

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITÉ 20 AOÛT 1955 SKIKDA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DÉPARTEMENT DE GÉNIE DES PROCÉDÉS



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

Master

Filière : **Génie des procédés**

Spécialité : **Génie Chimique**

Thème

**Effet inhibiteur des extraits des feuilles
d'Avena Barbata sur la corrosion
de l'acier au carbone X₄₅**

Soutenu le 03/07/2023

Réalisé par:

BOUZIANE Besma

BENMOUSSA Charihane

HAMEL Imen

Encadré par :

SAADI Chahrazed

Année Universitaire 2022-2023

Remerciement

En premier lieu, nous tenons à remercier Dieu, notre Créateur pour nous avoir donné la force pour accomplir Ce travail.

Nous tenons à remercier Notre encadreur SAADI CHAHRAZED docteur à l'université de 20 août 1955 pour son grand soutien et ses Conseils considérables.

Nous remercions également tous les professeurs du Département et laboratoire De génie des procédés.

Que toute personne ayant participé de près ou de loin à La réalisation de ce travail.

Dédicace

Nous dédions ce modeste travail

A nos très chers parents,

A nos chers frères et sœurs,

A toute nos familles,

A tous nos amis proches ou loin,

Toute la promotion de génie chimique.

Particulièrement, à tous les gens avec

qui Nous avons passé du très bon

moment.

LISTE DES FIGURES

Titre des figures	N° de page
Figure I.1 : Le cycle reproducteur.	8
Figure I.2 : Schéma du principe de la technique d'hydrodistillation	13
Figure I.3 : Montage de l'entraînement à la vapeur.	13
Figure I.4 : Schéma du procédé d'hydrodiffusion.	14
Figure I.5 : Montage d'extraction par solvant.	15
Figure I.6 : Montage d'extraction assistée par micro-onde.	16
Figure I.7 : Procédé d'extraction au CO ₂ supercritique.	16
Figure I.8 : Types de corrosion.	19
Figure I.9 : La courbe de polarisation.	22
Figure II.1 : Plante Avena Barbata en février.	28
Figure II.2 : Plante Avena Barbata en mai.	28
Figure II.3 : Plante avant séchage.	29
Figure II.4 : Plante après séchage.	29
Figure II.5 : Protocole de préparation d'extrait méthanoïque et éthanoïque par macération.	30
Figure II.6 : Protocole de préparation d'extrait méthanoïque et éthanoïque qui explique dans la figure(II.5).	30
Figure II.7 : Montage d'une évaporation.	31
Figure II.8 : Montage expérimentale pour expérience de perte de masse en présence d'un inhibiteur + éthanol.	34
Figure II.9 : Montage expérimentale pour expérience de perte de masse en présence d'un inhibiteur + méthanol.	35

Figure II.10 : Electrode de travail.	36
Figure II.11 : Dispositif expérimental des tests électrochimiques.	36
Figure II.12 : Cellule électrochimique.	37
Figure III.1 : L'effet de la concentration sur la vitesse de corrosion de méthanol.	
Figure III.2 : L'effet de la concentration sur l'efficacité inhibitrice de méthanol.	40
Figure III.3 : L'effet de la concentration sur la vitesse de corrosion d'éthanol.	40
Figure III.4 : L'effet de la concentration sur l'efficacité inhibitrice d'éthanol.	41
Figure III .5 : Isotherme d'adsorption selon : (a) Frumkin , (b) Langmuir , (c) Freundlich , (d) : Temkin..	42
Figure III.6 : Courbe de polarisation d'éthanol.	44
Figure III .7 : Influence de la température sur l'efficacité inhibitrice d'inhibiteur de l'acier dans 1M HCl.	45
Figure III.8 : Variation de $\ln i_{\text{corr}}$ en fonction de $1 / T$ pour l'activation de l'acier dans 1M en absence et en présence de l'inhibiteur.	46
Figure III.9 : Courbe de polarisation de méthanol.	48
Figure III.10 : Influence de la température sur l'efficacité inhibitrice d'inhibiteur de l'acier dans 1M HCl.	48
Figure III.11 : Diagramme de Nyquist de l'acier dans HCl 1M en absence et en présence de l'inhibiteur avec l'éthanol à différentes températures.	49
Figure III.12 : Diagramme de Nyquist de l'acier dans HCl 1M en absence et en présence de l'inhibiteur avec méthanol à différentes températures.	50
Figure III.13 : Circuit électrique équivalent de l'interface métal-électrolyte.	51

LISTE DES TABLEAUX

Titre des tableaux	N° de page
Tableau I.1 : Les types des graminées.	5
Tableau I.2 : Influence de différents facteurs sur la corrosion des métaux.	20
Tableau I.3 : Les types d'inhibiteur Selon la nature électrochimique du processus.	25
Tableau II. 1 : Les produits utilisés.	27
Tableau III.1 : Les valeurs de perte de masse et la vitesse de corrosion dans solution 1M HCl (échantillon blanc).	38
Tableau III.2 : Les valeurs de perte de masse avec le calcul de vitesse pour les échantillons et l'efficacité inhibitrice par l'extraction dans le méthanol.	39
Tableau III.3 : Effet de la concentration sur la vitesse de corrosion et l'efficacité inhibitrice.	41
Tableau III.4 : Coefficient de corrélation des différentes isothermes d'adsorption.	43
Tableau III.5 : Paramètres électrochimiques de la corrosion de l'acier dans le milieu agressif HCl 1M sans et avec inhibiteur +éthanol à différentes températures, déterminés par la méthode d' extrapolation de Tafel.	46
Tableau III.6 : Paramètres électrochimiques de la corrosion de l'acier dans le milieu agressif HCl 1M sans et avec inhibiteur + méthanol à différentes températures, déterminés par la méthode d' extrapolation de Tafel.	49

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale..... 1

CHAPITRE I : Etude bibliographique sur les familles des graminées, les huiles essentielles, corrosion et inhibiteur.

PARTIE I : Familles des graminées

I.1. Identification..... 3

I.2. Généralités..... 3

I.3. Historique 4

I.4. Types des graminées 4

I.5. Caractéristique botanique 6

I.6. Classement botanique 6

I.7. Caractéristiques écologique et facteurs de croissances..... 7

PARTIE II : Les huiles essentielles

II.1. Généralités sur les huiles essentielles 8

II.2. Caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles..... 8

II.2.1. Propriétés physiques des huiles essentielles 9

II.2.2. Composition chimique des huiles essentielles 9

II.2.2.1. Terpénoïdes 9

II.2.2.1.1. Les monoterpènes 10

II.2.2.1.2. Les sesquiterpènes 10

II.2.2.2. Composés aromatiques dérivés du phénylpropane..... 10

II.2.2.3. Les composés d'origine diverses 10

II.3. Qualité et rendement des huiles essentielles 11

II.4. Conservation des huiles essentielles..... 11

II.5. Domaine d'utilisation des huiles essentielles..... 11

II.5.1. En pharmacie..... 11

II.5.2. Dans l'industrie 11

II.5.2.1. Parfumerie et cosmétologie.....	12
II.5.2.2. Alimentation.....	12
II.6. Techniques d'extraction des huiles essentielles.....	12
II.6.1. Les méthodes classiques.....	12
II.6.1.1. Hydrodistillation.....	12
II.6.1.2. Entraînement à la vapeur d'eau... ..	13
II.6.1.3. Hydrodiffusion.....	14
II.6.1.4. Extraction par solvant organique.....	14
II.6.2. Les méthodes innovantes.....	15
II.6.2.1. L'extraction par micro-ondes.....	15
II.6.2.2. Extraction Supercritique.....	16
II.7. Caractérisations des huiles essentielles.....	17
II.7.1. Densité relative.....	17
II.7.2. L'indice de réfraction.....	17
II.7.3. Pouvoir rotatoire.....	17
II.7.4. Solubilité.....	17
II.7.5. Indice de saponification.....	17
II.7.6. L'indice d'ester.....	17
II.7.7. Indice d'acide.....	18
PARTIE III : Corrosion et inhibiteur	
II.1. Introduction.....	18
III.2. Définition de la corrosion.....	18
III.3. Origine de la corrosion.....	18
III.4. Types de corrosion.....	19
III.5. Facteurs de corrosion.....	20
III.6. Méthode d'étude de la corrosion.....	20
III.6.1. Les méthodes stationnaires.....	21
III.6.1.1. Potentiel d'équilibre électrochimique.....	21
III.6.1.2. La polarisation.....	21
III.6.2. Les méthodes non stationnaires (transitoires).....	22
III.7. protection et lutte contre corrosion.....	22
III.7.1. Protection par revêtement.....	22
III.7.1.1. Protection par revêtements métallique.....	22
III.7.1.2. Protection par revêtement organiques.....	22

III.7.1.3. Revêtements thermoplastiques.....	23
III.7.2. Protection par inhibiteurs.....	23
III.7.2.1. Définition	23
III.7.2.2. Classe des inhibiteurs	23
III.7.2.2.1. Selon leur composition chimique	23
III.7.2.2.2. Selon leur mode d'action.....	24
III.7.2.2.3. Selon la nature électrochimique du processus	25
III.7. 3. Protection électrochimique	25
II.7.3.1. La protection cathodique.....	25
III.7.3.2. La protection anodique	26
CHAPITRE II : Matériels et méthodes	
I. Objectif des tests de corrosion.....	27
II. Matériel.....	27
II.1. Appareils	27
II.2. Produit.....	27
II.3. Matériel Végétale.....	28
II.3.1. Identification	28
II.3.2. Description botanique.....	28
II.3.3. Classification scientifique	28
II.3.4. Collecte du matériel végétal	29
II.3.5. Séchage.....	29
II.3.6. Le broyage	29
III .Mode d'extraction par macération	29
III.1. Extraction par méthanol	29
III.2. Extraction par l'éthanol	29
IV. Le dispositif expérimental de la macération et l'obtention de l'huile essentielle.....	31
IV.1. L'évaporation et séparation	31
IV.2. Principaux composants d'un évaporateur rotatif.....	31
IV.3. Principe.....	32
IV.4 .Préparation	32
IV.5. Evaporation.....	32
IV.6. Arrêt de l'évaporation.....	32
V. Elaboration de l'électrode de travail.....	33

V.1. Couper des échantillons.....	33
V.2. Polissage	33
VI. Préparation des solutions d'analyse	33
VII. Technique étude et condition expérimental.....	33
VII.1. La gravimétrie (La perte de masse)	33
VII.2. La méthode électrochimique	35
VII.2.1. Méthodes transitoires : Impédance électrochimique.....	35
VII.2 .2. Méthodes stationnaires : Courbes de polarisation	35
VII.3. Préparation de l'électrode de travail	36
VII.4. Dispositif expérimental et cellule électrochimique	36
CHAPITRE III : Résultats et discussions	
I. Etude gravimétrique (perte de masse)	38
I.1.Calcul la vitesse de corrosion.....	38
I.2. Influence de la concentration sur la vitesse de corrosion et l'efficacité inhibitrice.....	38
I. 3. Mécanisme d'adsorption à la surface de l'acier	42
I.3.1. Isotherme d'adsorption.....	42
I.3.2. Inhibiteur avec méthanol.....	43
II. Etude électrochimique	45
II.1. Les courbes de polarisation.....	45
II.2. La spectroscopie d'impédance électrochimique (SIE)	51
Conclusion générale	52
Références bibliographiques	53

Introduction générale

Introduction générale

La corrosion des métaux est un problème naturel majeur décrit comme la cause de la détérioration du métal ou de ses propriétés due à l'interaction chimique ou électrochimique entre le métal et son environnement. L'impact de ce phénomène est très coûteux en termes de pertes matérielles et humaines. Des études menées par NACE International en 2016 ont indiqué que les pertes économiques résultant de la corrosion au niveau mondial sont estimées à 2,5 billions de dollars américains, soit environ 3,4% du mondial. Les solutions acides à base d'acide chlorhydrique sont utilisées dans de nombreuses activités industrielles. Tels que le décapage, le nettoyage chimique, ainsi que le détartrage, qui est généralement suivi d'une grande dissolution du métal en raison de l'agressivité des solutions acides. Alors, la prévention contre ce phénomène de corrosion était un sujet de grand intérêt, car les chercheurs ont étudié à trouver plusieurs moyens de réduire la vitesse de corrosion, que ce soit au niveau du matériau pour le remplacer ou le changer métal ou soit au niveau du milieu à faire des modifications sur son comportement, en ajoutant des composés appelés inhibiteurs. Ces inhibiteurs soit organiques ou minéraux sont les plus utilisés, lorsqu'ils sont rajoutés en petite quantité selon "NACE" au milieu agressif pour réduire ou empêcher la corrosion, au début était l'utilisation d'inhibiteurs inorganiques à base de chromates et dérivés pour son pouvoir inhibiteur élevé, cependant, son impact négatif sur la vie humaine et l'environnement nécessitait l'arrêt de son utilisation. Ces derniers temps, une nouvelle génération de produits organiques sont entrainés d'être appropriés à améliorer pour protéger les installations et les métaux respectueux de l'environnement en raison de leur disponibilité dans la nature, leurs non toxiques, peu coûteux et biodégradables, ils ont un bon rendement sur l'inhibition des métaux contre la corrosion car ils contiennent des composés représentés par des molécules hétérogènes constituées de liaisons et d'atomes d'oxygène O, d'azote N et de soufre et autres. On pense que ces molécules augmentent l'adsorption des molécules sur la surface des aciers et réduisent ainsi le taux de corrosion en formant un film protecteur intense à la surface du métal. Les recherches actuelles visent à préparer des composés organiques représentés par un extrait aqueux d'une plante de la famille des graminées dans un milieu agressif pour étudier son impact sur la surface d'un acier au carbone C₄₅ en utilisant deux méthodes :

Introduction générale

1-La perte de masse

2-La méthode électrochimique par le suivi :

- a) Courbe d'impédance électrochimique.
- b) Les droites de Tafel.

