température du milieu pour une concentration optimale de l’Absinthe pour le temps d’immersion bien définit.

La deuxième partie est aussi comporte deux cas différents à celles de la première partie : dans le premier cas : c’est l’identification des composés organiques qui représentés dans l’Aloès Vera par les tests phytochimique.

Le deuxième cas est consacré à l’optimisation de la concentration d’Aloès Vera ajouté à l’huile essentielle de l’Absinthe pour lutte contre la corrosion. Dans ce cas, il est aussi suivi par une l’effet de la température du milieu pour une concentration optimale de l’Aloès Vera ajoutée à une concentration optimale de l’Absinthe.

I.1 Corrosion des métaux

I.1.1 Définition :

Diverses sont les définitions du terme corrosion que l'on peut rencontrer étymologiquement, le mot provient de latin corroder qui signifie ronger, attaquer [1], la corrosion est définie selon la norme ISO 8044, est une interaction physico-chimique entre un métal et son environnement entraînant des modifications dans les propriétés du métal et souvent une dégradation fonctionnelle du métal lui-même, de son environnement ou du système technique constitué par 2 facteurs [2].

I.1.2 Différent type de la corrosion :

La corrosion peut se développer suivant différents processus qui définissent chacun un type de corrosion :

I.1.2.1 Corrosion humide :

La corrosion humide est de la nature électrochimique, elle est caractérisée par l'apparition de courant électrique en dehors de toute source externe, c'est-à-dire par déplacement d'électrode au sein de la masse métallique [3].

I.1.2.2 Corrosion chimique :

Se déroule dans le domaine atomique avec le milieu ambiant sans présence d'électrolyte, il y'a donc pas de flux d'électron ni de passage de courant électrique, néanmoins, attaque du métal par une réaction chimique nécessite, généralement des températures élevées [4].

I.1.2.3 Corrosion bactérienne :

Est l'attaque des métaux par les produits du métabolisme de certains micro-organismes, ce type de corrosion n'a pas été à notre connaissance, rencontré dans l'industrie laitière, ou l'observe le plus souvent sur les canalisations enterrées et sur les ouvrages immergés en eau de mer [5].

I.1.3 les facteurs de corrosion :

Les phénomènes de corrosion dépendent de plusieurs facteurs qui peuvent être classés en quatre groupes principaux tels que les [6] :

- ✓ Milieu attaque
- ✓ Nature du métal
- ✓ Condition d'emploi
- ✓ Indice du temps

Milieu attaque	Nature du métal	Condition d'emploi	Indice du temps
-concentration du réactif	-Composition du métal ou l'alliage	-états de surface	-métaux ne subissant pas la vieillissent
-teneur ou oxygène	-Procédé élaboration	-moyen de protection	-tensions mécanique
-pH du milieu	-traitement thermique	-forme des pièces	-modification des enduits de protection
-température	-additions protectrices	-emploi d'inhibiteur	-condition d'entretien
-impuretés	-impuretés	-solllicitations mécanique	
-particules solide		-procèdes d'assemblage	

I.1.4 Les forme de corrosion :

La corrosion peut affecter le métal par une multitude de moyenne qui dépendant de sa nature et des conditions environnementales, il existe une large classification des diverses forme de corrosion dans les quelles cinq type principaux :

I.1.4.1 Corrosion uniforme :

Est une perte de matière plus ou moins régulière sur toute la surface, on trouve cette attaque notamment sur les métaux exposés aux milieux acide [7].

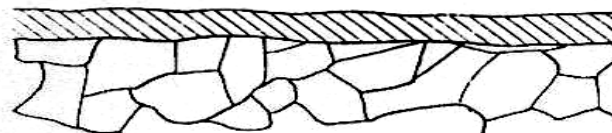


Figure I.1 : La Corrosion uniforme ou généralisée.

I.1.4.2 Corrosion localisé :

Un certains nombre de plages qui vont en s'étalent et en se creusant avec ou sans accroissement du nombre des points attaque.

I.1.4.3 Corrosion sélective :

La corrosion ne s'effectue pas de façon uniforme même si toute la surface du matériau est l'attaquée par la corrosion [8].

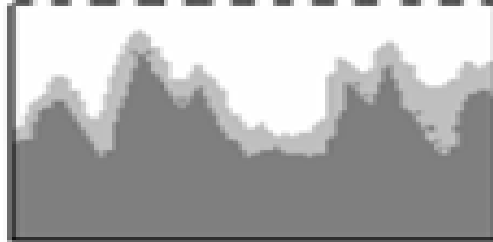


Figure I.2 : Corrosion sélective.

I.1.4.4 Corrosion par piqure :

Cette forme de corrosion est particulièrement insidieuse. L'attaque se limite à des piqures, très localisées et pouvant progresser très rapidement en profondeur alors que le reste de la surface reste indemne. L'installation peut être perforée en quelque jour sans qu'une perte de poids appréciable de la structure apparaisse.

C'est une dissolution localisée est produits par certains anions agressifs notamment le chlore, sur les surfaces protégées [9].

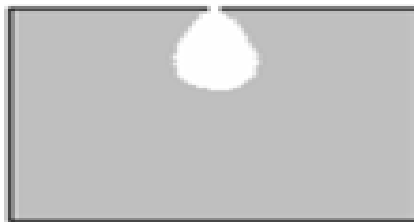


Figure I.3 : Corrosion par piqure.

I.1.4.5 Corrosion sous contrainte :

Est une fissure du métal qui résulte de l'action commune d'une contrainte mécanique et d'une réaction électrochimique.



Figure I.4 : Corrosion sous contrainte.

I.1.5 Diagramme potentiel-pH :

Pourbaix à défini, sous forme de diagramme potentiel pH. Ce diagramme représente en fonction du pH, le potentiel réversible des réactions d'électrode calcul par l'équation de Nerst.

La figure I.5 présente le diagramme potentiel-pH du fer avec une concentration de Fe égale à 1mol.l^{-1} .

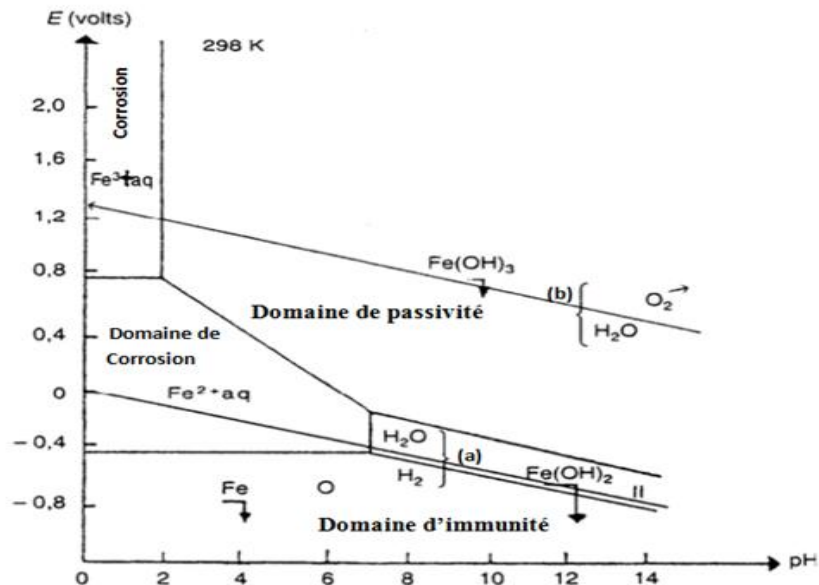


Figure I.5 : Diagramme potentiel-pH du fer à 25°C.

Dans ce diagramme les zones délimités par des traits plein indiquent les couples de valeurs (E, pH) pour les quelles est stable. Il met en évidence plusieurs domaines :

- ✓ **Domaine d'immunité** : le métal ne réagit pas, domaine de stabilité du fer (Fe).
- ✓ **Domaine de corrosion** : le fer est soluble sous forme (Fe^{+2} et Fe^{+3}).
- ✓ **Domaine de passivation** : le métal est protégé. le produit de corrosion est un solide insoluble tels que $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$.
- ✓ **Stabilité thermodynamique de l'eau à la pression atmosphérique** : région délimité par les droites parallèles, en traits pointillés, (a) et (b).

I.2 Protection par la peinture :

I.2.1 Définition de peinture :

Est un matériau liquide ou pulvérulent qui, après application en couche mince sur un support, donne par un processus physique ou chimique, un film mince adhérent protecteur ou décoratif. Les peintures contiennent pratiquement toujours un ou plusieurs liants, le plus souvent des solvants (éventuellement de l'eau).

En générale les peintures sont disposées en trois couches [10] :

a)- Couche primaire :

Il s'agit de la première couche d'un système de protection anticorrosion. Cette première couche est toujours requise, à l'exception de certains systèmes pour la catégorie de corrosivité et de la protection par galvanisation.

b)- Couche intermédiaires :

Il s'agit des couches éventuelles situées entre la couche primaire et la couche de finition.

c)- Couche de finition :

Il s'agit de la couche finale d'un système de revêtement anti corrosion.

I.2.2 Système de peinture :

Les systèmes de peinture ne doivent pas être considérés comme étant simplement plusieurs couches de revêtement superposées. Les aspects suivants sont aussi à prendre en compte [11]:

- L'état de la surface avant l'application du revêtement.
- Le choix de matériaux de revêtement et la composition du système.
- Les limites supérieures et inférieures de l'épaisseur d'un film sec.
- Les conditions environnementales pendant l'application et le séchage du revêtement.

I.2.3 Principaux constituants des peintures :

Les constituants communs à tous les types de peinture sont : liants, les solvants, les pigments, les charges et les additifs.

a)- le liant :

Le liant est le composant principal de la peinture, il sert à regrouper les différents constituants entre eux et à lier la peinture au support. Il est constitué des résines synthétiques ou naturelles qui forment un film en séchant. En fonction de la nature des résines, ce film sera plus ou moins souple et perspirant [12].

b)- les solvants :

Il est possible de regrouper les nombreux solvants utilisés dans les peintures en cinq familles distinctes [13] :

-Hydrocarbures :

Les hydrocarbures aromatiques : Toluène, Xylène, Benzène.

Les solvants pétroliers : Ce sont des mélanges hydrocarbures aromatiques, aliphatiques ou naphténiques.

L'essence de térébenthine : mélange hydrocarbure terpéniques.

Hydrocarbure coloré : 1,2 di chloro benzène, mono chloro benzène.

Hydrocarbure nitrés : nitrométhane, 2 nitropropane.

-Alcools : Alcools éthylique, isopropyliques, n-butylique, isobutylique, Benzylique, isodécylique, étyl-2-hexylique.

-Éthers de glycol : Butyl glycol, méthyle di glycol, éthyle di glycol, Acétate de butyle glycol, éthers de propylène glycol.

-Esters : Acétate d'éthyle, d'isopropyle, butyle, d'isobutyle, butyle glycol.

-Cétones : méthyl butyl cétone, méthyl isobutyl cétone, cyclo hexanone.

c)- les charges :

Ce sont des matières, de plus souvent minérales, indispensables en peinture : la silice, le carbonate de calcium, le talc et le sulfate de baryte. Elles sont incorporées aux peintures. Leurs formes et leurs granulométries varient suivent l'usage désiré.

d)- Les pigments :

Ce sont des particules insolubles dispersées qui fournissent de nombreuses propriétés de la peinture : couleur, opacité, dureté, durabilité et inhibition de la corrosion [11].

e)- Les additifs :

Ce sont des composés entrant à faible pourcentage dans une formule de peinture. Ils peuvent être indispensables comme les diluants, les médiums, siccatifs et vernis.

I.2.4 Les étapes de formation d'un film de peinture :

Les peintures présentent un mode de séchage en plusieurs étapes. Le processus final de coalescence peut durer, à température ambiante, de quelque semaine à plusieurs mois [14] :

a)- Concentration des particules : l'évaporation de solvant concentre les particules de polymère.

B)- Formation du film : l'arrangement des particules est modifié et le volume libre est diminué.

c)- Processus de coalescence : Cette étape peut durer longtemps une semaine à plusieurs mois.

I.3 Protection par inhibiteur :**I.3.1 Définition d'inhibiteur :**

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

Selon la norme ISO 8044, un inhibiteur est une substance chimique ajoutée au système de corrosion à 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 dans le milieu agressif [15], la définition d'un inhibiteur de corrosion retenue par la nationale association of corrosion engineers (NACE) est la suivante : une substance chimique qui, ajoutée à faible concentration au milieu corrosif, ralentit ou stoppe le processus de corrosion d'un métal placé au contact de ce milieu [16].

L'inhibiteur doit satisfaire un certains nombre de critère, il doit [17] :

- Abaisser la vitesse de corrosion d'un métal, sans effectuer les caractéristiques physico-chimique, en particulier la résistance mécanique.
- Être stable en présence des autres constituants du milieu, en particulier vis-à-vis des oxydants.
- Être stable aux températures d'utilisation.
- Être efficace à faible concentration.
- Être compatible avec les normes de non-toxicités.
- Être peu onéreux.

I.3.2 Classement des inhibiteurs :

Il existe plusieurs possibilité de classement des inhibiteurs celles-ci se distinguant les unes des autres de diverse manière :

- soit à partir de la nature des inhibiteurs.
- soit à partir de leurs mécanismes d'action électrochimique.
- soit à partir de leurs mécanismes d'action inter faciale.

I.3.2.1 Classement selon la nature des inhibiteurs :

a)- Inhibiteur organique :

Les molécules organiques sont promis à développement plus que certains en terme d'inhibiteur de corrosion, leur utilisation est actuellement préférer à celle inhibiteur inorganique pour des raisons d'écotoxicité essentiellement. Les inhibiteurs organiques sont généralement constitués de sous produits de l'industrie pétrolière. Ils possèdent aux moins un centre actif susceptible d'échanger des électrons avec le métal, tel l'azote, l'oxygène, phosphore ou le soufre. Les groupes fonctionnels usuels, permettent leur fixation sur le métal, [18] sont :

- Radicale amine (-NH₂).
- Radicale mercapto (-SH).
- Radical hydroxyle (-OH).
- Radical carboxyle (-COOH).

b)- Inhibiteur inorganique :

Les inhibiteurs minéraux sont utilisés 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 sont leurs produits de dissociation qui assurent les phénomènes d'inhibition (anion ou cation). Les principaux anions inhibiteurs sont les OXO-anions types XO_4^{n-} tels les chromates, molybdates, phosphates, silicates..., les cations sont essentiellement Ca^{2+} et Zn^{2+} et ceux qui forment des sels insolubles avec certains anions tels que l'hydroxyde OH^- . Le nombre de molécules en usage à l'heure actuelle va en restreignant, car la plupart des produits efficaces présentent un côté néfaste pour l'environnement [19].

I.3.2.2 Classement selon le mécanisme d'action électrochimique :

Dans la classification relative au mécanisme d'action électrochimique, on peut distinguer les inhibiteurs anodique, cathodique, mixtes. L'inhibiteur de corrosion forme une couche barrière sur la surface métallique qui modifie les réactions électrochimiques en bloquant soit les sites anodiques (siège de l'oxydation du métal), soit les sites cathodiques (siège de la réduction du dioxygène en milieu neutre aéré ou siège de la réduction du proton H^+ en milieu acide) [20]. Ces mécanismes sont présentés dans la figure I.6.

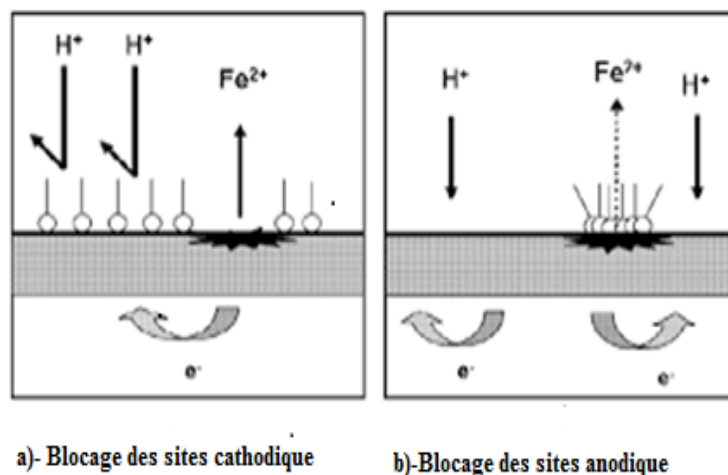


Figure I.6 : formation des couches barrières en milieu acide.

a)- Inhibiteur anodique :

Ces inhibiteurs sont surtout employés en milieu neutre pour former ou faciliter la formation d'un film protecteur qui inhibe la dissolution anodique du métal. Ces inhibiteurs doivent être injectés avec des concentrations suffisantes car, si cela n'est pas le cas, ils peuvent accélérer la dissolution anodique.

Les inhibiteurs anodiques peuvent être classés selon leur mécanisme d'action sur l'inhibiteur de corrosion :

- inhibiteur oxydants comme les chromates CrO_4^{-2} , les nitrites NO_2^- ou avec pouvoir moins efficace, les molybdates MoO_4^{-2} et nitrates NO_3^- . Toutes fois en raison de leurs toxicités, ces inhibiteurs ne sont préconisés que pour des systèmes et circuits sans rejet vers l'extérieur.