Cette étude est divisée en 3 chapitres :

Le premier chapitre contient 3 parties : le premier est consacré à une présentation générale du famille de l'espèce étudié (Avena Barbata) et la seconde partie aborde les généralités sur les huiles essentielles , ainsi que leurs propriétés et leurs méthodes d'extraction et la troisième comprend généralités sur la corrosion et les inhibiteur.

Le deuxième chapitre décrit la méthode de préparation de la solution et mentionne quelques-uns des dispositifs utilisés dans l'étude de l'efficacité inhibitrice.

Le troisième chapitre est l'interprétation et l'analyse des résultats obtenus à partir de la technique de la masse perdue et de l'analyse de l'examen électrochimique.

Nous terminons cette recherche par une conclusion générale dans laquelle les différentes observations remarquées sont résumés dans la prévention de corrosion.

CHAPITRE I

***Etude bibliographique sur les familles des
graminées, les huiles essentielles, corrosion et
inhibiteur***

Partie I : Généralités sur les graminées

I.1. Identification

Les graminées sont des plantes annuelles, bisannuelles ou vivaces, généralement herbacées, mais peuvent être ligneuses dans certains genres. Il peut être terrestre ou aquatique. Les feuilles peuvent être persistantes ou caduques, et elles sont toutes basales ou alternes, ces feuilles et sont généralement beaucoup plus longues que larges. Elles ont des veines parallèles et consistent en une gaine cylindrique qui enroule autour de la tige avec une lame au-dessus.

Les tiges ont des nœuds distincts où la base de la feuille est attachée. Les fleurs sont généralement petites, sans sépales ni pétales visibles, et sont disposées en structures appelées épillets constituées de verticilles avec des sous-écailles spécialisées (appelées fessiers, lemmes et palées). Il y a 1 à 3 étamines et 2 à 3 styles recouverts de stigmates ramifiés conçus pour capturer le pollen de l'air. Le fruit est généralement une gousse avec un cou (c'est-à-dire un haricot). [1]

I. 2.Généralités

La plupart des plantes de cette famille sont herbacées, et quelques-unes sont arboricoles, comme dans les types de bambou, et la plupart des plantes autour Certaines sont vivaces et les tiges sont pour la plupart cylindriques et creuses, à l'exception de certaines plantes comme la canne à sucre et le maïs, où Les tiges sont solides et de nombreuses graminées ont des tiges broyées.

Les plantes de cette espèce ont une forme particulière appelée mon herbe et leurs fleurs sont polonisées par l'air.

C'est l'une des espèces végétales les plus importantes d'un point de vue économique, car elle comprend un grand nombre de plantes cultivées telles que :

Blé - orge - canne à sucre, et il comprend également de nombreuses graminées de pâturage [2]. Classe des monocotylédones [3] De nombreuses plantes de cette famille sont utilisées en médecine [2].

Poaceae est l'une des espèces les plus répandues et les plus connues parmi les

monocotylédones des plantes à fleurs [3]621 genres, 6211 espèces, répartis dans le monde entier Il y a environ 60 genres qui poussent à état sauvage dans le pays égyptien. Les sexes diffèrent selon le type d'épillet et de fleur. [2]

I.3. Historique

Les plantes ont colonisé les milieux terrestres il y a environ 500 millions d'années [4], et leur évolution a conduit à la formation des dicotylédones et des monocotylédones incluant les Poaceae [5] Cette thèse s'intéresse plus particulièrement aux Poaceae, dont les différentes espèces ont divergé il y a 65 millions d'années [6]. Les Poaceae ont ensuite évolué rapidement, il y a environ 13000 ans, suite au passage de sociétés de chasseurs- cueilleurs à des sociétés sédentaires pratiquant l'agriculture. Cette transition sociétale s'est accompagnée de la domestication d'espèces notamment végétales, afin de limiter les risques de famine liés à des variations environnementales erratiques [7,8].

La domestication a entraîné des changements phénotypiques importants permettant une Culture plus aisée des plantes. Dans le cas des céréales, cette domestication a notamment été effectuée en sélectionnant les plantes ayant (i) des grains plus gros, qui contenaient de plus grandes ressources nutritives et donnaient à leur tour des plantes plus grandes, et (ii) des épis dont les grains ne se détachaient pas, afin de pouvoir tous les récolter au même moment et les stocker [8]. Ces deux modifications morphologiques, bien qu'ayant été mises en place en 500 à 1000 ans pour la taille des grains et en 1000 à 2000 ans pour l'absence de dispersion des grains [9], sont considérées comme rapides à l'échelle de l'histoire évolutive des plantes. Les poacées ou graminées sont des plantes herbacées et généralement de faible dimension. Cette

famille, parmi toutes celles du règne végétal, occupe une place à part, non seulement par le nombre de ses espèces, 9000 mais encore par son ubiquité, sa répartition et son intérêt humain, historique comme économique. [10]

I.4.Types des graminées

Les espèces des graminées sont environ de 1200 rassemblés en 780 genres, certains sont cités dans le tableau ci-dessous :

Tableau I.1 : Les types des graminées.

Nom	Photo	Description
Andropogon_ gerardi blackhowks		Description : Feuillage vert foncé avec reflets pourpres tôt le printemps jusqu'à fin été et finalement pourpre foncé presque noir à l'automne. Inflorescence bourgogne.
andropogon- gerardii- dancing-wind		Feuillage jaune-vert avec nuance de rouge devenant complètement écarlate à l'automne. Épis rouge foncé.
calamagrostis- acutiflora- karl-foerster		Feuillage vert. Inflorescence dorée et érigée, ressemble à du blé. Très populaire. (Similaire à stricta).
Calamagrostis - acutiflora Overdam		Feuillage vert strié argent avec touche de rose au printemps. Grande hampe florale érigée, panicule étroite et rose en plumeaux
Calamagrostis - acutiflora Eldorado		Feuillage étroit vert centre jaune doré. Floraison en juillet d'épis dorés, ressemblant à du blé.
Eragrostis - spectabilis		Superbe graminée au feuillage vert avec inflorescences vaporeuses pourpre-rouge ou rose, ramifiées dès la base. Très résistant à la sécheresse. Feuillage 30cm.

I.5. Caractéristique botanique

Les Poacées, sont des monocotylédones très évoluées ,elles possèdent des caractéristiques majeures principales telles que :

- feuilles à nervures parallèles ;
- symétrie axiale de type 3 pour les fleurs (fleurs symétriques à 3 pétales, 3 sépales et 2 x 3 étamines) ;
- embryon à un seul cotylédon, grain de pollen ;

I.6. Classement botanique

Systematique de la famille des Graminées

Règne : végétal

Embranchement : spermaphytes

Sous-embranchement : angiospermes

Classe : liliopsida

Sous-classe : commelindae

Ordre : graminales

Famille : Poaceae (Graminaceae) [11]

Exemple

Bromus sterilis L.-bromestérile

Famille botanique : Poacées

Cycle de reproduction : plante annuelle (thérophyte) .Son maintien et sa survie dans les parcelles sont donc uniquement liés à la production des emences et au stock de semences du sol.

Germination : automne, hiver, printemps .La plante forme d'abord une rosette avec de nombreux talles avant de se dresser jusque 80100 cm de hauteur.

Milieu favorable à l'espèce : présent dans les parcelles cultivées, dans les jachères et dans les milieux perturbés, sur de nombreux sols avec une préférence pour les sols calcaires à faible réserve hydrique.

Caractéristiques botaniques : graminée à préfoliation enroulée. Couleur vert clair. Limbe long et vrillé .Les feuilles sont molles et recouvertes d'une forte pilosité. Oreillette absente. Présence d'une ligule dentée.

Floraison: de mai à août .Inflorescence lâche avec de long rameaux pendant vers le bas après floraison. Inflorescence de couleur verte ou violette. Production d'environ1500 semences par plante.

Semence : épillet scabre multiflore, de grande taille (de3à5cm). Caryopse prolongé par une longue arête. Faible durée de vie des semences dans le sol (<3années).

I.7 .Caractéristiques écologique et facteurs de croissances

Au cours de l'année, plusieurs cycles de développement de la plante vont se succéder:

Cycle reproducteur (1" cycle): la croissance des feuilles est suivie par le développement d'une tige surmontée d'un épi (montaison).

Cycles végétatifs (cycles suivants): seules les feuilles se développent. Quelques six espèces dites "remontantes peuvent produire des épis à chaque cycle. [11]

Lors du cycle reproducteur, on distingue 5 stades de développement

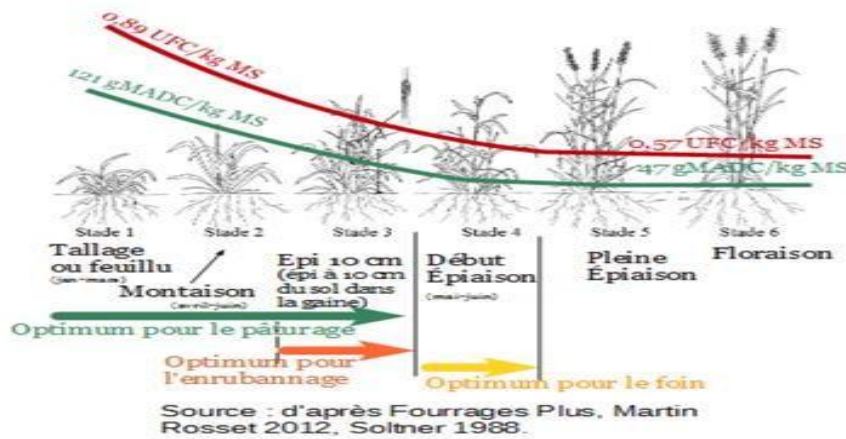


Figure I.1 : Le cycle reproducteur.