- inhibiteur ayant un pouvoir tampon pour maintenir un pH élevée au voisinage de la surface, ce qui facilité la passivation [21].

b)- Inhibiteur cathodique :

Est basé sur une précipitation à la surface cathodique d'un sel ou d'un hydroxyde, sous l'action des ions OH^- , produits par réduction de l'oxygène dissous lors la réaction cathodique de corrosion. Cette précipitation a pour effet de stopper la réaction cathodique et la corrosion [22].

c)- Inhibiteur mixtes :

Ils agissent sur les anodes et les cathodes. Ainsi hydrogénocarbonate de calcium forme du carbonates de fer sur l'anode et de hydroxyde de calcium sur les cathodes.

I.3.2.3 Classement selon le mécanisme d'action inter faciale :

L'adsorption est un phénomène tous à fait général qui se produit chaque fois qu'un gaz ou un liquide est en contact avec un solide, celui-ci est retenu par les atomes superficiels du solide et se concentre à la surface [23]. Il existe deux types d'adsorption : Adsorption physique (formation de liaison faible) et adsorption chimique (chimisorption).

a)- adsorption physique :

Ces des forces mise en jeu pour attirer les molécules à la surface de catalyseur sont des forces de van der waals du même type que celles qui assurent la cohésion des liquide, cette adsorption se caractérisé également par une chaleur d'adsorption très faible, une réversibilité parfaite c'est-à-dire que par simple chauffage ou baisse de pression les molécules adsorbées sont immédiatement libérés [24].

b)- adsorption chimique (chimisorption) :

Elle résulte d'une interaction chimique entre les molécules d'adsorbant composant la surface du solide et les molécules soluté. Ces forces attractives de la

nature chimique provoque un transfert ou mise en commun d'électrons et on conséquence, destruction de l'individualité des molécules et formation d'un composé chimique à la surface de l'adsorbant. Ce type d'adsorption se développés à haute température et met en jeu une énergie de transformation élevé [25].

I.3.3 Isotherme de l'adsorption :

Il existe plusieurs types d'isothermes d'adsorption, mais les deux importants qui sont rattachés à l'inhibiteur de corrosion sont isothermes de Langmuir et isothermes de Freundlich.

I.3.3.1 Isotherme de Langmuir :

A partir de l'hypothèse sur la formation des couches mono-moléculaire d'adsorbat, Langmuir a établi (1916) que la quantité de substance (adsorbat) fixé sur le solide (adsorbant) était donné par [26] :

$$\theta = \frac{aC}{1+bC} \quad \text{I.1}$$

Θ : la quantité de substance fixée par l'unité de surface du solide (mg .g⁻¹).

C : la concentration de la solution en adsorbat (mg. l⁻¹).

a, b : sont des constante d'adsorption .

I.3.3.2 Isotherme de Freundlich :

En 1962, Freundlich à proposé un autre modèle pour décrire d'adsorption en milieu gazeux ou liquide. Ce modèle est représenté par une équation à deux paramètre (K_f et n) et consiste en une distribution exponentielle des énergies des sites d'adsorptions à la surface du support et se caractérisé par une adsorption en sites localisés. Il convient de mentionner aussi, que celui-ci s'applique dans le cas des solutions diluées il peut être décrit par l'équation suivant :

$$\Theta = K_f C^n \quad \text{I.2}$$

Θ : la quantité d'adsorbat fixé par unité de surface d'adsorbant (mg.g⁻¹).

C : la concentration de la solut solution en adsorbat (mg.l⁻¹).

K_f, n : sont des constante dépendant à la fois de l'adsorbat et de l'adsorbant.

Références :

- [1] V. N. Pujol lesueur, « étude du mécanisme d'action du mono fluoro phosphate de sodium comme inhibiteur de la corrosion des Armatures Métalliques dans le béton », université Pierre et Marie Curie, thèse de doctorat (2004).
- [2] A. Sylvain, G. Béranger, F. Derrien, G. Moran, « anti corrosion et durabilité dans le bâtiment, le génie civil et les ouvrages industrielles », P 27, presses polytechniques et universitaire romandes, METIS, Ed. Lyon tech, (2010).
- [3] fiche technique « Aspects électrochimique de la corrosion », matériaux métalliques phénomène de corrosion.
- [4] H. Boutracheh « Bulletin d'information technologique chimie/ parachimie », (2013).
- [5] G. Daufin, J. Talbot « étude de quelque problème de corrosion dans l'industrie laitière », archive submitted (1971).
- [6] métallisation thermal spray équipement and consommables.
- [7] L. Dieter, « corrosion et chimie de surfaces des métaux » Vol 12, PUR- collection : traité des Matériaux-3^{ème} édition (2003).
- [8] N. Simon « Durabilité de la protection anti corrosion par galvanisation des structures métalliques », écoles poly technique fédérale de Lausanne, projet inter disciplinaire.
- [9] K. Mansouri, « inhibition de la corrosion par des ions dithiolylium synthétisés », université Kasdi Merbah. Ouargla, mémoire de magister (2009).
- [10] « Guide de protection anti corrosion de l'acier ». Structure intérieures et.K extérieures, 1^{er} ed MAI (2012).
- [11] Phase avant-projet, corrosion des structures en Acier, SS02 la-FR-EU.
- [12] Fiche technique, « Choisir ses peintures », Priori terre information et conseil énergie eau consommation (2010).
- [13] R. Lebreton, A. guilleux, « peinture en solvants composition, risque toxicologiques, mesures de prévention », Institut National de Recherche et de Sécurité, mémoire technique.

- [14] N. Boudieb, « évaluation des performances des peintures par des techniques électrochimiques », université M'Hamed Bouguerra, Boumerdes mémoire de magister (2008).
- [15] ISO 8044 : (Fr) corrosion des métaux et alliage (1999).
- [16] NACE glossary of corrosion terms. *Matériaux protection*.4, 79, (1965).
- [17] WWW.Academia.edu,moyens de lutte contre la corrosion, S. Doutou.
- [18] A. Ghamri, « étude de la protection par inhibiteur des ouvrages du gaz », université Mohamed Khider, Biskra mémoire de magister (2013).
- [19] H. Ibrahim « inhibition de la corrosion du cuivre en milieu acide par les dérivés de dithioacétal de cétone », université Mentouri. Constantine, mémoire de magister (2011).
- [20] I. Ichchou « étude électrochimique de inhibition classique ou par des monocouches auto-assemblées d'un dérivé de la thiourée, vis à vis la corrosion en milieu acide de l'acier au carbone XC38 », université Abou Bekr Belkaid. Tlemcen, mémoire de magister (2011).
- [21] R. François « corrosion et dégradation des matériaux métalliques, compréhension des phénomènes et applications dans l'industrie pétrolière et des procédés » ed technip, P108 (2009).
- [22] B. Normand, N. Pebere, C. Richard, M. Wery « matériaux, prévention et lutte contre la corrosion »,ed presses polytechniques et universitaires Romandes (PPUR), P 694 (2004).
- [23] K. Bogdank « adsorption », université Aix Marseille, France.
- [24] J. F. Lepage « catalyse de contact conception, préparation et mise en œuvre des catalyseurs industrielles, ed TECHNIP, P 08 (1978).
- [25] WWW. Academia. Edu, chap II adsorption, M. Dahia.
- [26] W. Jahouach, « décollation des huiles végétal sur des argiles étude de la stabilité physico-chimique des huiles décolorées », Université de SFAX, thèse de doctorat, (2002).

II.1 Étude bibliographique de l’Absinthe

II.1.1 Définition :

Absinthe (الشهبية) appartient à la famille d’astéracées, la famille la plus importante des plantes à fleurs et la plus répandue dans le monde avec ses 15000 à 20000 espèces [1]. Elle est originaire d’Europe mais pousse également en Asie et en Afrique [2].

Cette plante est connue aussi sous différents autres noms tel que: Absinthe, grande Absinthe, aluynes, armoise, Absinthe suisse, armoise amère, herbe aux vers.

II.1.2. Description :

L’Absinthe est une petite arbuste vivace de couleur vert cendrée, pouvant atteindre 1m de hauteur, la tige est de couleur vert argent, droite, cannelée, ramifiée et très feuillée, les feuilles sont alternes, gris verdâtre sur le dessus et presque blanche et soyeuses sur le dessous. Les feuilles basilaires mesurent jusqu’à 25 cm de long et sont longuement pétiolées. Les feuilles caulinaires sont brièvement pétiolées moins divisées. Les feuilles au sommet peuvent même être simples et sessiles [1].



Figure II.1 : plante absinthe.

II.1.3 Nomenclature et Taxonomie :

Nom scientifique : *artemisia absinthium* L

Nom anglais : Absinthe Worm Wood

Famille : asteraceae asteracées

Règne : plantae

Division : magnoliophyt

Ordre : asterales

II.1.4 Partie utilise :

Feuilles essentiellement récoltés en été, fleurs et racines mises à sécher dans une pièce sombre ou au four 35°C environ, on extrait de l'huile essentielle des feuilles de verte à odeur identique à celle de la plante et à saveur sans amer turmes [3].

II.1.4 Composition chimique :

Absinthe est un composées d'un nombre de produit chimique parmi les quels les acides maliques, les acides succinique, l'acide ascorbique, les flavonoïdes, les tanins, les résine [4].

II.2 Étude bibliographique d'Aloès Vera :

II.2.1 Définition :

Aloès Vera (الصبار) rassemble étonnamment aux cactacées mais, elle fait partie de la famille des liliacées, tout comme l'ail et les oignons, l'Aloès Vera fait partie des légumes.

Originaire du désert nord-africain, elle est aujourd'hui cultivé dans les payes chauds et secs du monde entier partout où il régné un climat subtropical ou désertique [5].

Il existe plus de 200 variétés d'Aloès, et seule une poignée d'entre eux peut être qualifié de véritable Aloès en fait, Aloès Vera est un terme latin signifiant véritable Aloès. Plusieurs noms sont attribués à Aloès barbadensis Mill, Aloès chinensis, Aloès perfoliata var.

II.2.2 Description botanique :

II.2.2.1 Aspect général :

C'est une plante arborescente qui peut atteindre 1m de haut, les racines sont massives et peu profondes, la tige est très courte et porte des feuilles charnus à coupe triangulaire qui pouvant atteindre jusqu'à 80 cm de long et 10 cm de large, les bords et la pointe sont munis d'épines.



Figure II.2 : Plante Aloès Vera.

II.2.2.2 Feuille :

La feuille de l'Aloès Vera est composée de 3 parties, l'épiderme (la partie la plus externe), les conduites de latex (situés juste sous l'épiderme) et le parenchyme (la partie interne) qui est fait la pulpe ou le gel d'Aloès Vera.

a)-l'épiderme :

L'épiderme de la feuille d'Aloès Vera n'a pas usage particulière.

b)- les conduites de latex :

Les conduites de latex contient le suc d'Aloès Vera, le suc s'écoule spontanément de la feuille coupée, se suc referme de puissant composant laxatif comme l'aloïne.

c)-le parenchyme :

Le parenchyme contient le gel d'Aloès Vera, le gel présent différent propriétés du fait de sa composition exceptionnelle :

- **Dermatologique :** cicatrisante, anti inflammatoire, anesthésique.
- **Nutritionnelle :** hydratante, adoucissante.
- **Digestive :** meilleure digestion, régularisation du transit, tonifiante [6].

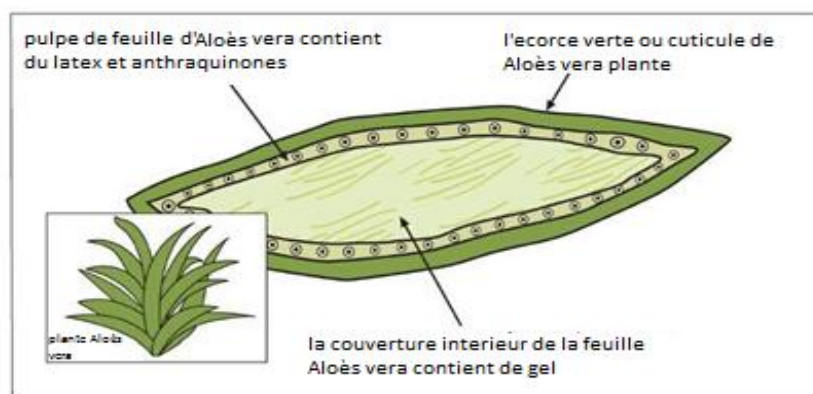


Figure II.3 : Coupe transversale de feuille d'Aloès Vera

II.2.2.3 Partie utilisé :

On utilise les feuilles duquel extrait substance qui donné de suc et de gel [7] :

a)- le suc :

Le suc épaissi qui s'écoule spontanément des feuilles coupées qui après concentration fournit l'Aloès Vera.

b)- le gel :

Appelée aussi le mucilage, c'est extrait de la partie centrale des feuilles, actuellement différents autres fractions obtenus à partir des feuilles dont des extraits lipophiles, des extraits organique ...etc.

II.2.3 Nomenclature et Taxonomie :

Nom scientifique : Aloès Vera, Aloès barbadensis

Famille : Aloès aceae

Règne : plantae

Division : magnoliophyta

Ordre : liliales

Classe : liliopsida

II.2.4 Composition de l'Aloès Vera :

Le suc et le gel qui sont contenu dans la feuille Aloès Vera ont un aspect et des compositions chimiques différentes, les composants contenus dans les feuilles sont d'écrits dans le tableau suivant [8].

Tableau II.1 : Résumé de la composition chimique des feuilles d'Aloès Vera.

Anthraquinones	Barbaloine, isobarbaloine, anthranol, anthracène, acide aloétique, acide cinnamique, ester acide cinnamique, huile étherée, acide chysophanique, aloe ulcine, resestanole,
Les sels minéraux	Calcium, chlore, cuivre, fer, magnésium, manganèse, phosphore, potassium, sodium, zinc.
Acides aminées essentielles	Isoleucine, leucine, lysine, méthionine, phényle alanine, thionine, valine
Acides aminées secondaire	Acide aspartique, acide glutamique, alanine, arginine, cystine, glycine, histidine, hydrox proline, proline, sérine, tyrosine.
Vitamine	A (carotène), B ₁ (thiamine), B ₂ (riboflavine), B ₃ (niacine), B ₆ (pyridoxine), B ₁₂ (cyano cobal amine), C (acide ascorbique), E (toco phénol), choline (vitamine du complexe B).
Glucide	Cellulose, glyucose, galactose, mannose, acide uronique, lipase, l- rhamnose.
Les enzymes	Amylase, bradykinase, catalase, cellulase, créatine phosphorique, lipase nucléotidase, phosphatase acide, phosphatase alcaline, protéolytiase, acide gras.

II.3 Les huiles essentielles :

II.3.1 Définition :

Les huiles essentielles sont exclus les fractions aromatique obtenu par dissolution dans un solvant ce qui est préférable [9].

Selon la norme AFNOR définit huile essentielle comme un produit obtenu à partir d'une matière première d'origine végétal après séparation de la phase aqueuse par procède chimique, soit par entrainement à vapeur d'eau, soit par des mécaniques à partir de l'épicarpe des plantes contenant des citral, soit par distillation sèche [10].

II.3.2 Composition chimique :

C'est un mélange de molécules variées comprenant en particulier des terpènes (hydrocarbure non aromatique) et des composés oxygénés (alcool, aldéhydes, cétones, ester).

II.3.2.1 Terpénoides :

Les terpénoides sont des polymères d'une unité à cinq atomes de carbone ayant pour base un diène conjugué dont le nom commun est isoprène (2-méthyl buta 1-3 diènes), ils sont formés par un assemblage progressif d'unités isoprène (en C₅) [11].

II.3.2.2 Phényl propanoïde :

Ils sont beaucoup moins fréquents dans les huiles essentielles que les composés terpéniques, ils comprennent :

- **Aldéhydes** : citral (citron), aldéhyde cinnamique.
- **Alcool** : menthol (menthe), linalol (thym).
- **Phénol** : thymol (thym), eugénol (girofle).

II.3.3 Caractéristique physico-chimique :

Les huiles essentielles sont habituellement liquide à température ambiante et volatiles ce qui les différencie des huiles dites fixes, elles sont plus ou moins colorées et leurs densités sont en général inférieures à celles de l'eau, elles ont un indice de réfraction élevé et la plupart devient la lumière polarisée.

Elles sont liposolubles et solubles dans les solvants organiques usuels entraîna- bles à la vapeur d'eau très peu solubles dans l'eau [12].

II.4 Extraction :

II.4.1 Définition :

L'extraction est une technique de séparation en génie chimique. Cette technique utilise une méthode d'extraction pour séparer sélectivement un ou plusieurs composés d'un mélange sur la base de propriétés chimiques ou physiques, on distingue l'extraction solide-liquide et l'extraction liquide-liquide.