La croissance des organes aériens au cours du cycle permet l'augmentation de la quantité de matière sèche, mais la contribution relative de chaque compartiment varie selon le stade de développement. Une fois ce cycle terminé, la plante rentre en sénescence, les parties aériennes vont commencer à se dégrader entraînant une perte de matière sèche. [12]

Partie II : Les huiles essentielles

II.1.Généralités sur les huiles essentielles

Les huiles essentielles, appelées aussi essences, sont des mélanges de substances aromatiques produites par de nombreuses plantes et présentes sous forme de minuscules gouttelettes dans les feuilles, la résine, la peau des fruits , les bois, les branches . Elles sont présentes en petites quantités par rapport à la masse du végétal : elles sont très volatiles et odorantes. [13]

Ainsi une huile essentielle est une substance odorante, généralement de composition complexe, obtenue à partir d'une matière première botaniquement définie, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, soit pas un procédé mécanique approprié sans chauffage. Elle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition. [14]

II.2.Caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles

II.2.1. Propriétés physiques des huiles essentielles

Selon plusieurs recherches (Bardeau, Bruneton et Legrand) [15, 16,17], les huiles essentielles possèdent en commun un certain nombre de propriétés physiques :

- A température ambiante ; elles sont généralement liquides ; incolores ou jaunes pâles, il existe, cependant, quelques, exceptions l'exemple de l'huile essentielle à azulène elle est de coloration bleue.
- Elles sont solubles dans l'alcool, l'éther, le chloroforme, les huiles fixes, les émulsifiants et dans la plupart des solvants organiques, et peu solubles dans l'eau, toutefois, elles communiquent leur odeur.
- Leur densité est en général inférieure à celle de l'eau, elle varie de 0.75 à 0.99 (les huiles essentielles de sassafras, de girofle ou de cannelle constituent des exceptions).
- Leur point d'ébullition varie de 160° à 240°C.
- Elles ont un indice de réfraction élevé.
- Elles dissolvent les graisses, l'iode, le soufre, le phosphore et réduisent certains sels.
- Ce sont des substances de consistance huileuse, plus ou moins fluides, voire résinoïdes, très odorantes et volatiles.

II.2.2. Composition chimique des huiles essentielles

Les huiles essentielles (HEs) sont des métabolites secondaires des plantes. Leurs extraits contiennent en moyenne 20 à 60 composés dont la plupart sont des molécules peu complexes. [18]

Les constituants des huiles essentielles appartiennent, de façon quasi exclusive, à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : le groupe des terpénoïdes d'une part, et le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane, beaucoup moins fréquents, d'autre part. Elles peuvent également renfermer divers produits issus de processus dégradatifs mettent en jeu des constituants non volatils. [16]

II.2.2.1. Terpénoïdes

Les terpènes sont des hydrocarbures naturels, ils représentent le groupe le plus diversifié des métabolites secondaires. [19]

Ils dérivent d'une structure de base à cinq carbones (C_5H_8), communément appelée isoprène. [20]

Le terme terpénoïde désigne un ensemble de substances présentant le squelette des terpènes avec une ou plusieurs fonctions chimiques (acide, lactone, aldéhyde, alcool, cétone ,etc...). [21]

Les monoterpénoïdes et les sesquiterpénoïdes forment la majeure partie dans la composition de la plupart des huiles essentielles. [20]

II.2.2.1.1.Les monoterpènes

Les terpènes sont constitués de deux unités d'isoprènes et ont la formule moléculaire $C_{10}H_{16}$ ils peuvent être divisés en 3 groupes : monoterpènes acycliques , monocycliques ou bicycliques. Chaque groupe de ces monoterpènes peuvent avoir des groupes fonctionnels et être des aldéhydes (phellandral), des alcools (menthol, linalol), des phénols (thynol, carvacrol),ou des cétones (carvène, thuyone et verbénone). [22]

II.2.2.1.2.Les sesquiterpènes

Les sesquiterpènes sont formés par la combinaison de trois unités isopréniques et sont formule $C_{15}H_{24}$. Ils peuvent être acycliques, monocycliques, bicycliques ou tricycliques. [23]

les sesquiterpènes peuvent être des alcools l (carotol, patchoulol, farnesol) , hydrocarbures (β bisabolène, β -caryophyllène) , des aldéhydes (anisaldéhyde, valerenal) ou des cétones (nootkatone). [24]

II.2.2.2.Composés aromatiques dérivés du phénylpropane

Les composés aromatiques dérivés du phénylpropane (C_3) sont moins fréquents dans les huiles essentielles que ceux terpéniques. Il s'agit d'aldéhyde (cinnamaldehyde), du phénol (eugénol, chavicol), d'alcool (alcool cinnamique), de composés de méthylène dioxy (safrole, myristicine, apiole) et de dérivé méthoxy(élémicine, estragole, anéthole, methyleugénols). [25]

II.2.2.3.Les composés d'origine diverses

Compte tenu de la méthode d'extraction des composés volatiles, par exemple lors de la distillation, certains composés aliphatique (acides, esters, alcools, carbure, cétones, aldéhydes) sont entraînés. [26]

II.3. Qualité et rendement des huiles essentielles

Le contrôle de la composition chimique des HEs s'effectue par différents essais, comme la miscibilité à l'éthanol et certaines mesures physiques : densité relative, pouvoir rotatoire et indice de réfraction. L'odeur et la couleur sont aussi des paramètres importants. La meilleure carte d'identité quantitative qualitative d'une huile essentielle reste cependant le profil chromatographie en phase gazeuse. [27]

Les teneurs en huiles essentielles sont généralement très faibles. Ainsi, le rendement peut varier de 1 à 10 % c'est - à - dire que la quantité des huiles essentielles doit être récupèrent utilisant des grandes quantités de la matière première. [28]

Pour des essences plus prisées, telles que celles de jasmin, de rose ou de fleur d'oranger, le rendement est encore plus faible. Il faut au moins trente roses pour extraire une seule goutte d'essence et mille kilogrammes de fleurs de jasmin pour en obtenir un litre. [29]

II.4. Conservation des huiles essentielles

Les huiles essentielles doivent être conservées dans des flacons opaques fermés hermétiquement, a cause de leur sensibilité à l'air et la lumière, leur évaporation rapide. [30]

II.5. Domaine d'utilisation des huiles essentielles

Ces produits naturels présentent un grand intérêt comme matière première destinée à différents secteurs d'activité tels que :

II.5.1. En pharmacie

Les huiles essentielles peuvent être utilisées comme :

-Aromatisant des médicaments destinés à la voie orale. [31]

-Pour leurs actions physiologiques (Menthes, Verveine, Camomille).

II.5.2. Dans l'industrie

II.5.2.1.Parfumerie et cosmétologie

De nombreux parfums sont toujours d'origine naturelle et certaines huiles essentielles constituent des bases de parfums. Exemples : Rose, Jasmin, Vétiver, Ylang-ylang, etc.... [32]

II.5.2.2.Alimentation

Les huiles essentielles (huile de citron, de menthe, de girofle) sont très utilisées dans l'aromatisation des aliments (jus de fruits, pâtisserie) [31,32].

Quel que soit le secteur d'activité, l'analyse des huiles essentielles reste une étape importante qui, malgré les progrès constants des différentes techniques de séparation et d'identification, demeure toujours une opération délicate qui nécessite la mise en œuvre simultanée ou successive de diverses techniques [33].

II.6.Techniques d'extraction des huiles essentielles

II.6.1.Les méthodes classiques

II.6.1.1.Hydrodistillation

Le principe de l'hydrodistillation est la distillation des mélanges binaires non miscibles. Cette technique consiste à mettre directement le matériel végétal à traiter dans un ballon avec l'eau bouillante. La montée de la chaleur permet l'éclatement des molécules odorantes contenues dans les cellules végétales, l'HE forme avec la vapeur d'eau, un mélange azéotropique, puis, les vapeurs qui en résultent sont condensées sur une surface froide (réfrigérant) et l'huile essentielle se sépare de l'hydrolat par simple différence de densité.

Cette méthode est simple dans son principe et ne nécessite pas un appareillage coûteux. Cependant un chauffage prolongé engendre la dégradation de certaines molécules aromatiques. En plus, à cause de l'eau, de la température du milieu, de l'acidité, des réactions d'hydrolyse, de réarrangement, d'isomérisation, d'oxydation, etc. qui peuvent très sensiblement conduire à une dénaturation. [34]

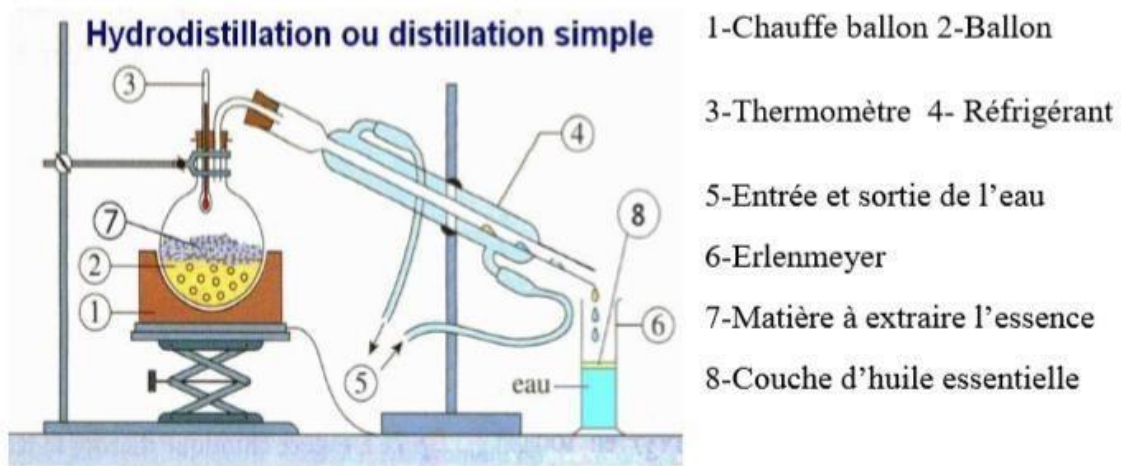


Figure I.2 : Schéma du principe de la technique d'hydrodistillation.

II.6.1.2. Entraînement à la vapeur d'eau

Parmi les méthodes officielles pour l'obtention des huiles essentielles on trouve l'entraînement à la vapeur d'eau, cette technique met en contact indirect l'eau et la matière végétale à traiter [35]. Il est placé sur une grolle perforée au-dessus de la base de l'alambic. Les composés volatiles entraînés par la vapeur d'eau vont pouvoir être séparé par décantation du distillat refroidi [36].

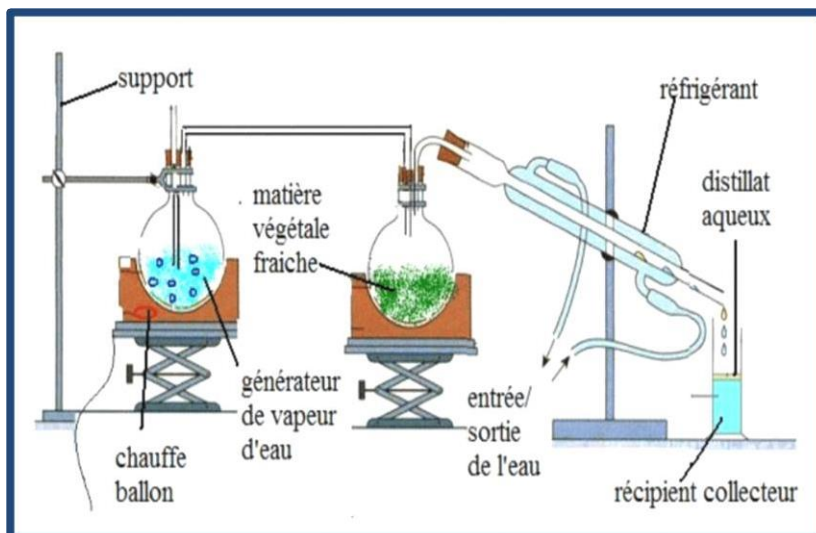


Figure I.3 : Montage de l'entraînement à la vapeur.

II.6.1.3. Hydrodiffusion

Le principe de ce procédé (nouvellement établi), consiste à pulser de la vapeur d'eau à très faible pression à travers la masse végétale, du haut vers le bas à travers le végétal disposé sur une grille à l'intérieur d'un parallélépipède métallique, ce qui permet une meilleure répartition de la charge. L'huile essentielle s'écoule vers un collecteur permettant un équilibrage de pressions. [37]

La composition des produits obtenus est qualitativement sensiblement différente de celle des produits obtenus par les méthodes classiques. Il procédé permet un gain de temps et d'énergie. [38]

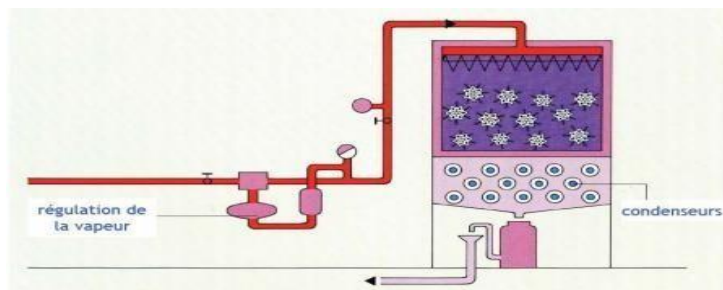


Figure I.4 : Schéma du procédé d'hydrodiffusion.