II.4.1.1 L'extraction solide-liquide :

L'extraction solide-liquide est une opération de transfert de matière entre une phase qui contient la matière à extraire « solide », et un solvant d'extraction

« Liquide », le but de cette opération est extraire et de séparer un ou plusieurs composants mélangés à un solide dans un solvant [13].

II.4.1.2 l'extraction liquide-liquide :

L'extraction liquide-liquide est une opération fondamentale de transfert de matière entre deux phases liquides non miscible. Elle consiste à extraire une ou plusieurs molécules d'un milieu liquide au contact d'un solvant dans lequel les solutés sont solubles. Le solvant qui contient alors les solutés est désigné sous le terme « extrait », et la solution qui a perdu la majorité de ces mêmes constituants est appelé « raffinat ». Cette opération est fréquemment utilisée pour séparer d'un mélange liquide des constituants dont les volatilités sont faibles ou très voisines, ou qui donnent des azéotropes [14].

II.4.2 Méthode d'extraction :

II.4.2.1 Extraction pour la séparation huiles essentielles :

Les huiles essentielles sont extraites principalement par des méthodes :

- Distillation par entraînement à vapeur d'eau
- Hydro-distillation
- Extraction par CO₂ supercritique
- Extraction par solvant volatil

a)-Distillation par entraînement à vapeur d'eau :

Cette méthode est le plus utilisé pour obtenir les huiles essentielles, une source de chaleur chauffe un alambic qui contient de l'eau et les végétaux disposés sur un plateau. La chaleur entraîne la formation de vapeur qui traverse les végétaux et emporte avec elle les molécules aromatiques. On récupère un liquide composé d'eau et d'huile essentielle, l'huile essentielle plus légère, se sépare de l'eau [15].

b)- Hydro distillation :

Cette technique est généralement indiquée pour les huiles essentielles dont les constituants chimiques sont thermo résistants cependant, l'inconvénient majeur de cette méthode est la non maîtrise la température du récipient contenant le mélange (eau+ végétaux) et la modification de la couleur, de l'odeur et de la composition de l'huile essentielle au cours de la distillation [16].

c)- Extraction par CO₂ supercritique :

Il s'agit du procédé le plus récent d'extraction à froid des matières premières végétales utilisant le gaz carbonique ou CO₂, sous pression et à température supérieure à 30°C, le gaz carbonique se trouve dans un état dit « Supercritique », intermédiaire entre le gaz et le liquide. Dans cet état, le CO₂ présente la particularité de dissoudre de nombreux composés organiques [17].

d)- Extraction par solvant volatil :

La technique utilisée pour extraire certain composé contenu dans les plantes non entraînables par la vapeur d'eau, en utilisant des solvants, on obtient des extraies plus complets (substances volatiles, tri glycéride, cires) ces solvant sont ensuite éliminés pour conserver les substances les plus volatils, on obtient soit des concrètes, soit des résinoides [18].

II.4.2.2 Extraction pour la séparation des principes actifs :

Il existe plusieurs méthodes sont :

- Infusion
- Décoction
- Macération
- lixiviation

a) -infusion :

L'infusion est une méthode d'extraction des principes actifs ou des arômes d'un végétal par dissolution dans un liquide initialement bouillant que l'on laisse refroidir. Le terme désignée aussi les boissons préparées par cette méthode comme les tisanes, le solvant n'est pas nécessairement de l'eau, cela peut être également une huile ou alcool [13].

b)- macération :

Elle consiste à mettre une plante ou partie de plante dans de l'eau froide (macération aqueuse) ou une huile végétale (macération huileuse), pendant plusieurs jours pour permettre aux constituants actifs de bien diffuser, elle convient pour l'extraction de plante contenant du mucilage, comme les graines de lin ou les graines des plantains des sables, leur forte concentration en amidon ou pectine peut causer une gélatinisation s'ils se préparent dans l'eau bouillante. Également utilisé pour empêcher

l'extraction de constituants indésirables qui se dissolvent dans l'eau chaude, elle concerne aussi les plantes dont les substances actives risquent de disparaître ou de se dégrader sous l'effet de la chaleur par ébullition [19].

c)- décoction :

C'est une méthode d'extraction des principes actifs et des arômes d'une préparation généralement végétale par dissolution dans l'eau bouillantes. Elle s'applique généralement aux parties les plus dures des plantes : racines, graines, écorces, bois. Elle est utilisée en herboristerie, en teinture, en brasserie et en cuisine.

d)- lixiviation :

C'est une procède d'extraction qui consiste à épuiser une substance par le passage de solvant qui entraînent tout ce qui est soluble à travers une poudre [20].

II.5 Synthèse phytochimique :**II.5.1 Définition :**

Le screening phytochimique met en évidence la présence des familles de molécule active, c'est un test qualitatif qui permet de mettre en évidence les composés chimiques se trouvent dans un produit végétal ou autres tels que : Les flavonoïdes, tannins, alcaloïdes, saponines, anthraquinones.

II.5.1.1 Les flavonoïdes :

Les flavonoïdes représentent une classe de métabolite secondaire largement répandus dans le règne végétal. Ce sont des pigments quasiment universels des végétaux qui sont en partie responsable de la coloration des fleurs, des fruites et parfois des feuilles. On les trouve dissous dans la vacuole des cellules à l'état d'hétérosides ou comme constituants de plaste particulier le chromo plaste [21].

Le terme flavonoïde désigné une large gamme de composés appartenant à la famille des poly phénols, les flavonoïdes possèdent un squelette de base à quinze atomes de carbones constitué de deux cycle en C₆ (A et B) relier par une chaine en C₃ [22].

Selon les détails structuraux les flavonoïdes se divisent en 6 groupes : flavonones, flavonols, flavonones, isoflavones, chalcones, auronnes. Ces composés existent sous forme d'hétérosides c'est-à-dire liée à des oses et autres substances [23].

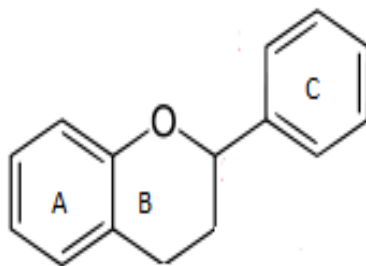


Figure II.5 : Structure de Flavonoïde.

II.5.1.2 Les tanins :

Le terme tanin désigne les composés phénoliques hydrosolubles, de poids moléculaire varie 500 à 3000, capables de précipité les alcaloïdes et les protéines. Les tanins présentent des structures variables comportant toujours une partie phénolique.

II.5.1.3 Les alcaloïdes :

Le terme d'alcaloïde a été introduit par MEISNER au début du XIX^e siècle pour désigner les substances naturelles réagissant comme des bases, comme des alcalis [24].

Un alcaloïde est un composé organique naturel, hétérocyclique avec d'azote comme hétéroatome, de structure moléculaire complexe plus ou moins basique et doué de propriété physiologique prononcée même à faible dose. Représentant un groupe fascinant de produit naturel ils constituent un des plus grandes groupes de métabolites secondaires avec près de 10000 à 12000 différents structures [25].

II.5.1.4 Les saponines :

Le nom saponines dérive du mot latin « sapo » qui signifie savon, parce que ces composés moussent une fois agités avec de l'eau. Ils se composent d'aglycones non polaires liés à un ou plusieurs sucres, cette combinaison d'éléments structuraux polaires et non polaires explique leur comportement moussant en solution aqueuse. Comme définition on dirait qu'une saponine est un glycoside de stéroïde ou tri terpène, fondamentalement on distingue les saponines stéroïdiques et les saponines tri terpéniques dérivant tous deux bio synthétiquement de l'oxyde de squalène [26].

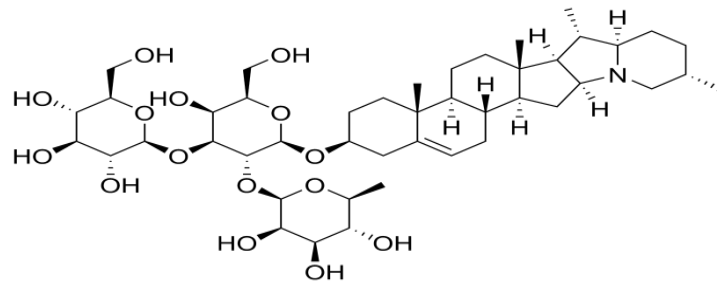


Figure II.6 : Structure de Saponine.

II.5.1.5 les anthraquinones :

Les anthraquinones sont des composés aromatiques oxydés principalement d'origine polycétidique dérivé de cyclisation d'une chaîne octacétide. Les composés polycétides provient des chaînes polycetométhylène-(CH₂CO)_n-, la présence de groupe fonctionnelle et leur disposition sont déterminer par la séquence de réaction d'alkylation de déshydratation, d'oxydation, de condensation, d'hydroxylation et de glycosidation.

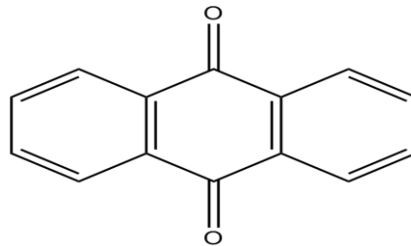


Figure II.7 : Structure des anthraquinones.

II.5.1.6 les glucides [27] :

Les glucides sont des molécules indispensables à la survie des organismes vivants car les formes les plus simples sont à la base des mécanismes énergétiques et de la biosynthèse des autres métabolites, chez les végétaux ou le retrouve sous différent forme :

- polymère énergétiques (amidon) ou structuraux (cellulose, pectines...).
- Sucre simples
- Hétéroside (sucre lié avec une molécule non osidique).
- Précurseurs de voies de biosynthèse.

Références :

- [1] M. EL-Fennouni, thèse « les plantes réputées abortives dans les pratiques traditionnelles d'avortement au Maroc », université Mohamed V, thèse de doctorat (2012).
- [2] A. Skiredj, H. Elattir, A. Elfadl « fiche technique des cultures aromatique et condimentaire », institue agronomique et vétérinaire, Hassan II- rabat.
- [3] M. Gayet « grande traite des herbes aromatique », ed le sureau (2012).
- [4] K. Hostettmann « les plantes médicinales dans l'art et histoire » U3A Neuchâtel, document 12 octobre (2012).
- [5] J. Lindena, C. Nenendorff « guide adapté de aloès Vera gueisir soigner et lutter contre le vieillissement », traitement naturel (2008).
- [6] site d'information sur l'Aloès Vera « santé a beauté, contrôle de poids et compléments nutritionnels de la qualité supérieure »- Aloès Vera santé.
- [7] I. fourasté – l'Aloès- Aloès indica royale liliacée- institut klorane. Toulouse.
- [8] N. Michayewicz « aloès Vera, plante médicinale traditionnellement et largement utilisée depuis des millénaires, aux nombreuses propriétés thérapeutique, plante miracle », faculté pharmacie, université lorraine, thèse de doctorat (2013).
- [9] Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSA)- maison al fort- 21 décembre (2007).
- [10] Association française de normalisation, recueil de norme française « H.E » AFNOR. Paris- AFNOR NF T 75-006, (1986).
- [11] T. Daniel, T. Nesseim, M. Fillet, G. Mergeal, L. Hornick- principes toxique « toxicité et technologie de détoxification de la graine de jatropha curcas L » Université de liège, Vol 16, (2012).
- [12] Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles. Agence français de sécurité sanitaire des produits de santé, Mai (2008).
- [13] N. Herzi « extraction et purification de substances naturelle comparaison de l'extraction au CO₂ supercritique et des technique conventionnelles », Université de Toulouse thèse de doctorat (2013).

- [14] C. Colas « développement de méthode physico-chimique pour le contrôles de la médication par l'harpagophytum et l'eleutherococcus, principes actifs utilisé en phytothérapie équine », école polytechnique thèse de doctorat (2006).
- [15] F. Mayer « utilisation thérapeutique des huiles essentielles étude de cas maison de retraite », faculté de pharmacie, université de lorraine, thèse de doctorat (2012).
- [16] L. Lakhdar « évaluation de l'activité anti bactérienne d'huile essentielle marocaines sur *aggregatibacter actinomycetemcomitans* », université Mohamed V de rabat, thèse de doctorat (2005).
- [17] E. Beneteaud « les technique extraction », comité français du parfum, document ressource (2011).
- [18] D. Anne claire, D. Ianis, V. Marie alix « atelier sante environnement risqué et bénéfices possibles des huiles essentielles », (2007-2008).
- [19] N. Benzeggouta « évaluation des effets biologique des extrait aqueuse de plante médicinale seules et combinées », université Mentouri, Constantine, thèse de doctorat (2015).
- [20] N. François « identification de poly phénols, évaluation de leur activité anti oxydante et étude de leurs propriétés biologique », université Paul Verlaine. Metz, thèse de doctorat (2010).
- [21] A. Hamidi « étude phytochimique et activité biologique de la plante *limoniastrum griyonianum* », université Kasdi Merbah, Ouargla, mémoire de magister (2013).
- [22] A. Ben gag « caractérisation phytochimique et activité anti oxydante de quelque cultivars de *phœnix dactylifera L* », université Oran mémoire de magister (2009).
- [23] S. Akroum « étude analytique et biologique des flavonoïdes naturel », université Mentouri, Constantine, thèse de doctorat (2011).
- [24] M. Badiaga « étude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *nauclea latifolia Smith* une plantes médicinale africaine récoltée au mali », université de Bamako, archive ouvertes.fr (2012).
- [25] D. Kone « enquête ethnobotanique de six plantes médicinales maliennes, extraction, identification d'alcaloïdes, caractérisation, quantification de poly phénols : étude de leur activité anti oxydante », université de Bamako, thèse de doctorat (2009).

[26] F. N. Muanda « identification de poly phénols, évaluation de leur activité anti oxydante et étude de leur propriétés biologiques », université Paul Verlaine, thèse de doctorat (2010).

[27] T. Michel « nouvelles méthodologie d'extraction de fractionnement et d'identification : application aux molécules bioactives de l'argousier », université D'Orléans, thèse de doctorat (2011).

III.1 Matériels et techniques :

III.1.1 Matériel végétal :

La plante de l'absinthe de la partie aérienne ont été récoltés au mois de mars et de avril dans le village de Brahmia commune de Djillali ben Amar. Wilaya de Tiaret.

III.1.2 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).

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.1 : Montage utilisé pour l'extraction des huiles essentielles de l'absinthe par la méthode 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, et cela peut être due à la composition de l'absinthe.

III.1.3 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 exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante :

$$R(\%) = (M_{HE} / M_{MV}) \cdot 100 \quad \text{III.1}$$

R : rendement de l'extraction en %

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

M_{MV} : masse de la matière végétale en (g).

$$R(\%) = (0,15/100) \cdot 100 = 0,15\%$$

Le rendement en HE de l'absinthe égale à 0,15%.

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

III.1.4 Test phytochimique :

Dans la première dominante qui est plus classique, consiste à réaliser un criblage des principales familles chimiques présentes dans la plante étudiée (Absinthe : Abs) et à réaliser les tests biologiques préliminaires sur les extraits brutes. Ces extraits naturels contiennent, en effet, de nombreuses familles de composés organiques naturels (flavonoïdes, alcaloïdes, tannins,...), aisément disponibles, renouvelables et pouvant offrir des propriétés inhibitrices de la corrosion pour de nombreux alliages métalliques en fonction.

Notre but dans cette partie est détecté différentes familles de composés existants dans la plante absinthe par la méthode la plus simple « Test phytochimique ».

III.1.4.1 Préparation de l'échantillon :

Dans cette partie nous avons travaillé sur la partie aérienne de la plante (feuilles et les tiges). Les parties aériennes sont séchées à l'ombre à température ambiante (environ 30 à 35°C) pendant deux semaines, puis elles sont écrasées dans un mortier avant de passer au travers d'un tamis ensuite finement pulvérisées au moulin.

Les tests phytochimiques ont été réalisés sur les extraits de la plante préparés par

infusion avec l'eau distillée.



Figure III.3 : Plante absinthe séchée et broyée.

III.1.4.2 Infusion :

On verse 150 ml de l'eau bouillante sur 25g de l'absinthe en poudre puis on laisse reposer la mixture pendant 15 min, le produit obtenu a été filtré avec du papier filtre.

III.1.4.3 Réaction de caractérisation :

Le screening phytochimique est le moyen indispensable pour mettre évidence la présence des groupes de la famille chimique présente dans une drogue donnée.

Toute fois, ce screening phytochimique ne renseigne pas sur la nature des molécules chimiques, bien entendu les tests de caractérisation phytochimique présentent des imprécisions, car ils sont basés en partie sur l'analyse qualitative.