II.6.1.4.Extraction par solvant organique

Les solvants les plus utilisés à l'heure actuelle sont l'hexane, cyclohexane, l'éthanol, moins fréquemment le dichlorométhane et l'acétone. Le solvant choisi, en plus d'être autorisé, devra posséder une certaine stabilité face à la chaleur, la lumière ou l'oxygène. Sa température d'ébullition sera de préférence basse afin de faciliter son élimination, et il ne devra pas réagir chimiquement avec l'extrait. L'extraction est réalisée avec un appareil de Soxhlet. Ces solvants ont un pouvoir d'extraction plus élevé que l'eau, si bien que les extraits ne contiennent pas uniquement des composés volatils, mais également bon nombre de composés non volatils tels que des cires, des pigments, des acides gras et bien d'autres substances.

En fonction de la technique et du solvant utilisé, on obtient des hydrolysats (eau comme solvant), des alcoolats (éthanol dilué), des teintures (éthanol/eau), des résinoïdes (extraits

éthanoliques concentrés) et des concrètes (extraits à froid et à chaud au moyen de solvants divers).

La technique d'extraction « classique » par solvant, consiste à placer, dans un extracteur, un solvant volatil et la matière végétale à traiter. Grâce à des lavages successifs, le solvant va se charger en molécules aromatiques, avant d'être envoyé au concentrateur pour y être distillé à pression atmosphérique.

L'emploi restrictif de l'extraction par solvants organiques volatils se justifie par son coût, les problèmes de sécurité et de toxicité, ainsi que la réglementation liée à la protection de l'environnement. Cependant, les rendements sont généralement plus importants par rapport à la distillation et cette technique évite l'action hydrolysante de la vapeur d'eau. [34]

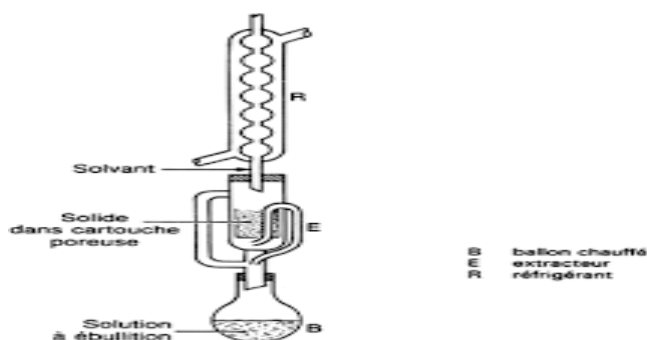


Figure I.5 : Montage d'extraction par solvant.

II.6.2. Les méthodes innovantes

II.6.2.1. L'extraction par micro-ondes

C'est un procédé utilisant les micro-ondes et les solvants transparents aux micro-ondes pour extraire de façon rapide et sélective des produits chimiques de diverses substances. [39] Le matériel végétal est immergé dans le solvant de manière à ce que seul le végétal soit chauffé. Les micro-ondes vont chauffer l'eau présente dans le système glandulaire et vasculaire de la plante, libérant ainsi les produits volatils qui passent dans le solvant (non chauffé). On filtre et on récupère ensuite l'extrait. L'extraction par micro-ondes a le grand avantage de réduire le temps d'extraction à quelques secondes. [40] Ce procédé (Figure 3), très rapide et peu consommateur d'énergie, livre un produit qui, est le plus souvent, de qualité supérieure à celle du produit d'hydrodistillation traditionnelle. [16] Par ailleurs, l'analyse des huiles essentielles

obtenues par cette méthode a montré selon Scheffer (1996) [41] que la composition qualitative des huiles essentielles était la même que celle des huiles obtenues par distillation mais le pourcentage des constituants variait de manière significative.

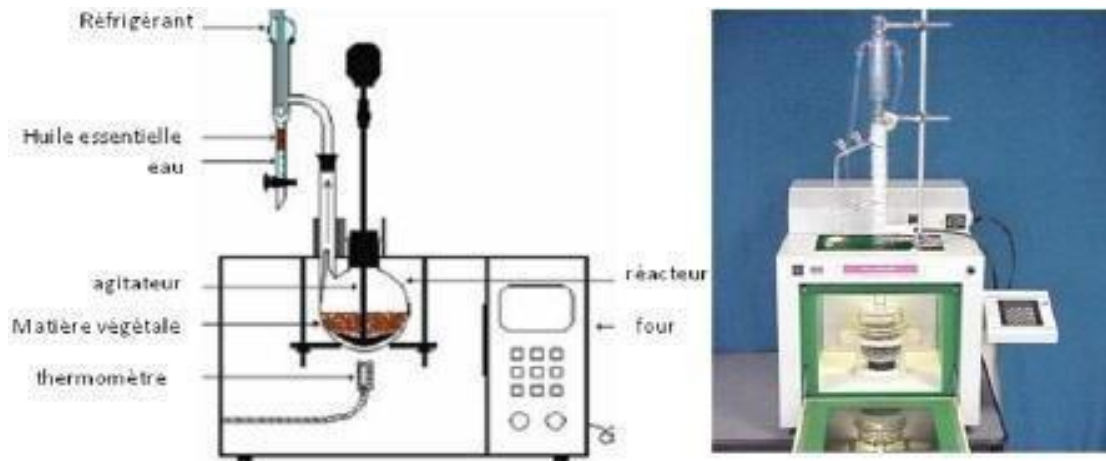


Figure I.6 : Montage d'extraction assistée par micro-onde.

II.6.2.2.Extraction Supercritique

Cette technique se base sur la solubilité des constituants dans le CO₂ et de son état physique. Son originalité repose sur le solvant utilisé ; il s'agit du CO₂ en phase supercritique sous son nom de la méthode. Au-delà de son point critique (P=73,8 bars et T= 31,1°C), le CO₂, possède des propriétés intermédiaires entre celles des liquides et celles des gaz ce qui lui confère un pouvoir d'extraction, modulable à volonté en jouant sur la température et la pression. [42]

Le CO₂ supercritique est un solvant idéal puisqu'il est naturel, inerte chimiquement, ininflammable, non toxique, disponible et peu coûteux. Son point fort est la bonne qualité de l'extrait. [43]

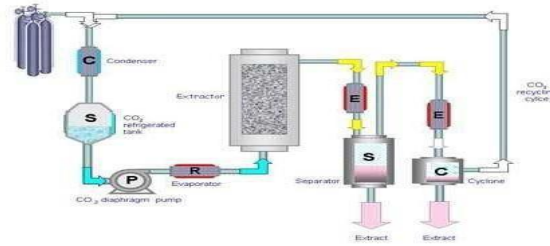


Figure I.7 : Procédé d'extraction au CO2 supercritique.

II.7.Caractérisations des huiles essentielles

II.7.1.Densité relative

C'est le rapport de la masse d'un certain volume d'huile à 20°C, et la masse d'un volume égal d'eau distillée à la même température. [44]

II.7.2.L'indice de réfraction

L'indice de réfraction d'une huile est le rapport du sinus de l'angle d'incidence et du sinus de l'angle de réfraction d'un rayon lumineux de longueur d'onde déterminée passant de l'air dans l'huile à température constante. [44] Cet indice varie en fonction des insaturations. Il croît avec le degré d'insaturation des acides gras contenus dans les matières grasses. [45]

II.7.3.Pouvoir rotatoire

Le pouvoir rotatoire est la capacité de certaines molécules de provoquer une rotation du plan de polarisation lorsqu'elles sont traversées par un faisceau de lumière polarisée plane. Cette rotation peut être orientée vers la droite (dextrogyre (+)) ou vers la gauche (lévogyre). Cette activité optique est quantifiée à l'aide d'un polarimètre et sa mesure est exprimée en degrés (°) [46]

II.7.4.Solubilité

Les huiles essentielles sont solubles dans l'alcool, l'éther, et les huiles à des degrés différents. Elles sont insolubles dans l'eau. Cependant les huiles essentielles communiquent leur odeur à l'eau. [47]

II.7.5.Indice de saponification

Il s'agit des milligrammes (mg) d'hydroxyde de potassium nécessaires pour neutraliser l'acide libre et l'acide estérifié saponifié contenus dans un gramme d'HE. [48]

II.7.6.L'indice d'ester

IE est le milligramme de sel de potassium nécessaire pour saponifier l'ester présent dans 1 gramme d'HE. [48]

II.7.7.Indice d'acide

IA est le milligramme (mg) de sel de potassium nécessaire pour neutraliser l'acide libre contenu dans 1 gramme (g) HE. [48]

Partie III : La corrosion et inhibiteurs

III.1.Introduction

La corrosion des métaux et alliages est un problème mondial majeur qui touche notamment l'économie industrielle ainsi que les infrastructures et les bâtiments [49] La corrosion est un endommagement d'un métal par attaque chimique ou interaction avec son environnement [50] et ce dernier est devenu un problème de l'âge car elle cause de nombreuses pertes matérielles qui affectent Cette économie est ce qui a poussé tous les pays, en particulier les pays développés, à chercher à limiter ce phénomène et à chercher des moyens de s'en protéger . [51]

III.2.Définition de la corrosion

La corrosion est une interaction physico-chimique entre un métal et son milieu environnant entraînant des modifications dans les propriétés du métal et souvent une dégradation fonctionnelle du métal lui-même, de son environnement ou du système technique constitué par les deux facteurs. [52]

III.3.Origine de la corrosion

Il existe plusieurs raisons à la corrosion, y compris les interactions chimiques ou physiques qui se produisent entre le matériau et l'environnement environnant, et les éléments qui favorisent la corrosion du matériau sont :

- Composition chimique et structure des minéraux ;
- La composition chimique de l'environnement ;
- Paramètres physiques (irradiation, température, etc.) ;
- Sollicitations mécaniques (contraintes, frottement, chocs, etc.) ; [53]

III.4.Types de corrosion

Il existe plusieurs types de corrosion qui résultent de son développement selon différents processus, qui sont les suivants :