Le principe est soit basé sur la formation de complexes insolubles en utilisant les réactions de précipitations, soit sur la formation de complexe colorés en utilisant des réactions de coloration (conjugaison ou instauration dans molécule). Les résultats sont classés en [1] :

- Réaction très positive +++
- Réaction moyennement positive ++
- Réaction louche +
- Réaction négative –

III.1.5 Synthèse qualitative :

III.1.5.1 Les flavonoïdes :

Les flavonoïdes, pigment quasiment universels des végétaux, constituent une grande famille de composé très souvent abondamment présent dans les plantes. Plusieurs tests de caractérisation permettant de mettre en évidence différent type de

flavonoïdes

Nous avons introduit 5 ml de l'extrait (Abs) avec quelque goutte d'HCl concentré en présence de trois ou quatre tournures de magnésium. Le changement de coloration est observé, virage au rouge (flavonones), virage au rouge propre (flavonols), rouge violacée (flavanones et flavanols) [2].



Figure III.4 : Mise en évidence des flavonoïdes

La figure III.4, montre la présence des flavonoïdes par l'apparition d'une couleur rouge violacée.

III.1.5.2 Les alcaloïdes :

La présence d'alcaloïdes est établie par la précipitation de sels et la révélation à l'aide du Réactif de Mayer et Wagner [3] :

a)- Réactif de Mayer :

Le Réactif de Mayer est constituée de deux solutions :

Solution A : 1,355g de chlorure de mercure dissoute dans 20 ml d'eau distillée.

Solution B : 5g d'iodure de potassium dissoute dans 20 ml d'eau distillée.

On mélange les deux solutions et on jauge jusqu'à 100 ml par d'eau distillée.

La formation d'un précipité blanc après ajoute de quel que goutte du Réactif de Mayer, témoigné de la présence d'alcaloïdes.



Figure III.5 : Mise en évidence des alcaloïdes par le test de Mayer.

b)- Réactif de Wagner :

C'est un mélange composé de 1,27g d'iode et 2 g d'iodure de potassium dissout dans 75 ml d'eau distillée. Ce mélange est jaugé jusqu'à l'obtention de 100 ml de la solution.

S'il apparait un précipité brun montrant la présence d'alcaloïdes.

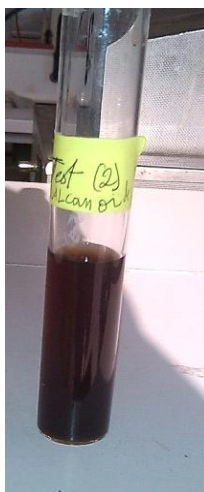


Figure III.6 : Mise en évidence des alcaloïdes par le test de Wagner.

Les figures III.5 et III.6, montrent l'existence des alcaloïdes par les deux réactifs de Mayer et Wagner qui donne un précipité blanc (test Mayer) et un précipité brun (test Wagner) .

III.1.5.3 Anthraquinones libres :

Extrait chloroformique : 1g de poudre de la plante, ajouter 10 ml de chloroforme et chauffer prudemment au bain marie pendant 3min, filtrer et compléter a 10 ml si nécessaire.

Introduite 1ml d'extrait chloroformique, et ajoute 1ml de NH_4OH diluée puis agiter [4].Le virage de la couleur de la phase aqueuse au jaune, rouge ou violet indique la présence des quinones libre.



Figure III.7 : Mise en évidence des Anthraquinones libres.

D'après la figure III.7, nous remarquons une couleur jaune de la phase aqueuse qui indique la présence des quinones libre.

III.1.5.4 les tanins [4] :

A 2ml d'extrait sont additionnées quelque goutte de FeCl_3 2% permet détecter la présence ou non de tanins, l'apparition d'une coloration bleu-noir ou vert- noir indique respectivement la présence de tannoïdesou de tanins vrais.



Figure III.8 : Mise en évidence des tanins.

La figure III.8 montre l'existence des tanins par l'apparition d'une couleur vert-noir issue par la réaction de l'extrait de l'absinthe avec le réactif de chlorure ferrique donne une couleur noir.

III.1.5.5 les saponines [5] :

10 ml de l'extrait aqueux ont été versés dans un tube à essai, le tube agité pendant 15 secondes et puis il a été laissé reposer durant 15 min, la hauteur de la mousse est mesurée. L'évaluation de présence des saponines est comme suite :

- Pas de mousse = test négatif
- Mousse moins de 1 cm = test faiblement positif
- Mousse de 1-2 cm = test positif
- Mousse plus de 2 cm = test très positif



Figure III.9 : Mise en évidence des saponines.

La figure III.8 montre l'apparition très remarquable de la mousse par une hauteur dépassant 1 cm, ce qui confirme une forte présence des saponines dans l'absinthe.

III.1.5.6 les glycosides [6] :

Nous avons introduit 1 ml d'extrait dans un tube à essai, puis nous avons ajouté 5 ml d'acide acétique contenant des traces de FeCl_3 et 5 ml d'acide sulfurique contenant des traces de FeCl_3 .



Figure III.10 : Mise en évidence des glycosides.

D'après la figure III.10, on remarque une seule phase, donc l'extrait de l'Abs ne contient pas des glycosides.

Les résultats obtenus par la phytochimie effectués sur la plante d'Absinthe (Abs) ont été récapitulés sur le Tableau III.1

Tableau III.1 : Criblage phytochimique de l'extrait Abs

Composées organiques		Extrait d'absinthe
Les flavonoïdes		+
	Test 1	+
Les alcaloïdes		+
	Test 2	+
Anthraquinones libres		+
les tanins		++
les saponines		++
Les glycosides		-

Le screening phytochimique de l'extrait absinthe montre la présence et la richesse en quantités importantes des substances organiques azotés et parfois oxygénés. Ces substances généralement sont hétérocycliques aromatiques tels que tanins, saponosides et l'alcaloïde.

III.1.6 Étude de l'inhibition de la corrosion de l'acier au carbone en milieu acide HCl 1M :

Vu à la richesse de la plante de l'Absinthe par des composés organiques cycliques oxygénés et azotés, nous avons étudié le pouvoir inhibiteur de la corrosion de l'acier par l'addition de l'huile de cette plante (Abs) en milieu acide. Cette étude sera évaluée par la méthode gravimétrie. Lors de cette étude expérimentale, le système (métal / solution) considérée est composé par :

- Une électrode en acier au carbone.
- Un milieu acide chlorhydrique 1 M.

La vitesse de corrosion déterminée par la méthode la plus simple : Méthode gravimétrie (perte de masse). Nous avons étudié l'effet de la température sur l'inhibition de la corrosion de l'acier en absence et en présence de l'huile. Puis, nous avons calculé et commenté certaines valeurs thermodynamiques du processus d'adsorption (ΔG , E_a , ΔH et ΔS) à partir des isothermes d'adsorption.

III.1.6.1 Préparation de l'échantillon :

La composition chimique de l'acier au carbone est présentée dans le tableau III.2 :

Tableau III.2 : teneur de masse de l'impureté présente dans l'acier au carbone.

Élément	C	Si	Mn	S	Cr	Ti	Ni	Co	Cu	Fe
%	0,37	0,23	0,68	0,016	0,07	0,011	0,059	0,009	0,16	Balance

Avant chaque mesure, l'acier est mécaniquement poli sous eau au papier abrasif de grade croissant (180, 360, 800, 1200), dégraissé dans l'acétone et rincé à l'eau distillée et enfin l'échantillon est séché sous un flux d'air avant utilisation.

III.1.6.2 préparation de solution :

Le milieu corrosif est une solution d'acide chlorhydrique 1M obtenu par dilution de l'acide concentré commerciale de HCl à 37% avec l'eau distillée. Les concentrations utilisées de l'huile (Abs) pour l'inhibition sont variés de 0,5 à 3g/l. Ces concentrations ont été déterminées après l'étude de la solubilité de l'huile dans le milieu corrosif de HCl 1M.

III.1.6.3 méthode gravimétrie :

Cette méthode présente l'avantage d'être d'une mise en œuvre simple de ne pas nécessiter un appareillage compliqué. Elle nécessite uniquement une balance de haute précision d'erreur de 10^{-4} minimum, mais elle ne permet pas l'approche des mécanismes mise en jeu lors de la corrosion. Son principe repose sur la mesure de la perte de masse (Δm) subie par un échantillon métallique de surface (S), lorsque celui-ci est immergé pendant le temps (t_{im}), dans une solution agressive.

La vitesse de corrosion déterminée par l'équation suivante :

$$V_{cor} = \Delta m / (S.t) \quad \text{III.2}$$

Sachant que $\Delta m = m_i - m_f$ III.3

m_i : la masse de l'échantillon avant l'essai (mg).

m_f : la masse de l'échantillon après l'essai (mg).

V_{cor} : la vitesse de corrosion ($\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{h}$).

S : la surface exposée en cm^2 .

t : temps d'immersion dans la solution (h).

L'efficacité inhibitrice $E(\%)$ d'un composé étudié est calculée, en utilisant la relation suivante :

$$E (\%) = ((V_{cor} - V_{inh}) / V_{cor}) \cdot 100 \quad \text{III.4}$$

V_{cor} : la vitesse de corrosion de l'acier sans inhibiteur

V_{inh} : la vitesse de corrosion de l'acier avec inhibiteur

III.1.6.4. Dispositif expérimental de corrosion :

Avant toutes mesures, les échantillons subissant un polissage au papier abrasif, suivi d'une mesure des dimensions à savoir l'épaisseur et le diamètre à l'aide d'un pied à coulisse. Après, suivi d'un dégraissage par l'acétone et d'un lavage à l'eau distillée, et d'un séchage à l'aide d'un séchoir électrique.

Une fois la préparation de l'état de surface est achevée, l'échantillon est pesé et introduit immédiatement dans l'électrolyte (solution acide chlorhydrique HCl 1M de volume 100ml). La température de cette dernière a été variée entre 25 à 60°C à l'aide d'un bain marie, ces échantillons sont attachés avec un fil en nylon et immergés dans des béchers contenant du HCl 1M sans et avec addition de différentes concentrations de l'HE de l'Abs (pour $T = 25^\circ\text{C}$). Après une durée d'immersion bien

déterminée. Les pièces sont lavées, séchées et en fin pesées.

La figure suivant montre le dispositif utilisé pour les mesures gravimétrique.

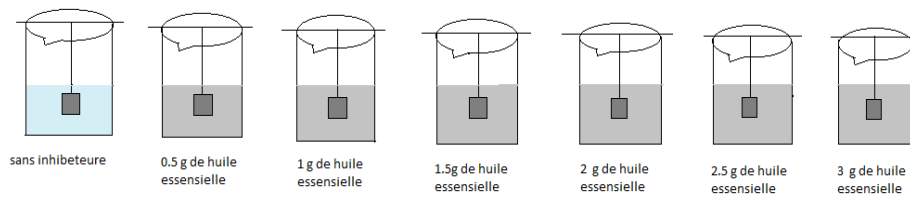


Figure III.11 : Dispositif expérimental de corrosion.

III .1.7 Résultat expérimentaux :

III.1.7.1 Variation de la vitesse de corrosion de l'acier :

La vitesse de corrosion de l'acier est calculée à partir des mesures de perte de masses de chaque essai, les échantillons sont immergées dans HCl 1M sans et avec l'addition différentes concentrations de huile de l'Absinthe (Abs). Ces concentrations varies de 0,5 à 3g/l à des temps d'immersion différents (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.3

Tableau III.3 Les valeurs de la vitesse de corrosion sans et avec l'Absinthe à différents concentration et à différents temps d'immersion (4h et 24h) à 25°C.

C_{inh} (g/l)	V_{cor} (mg /cm ² .h)	
	Absinthe	
	$t_{im}= 4h$	$t_{im}= 24h$
0	2,02	1,46
0,5	1,67	0,54
1	1,44	0,42
1,5	1,21	0,33
2	0,93	0,29
2,5	0,89	0,27
3	0,88	0,24

Les résultats obtenus montrent que la vitesse de corrosion diminue progressivement en fonction de la concentration de l'HE de l'Abs jusqu'à atteindre une valeur de concentration optimale qui est 2g/l, et prend une valeur d'environ 0,90 mg/cm².h pour un $t_{im} = 4h$ et prend une valeur d'environ 0,25 mg/cm².h pour un $t_{im} = 24h$. Ceci indique que l'HE de l'Abs possède d'excellentes propriétés inhibitrices de la corrosion de l'acier en milieu HCl 1 M. On constate aussi que la vitesse de corrosion diminue avec le temps d'immersion, ce qui explique que l'huile s'adsorbe beaucoup mieux ou une grande quantité se fixe sur la surface de l'acier à des temps d'immersion plus grands empêchant la dissolution de l'acier.

L'effet de la concentration de l'inhibitrice de l'HE de l'Abs à 25°C sur la vitesse de corrosion est regroupé sur la figure III.12.

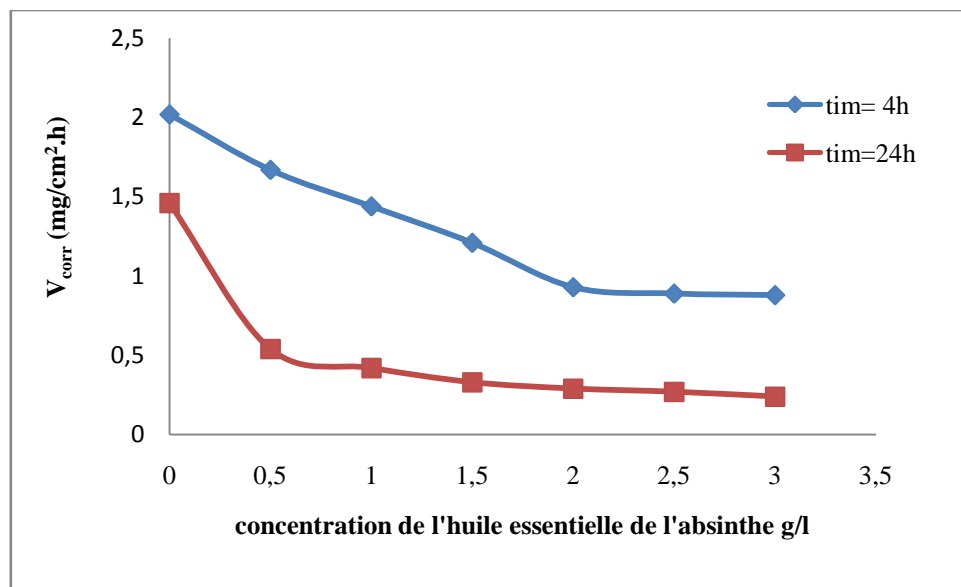


Figure III.12 : Évolution de la vitesse de corrosion de l'acier à différentes concentrations de l'HE de l'Abs en fonction du temps d'immersion (4h et 24h) dans HCl 1M, et à T=25 °C.

La figure III.12 montre clairement la diminution de la vitesse de corrosion avec l'ajout de l'HE de l'Abs à différentes concentrations pour les deux temps d'immersion. Cette diminution est plus remarquable à $t_{im} = 24h$ par contre elle est régulière pour un temps $t_{im} = 4h$. Cette figure montre aussi la stabilité de la vitesse après l'ajout de 2 g/l de l'huile. A cet effet, on peut dire qu'une grande quantité d'huile s'absorbe en première temps, et après la vitesse diminue légèrement. Cela indique que l'HE de l'Abs qui s'absorbe sur la surface de l'acier bloquant les sites actifs empêchant la dissolution de

l'acier

III.1.7.2 Variation de l'efficacité inhibitrice de corrosion de l'acier :

Les valeurs de la variation de l'efficacité inhibitrice de corrosion de l'acier à différentes concentrations de l'huile de l'Abs en fonction de temps d'immersion ($t_{im}=4h$ et $24h$) dans HCl 1M sont données dans le tableau III.4.

Tableau III.4 : Variation de l'efficacité inhibitrice de corrosion de l'acier à différentes concentrations de l'HE de l'Abs en fonction du temps d'immersion ($t_{im}=4h$ et $24h$) dans HCl 1M à 25°C.

C_{inh} (g/l)	E(%)	
	$t_{im}=4h$	$t_{im}=24h$
0,5	17,32	63,01
1	28,71	71,23
1,5	40,09	77,39
2	53,96	80,13
2,5	55,94	81,5
3	56,43	83,56

D'après les résultats de tableau III.4 nous remarquons que l'efficacité inhibitrice augmente en fonction de concentration de l'HE de l'Abs. Nous constatons que l'efficacité est d'environ 17% pour une concentration de l'huile 0,5 g/l, et lorsqu'on ajoute 2g/l prend une valeur d'environ 55% pour un $t_{im}=4h$. Par contre l'efficacité inhibitrice pour un $t_{im}=24h$ est plus grande (d'environ 60%) après un ajout d'une quantité très peu de l'huile (0,5 g/l) et est se stabilise à une valeur d'environ de 80% après l'ajout 2g/l.

La Variation de l'efficacité inhibitrice de l'HE de l'Abs en fonction de la concentration en milieu HCl 1M est illustrée sur la figure III.13.