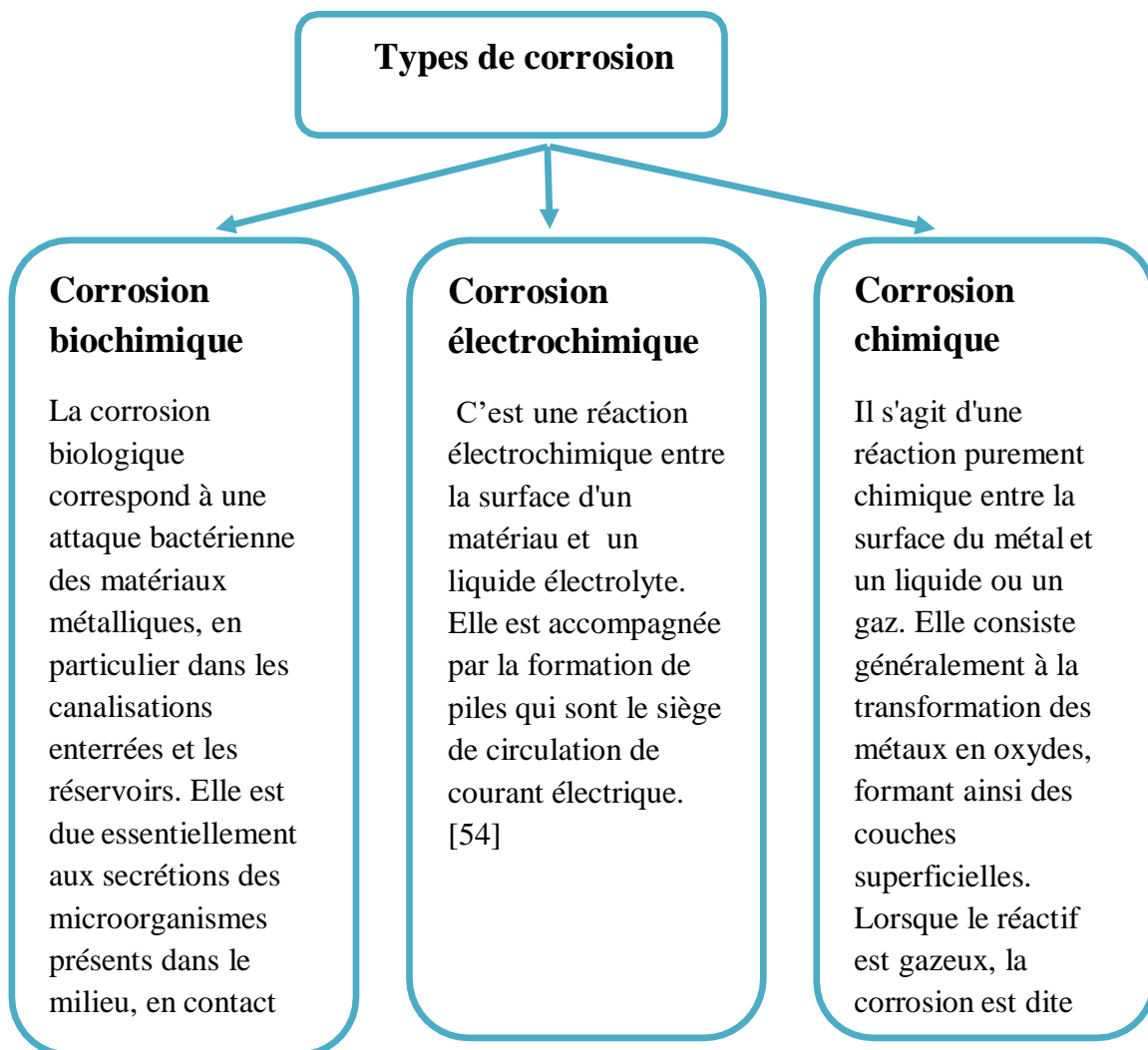


Figure I.8 : Types de corrosion.

III.5.Facteurs de corrosion

Tableau I.2 : Facteur de corrosion.

Critère de classement	Facteur
Facteurs métallurgiques	<ul style="list-style-type: none"> - Composition d'alliage, hétérogénéités cristallines. - Procédés d'élaboration. - Impuretés dans l'alliage, inclusions - Traitements thermiques, mécaniques. - Additions protectrices.
Facteurs dépendants du temps	<ul style="list-style-type: none"> . - Tensions mécaniques internes ou externes. - Vieillessement - Modification des revêtements protecteurs. - Apparition d'un dépôt (calcique ou autre).
Facteurs relatifs au milieu et définissant le mode d'attaque (milieu corrosif).	<ul style="list-style-type: none"> - Concentration du réactif. - Teneur en Oxygène, en impuretés, en gaz. - Acidité du milieu, salinité, résistivité. - Température, pression. - Présence de bactéries
Facteurs définissant les conditions d'emploi	<ul style="list-style-type: none"> - Etat de surface, défauts de fabrication. - Formes de pièces. - Sollicitations mécaniques. - Emploi d'inhibiteurs. - Procédés d'assemblage (couples galvaniques, soudures, etc.). - Croûte d'oxydes superficiels.

III.6.Méthode d'étude de la corrosion

Les méthodes d'étude de la corrosion peuvent être classées en deux grands groupes :

III.6.1. Les méthodes stationnaires

Les techniques stationnaires permettent d'étudier un système se trouvant dans son état quasiment d'équilibre thermodynamique. [57]

III.6.1.1. Potentiel d'équilibre électrochimique

C'est une méthode dans laquelle le développement des potentiels est suivi de l'abandon en termes de temps Où est la tension, C'est la tension du métal mesurée à une électrode de référence lorsqu'aucun courant ne circule vers cet échantillon

Où les courbe tension/temps permettent de caractériser les modifications qui se produisent à la surface de l'échantillon en fonction du temps d'immersion dans le milieu, car cette technique nous renseigne sur la détérioration de la surface de l'échantillon. [58]

III.6.1.2. La polarisation

La polarisation est une propriété qu'ont les ondes vectorielles de présenter une répartition privilégiée de l'orientation des vibrations que les composent. Les ondes électromagnétiques, telles que les ondes gravitationnelles ont ainsi des propriétés de polarisation ou lumière. les ondes mécaniques transverses dans les solides peuvent aussi être polarisées . cependant, les ondes longitudinales. [57]

❖ Courbes de polarisation

la courbe de polarisation Il est une représentation du comportement cinétique d'un système électrochimique; Il est établi dans un plan cartésien (à partir de 'équation de Butler-Volmer ou loi Tafel), Où l'abscisse correspond à la surtension (η) et l'ordonnée correspond à la densité de courant (i). [58]

La courbe de polarisation est divisé en deux parties (ou « branches »), chacune relative à une semi réaction :

- la branche cathodique, située dans le 1er quadrant (Pour lequel il existe $\eta > 0$ et $i > 0$).
- l'anode de la branche, positionnée dans le 3 e quadrant (Pour lequel vous avez $\eta < 0$ et $i < 0$). [59]

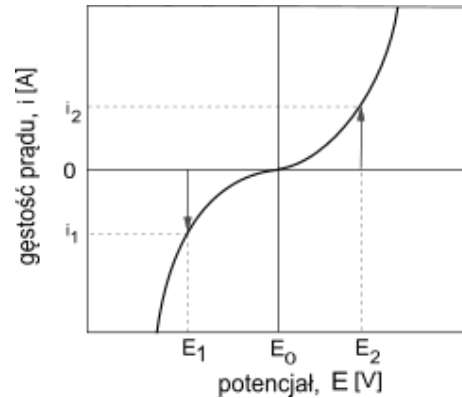


Figure I.9 : La courbe de polarisation.

III.6.2. Les méthodes non stationnaires (transitoires)

Dites transitoires (spectroscopie d'impédance), dont les paramètres de l'électrolyse ne varient pas dans le temps où que leur vitesse de variation est faible devant la vitesse des processus électrochimiques. Les expériences se font alors lorsque les états stationnaires ou quasi-stationnaires sont atteints. [60]

III.7. protection et lutte contre corrosion

III.7.1. Protection par revêtement

Les revêtements constituant une barrière physique entre le milieu agressif et le métal à protéger. Leur efficacité dépend de leur propre comportement vis-à-vis du milieu agressif ainsi que de l'intégrité du revêtement.

III.7.1.1. Protection par revêtements métallique

Ce type est utilisé pour protéger l'acier de la corrosion atmosphérique, car on distingue deux types de revêtements métalliques

- Ceux plus nobles que le substrat cathodique ;
- Ceux moins nobles que le substrat anodique ; [61]

III.7.1.2. Protection par revêtement organiques

Ce type forme une barrière entre le substrat minéral et le support et se divise en trois familles

- Revêtements en bitumes ;
- Revêtements polymériques ;
- Peintures et vernis ; [62]

III.7.1.3.Revêtements thermoplastiques

- Revêtement en polyéthylène extrudé, avec primaire d'accrochage à base de caoutchouc butyle d'épaisseur 3 mm environ.
- Bandes adhésives minces, à support PVC, ou polyéthylène, appliquées sur primaire, et recouvertes d'une bande de protection mécanique supplémentaire. [63]

III.7.2.Protection par inhibiteurs

III.7.2.1.Définition

Substances chimiques qui, introduites en très petite quantité dans l'électrolyte, diminuent considérablement la vitesse de la réaction de corrosion.

III.7.2.2.Classe des inhibiteurs

Il est classé comme suit :

III.7.2.2.1.Selon leur composition chimique

❖ Les inhibiteurs organiques

De nombreux composés organiques sont utilisés comme inhibiteur de corrosion avec une certaine efficacité, car de nombreux composés complexes peuvent être créés avec une efficacité et une qualité élevées, en améliorant les propriétés physiques telles que la solubilité et la température d'ébullition.

Là où l'on préfère utiliser des inhibiteurs organiques actuellement pour des raisons liées à la toxicité environnements, ou les groupements fonctionnels habituels qui permettent de les lier au métal sont :

Les radicaux amines (-NH₂), mercaptan (-SH), hydroxyle (-OH), carboxyle (-COOH) .les inhibiteurs organiques les plus utilisés sont des sous-produits de l'industrie pétrolière qui sont moins onéreux. [64]

❖ Les inhibiteurs inorganiques (minéraux)

Ces produits sont contrôlés quant à leur utilisation et sont réglementés selon des conditions spécifiques car ils créent des problèmes pour l'environnement, il est utilisé en milieu alcalin et rarement utilisé en milieu acide, ou les molécules minérales se séparent dans solution et les anions et cations assurent en fait l'inhibition. [64]

III.7.2.2.2.Selon leur mode d'action

❖ Les inhibiteurs passivant

Ces inhibiteurs forment des films de passivation tridimensionnels entre la surface corrodée et les molécules d'inhibiteurs. L'inhibiteur s'appelle aussi inhibiteurs « d'interphase ». Ils sont également incorporés dans les couches barrières et ainsi ces molécules inhibitrices conduisent à des réseaux homogènes et denses présentant de fait une faible porosité et une bonne stabilité.

Il existe des classes d'inhibiteurs qui passivent les ions oxydants, car il a également été noté que nous pouvons passiver l'acier en l'absence d'oxygène, Il existe des ions non oxydés qui nécessitent la présence d'oxygène et remplacent la réaction cathodique Ce qui améliore l'adsorption à la surface du métal comme exemple de ces ions (MoO₄²⁻; B₄O₂⁻⁷.....ect). [64]

❖ Les inhibiteurs d'adsorption

Cette adsorption se produit lorsque les molécules inhibitrices se fixent à la surface du métal. Car elle forme pour nous deux types de liaisons :

L'analyse et l'absorption chimique, la première, qui conserve l'identité des molécules adsorbées, et ici on distingue trois forces représenté dans la force polaire résultant d'un champ électrique.

Les liaisons hydrogène (le groupe hydroxyle) où l'interaction se produit entre les molécules d'eau et les espèces polaires lorsque la surface du métal est chargée de charges

positives et facilite ainsi l'absorption des inhibiteurs porteurs de charges négatives, Les particules chargées positivement agissent en présence d'un milieu chargé négativement comme inhibiteur de corrosion des métaux, Quant à l'absorption chimique, elle collecte les électrons de la surface du métal. Des liaisons chimiques plus stables se forment.

Les inhibiteurs les plus efficaces sont chimiquement absorbés, Ce type d'adsorption dépend de la structure de l'amortisseur et des charges électriques présentes à la surface du métal. [64]

III.7.2.2.3. Selon la nature électrochimique du processus

On distingue trois types d'inhibiteurs

Tableau I.3 : Les types d'inhibiteur Selon la nature électrochimique du processus.

Les inhibiteurs cathodiques	La corrosion peut être réduite en réduisant la vitesse de la réaction cathodique
Les inhibiteurs anodiques	Ces inhibiteurs sont considérés comme des substances inorganiques, leur mode d'action est de modifier la valeur du potentiel de corrosion du matériau pour l'amener à une certaine valeur à laquelle la formation de film passif protecteur sur l'anode
Les inhibiteurs mixtes	Ces inhibiteurs diminuent la vitesse des deux réactions partielles, mais modifient peu le potentiel de corrosion

III.7. 3. Protection électrochimique

Dans ce type de protection, les réactions d'oxydation et de réduction qui se produisent lors de la corrosion sont surveillées, où nous en distinguons deux types : protection cathodique et protection anodique.

III.7.3.1. La protection cathodique

Il se définit comme une méthode de protection où le métal est déplorable dans sa zone immunitaire, La protection cathodique consiste à imposer au métal un potentiel suffisamment

bas pour que la vitesse de corrosion devienne négligeable. En pratique, cette méthode sert surtout à protéger les structures lourdes en acier.

III.7.3.2.La protection anodique

Un certain type de métaux tels que l'acier et le fer peuvent être protégés en les plaçant comme anodes et en augmentant leur potentiel dans la zone de responsabilité de la courbe de polarisation anodique, Les potentiels sont automatiquement maintenus à l'aide d'un équipement électrochimique appelé potentiostat.

CHAPITRE II

Matériels et méthodes

I. Objectif des tests de corrosion

Les tests accélérés de laboratoire de corrosion sont à la pointe de la technologie lorsqu'il s'agit d'évaluer la performance des matériaux car ils représentent des conditions standardisées et reproductibles et permettent une évaluation après une courte période de test (heures, jours, semaines).