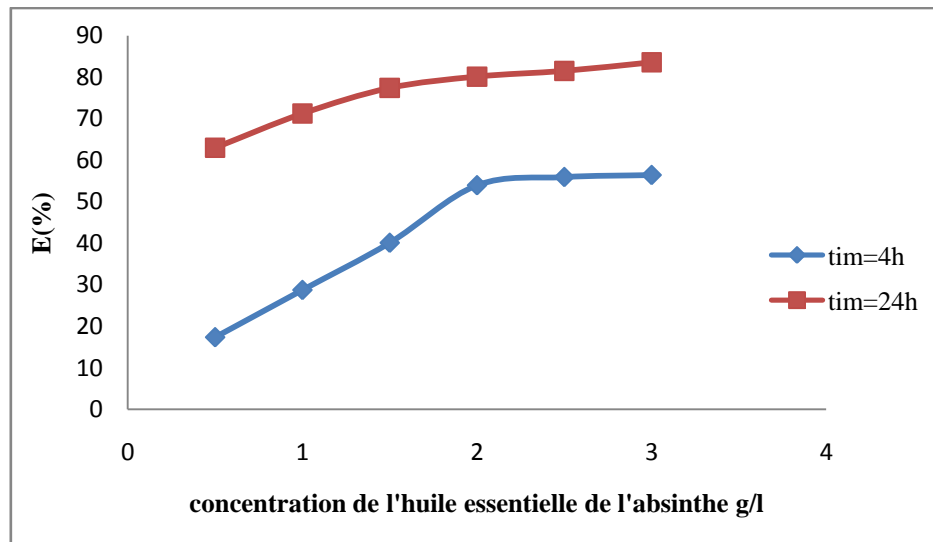


Figure III.13 : Évolution de l'efficacité inhibitrice de corrosion de l'acier à différentes concentrations de l'HE de l'Abs en fonction du temps d'immersion dans HCl 1M, pour deux temps d'immersion (4h et 24h) et à $T=25^{\circ}\text{C}$.

D'après cette figure, nous remarquons que l'efficacité inhibitrice augmente en fonction de concentrations de l'huile pour les deux temps d'immersion, cependant, elle est plus grande dès qu'on ajoute une petite quantité de l'huile essentielle de l'Abs pour un temps d'immersion de 24 h. Ceci nous permet de dire que l'adsorption de l'huile nécessite un temps élevé afin d'avoir une bonne efficacité.

III.1.7.3 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 concentrations est déterminé à partir des mesures gravimétriques par l'équation suivante [7]:

$$\theta = \frac{m_0 - m_{inh}}{m_0 - m_m} \quad \text{III.5}$$

Le réaménagement de cette relation donne :

$$\frac{C_{inh}}{\theta} = \frac{1}{K} + C_{inh} \quad \text{III.6}$$

La constante d'adsorption K est liée à l'énergie libre standard d'adsorption (ΔG_{ads}) par l'équation de van't Hoff [8]:

$$K = \frac{1}{55,5} e^{\frac{-\Delta G_{ads}}{RT}} \quad \text{III.7}$$

K : désigne le coefficient d'adsorption

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

R : la constante de gaz parfait en (J. mol⁻¹.K⁻¹).

55,5 est la concentration de l'eau en solution (mol .l⁻¹).

T : la température en (K).

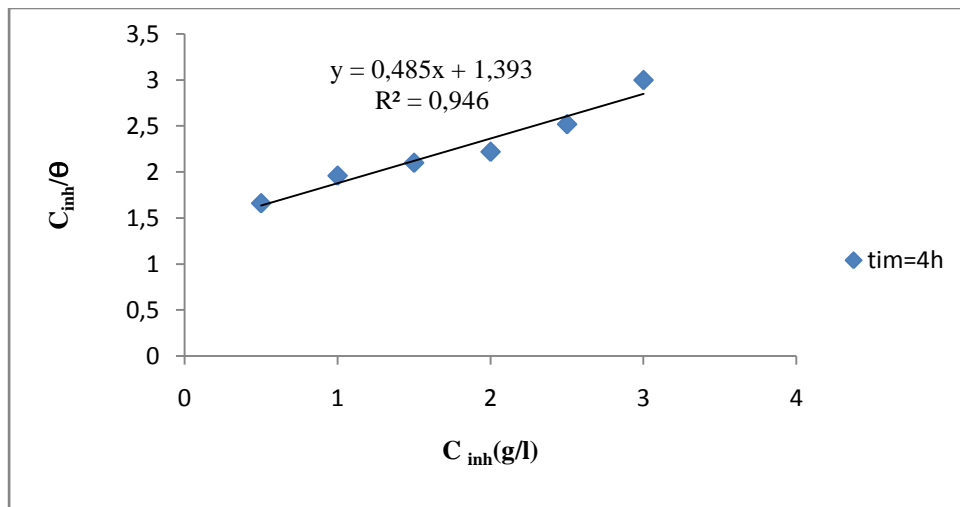


Figure III.14 : Isotherme d'adsorption de Langmuir de l'HE de l'Abs à différentes concentrations pour $t_{im} = 4h$ à $T = 25^\circ C$.

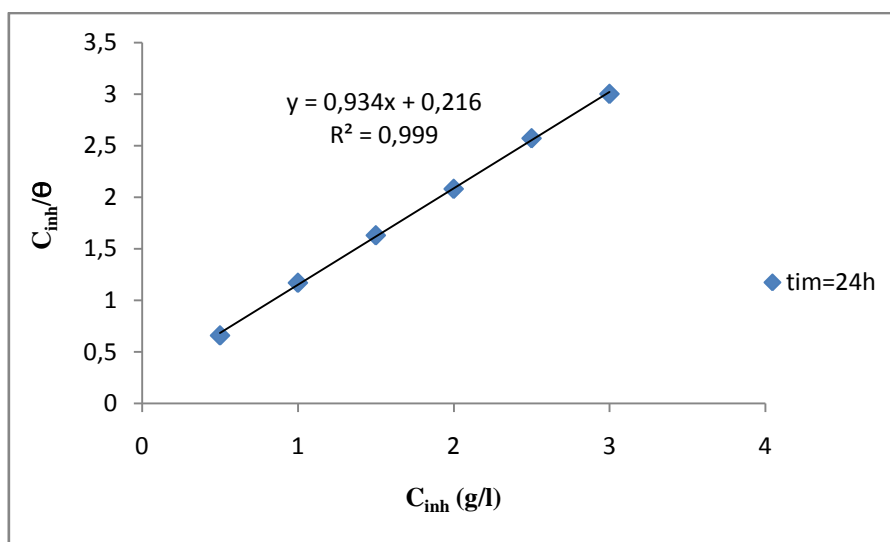


Figure III.15 : Isotherme d’adsorption de Langmuir de l’HE de l’Abs à différentes concentrations pour $t_{im}=24h$ à $T= 25$ °C.

Le tracé C_{inh}/θ en fonction de la concentration de l’Abs pour les deux temps d’immersion (4h et 24h) à 25°C en milieu acide chlorhydrique donne un droit linéaire (figure III.14et15). Cela montre que l’adsorption de l’HE de l’Abs sur la surface de l’acier en milieu chlorhydrique 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 forcément l’infiltration de l’électrolyte vers le substrat.

Le coefficient de corrélation (R^2) a été utilisé pour choisir convenable notre modèle, on constate que les coefficients de corrélation linéaire sont proche de1. 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 ΔG_{ads} sont résumée dans le tableau suivant :

Tableau III.5 : Paramètre thermodynamique de l’adsorption de l’HE de l’Abs sur la surface de l’acier à différentes concentrations en fonction du temps d’immersion $t_{im}=4h$ et 24h dans HCl 1M à 25C°.

Temps d’immersion	K (l/g)	$-\Delta G_{ads}^{\circ}$ (kJ .mol ⁻¹)
$t_{im}= 4h$	0,71	9,08
$t_{im}= 24h$	4,61	13,73

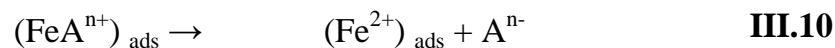
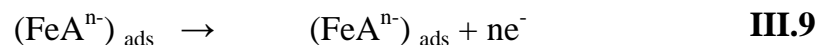
Les valeurs négatives de $\Delta G_{\text{ads}}^{\circ}$ indiquent la spontanéité du processus d'adsorption et la stabilité de la monocouche adsorbée à la surface métallique.

Généralement les valeurs absolues de $\Delta G_{\text{ads}}^{\circ}$, voisines de 20 KJ.mol^{-1} ou inférieures, 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 supérieures impliquent un transfert de charges entre les molécules organiques et la surface métallique (chimisorption) [9].

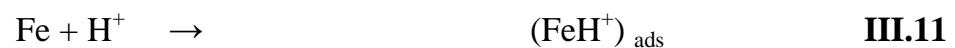
Alors les valeurs de $\Delta G_{\text{ads}}^{\circ}$ calculées, dans notre étude, sont inférieures à 20 KJ.mol^{-1} ce qui, indiquent que l'adsorption la plus dominante de l'HE de l'Absinthe sur la surface de l'acier est de type physique.

III.1.7.4 : 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 [10], suivant les réactions :



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



III.1.8 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 HCl 1M sur les propriétés anti corrosion de l'acier pour une concentration optimale l'HE de l'Abs (2g/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 (ΔH_{ads}) et de l'entropie d'activation du processus de corrosion (ΔS_{ads}).

III.1.8.1 Vitesse de corrosion de l'acier :

Nous avons effectué des testes de perte de masse de l'acier dans HCl 1M sans et avec l'addition de l'HE de l'Abs (2g/l), à différentes températures, compris entre 25 et 60 °C, avec un temps d'immersion constant (24h).

Les valeurs de vitesse de corrosion de l'HE de l'Abs en fonction de la température à 24h d'immersion sont illustrées sur la figure III.16.

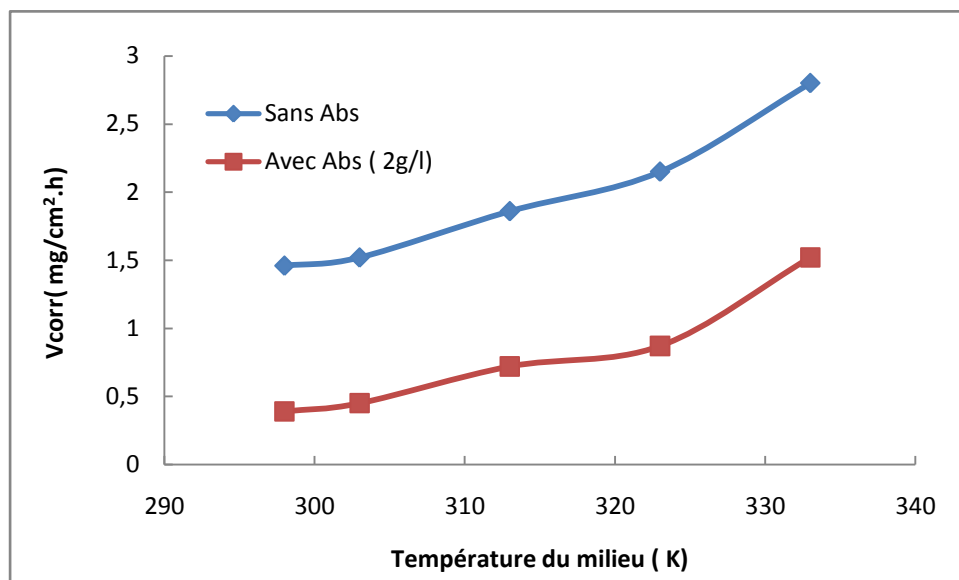


Figure III.16: Effet de la température sur la vitesse de corrosion de l'acier dans HCl 1M en absence et en présence l'HE de l'Abs pour $t_{im} = 24h$.

D'après la figure III.16 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 le substrat ce qui conduisant à la dissolution de l'acier.

III.1.8.2 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 [8] :

$$\log(V_{corr}) = \log(A) - \frac{E_a}{2,303 RT} \quad \text{III.14}$$

- V_{corr} : la vitesse de corrosion ($\text{mg. cm}^2.\text{h}^{-1}$).
- E_a : l'énergie d'activation (KJ. mol^{-1}).
- R : la constante de gaz parfait en ($\text{J. mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$).
- T : la température absolue (K).

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

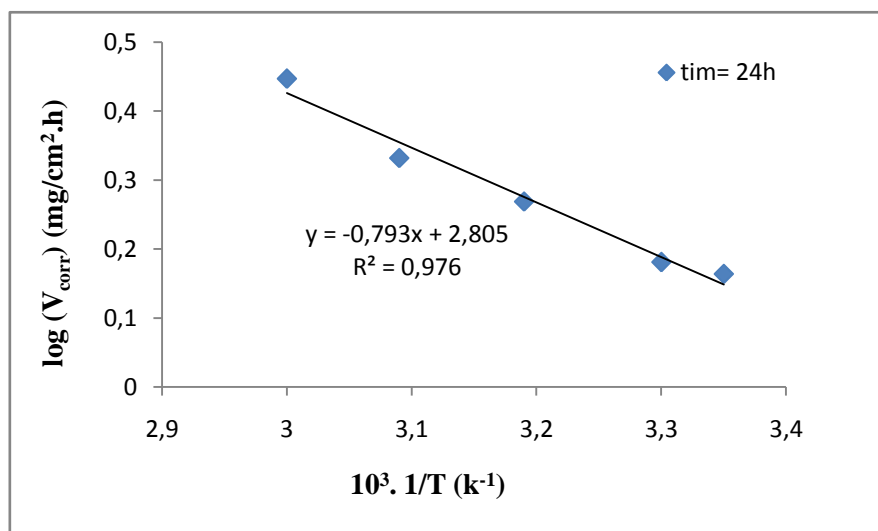


Figure III.17 : Droites d'Arrhenius calculé à partir de la vitesse de corrosion de l'acier sans l'Abs dans HCl 1M pour $t_{im} = 24\text{h}$.

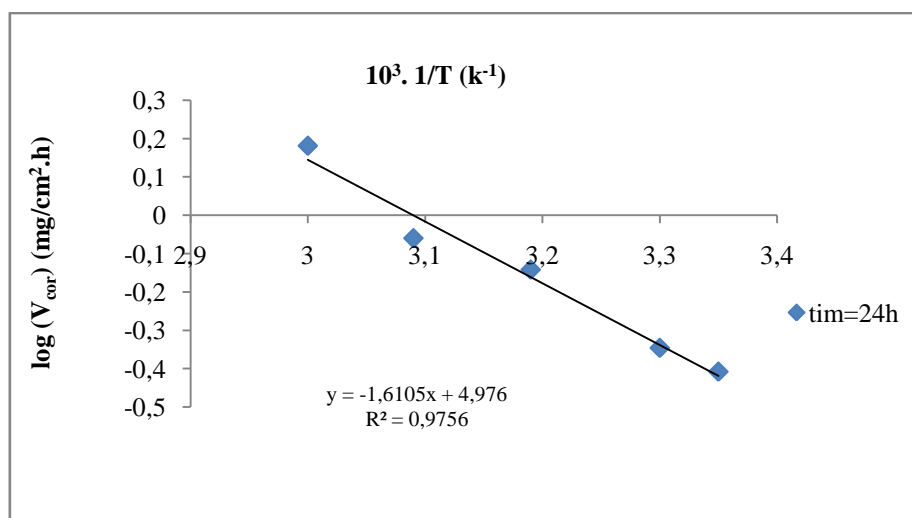


Figure III.18 : Droites d'Arrhenius calculé à partir de la vitesse de corrosion de l'acier sur 2g/l de l'HE de l'Abs dans 1M HCl pour $t_{\text{im}} = 24\text{h}$.

Ces courbes montrent que la variation du $\log(V_{\text{corr}})$ 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 III.18 et III.17). Les valeurs obtenues sont regroupées sur le tableau III.6.

Tableau III.6 : Les valeurs d'énergies d'activation sans (E_a) ou avec l'Abs (E_a^{inh}) pour l'acier à différentes températures du milieu à $t_{\text{im}} = 24\text{h}$.

	$E_a \text{ (kJ .mol}^{-1}\text{)}$
Sans HE de l'Abs	15,20
Avec HE de l'Abs	30,85

D'après le tableau III.6, nous constatons que les valeurs de l'énergie d'activation obtenue en présence l'HE de l'Abs est supérieure qu'en absence de cette dernière. 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 [11-12].

En 1965, radovici propose un classement des inhibiteurs reposant sur cette comparaison, il distingue [13-14] :

- Les inhibiteur pour les quels $E_a^{inh} > E_a$ 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 $E_a^i < E_a$ 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 les quels $E_a^i = E_a$ cette catégorie ne présente pas d'évolution du pouvoir protection avec la température, très peu de composé appartiennent à cette dernière catégorie.

III.1.8.3 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 [15] :

$$V_{corr} = \left(\frac{RT}{N_h}\right) \exp\left(\frac{\Delta H_{ads}}{RT}\right) \exp\left(\frac{\Delta S_{ads}}{R}\right) \quad \text{III.15}$$

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 ($6,022 \cdot 10^{23}$ molécule. mol^{-1}).

h: constant de plank ($6,626 \cdot 10^{-34}$ j.sec. mol^{-1}).

les figures III.19 et III.20 représentent la variation du $\ln (V_{corr}/T)$ en fonction de l'inverse de la température du milieu sans et avec 2g/l de l'huile de l'Absinthe respectivement.

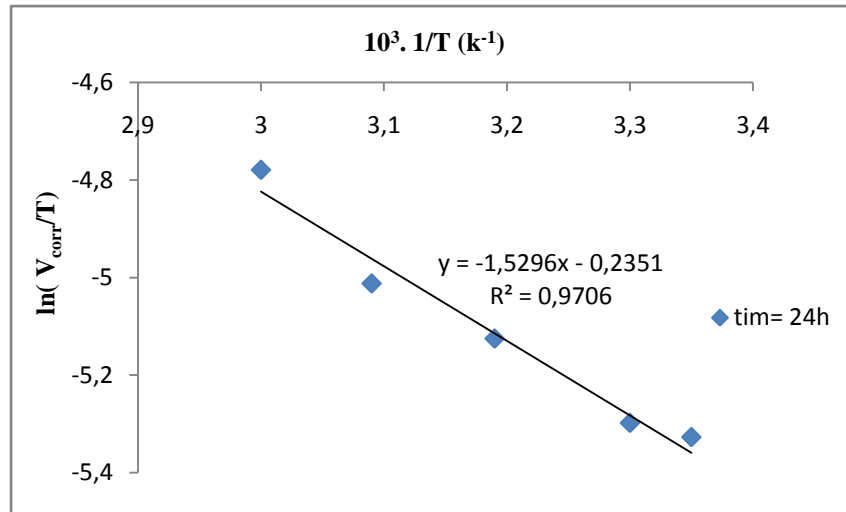


Figure III.19 : Variation de $\ln(v_{\text{corr}}/T)$ en fonction de l'inverse de la température du milieu sans l'Abs dans HCl 1M pour $t_{\text{im}}=24\text{h}$.

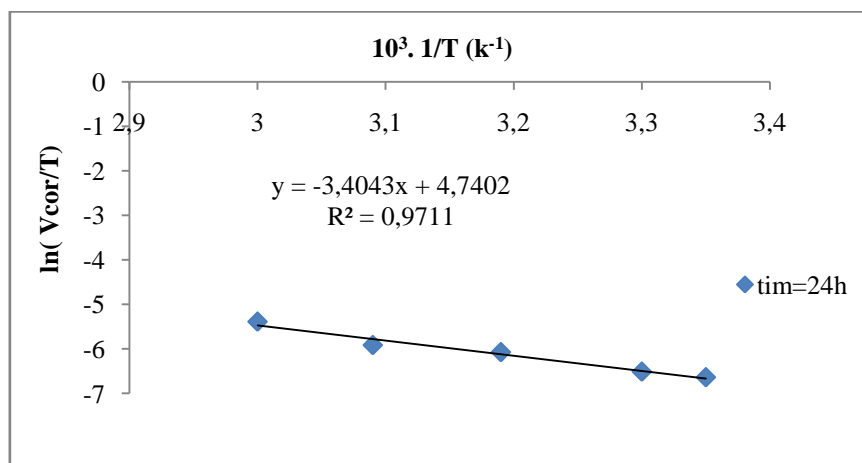


Figure III.20 : Variation de $\ln(v_{\text{corr}}/T)$ en fonction de l'inverse de la température du milieu avec 2g/l de l'Abs pour $t_{\text{im}}=24\text{h}$.

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

Tableau III.7 : Paramètre thermodynamique en absence et présence l'HE de l'Abs sur la surface de l'acier à différentes températures.

	$\Delta H_{\text{ads}} \text{ (KJ.mol}^{-1}\text{)}$	$-\Delta S_{\text{ads}} \text{ (J.mol}^{-1}\text{.K}^{-1}\text{)}$
	$t_{\text{im}} = 24\text{h}$	
Sans HE de l'Abs	12,72	199,63
Avec HE de l'Abs	28,32	158,24

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 élevées et négatives de l'entropie ΔS_{ads} signifient qu'il y a diminution du désordre lors de la transformation des réactifs en complexe fer-molécule active dans la solution.

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

III.1.9 Conclusion :

A partir des résultats phytochimiques, gravimétriques, les valeurs des paramètres thermodynamiques et le mécanisme d'huile essentielle de la plante absinthe vis-à-vis de l'inhibition de la corrosion de l'acier carbone en milieu HCl 1 M peut être résumé ainsi :

- Les tests phytochimiques révèlent la présence de plusieurs familles chimiques tels que les flavonoïdes, les alcaloïdes, les tanins...etc.
- L'huile essentielle de l'absinthe s'est avérée un bon inhibiteur de corrosion de l'acier, son efficacité inhibitrice augmente quand la concentration augmente avec un maximum d'efficacité atteint 80% pour une concentration optimale de 2g/l à 25°C. L'étude en fonction du temps d'immersion a montré que l'efficacité augmente avec l'augmentation du temps d'immersion et que l'adsorption de l'huile se fait par adsorption physique et suit l'isotherme de Langmuir.
- L'étude de la variation de la température a montré que la vitesse de corrosion augmente avec l'augmentation de température. Les données des paramètres thermodynamiques calculées pour l'huile essentielle de l'absinthe confirment l'adsorption physique de cette huile sur la surface métallique.

Dans la partie suivante de notre travail, nous avons essayé d'améliorer les propriétés anti corrosion de l'acier au carbone dans un milieu de HCl 1M avec une concentration optimale de l'huile essentielle de l'Absinthe (2g/l) par l'ajout de l'huile essentielle d'autre plante (Aloès Vera) afin de renforcer et d'augmenter l'efficacité inhibitrice. Le temps d'immersion est fixé à 24h durant notre travail. Avant d'aborder ce travail, on doit identifier ou détecter les différentes familles de composés existants dans la plante « Aloès Vera » par la méthode la plus simple « Test phytochimique ».

Les feuilles Aloès Vera (Figure III.21), ont été recueillies à partir de la région de la ville de Saïda, au lieu de djebbarret de la commune d'Ain el hdjar.



Figure III.21 : Plante Aloès Vera (AlV).

Pour extraction huile essentielle de l'Aloès Vera, Nous avons gardé la même méthode de l'extraction (hydro distillation) que nous avons utilisé de l'extraction de l'Absinthe. Après l'extraction, l'huile essentielle obtenue (Aloès Vera) est de couleur jaune pâle (figure III.22), elle est soluble dans le milieu acide et a été stockée dans un tube en verre.



Figure III.22 : Huile essentielle de l'Aloès Vera.

III.2.1 Test phytochimique :

Pour faire le test phytochimique, nous avons préparé nos échantillons par la méthode suivante :

- **Préparation de l'échantillon :**

Dans cette partie nous avons travaillé sur la partie aérienne de la plante (feuilles). Les parties aériennes sont séchées dans une l'étuve à température d'environ 45 à 50°C pendant 10 jours, puis elles sont écrasées dans un mortier (figure II.23) avant de les passer à travers d'un tamis ensuite finement pulvérisées au moulin.

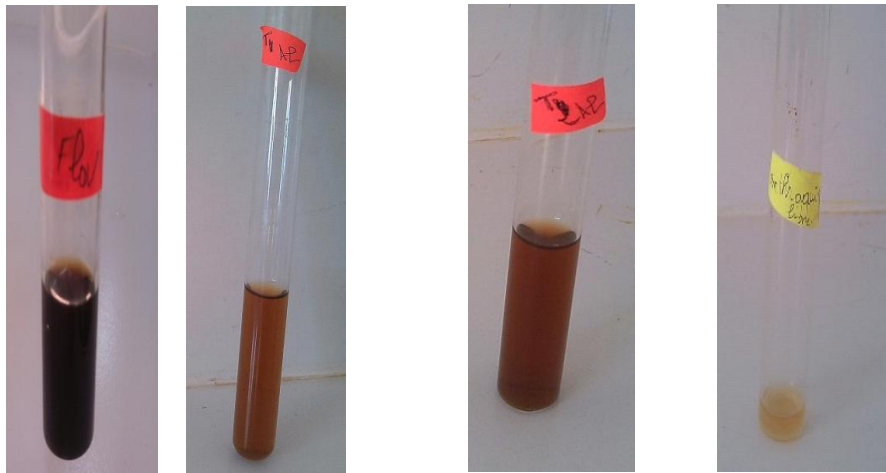
Les tests phytochimiques ont été réalisés sur les extraits de la plante préparés par infusion avec l'eau distillée.



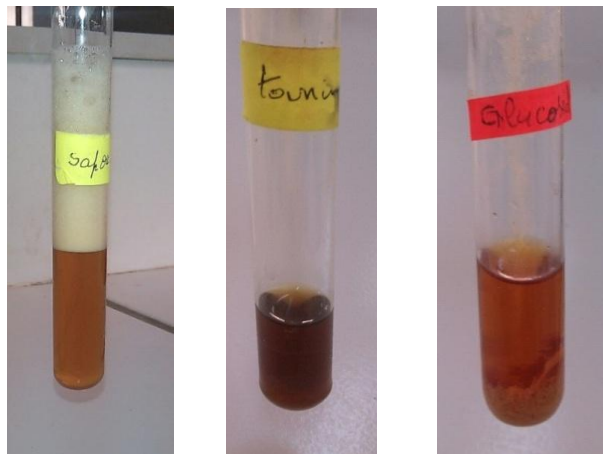
Figure III.23 : la plante aloès Vera séchée et broyée.

Les extraits de l'Aloès Vera sont préparés par la méthode de l'infusion, nous avons pris le même protocole que nous avons utilisé pour préparation de l'extrait de l'Absinthe (Abs).

La figure suivante mise en évidence la présence ou l'absence des groupes de la famille chimique présentent dans une drogue donnée.



Flavonoïdes Test de Mayer Test de Wagner Anthraquinones Libres



Saponines Tanins Glycosides

Figure III.24 : Mise en évidence les différents groupes chimiques

Après les tests phytochimiques, la figure III.24, de l'extrait de l'Aloès Véra (Alv) montre :

- L'absence des flavonoïdes, car la couleur rouge ni pas visible.
- L'absence d'alcaloïdes pour les deux tests (test de Mayer et test de Wagner) confirmant la formation d'un précipité blanc ou brun n'aura pas lieu.
- L'apparition d'une couleur jaune de la phase aqueuse indiquant la présence des quinones libre.
- La formation d'une mousse par une hauteur dépasse 2 cm, confirmant une forte présence des saponines.
- L'absence des tanins, car la couleur verte ni pas visible.
- La présence les glycosides, ceci est confirmée par un précipité jaune.

Les résultats obtenus par les tests phytochimiques sur la plante d'Aloès Vera (Alv) ont été récapitulés sur le Tableau III.8.

Tableau III.8 : Criblage phytochimique de l'extrait de l'Alv.

Composées organiques		Extrait d'Aloès Vera
Les flavonoïdes		-
Les alcaloïdes	Test 1	-
	Test 2	-
Anthraquinones libres		+
les tanins		-
les saponines		+++
Les glycosides		++

Le screening phytochimique de l'extrait de l'Aloès Vera montre l'absence des métabolites secondaires tels que : alcaloïdes, flavonoïdes, tanins, par contre des saponines, quinones libre, glycoside donnent des résultats très positif dans cet extrait. Cette plante est moins riche des groupes familles chimiques qui sont responsables à la protection de l'acier contre la corrosion. A cet effet nous avons étudié l'effet de l'Aloès Vera sur l'inhibition de la corrosion de l'acier en présence l'huile d'Absinthe en milieu HCl 1M afin d'augmenter l'efficacité à une valeur d'environ 96 %.

III.2.2 Étude de l'effet de l'Aloès Vera sur l'inhibition de la corrosion de l'acier en présence de l'huile d'Absinthe en milieu HCl 1M :

Dans cette étude, nous utilisons l'huile essentielle d'Aloès Vera comme deuxième source d'inhibition contre la corrosion. Nous ajoutons l'huile d'Aloès Vera à l'huile de l'Absinthe pour améliorer l'efficacité inhibitrice de corrosion empêchant ou retardant la dissolution de l'acier par renforcement de la couche protectrice.

III.2.2.1 Variation de la vitesse de corrosion de l'acier :

La vitesse de corrosion est déterminée par la méthode de perte de masse, dans milieu HCl 1M en absence et en présence de l'HE de Alv à différentes concentrations en combinaison avec l'huile d'Abs à 2 g/l. Les concentrations de l'Alv varient de 0,5 à 2,5g/l à un temps d'immersion de 24 h et 25 °C.

Les valeurs de la vitesse sont regroupées sur le Tableau III.9.

Tableau III.9 : Valeurs de la vitesse de corrosion avec 2g/l l'Abs à différentes concentrations de l'Alv à $t_{im} = 24h$ à 25°C.

Milieu : HCl 1M + 2g/l de l'huile d'Abs	
$t_{im} = 24h$	
$C_{\text{Aloès Vera}}$ (g/l)	V_{corr} (mg /cm ² .h)
0	0,29
0,5	0,12
1	0,12
1,5	0,11
2	0,1
2,5	0,1

D'après les résultats du tableau, nous remarquons que l'addition de l'huile d'Alv diminué considérablement la vitesse de corrosion et atteindre une valeur maximale d'environ 0,1 mg /cm².h pour une concentration de 0,5g/l pour le temps d'immersion de 24h. Ceci indique que le mélange (Abs + Alv) empêche l'infiltration de l'électrolyte vers le substrat par la formation d'une couche barrière et protectrice.

L'évolution de la vitesse de corrosion de l'acier en fonction de concentration de l'huile d'Aloès Vera dans un milieu HCl 1M contient 2g/l de l'Abs pour un $t_{im} = 24 h$ à 25°C est illustrée sur la figure III.25.

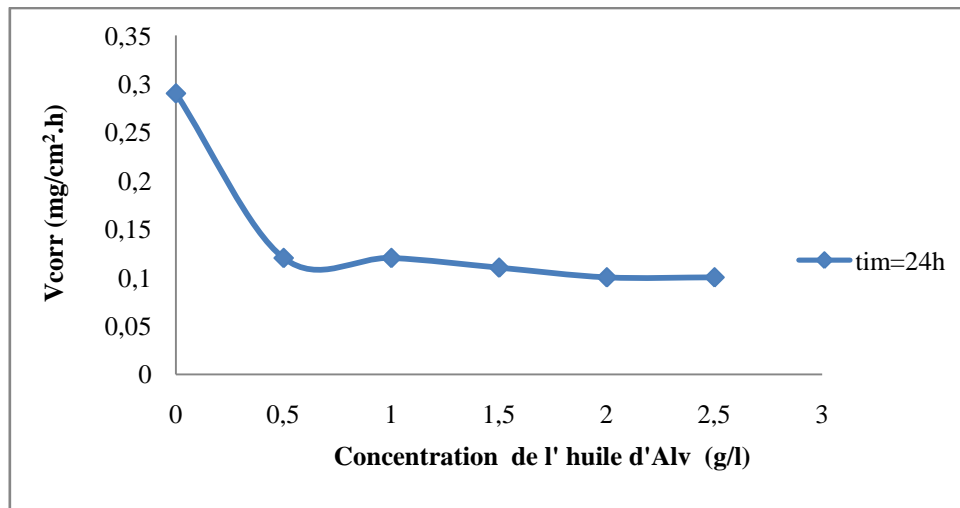


Figure III.25 : Évolution de la vitesse de corrosion de l'acier dans HCl 1M en présence de 2g/l l'Abs à différentes concentrations de l'huile d'Alv pour $t_{im} = 24h$ à 25°C.

On ce voit clairement sur la représentation graphique (figure III.2.11), une forte diminution de la vitesse de la corrosion d'acier, suivie d'une stabilité pour le temps d'immersion 24h. La vitesse atteinte une valeur presque nulle à partir une concentration de 2g/l Abs+ 0,5g/l Alv, traduisant l'effet positif de mélange des huiles (Abs+ Alv) sur la corrosion de l'acier.

III.2.2.2 Variation de l'efficacité inhibitrice de corrosion de l'acier :

Les valeurs du pourcentage de l'efficacité inhibitrice de l'acier obtenues pour une concentration de 2 g/l d'huile d'Abs en fonction de la concentration d'huile d'Alv dans HCl 1 M pour temps $t_{im} = 24h$ sont données dans le tableau suivant :

Tableau III.10 Variation de l'efficacité inhibitrice de corrosion de l'acier pour 2g/l Abs à différentes concentrations d'Alv en fonction du temps d'immersion (24h) à 25°C.

Milieu : HCl 1M + 2g/l de l'huile d'Abs	
$t_{im} = 24h$	
$C_{Aloès\ Vera}$ (g/l)	E(%)
0	80,18
0,5	91,78
1	91,78
1,5	92,46
2	93,15
2,5	93,15

D'après les résultats du tableau III.10, nous constatons que l'addition de l'HE d'Alv améliore l'efficacité inhibitrice de l'acier. Nous constatons aussi que l'ajout d'une petite quantité de 0,5g/l de l'huile d'Alv donne une valeur d'efficacité d'environ de 92%, alors qu'elle était d'ordre 80 % en absence d'Alv malgré la présence 2 g/l de l'huile d'Absinthe pour un $t_{im} = 24h$. Cette efficacité inhibitrice peut être attribuée à l'association des propriétés inhibitrices des deux types d'inhibiteur.