L'utilisation majeure de ce type de tests est faite pour plusieurs objectifs, en particulier dans le contrôle de qualité des revêtements de protection contre la corrosion afin de passer le contrôle de qualité et présenter les performances requises (par exemple trois jours sans montrer de rouille rouge). De plus, ces types de tests sont très utiles dans les activités de développement de produits, où le criblage et la classification de nouveaux revêtements et matériaux pour des nouveaux produits.

II. Matériel

II.1. Appareils

- Balance électronique ;
- Evaporateur rotatif ;«Rotavapor»
- Etuve ;

II.2. Produit

Tableau II. 1 : Les produits utilisés

produit	La masse molaire (g /mol)
Méthanol	M=32.04 g/mol
Ethanol	M=46.07 g/mol
Acétone	M=58.08 g/mol
Hydrochlorique acide	M=36.5 g/mol
Eau distillé	M=18 g/mol

II.3. Matière végétale

La plante a été utilisée dans ce travail : *Avena Barbata*.



Figure II.1 : plante *Avena Barbata* en février



Figure II.2 : plante *Avena Barbata* en mai

II.3.1. Identification

C'est un type de mauvaise herbe du genre avoine. Il est mieux connu sous le nom de folle avoine commune.

La folle avoine commune se trouve dans les régions tempérées d'Eurasie ainsi qu'en Afrique du Nord et en Micronésie, en Amérique et en Australie. C'est un débutant. La folle avoine commune est largement distribuée des plaines aux régions montagneuses. Les Alpes centrales culminent à 1 700 mètres d'altitude dans les Alpes alpines. En Bavière, s'élève jusqu'à 1000 mètres d'altitude en Stollach près d'Annanstein. Elle se développe mieux dans un sol limoneux frais à humide, nutritif et légèrement acide à modérément alcalin et pauvre en humus. Et les limons pierreux et argileux, c'est un type distinctif de la catégorie Secalietea, mais il se produit principalement dans les communautés de l'association CAUCALIDION LAPPULAE. C'est une graminée céréalière à forte propension à se répandre. Obliquement dans les dépotoirs et les gares, il a été un compagnon culturellement depuis l'âge du bronze, c'est une plante ancienne d'Europe centrale et largement répandue. Principal Via des humains anthropomorphes.

II.3.2. Description botanique

Herbe diploïde ($2n = 4x = 28$). Elle pousse dans les pâturages et abonde dans les friches. Le bétail pâit.

La folle avoine est une plante herbacée annuelle d'hiver aux épis grossiers de 2 à 3 cm de long, sans compter les tiges recourbées qui mesurent environ 4 cm de long.

II.3.3. Classification scientifique

Règne : plantes vasculaires

Classe : Monocotylédone

Ordre : poales

Famille: graminées

Genre : Avena

Espèce : Avoine barbue

II.3.4. Collecte du matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est constitué des feuilles d'avena barbata récoltée des espèces verts de l'université 20 out 1955 skikda , (2 m de la faculté de sciences et technologie) en février 2023.

II.3.5. Séchage

Le matériel végétal nouvellement collecté est séché dans un bac sous le soleil après séchage il est placé dans un endroit sec à l'abri de l'humidité pendant quelques jours jusqu'au moment de la préparation de l'extraits.



Figure II.3 : plante avant séchage



Figure II.4 : plante après séchage

II.3.6. Le broyage

Le broyage est fait avec un mélangeur pour réduire la taille de la matière végétale, il vise à augmenter la surface de contact avec le solvant utilisé.

III.Mode d'extraction par macération

III.1. Extraction par méthanol

On pèse sur la balance électronique une quantité de 33 g de poudre végétale sèche, on l'immersion dans un volume de 306 ml de méthanol sous agitation pendant 24 heures, puis on filtre et on concentre à l'évaporateur rotatif à une température ne dépassant pas 65 ° ($T_{\text{ebullition}}=65$).

III.2. Extraction par l'éthanol

On pèse sur la balance électronique une quantité de 33 g de poudre végétale sèche, on la trempe dans un volume de 316 ml d'éthanol sous agitation pendant 24 heures, puis on filtre et on concentre à l'évaporateur rotatif à une température ne dépassant pas 65 °C. ($T_{\text{ebullition}}=78$).

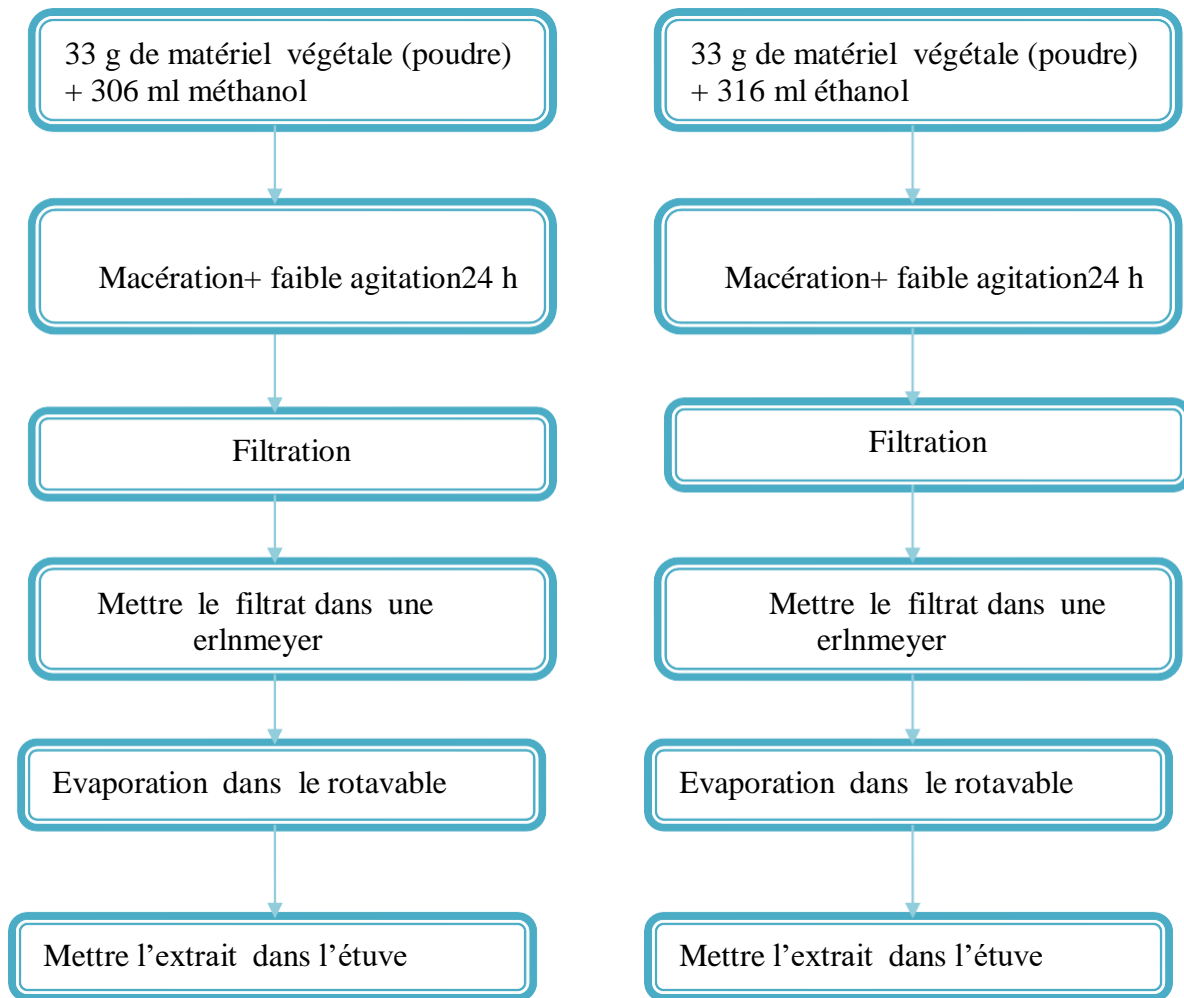


Figure II.5 : protocole de préparation d'extrait méthanoïque et éthanoïque par macération



Figure II.6 : protocole de préparation d'extrait méthanoïque et éthanoïque qui explique dans la figure(II.5).

IV. Le dispositif expérimental de la macération et l'obtention de l'huile essentielle

Extrait les huiles essentielles des espèces végétales étudiés par la méthode de macération dans des solvants organiques ; pendant 24h sous agitation faible ; la plante broyée est immergée complètement dans le solvant . ce qui signifie son utilisation pour évaporer les échantillon sous une pression réduite.

IV.1. L'évaporation et séparation

Un dispositif utilisé pour éliminer efficacement et en douceur les solvants des échantillons est utilisé par évaporation, lorsque on mentionne, un évaporateur rotatif cela ce qui signifie son utilisation pour évaporer les échantillon sous une pression réduite.

Le premier système d'évaporation rotatif simple a été inventé par Lyman Craig et commercialisé pour la première fois par la société suisse Buchi en 1957, et breveté en 1964. Le dispositif Rotavapor de Buchi est toujours l'évaporateur rotatif le plus utilisé, depuis, et le mot ou nom Rotavap est devenu synonyme de l'évaporation rotatif.



Figure II.7 : Montage d'une évaporation

IV.2. Principaux composants d'un évaporateur rotatif

- bloc moteur qui fait tourner le ballon d'évaporation ou la bouteille contenant l'échantillon ;
- tubes à vapeur a deux fonctions une broche pour la rotation de l'échantillon et un tube scellé pour l'évacuation de la vapeur qui est tiré de l'échantillon ;
- système de vide, afin de réduire considérablement la pression à l'intérieur du système d'évaporation ;
- Un bain de liquide chaud, généralement de l'eau, pour chauffer l'échantillon à évaporer ;

- Un condenseur deux méthodes peuvent être utilisées : soit une spirale est placée à travers laquelle le réfrigérant circule, soit Un doigt froid est un endroit où des mélanges froids tels que de la neige carbonique et de l'acétone sont appliqués ;
- Un ballon pour recueillir la condensation et être au fond du condenseur afin d'obtenir le solvant distillé après l'intensifieur ;

IV.3. Principe

Le principe d'un évaporateur rotatif est basé sur la distillation sous vide (partiel). La solution est mise en rotation pour augmenter la surface d'évaporation puis la pression est diminuée grâce généralement à une pompe à eau. La vitesse de la rotation et le vide créés permettent l'évaporation à des températures inférieures aux températures d'évaporation des solutions évaporées [65,66].

IV.4. Préparation

-Faire chauffer l'eau du Bain-marie en réglant sa température à l'aide du thermostat : cette température sera adaptée au point d'ébullition du solvant à évaporer [67].

-Ne pas oublier de prendre un valet pour poser le ballon (avec son bouchon rodé) à évaporation près de l'évaporateur rotatif.

IV.5. Evaporation

- Faire circuler l'eau dans le réfrigérant.

- Déclencher la pompe à eau : le robinet doit être au maximum de son débit.

- Graisser très légèrement le rodage du ballon d'évaporation à l'huile de silicone.

- Fixer le ballon, contenant le solvant à extraire sur le conduit le conduit de vapeur à l'aide d'un clic adapté.

- Fermer doucement le robinet de mise sous vide pour mettre l'ensemble de l'appareil sous pression réduite.

- Mettre le ballon en rotation.

- Descendre le ballon pour mettre en contact avec l'eau du Bain-marie- Adapter la vitesse de rotation à la vitesse d'évaporation

IV.6. Arrêt de l'évaporation

- A la fin de l'évaporation, retirer le ballon du système de chauffage du bain-marie,

- Attendre le refroidissement du ballon,

- Couper la rotation,

- Remettre l'ensemble à la pression atmosphérique en ouvrant doucement le robinet de mise sous vide,

- Enlever le clip et retirer le ballon dans le prolongement du conduit,

- Poser le ballon bouché sur le valet,

- Fermer la trompe à eau et la circulation d'eau dans le réfrigérant.

V. Elaboration de l'électrode de travail

L'électrode de travail sont des morceaux coupés Les échantillons de l'alliages acier aucarbone récupérés des installations industrielles ramené du GNL.