La figure III.26 montre l'évolution de l'efficacité inhibitrice de corrosion de l'acier en fonction de la concentration de l'huile d'Alv dans HCl en présence 2g/l de l'huile de l'absinthe pour un $t_{im} = 24 h$ à 25°C.

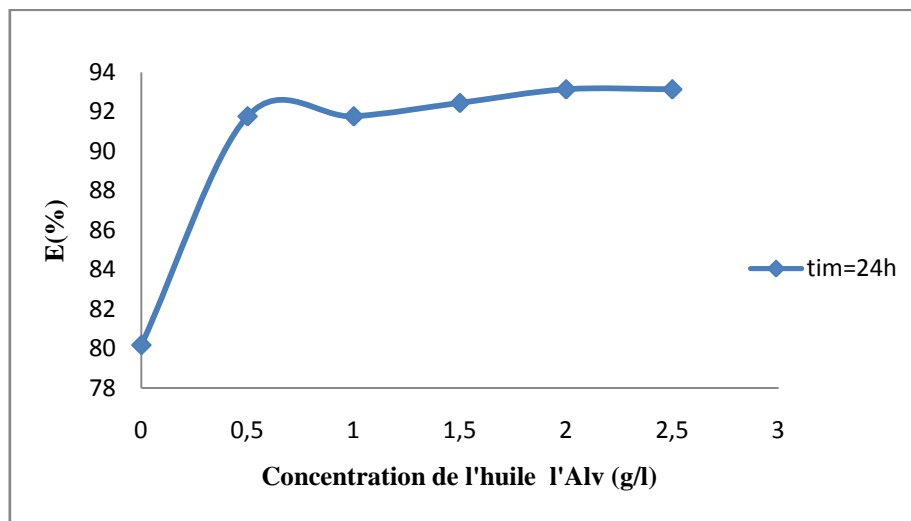


Figure III.26 : Évolution de l'efficacité inhibitrice de corrosion de l'acier dans HCl 1M en présence de 2g/l d'Abs à différentes concentrations de l'huile d'Alv pour $t_{im}=24 h$ à 25°C.

La figure III.26 montre l'amélioration de l'efficacité inhibitrice par l'ajout de la concentration de l'huile d'Alv. Cela peut être indiquée que l'addition de l'huile d'Alv augmente l'épaisseur de la couche déposée empêchant la dissolution du fer.

III.2.2.3 Isotherme d'adsorption :

La variation de $C_{Aloès\ Vera} / \theta$ en fonction de la concentration d'huile d'Alv dans HCl 1M en présence 2g/l de l'huile d'absinthe pour $t_{im} = 24 h$ à 25°C, est représentée sur la figure III.27.

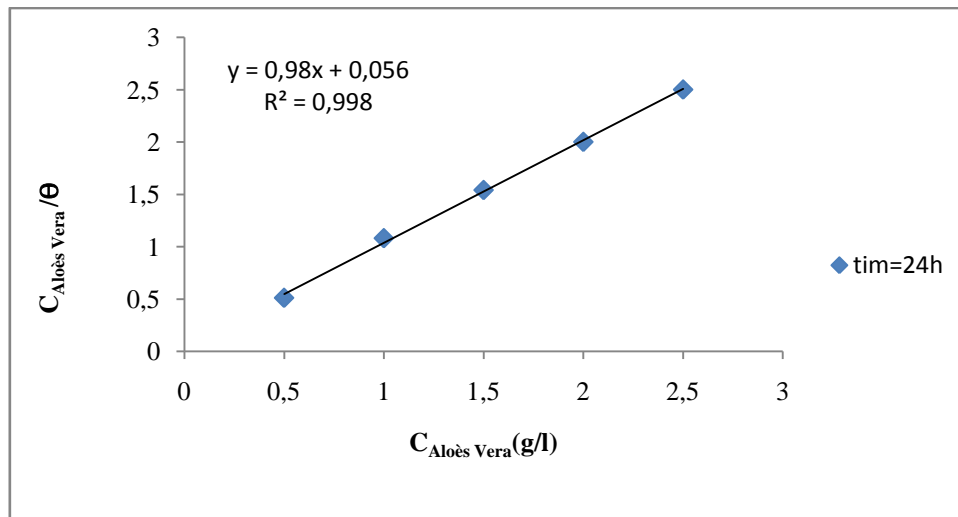


Figure III.27 : isotherme d'adsorption de Langmuir ($C_{\text{Aloès Vera}}/\theta$ en fonction $C_{\text{Aloès Vera}}$) de l'huile essentielle d'Aloès Vera. Temps d'immersion : 24h et $T = 25^\circ\text{C}$.

La variation du rapport $C_{\text{Aloès Vera}}/\theta$ en fonction de la concentration de l'huile d'Alv est linéaire indiquant que l'adsorption de mélange de deux l'huiles différents (Abs+Alv) sur la surface de l'acier à 25°C en milieu HCl 1M, obéit isotherme d'adsorption de Langmuir. Par conséquent, l'inhibition de la corrosion est due à la formation d'une monocouche à la surface métallique limitant l'accès d'électrolyte.

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

Tableau III.11 : Paramètre thermodynamique de l'adsorption

	Temps d'immersion = 24h	
	K (l/g)	$-\Delta G_{\text{ads}}$ (kJ .mol⁻¹)
Sans Abs et Alv	0,71	9,08
Avec Abs seul	3,9	13,73
Avec Abs et Alv	17,85	17,10

La valeur négative de l'énergie libre d'adsorption (ΔG_{ads}) de l'huile d'Alv avec la présence de l'huile d'Abs indique la spontanéité de phénomène d'adsorption sur la surface de l'acier dans la solution à HCl 1M, et sa valeur absolue est plus grande que l'énergie libre d'adsorption de l'huile de l'Abs seul.

Dans cette étude, la valeur de ΔG_{ads} d'Aloès Vera est plus proche à 20 kJ.mol^{-1} montrant que l'adsorption de mélange de l'huile d'Abs et d'Alv est de type adsorption physique (électrostatique) et comme l'adsorption de l'huile d'Abs seul.

III.2.3 Effet de la température du milieu :

Dans cette partie du travail, consiste à étudier l'effet de l'augmentation de la température du milieu HCl 1M sur les propriétés anti corrosion de l'acier pour une concentration optimale du mélange de deux l'huiles essentielles de l'Absinthe et de l'Aloès Vera (2g/l Abs + 0,5 g/l Alv) et avec un temps d'immersion constant (24h).

III.2.3.1 vitesse de corrosion de l'acier :

Nous avons effectuée des tests de perte de masse de l'acier dans HCl 1M avec l'addition de deux l'huiles essentielles différents (2g/l Abs + 0,5 g/l Alv), à différentes températures du milieu compris entre 25 et 60°C, avec le temps d'immersion constant (24h).

Les valeurs de la vitesse de corrosion de mélange des huiles (Abs + Alv) en fonction de la température du milieu sont illustrées dans la figure III.28.

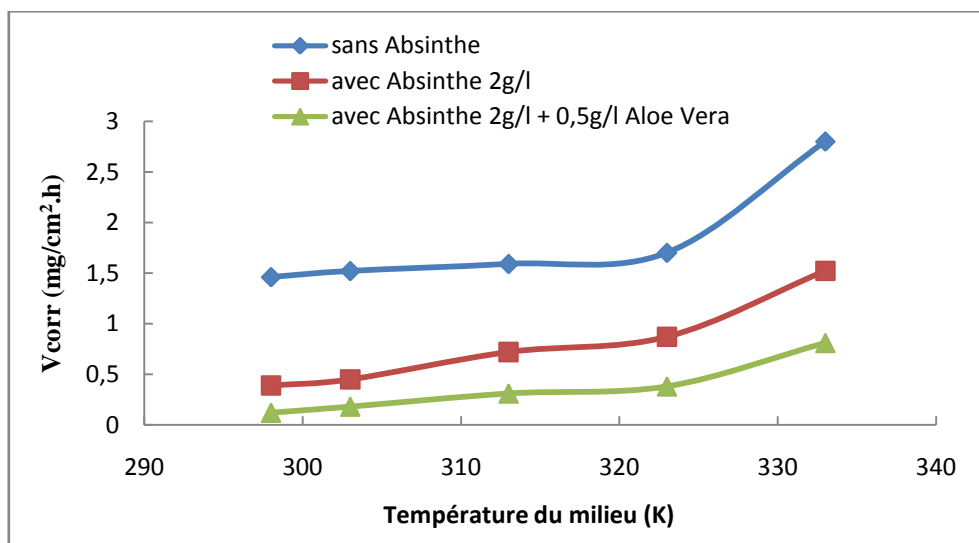


Figure III.28 : Effet de la température du milieu HCl 1M contient 2g/l de l'huile d'Abs sur la vitesse de corrosion de l'acier en absence et en présence de l'huile d'Alv (0,5 g/l) pour $t_{im} = 24h$.

D'après la figure III.28, l'augmentation de la température du milieu provoque un léger accroissement de la vitesse de corrosion en présence de l'huile d'Alv par contre, elle est remarquable en absence de l'huile d'Alv.

Nous pouvons dire que l'augmentation de la température du milieu diminue le phénomène d'inhibition, car la température déplace l'équilibre adsorption-désorption

en faveur du processus de désorption diminuant ainsi le pouvoir inhibiteur des composés. Ces résultats confirment que le mélange de deux huiles essentielles (Abs + Alv) est de bonne inhibition dans l'intervalle de la température choisie.

III.2.3.2 loi d'Arrhenius :

La variation du logarithme de la vitesse de corrosion de l'acier en fonction de l'inverse de la température absolue dans HCl 1M contient un mélange de deux huiles différentes 2 g/l de l'Absinthe et de 0,5 g/l d'Aloès Vera pour un $t_{im}= 24h$, est représentée sur la figure III.29.

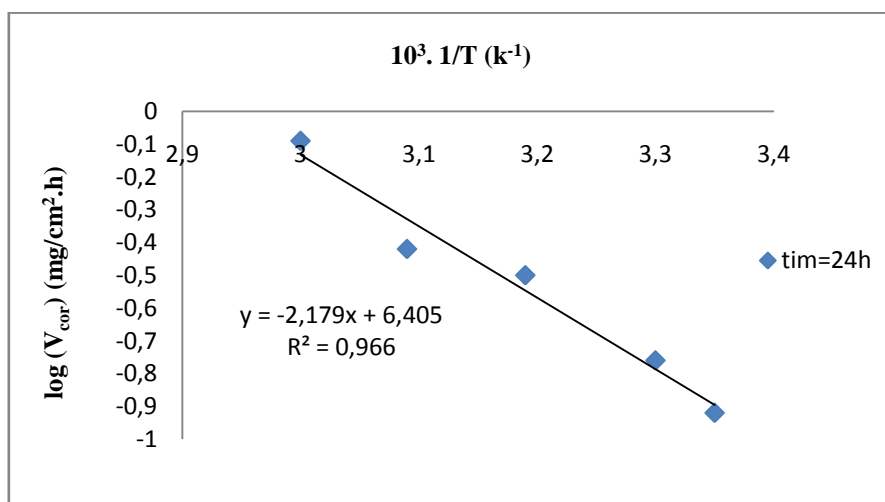


Figure III.29: Droites d'Arrhenius calculées à partir de la vitesse de corrosion de l'acier dans HCl 1M avec le mélange de deux huiles essentielles (2 g/l Abs + 0,5 g/l Alv) pour $t_{im} = 24h$.

La valeur d'énergie d'activation est calculée à partir de la pente de la droite d'Arrhenius (Figure III.29). Les valeurs d'énergie d'activation sont regroupées sur le tableau III.12.

Tableau III.12 : Les valeurs d'énergies d'activation sans et avec l'huile d'Alv pour l'acier à différentes températures du milieu à $t_{im} = 24h$.

	$E_a \text{ (kJ .mol}^{-1}\text{)}$
Sans (Abs et Alv)	15,20
Avec Abs seul	30,85
Avec (Abs+ Alv)	41,72

Les résultats du tableau III.12, montrent que l'énergie d'activation en présence le mélange (Abs+ Alv) est supérieure à celle obtenue dans l'acide sans ou avec l'huile de l'Abs. Nous pouvons dire que le mélange de deux huiles (Abs+ Alv) s'adsorbe à la surface de l'acier en formant des liaisons de la nature électrostatique (physisorption).

III.2.3.3 L'enthalpie et l'entropie d'adsorption :

La variation du $\ln(V_{corr}/T)$ en fonction de l'inverse de la température absolue, dans HCl 1M sans et avec le mélange de deux l'HE de l'Abs et de l'Alv avec temps d'immersion $t_{im} = 24h$, représenté sur la figure III.30.

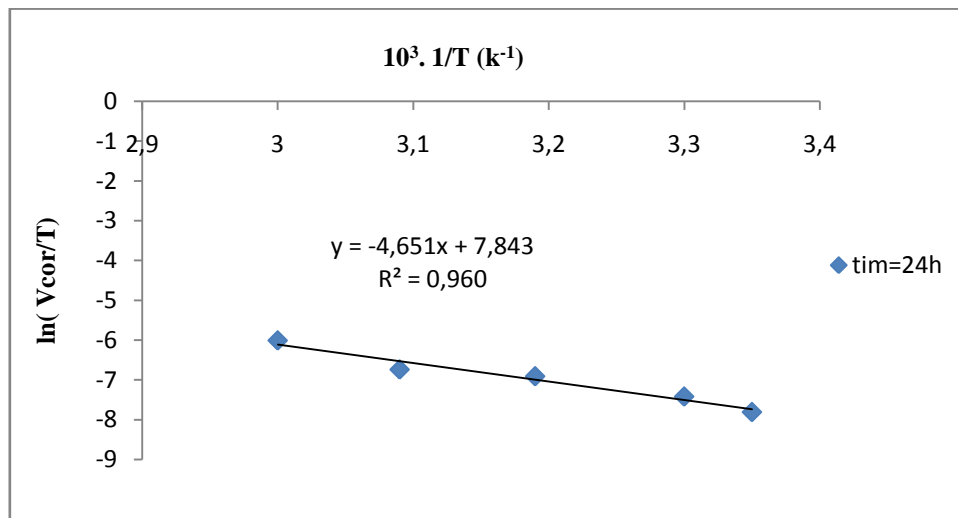


Figure III.30 : Variation de $\ln(v_{cor}/T)$ en fonction de l'inverse de la température du milieu avec le mélange de deux l'huile essentielle (2 g/l Abs + 0,5 g/l Alv) pour $t_{im} = 24h$.

Les valeurs de ΔH_{ads} et les valeurs des ΔS_{ads} sont regroupées dans le tableau suivant

Tableau III.13 : Paramètre thermodynamique en absence et en présence le mélange de deux l'HE de l'Abs et de l'Alv sur la surface de l'acier à différentes températures.

	$\Delta H_{ads} \text{ (KJ.mol}^{-1}\text{)}$	$-\Delta S_{ads} \text{ (J.mol}^{-1}\text{.K}^{-1}\text{)}$
Sans Abs et Alv	12,72	199,63
Avec Abs seul	28,32	158,24
Avec (Abs+ Alv)	39	131,48

D'après le tableau III.13, Les valeurs de l'enthalpie (ΔH_{ads}) calculé à partir de la formule alternative de l'équation d'Arrhenius sont positives qui confirment de caractères endothermique $\Delta H_{\text{ads}} > 0$, l'augmentation de l'enthalpie correspond une diminution à la dissolution du métal. Le signe négatif d'entropie montre que le processus d'adsorption est à compagne par la diminution de cette dernière. Ceci explique comme suite : avant l'adsorption de huile sur l'acier, le degré de désordre est élevé, mais quand les molécules sont adsorbées sur la surface de substrat, il y'a une diminution du désordre.

Références :

- [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] M .Debray, H .Jacquemin, R .Razafindrambo, travaux et document de l'ors tom. Paris (1971).
- [3] A .Kalla « étude et valorisation des principes actifs de quelque plantes du sud algérien », université Mentouri- Constantine, thèse de doctorat (2012).
- [4] Y .Bekro, J. Bekro, B .Boua, H. Fezan, « étude ethnobotanique et screening phytochimique de *caesalpinia benthamiana* herend et zarucchi », article sciences a nature Vol. 4 :217-225, (2007).
- [5] G. Koffi, K. Bengré, Z. Guédé, D. Traoré, A. Laurent, « screening phytochimique de quelque plante médicinales ivoiriennes utilisées en pays krobou (agboville, cote. D'ivoir », article sciences a nature Vol.6 :1-15(2009).
- [6] [http:// WWW. memoireoline.com](http://WWW.memoireoline.com), screening phytochimique.
- [7] 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).
- [8] L. Larabi, O. Benali, Y. Harek « corrosion inhibition of copper in 1M HNO₃ solution by N-phényl oxalic dihydrazide and oxalic N-phényl hydrazide, N-phényl thiosemicarbazide », portugaliae electrochimica Acta 24, 337-3346(2006).
- [9] 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).
- [10] A. Singh, I. Ahmad, V. K. Singh, & M. A. Quraishi, Journal of Solid State Electrochemistry, 15,1087–1097, (2011).
- [11] J. Crousier, C. Antonione, Y. Massiani et J. P. Crousier, Materials Chemistry, 7 (1982) 587.
- [12] T. Szauer, A. Brandt, Electrochim. Acta, 26, 1257 (1981).
- [13] M. Faustin « étude de l'effet des alcaloïdes sur la corrosion de l'acier C38 en milieu HCl 1M, université des antilles et de la guyane, thèse de doctorat (2013).