V.1. Couper des échantillons

Nous avons coupé plusieurs carré de taille presque 1cm^2 de surface à laide d'une scie Électrique.

V.2. Polissage

les échantillons sont polis à l'aide de papier abrasif à partir de 60 ,80, 120,150, 200, 600 ,800 1200, 2000 et la transition se fait à partir d'abrasif papier en faisant pivoter l'échantillon d'un angle de 360° , en tenant compte du fait que toutes les rainures sont effacées Après la réalisation de chaque étape, les échantillons ont été lavés avec de l'eau distillée et de l'acétone pour nettoyer la surface et éliminer les impuretés. Ils ont ensuite été séchés et conservés dans un endroit à l'abri de l'humidité pour éviter la rouille.

VI. Préparation des solutions d'analyse

le milieu de corrosion est une solution d'acide chlorhydrique(HCl) elle est préparée en diluant 37% d'acide chlorhydrique avec de l'eau distillé pour obtenir HCl 1M. Calcul la concentration de la solution mère :

$$C=10\text{Pd/M } C=10 \times 37 \times 1.18 / 36.5$$

$$C=11.96 \text{ mol/L}$$

On utilise la loi de dilution pour préparer une solution de 1M : $C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$

$$V_1 = C_2 \times V_2 / C_1 \quad V_1 = 1 \times 500 / 11.96 \quad V_1 = 41.80\text{mL}$$

On prélève 41.80 ml d'acide chlorhydrique avec une éprouvette graduée, et dans une fiole jaugée de 500 ml et on dilué.

VII. Technique étude et condition expérimental

VII.1.La gravimétrie (La perte de masse)

C'est une méthode classique qui détermine directement la vitesse de corrosion et se base sur l'évolution du poids de l'échantillon, puisque l'on pèse l'échantillon avant immersion m_1 et après immersion m_2 dans l'électrolyte

Les mesures de masse de déchets sont la première méthode pour étudier l'inhibition de la corrosion d'un métal dans une solution d'électrolyte. elle Est caractérisé par Cette méthode est facile à mettre en œuvre et ne nécessite pas de gros équipements. Cette méthode consiste à mesurer la perte de masse en μm des échantillons de surface S pendant le temps d'immersion de l'échantillon dans une solution corrosive et peut être par la relation suivante :

$$V_{\text{corr}} = \frac{\Delta m}{S \cdot t} \dots\dots\dots (II.1)$$

$$\Delta m = m_i - m_t \dots\dots\dots (II.2)$$

Ou:

m_i et m_t masses de l'échantillon avant et après l'essai en g;

S: surface totale de l'échantillon en cm^2 ;

t : temps d'immersion de l'échantillons dans la solution. L'efficacité inhibitrice est donnée par la relation suivante:

$$\text{IE} (\%) = (V_{\text{corr}} - V_{\text{inb}}) / V_{\text{corr}} \times 100 \dots\dots\dots (II.3)$$

V_{corr} : est la vitesse de corrosion en absence de l'inhibiteur.

V_{inb} : est la vitesse de corrosion en présence de l'inhibiteur.

- **Le principe de perte de masse**

L'échantillon est immergé après pesée et calcul de sa surface, couvrant les parties que nous ne voulons pas exposer à une attaque agressive, puis il est immergé dans 50 ml d'une solution acide, après un certain temps, il est retiré de la solution, lavé avec eau distillée et acétone, laisser sécher, puis peser pour déterminer la quantité de masse perdue et la vitesse de corrosion. La même procédure ci-dessus est répétée, avec différentes concentrations d'inhibiteur ajoutées en milieu acide.



Figure II.8 : montage expérimental pour expérience de perte de masse en présence d'un inhibiteur +éthanol.



Figure II.9 : montage expérimental pour expérience de perte de masse en présence d'un inhibiteur +méthanol.

VII.2. La méthode électrochimique

Cette méthode est considérée comme avancée et moderne par rapport à la méthode précédente, car elle est considérée comme quelque peu économique en termes d'échantillon le métal utilisé ainsi que le temps passé pendant l'expérience.

Les méthodes électrochimiques utilisées permettant l'étude du phénomène de corrosion peuvent être divisées en deux catégories :

- ✓ Méthodes stationnaires.
- ✓ Méthodes transitoires.

VII.2.1. Méthodes transitoires : Impédance électrochimique

Les diagrammes d'impédance électrochimique ont été relevés au potentiel de corrosion, après différentes températures. Les mesures ont été effectuées dans la gamme de fréquence et d'amplitude. On notera que cette technique est peu destructive pour l'interface car la variation de potentiel imposée autour du potentiel d'équilibre est faible.

VII.2 .2. Méthodes stationnaires : Courbes de polarisation

Les courbes de polarisation ont également été obtenues pour différentes concentrations, pour différentes températures et pour différents temps d'immersion de l'électrode de travail. Les branches anodique et cathodique ont été obtenues consécutivement de avec une vitesse de balayage de par rapport à E_{corr} .

Dans cette étude, toutes les mesures électrochimiques sont effectuées à température ambiante (sauf indication contraire) et réalisées au moins deux fois afin de s'assurer de la reproductibilité des essais. Les mesures électrochimiques sont réalisées avec un montage comprenant un potentiostat de marque piloté par le logiciel d'analyse « Nova ».

VII.3. Préparation de l'électrode de travail

L'électrode de travail est réalisée au laboratoire à partir d'échantillon de canalisation en acier au carbone considéré. L'électrode de travail utilisée est de l'acier. Elle est découpé mécaniquement puis soudée à un fil électrique. L'ensemble est enrobé avec une résine thermodurcissable. La surface active est de cm^2 (Figure08).

Avant chaque manipulation, l'électrode de travail doit subir un polissage de la surface à l'aide d'une papier abrasif de granulométrie (60, 80, 120, 160, 200,600, 800, 1200,2000) sous écoulement d'eau. Cette étape est délicate vu l'importance de l'état de la surface dans l'étude électrochimique.

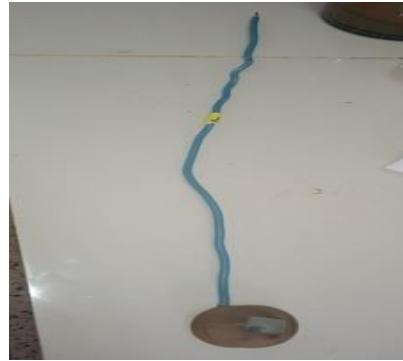


Figure II.10 : Electrode de travail

VII.4. Dispositif expérimental et cellule électrochimique

Le dispositif expérimental (Figure II.11) utilisé pour l'essai électrochimique est composé de:

a. Equipement AUTOLABPG STAT : Il fonctionne soit en potentiostat et soit-en galvanostat et il est piloté par un micro-ordinateur qui permet l'acquisition et le traitement des données. Les résultats expérimentaux sont enregistrés à l'aide de logiciel NOVA 2.1.6, qui pilote les séquences expérimentales et le traitement des données numériques ou des courbes obtenus.



Figure II.11 : Dispositif expérimental des testes électrochimiques.

b. Cellule électrochimique

Pour effectuer nos mesures, nous avons utilisé un montage classique qui comprend une cellule en verre et à double paroi et à un seul compartiment et de trois électrodes. (Figure II.12)

Electrode auxiliaire (EC): Elle permet le passage du courant électrique.

Electrode de référence (CSE)

Électrode de travail (ET): C'est un morceau de métal cylindrique attaché à un support en plastique.



Figure II.12 : Cellule électrochimique.

CHAPITRE III

Résultats et discussion

I. Etude gravimétrique (perte de masse)

I.1. Calcul la vitesse de corrosion

Les résultats obtenus de la perte de la masse de l'acier au carbone dans solution HCl 1M en fonction du temps et le calcul de vitesse de corrosion sont regroupés dans le tableau III.1.

Tableau III.1 : Les valeurs de perte de masse et la vitesse de corrosion dans solution 1M HCl (échantillon blanc).

t(h)	Δm (g)	Vcorrosion (g /m ² .h)
0.33	0.0005	0.00152
0.99	0.0011	0.0011
1.82	0.0019	0.0010
2.82	0.0027	0.0009
26.82	0.0042	0.00016
50.82	0.0091	0.00018
74.82	0.0211	0.00028
146.82	0.0801	0.00055
218.82	0.1477	0.00068
314.82	0.2476	0.00078
410.82	0.3238	0.00079

Les résultats présentés sur le tableau III.1 montrent que la vitesse de corrosion diminue en fonction du temps pendant [0.33 ; 2.82] h, puis elle augmente jusqu'à un temps 410.82 heures.

Une vitesse de corrosion élevée calculer indiquant une perte de masse plus importante, dissolution.

I.2. Influence de la concentration sur la vitesse de corrosion et l'efficacité inhibitrice

L'effet de la concentration est testé par la méthode gravimétrique toujours dans une solution d'acide hydrochlorique (HCl) 1M rapide de l'acier par l'attaque du HCl.

Ces concentrations de l'inhibiteur de l'Avena Barbata qui sont choisies (10% , 16% , 24%) pourcentage en volume, la masse relevée est prise au même temps que l'échantillon blanc (HCl sans inhibiteur). Ainsi que le calcul des vitesses de corrosion pour chaque échantillon et l'efficacité inhibitrice par les lois citées dans le chapitre II page 34

Le tableau III.2 regroupe les valeurs de la vitesse de corrosion et l'efficacité inhibitrice en absence et en présence de l'inhibiteur par l'extraction dans le méthanol.

Tableau III.2 : Les valeurs de perte de masse avec le calcul de vitesse pour les échantillons et l'efficacité inhibitrice par l'extraction dans le méthanol.

t(h)	Δm (g)			$V_{\text{corrosion}}$ (g/m ² .h)			E (%)		
	10%	16%	24%	10%	16%	24%	10%	16%	24%
0.33	0.0003	0.0002	0.0001	0.00091	0.00061	0.00030	40.13	59.87	80.26
0.99	0.0009	0.0005	0.0003	0.00091	0.00051	0.00030	17.27	53.64	72.73
1.82	0.0014	0.0009	0.0006	0.00077	0.00049	0.00033	23	51	67
2.82	0.0019	0.0012	0.0008	0.00067	0.00043	0.00028	25.56	52.22	68.89
26.82	0.0024	0.0019	0.0013	0.000089	0.000071	0.000048	44.38	55.63	70
50.82	0.0036	0.0029	0.002	0.000071	0.000057	0.000039	60.56	68.33	78.33
74.82	0.0044	0.0033	0.0028	0.000059	0.000044	0.000037	78.93	84.29	86.79
146.82	0.0062	0.0047	0.004	0.000042	0.000032	0.000027	92.36	94.18	95.09
218.82	0.0081	0.0055	0.0047	0.000037	0.000025	0.000021	94.56	96.32	96.91
314.82	0.0093	0.0064	0.0055	0.000030	0.000020	0.000017	96.15	97.44	97.82
410.82	0.0104	0.0074	0.006	0.000025	0.000018	0.000015	96.84	97.72	98.10

Les figures III.1 et III.2 illustrent l'effet de la concentration de l'inhibiteur sur la vitesse de corrosion et sur l'efficacité inhibitrice respectivement.

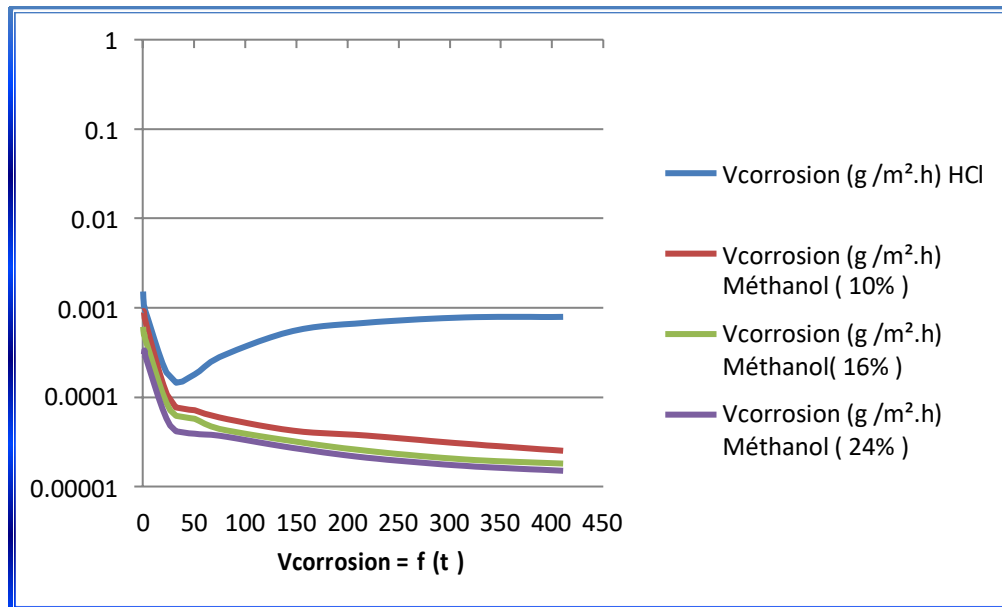


Figure III.1 : L'effet de la concentration sur la vitesse de corrosion de méthanol.