[14] S. Saadoune « synthèse et caractisation d'inhibiteur bi fonctionnes application à la corrosion des aciers de construction » université Ferhat Abbas- Setif, mémoire de magister (2010).

[15] 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).



Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents

A mes frères

AMINE et SIDOU

A mes soeurs

SOUHA et SABRINA

A les deux familles

BOUMEDIENE et OTMANI.

A mes amis :

FATIMA, NAIMA, FATIMA,

OUM ELKHEIR.

A tous ce que j'aime

. NADJET.
. NADJET.

Chapitre 1

The image features the word "Chapitre 1" in a large, bold, serif font. The text is rendered with a vertical gradient, transitioning from a dark brown at the top to a bright yellow at the bottom. A soft, brown shadow of the text is cast directly beneath it, creating a three-dimensional effect. Below the shadow, a solid black horizontal line spans the width of the text.

Chapitre II

Chapitre II

Chapitre III

The image features the text 'Chapitre III' in a large, bold, serif font. The text is rendered with a vertical gradient, transitioning from a dark brown at the top to a bright yellow at the bottom. Below the main text, there is a smaller, semi-transparent shadow of the same text, creating a 3D effect. A solid black horizontal line is positioned below the shadow.

CONCLUSION GENERALE



INTRODUCTION GÉNÉRALE

sommaire

Anney

LISTE DES TADWIEGAN

l'iste des figures

The title 'l'iste des figures' is rendered in a bold, stylized, sans-serif font. The letters are filled with a yellow-to-gold gradient. A dark brown shadow of the text is cast below it, creating a 3D effect. A thin black horizontal line is positioned directly beneath the shadowed text.



UNIVERSITÉ Dr MOULAY TAHAR De SAÏDA

Faculté des Sciences

Département Chimie

MEMOIRE

Présenté par

M^{elle} : BOUMEDIENE NADJET

M^{me} : BOUZID FATIMA EZAHRA

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En Chimie inorganique et environnement

Thème

Évaluation de pouvoir inhibiteur de l'huile de l'armoise arborescente (Absinthe) vis-à-vis de la corrosion de l'acier au carbone en milieu chlorhydrique.

Soutenu le 30/05/2016, devant le jury composé de :

Président : Mr A.GUENDOZI Grade : Maitre de conférences B Université d'origine Saïda

Encadreur : Mr N.GHALI Grade : Maitre de conférences A Université d'origine Saïda

Examineur : Mr H. OUICI Grade : Maitre de conférences A Université d'origine Saïda

Année universitaire 2015/2016



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 Docteur. A Guendouzi de l'université Dr Moulay Tahar Saida qui a accepté la présidence de jury et de l'intérêt qu'il a porté à ce travail. Nous sommes très heureuses de l'honneur qu'il a bien voulu nous faire.

Nous tenons à remercier Monsieur le Docteur H. Ouici de l'université Dr Moulay Tahar Saida de nous avoir fait l'honneur d'examiner ce travail. Qu'il trouve ici ma profonde gratitude.

Nous tenons à remercier d'abord notre encadreur, M^f GHALI NOUREDDINE, pour avoir dirigé notre travail, pour son aide et ses orientations.

Nous remercions vivement toutes les enseignantes de deux facultés de sciences et de Technologie qui nous ont encadrés durant notre cycle de formation et un grand merci pour M^f KAID, M^f ZEBIDA, M^{me} KIES, M^{me} ZAOUI, M^{me} BELARBI, pour toutes les informations et les conseils.

On remercie nos collègues :

ALLAM, AOUADJI, LAKHACHE, HICHOURE, MEZOUANE, DOUAR, ADJROUME, ZAIDI, MEKIDICHE, AHTABI.

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

Merci à toutes et à tous.



Résumé

Ce travail porte une inhibition de la corrosion de l'acier C38 en milieu acide HCl 1M par l'huile essentielle de la plante Absinthe.

Dans la première partie du travail comporte deux axes : le premier axe a été consacré à l'isolement des métabolites secondaires de la plante Absinthe par les tests phytochimiques. Le screening phytochimique de l'extrait de cette plante a révélé la présence de plusieurs familles chimiques telles que les Alcaloïdes, les flavonoïdes et les tannins.

Le deuxième axe, nous avons étudiée l'effet de l'addition de l'huile de l'Absinthe sur la corrosion d'un acier au carbone en milieu HCl 1M en utilisant la méthode gravimétrique. 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 se stabilise à une concentration de 2 g/l. A cet effet l'efficacité inhibitrice de la corrosion atteint une valeur maximale d'environ 80% pour un temps d'immersion est de 24h. Les résultats montrent aussi que l'augmentation de la température accélère le processus de corrosion et détruit la couche formée. Les valeurs des paramètres thermodynamiques obtenues (ΔG_{ads} , ΔH_{ads} , ΔS_{ads}) confirment l'adsorption physique de l'huile de l'Absinthe sur la surface métallique.

La deuxième partie du travail, on a utilisé l'huile essentielle d'Aloès Vera comme deuxième source d'inhibition contre la corrosion. Nous avons utilisé le mélange de deux huiles (l'huile d'Aloès Vera à l'huile de l'Absinthe) afin d'améliorer l'efficacité inhibitrice de la corrosion. D'après les résultats phytochimiques, gravimétrie et les paramètres thermodynamiques, nous avons constaté que l'extrait d'Aloès Vera révèle la présence des quinones libres et l'absence plusieurs composés organiques. Le mélange de l'huile (Absinthe +Aloès Vera) assure une meilleure protection que celle de l'huile d'Absinthe seul, atteignant un pourcentage 93 % à une concentration de 0,5g/l de l'huile Aloès Vera ajout à une concentration de 2g/l de l'huile de l'Absinthe. Alors nous pouvons dire, pour une meilleure protection contre la corrosion, il est nécessaire d'utiliser le mélange de deux huiles permettant de former une couche protectrice corrosion de l'acier.

Mots clés : Corrosion, acier C38, huile essentielle, phytochimique, Absinthe, Aloès Vera.

Abstract:

This work is devoted to the corrosion inhibition of C38 steel in 1M HCl medium by the essential oil of the Absinthe plant.

In the first part of the work involves two axes. The first axis has been devoted to the isolation of secondary metabolites by plant Absinthe phytochemique tests. Phytochemical screening of de extract of these plants revealed the presence of several chemical families such as alkaloids, flavonoids and tannins.

The second axis, we studied the effect of addition of the oil Absinthe on the corrosion of carbon steel in 1M HCl medium, using the gravimetric method.

The results obtained were shown that the corrosion rate decreases with increasing concentration of added oil worm wood stabilizes at a concentration of 2g/l. for this purpose the inhibitory efficiency of the corrosion reaches a maximum value of about 80% for an immersion time is 24h. 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 (ΔG_{ads} , ΔH_{ads} , ΔS_{ads}) confirm the physical adsorption of oil worm wood on the metal surface.

The second part of the work, we used the essential oil of Aloe Vera as a second source of inhibition against corrosion. We used the mixture of two oil (Aloe Vera, worm wood), to improve the inhibitory efficacy off corrosion.

According phytochemical results, gravimetry and thermodynamic parameters, we found that the extract of Aloe Vera reveals the presence of free quinones no more organic compounds. The mixture of oil (Absinthe+ Aloe Vera) provides better protection than the Absinthe reaching a percentage of 93% at a concentration of 0,5g/l of oil Aloe Vera addition to a concentration of 2g/l oil worm wood. Then we can say, for better protection against corrosion, it is necessary to use a mixture of two oils to from a protective layer of steel corrosion.

Key words: corrosion, C38 steel, the essential oil, phytochemical, Absinthe, Aloe Vera.

ملخص :

يتعلق مبدأ هذا العمل بتثبيت تآكل الفولاذ (C38) في وسط حمض هيدروكلوريك (HCl 1M) بواسطة زيت الافسنتين (الشهية).

الجزء الأول من عملنا انقسم إلى محورين : حيث خصص المحور الأول لعزل المركبات الثانوية لنبات الافسنتين عن طريق اختبارات الكيميائية. كشف الفحص الكيميائي لمستخلص هذه النبتة عن وجود العديد من العائلات الكيميائية مثل : القلويدات, الفلافونويد و العفص.

أما المحور الثاني استخدمنا طريقة فقدان الوزن لتقييم مدى فعالية الزيت الافسنتين على تثبيت تآكل الفولاذ في الوسط الحامضي, بحيث أظهرت النتائج أن سرعة التآكل تتناقص مع زيادة تركيز الزيت المضاف بحيث استقرت قيمتها عند 2 غ/ل وبلغت قيمة الكفاءة المثبتة 80 % لفترة 24 سا, كما أظهرت النتائج أن ارتفاع درجة الحرارة يسرع عملية التآكل و يدمر الطبقة المشكلة . قيم معاملات الديناميك الحراري (ΔG_{ads} , ΔH_{ads} , ΔS_{ads}) التي تم الحصول عليها تؤكد الامتزاز الفيزيائي لزيت الافسنتين على سطح المعدن.

الجزء الثاني من عملنا, استخدمنا زيت الصبار كمصدر ثاني لتثبيت ضد التآكل, حيث استخدمنا مزيج زيت (الصبار و الافسنتين) لتحسين فعالية المثبتة لتآكل الفولاذ.

حيث أظهرت نتائج الفحص الكيميائي, فقدان الوزن و قيم مع معاملات الديناميك الحراري أن مستخلص الصبار يحتوي على كينونات حرة ويفتقر للعديد من المركبات العضوية. مزيج زيت (الافسنتين+ الصبار) يوفر حماية أفضل من زيت الافسنتين حيث بلغت قيمته 92 % عند إضافة تركيز 0,5 غ/ل من زيت الصبار إلى تركيز 2 غ/ل من زيت الافسنتين, كما انه يمكننا القول, لتوفير حماية أفضل ضد التآكل, فمن الضروري استخدام مزيج اثنين من الزيوت من أجل طبقة واقية من تآكل الفولاذ.

كلمات المفتاحية : التآكل, الفولاذ, الفحص الكيميائي, زيت, الافسنتين, الصبار.

Sommaire

Liste des tableaux.....	I
Liste des figures.....	II
Introduction générale	V
<i>Chapitre I : Corrosion et Protection</i>	
I.1.1 Définition	Erreur ! Signet non défini.
I.1.2 Différent type de la corrosion	Erreur ! Signet non défini.
I.1.3 les facteurs de corrosion	Erreur ! Signet non défini.
I.1.4 les formes de corrosion	Erreur ! Signet non défini.
I.1.4.1 Corrosion uniforme	Erreur ! Signet non défini.
I.1.4.2 Corrosion localisé	Erreur ! Signet non défini.
I.1.4.3 Corrosion sélective	Erreur ! Signet non défini.
I.1.4.4 Corrosion par piqure	Erreur ! Signet non défini.
I.1.4.5 Corrosion sous contrainte	Erreur ! Signet non défini.
I.1.5 Diagramme potentiel-pH	Erreur ! Signet non défini.
I.2 Protection par peinture	Erreur ! Signet non défini.
I.2.1 Définition de peinture	Erreur ! Signet non défini.
I.2.2 Système de peinture	Erreur ! Signet non défini.
I.2.3 Principaux constituants des peintures	Erreur ! Signet non défini.
I.2.4 Les étapes de formation d'un film de peinture	Erreur ! Signet non défini.
I.3 Protection par inhibiteur	Erreur ! Signet non défini.
I.3.1 Définition d'inhibiteur	Erreur ! Signet non défini.
I.3.2 Classement des inhibiteurs	Erreur ! Signet non défini.
I.3.2.1 Classement selon la nature des inhibiteurs	Erreur ! Signet non défini.
I.3.2.2 Classement selon le mécanisme d'action électrochimique	Erreur ! Signet non défini.
I.3.2.3 Classement selon le mécanisme d'action inter faciale	Erreur ! Signet non défini.
I.3.3 Isotherme de l'adsorption	Erreur ! Signet non défini.
Références	Erreur ! Signet non défini.
<i>Chapitre II : Étude Bibliographique Des Plantes</i>	
II.1 Étude bibliographique de l' Absinthe	Erreur ! Signet non défini.
II.1.1 Définition	Erreur ! Signet non défini.
II.1.2. Description	Erreur ! Signet non défini.

II.1.3 Nomenclature et Taxonomie	Erreur ! Signet non défini.
II.1.4 Partie utilise	Erreur ! Signet non défini.
II.1.5 Composition chimique	Erreur ! Signet non défini.
II.2 Étude bibliographique d'Aloès Vera	Erreur ! Signet non défini.
II.2.1 Définition	Erreur ! Signet non défini.
II.2.2 Description botanique	Erreur ! Signet non défini.
II.2.2.1 Aspect général	Erreur ! Signet non défini.
II.2.2.2 Feuille	Erreur ! Signet non défini.
II.2.2.3 Partie utilisé	Erreur ! Signet non défini.
II.2.3 Nomenclature et Taxonomie	Erreur ! Signet non défini.
II.2.4 Composition de l'Aloès Vera	Erreur ! Signet non défini.
II.3 Les huiles essentielles	Erreur ! Signet non défini.
II.3.1 Définition	Erreur ! Signet non défini.
II.3.2 Composition chimique	Erreur ! Signet non défini.
II.3.3 Caractéristique physico-chimique	Erreur ! Signet non défini.
II.4 Extraction	Erreur ! Signet non défini.
II.4.1 Définition	Erreur ! Signet non défini.
II.4.2 Méthode d'extraction	Erreur ! Signet non défini.
II.4.2.1 Extraction pour la séparation huiles essentielles	Erreur ! Signet non défini.
II.4.2.2 Extraction pour la séparation des principes actifs	Erreur ! Signet non défini.
II.5 Synthèse phytochimique	Erreur ! Signet non défini.
II.5.1 Définition	Erreur ! Signet non défini.
II.5.1.1 Les flavonoïdes	Erreur ! Signet non défini.
II.5.1.2 Les tanins	Erreur ! Signet non défini.
II.5.1.3 Les alcaloïdes	Erreur ! Signet non défini.
II.5.1.4 Les saponines	Erreur ! Signet non défini.
II.5.1.5 les anthraquinones	Erreur ! Signet non défini.
II.5.1.6 les glucides	Erreur ! Signet non défini.
Références	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre III : Matériel, Méthode Et Résultat Expérimentaux

III.1 Matériels et techniques	Erreur ! Signet non défini.
III.1.1 Matériel végétal	Erreur ! Signet non défini.
III.1.2 Extraction des huiles essentielles	Erreur ! Signet non défini.
III.1.3 Détermination du rendement en huile essentielle	Erreur ! Signet non défini.

III.1.4 Test phytochimique	Erreur ! Signet non défini.
III.1.6 Étude de l'inhibition de la corrosion de l'acier au carbone en milieu acide HCl 1M ..	Erreur ! Signet non défini.
III.1.6.1 préparation de l'échantillon	Erreur ! Signet non défini.
III.1.6.2 préparation de solution	Erreur ! Signet non défini.
III.1.6.3 méthode gravimétrie	Erreur ! Signet non défini.
III.1.6.4. Dispositif expérimental de corrosion	Erreur ! Signet non défini.
III .1.7 Résultats expérimentaux	Erreur ! Signet non défini.
III.1.7.1 Variation de la vitesse de corrosion de l'acier	Erreur ! Signet non défini.
III.1.7.2 variation de l'efficacité inhibitrice de corrosion de l'acier	Erreur ! Signet non défini.
III.1.7.3 Isotherme d'adsorption	Erreur ! Signet non défini.
III.1.8 Effet de la température du milieu	Erreur ! Signet non défini.
III.1.9 Conclusion	Erreur ! Signet non défini.
III.2.1 Test phytochimique	Erreur ! Signet non défini.
III.2.2 Étude de l'effet de l'Aloès Vera sur l'inhibition de la corrosion de l'acier en présence de l'huile d'Absinthe en milieu HCl 1M	Erreur ! Signet non défini.
III.2.2.1 Variation de la vitesse de corrosion de l'acier	Erreur ! Signet non défini.
III.2.2.2 Variation de l'efficacité inhibitrice de corrosion de l'acier	Erreur ! Signet non défini.
III.2.2.3 Isotherme d'adsorption	Erreur ! Signet non défini.
III.2.3 Effet de la température du milieu	Erreur ! Signet non défini.
Références	Erreur ! Signet non défini.
Conclusion générale	