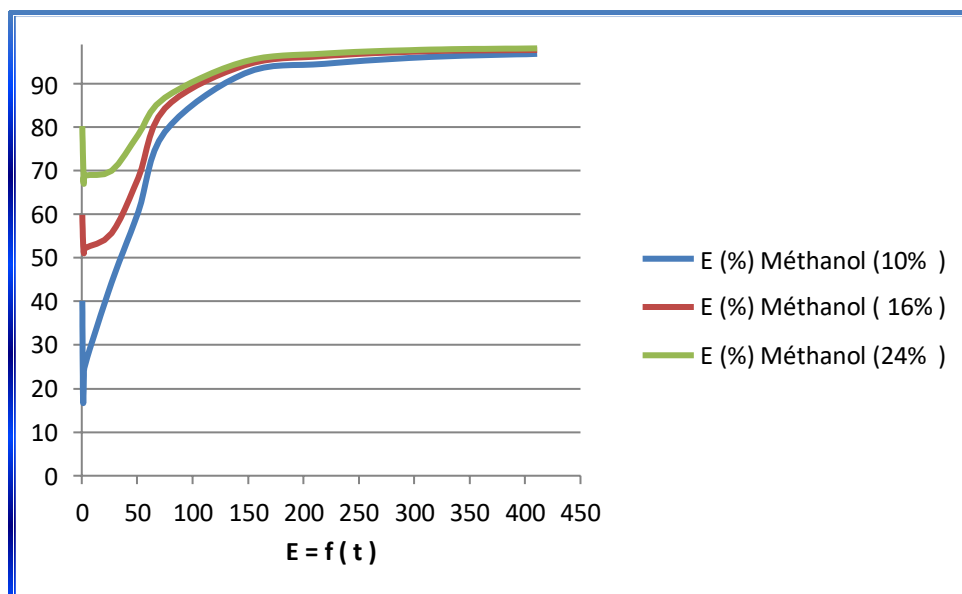


Figure III.2 : L'effet de la concentration sur l'efficacité inhibitrice de méthanol.

Une lecture attentive du tableau II d'une part et l'examen des figures I et II d'autre part permet à remarquer que la vitesse de corrosion V_{corr} diminue tandis que l'efficacité inhibitrice $E(\%)$ augmente avec l'accroissement de la concentration en inhibiteur qui atteint une valeur maximale de 98.10% pour l'échantillon (24%).

En plus la vitesse de corrosion diminue ce qui traduit que la perte de masse diminue aussi, et donc formation d'une couche qui gêne la surface à se dissoudre. Les molécules inhibitrice sont adsorbées sur la surface de l'acier et bloquent les sites actifs de l'acier contre la corrosion et par conséquent on confirmé que cette molécule possède une bonne propriété inhibitrice.

Nous répétons les mêmes étapes pour l'extrait d'Avena Barbata avec l'éthanol.

Le tableau III.3 suivant regroupe les valeurs de la vitesse de corrosion et l'efficacité inhibitrice en absence et en présence de l'inhibiteur par l'extraction dans l'éthanol.

Tableau III.3 : Effet de la concentration sur la vitesse de corrosion et l'efficacité inhibitrice.

t(h)	Δm (g)			$V_{\text{corrosion}}$ (g/m ² .h)			E (%)		
	10%	16%	24%	10%	16%	24%	10%	16%	24%
0.33	0.0005	0.0004	0.0001	0.00152	0.00121	0.0003	0	28.89	80.26
0.99	0.0006	0.0008	0.0003	0.00061	0.000808	0.0003	44.54	26.55	72.72
1.82	0.0009	0.001	0.0004	0.00049	0.00055	0.0002	51	45	80
2.82	0.0015	0.0014	0.0007	0.00053	0.00050	0.00024	41.11	44.44	73.33
26.82	0.0025	0.0022	0.0013	0.00009	0.00008	0.000048	43.75	50	70
50.82	0.0034	0.0029	0.0018	0.00007	0.00006	0.00003	61.11	66.67	83.33
74.82	0.0042	0.0034	0.0021	0.00006	0.00005	0.000028	78.57	82.14	90
146.82	0.0053	0.004	0.0024	0.00004	0.00003	0.000016	92.72	94.55	97.09
218.82	0.0061	0.0047	0.0028	0.00003	0.00002	0.000012	95.52	97.01	98.20
314.82	0.0071	0.0055	0.0033	0.00002	0.000017	0.000010	97.43	97.82	98.72
410.82	0.0080	0.0061	0.0037	0.00002	0.000014	0.000009	97.43	98.23	98.86

Les figures III.3 et III.4 illustrent l'effet de la concentration de l'inhibiteur sur la vitesse de corrosion et sur l'efficacité inhibitrice respectivement.

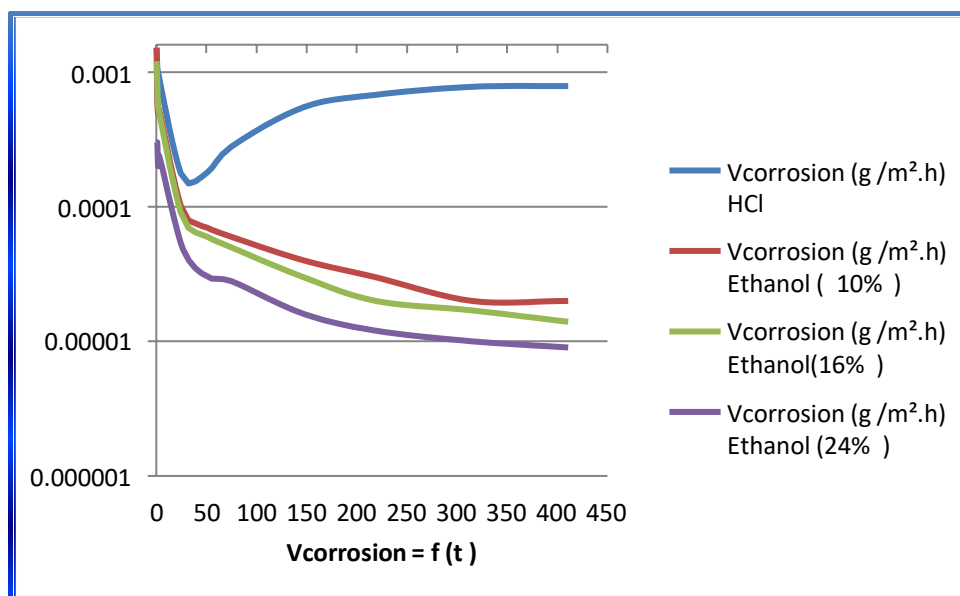


Figure III.3 : L'effet de la concentration sur la vitesse de corrosion d'éthanol.

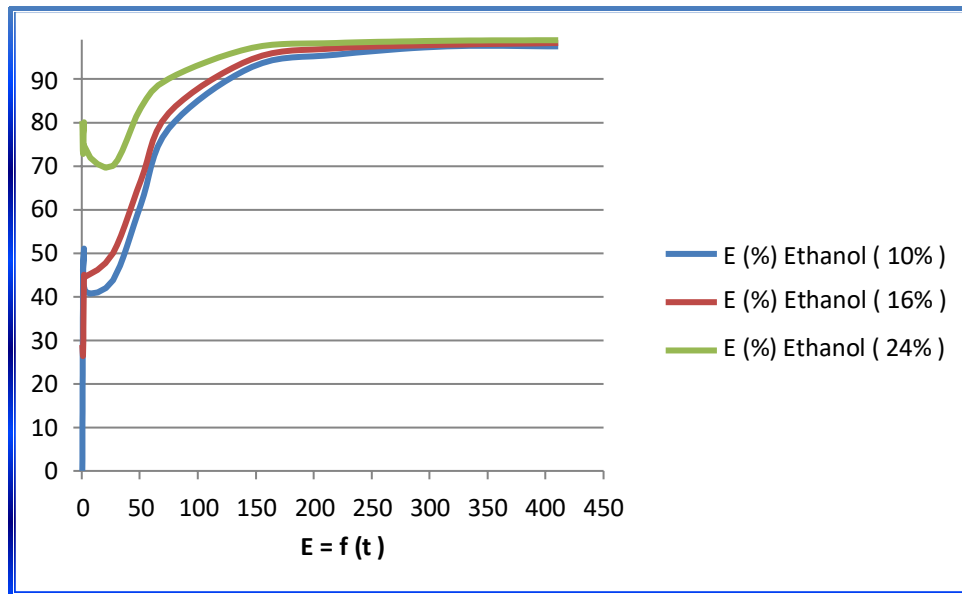


Figure III.4 : L'effet de la concentration sur l'efficacité inhibitrice d'éthanol.

Une lecture attentive du tableau III d'une part et l'examen des figures III et IV d'autre part permet à remarquer que la vitesse de corrosion V_{corr} diminue tandis que l'efficacité inhibitrice $E(\%)$ augmente avec l'accroissement de la concentration en inhibiteur qui atteint une valeur maximale de 98.86% à la concentration de (24%).

Le rendement de l'efficacité inhibitrice de notre plante est élevée par rapport les deux solvants utilisées, les huiles obtenus donneront une efficacité de plus de 98% par macération, ce qui confirme une fois de plus qu'elle possède des bonnes propriétés inhibitrices.

I.3. Mécanisme d'adsorption à la surface de l'acier

I.3.1. Isotherme d'adsorption

L'efficacité du produit synthétisé en tant qu'inhibiteur de corrosion dépend généralement de sa capacité d'adsorption sur la surface du métal, par conséquent il est essentiel de caractériser son mode d'adsorption et l'isotherme d'adsorption qui convient pour pouvoir concevoir et dimensionner correctement les procédés d'adsorption et donner des informations sur le mécanisme interaction entre l'inhibiteur et la surface du métal. L'adsorption peut être décrite par deux types d'interaction soit adsorption physique soit adsorption chimique qui sont influencées par des facteurs tel que la structure chimique des composés organiques, la nature et le changement de surface du métal, la distribution des charges dans la molécule et le type du milieu corrosif. Pour trouver l'isotherme d'adsorption convenable, il faut tester plusieurs types d'isothermes de quelques auteurs comme Langmuir, Temkin, Fremkin et Freundlich, selon ces isothermes d'adsorption, le taux de recouvrement est relié à la concentration en inhibiteur par les équations suivantes :

$$\text{Fremkin : } \ln \left(\frac{C(1-\theta)}{\theta} \right) = \ln lnk + \alpha\theta \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{Freundlich: } \log\theta = \log Kads + \alpha\log C \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{Temkin : } \theta = \frac{1}{\alpha} \log Kads C \dots\dots\dots(6)$$

$$\text{Langmuir : } \frac{C}{\theta} = \frac{1}{Kads} + C \dots\dots\dots (7)$$

Avec :

θ : est le taux de recouvrement de la surface par l'inhibiteur, il est défini par la relation suivante:

$$\theta = \frac{(Vcorr^\circ - Vcorr inh)}{Vcorr^\circ} \dots\dots\dots(8)$$

$Vcorr^\circ$: Vitesse de corrosion en absence de l'inhibiteur.

$Vcorr inh$: Vitesse de corrosion en présence de l'inhibiteur.

C : Concentration de l'inhibiteur dans la solution.

α : Paramètre qui tient compte de l'hétérogénéité de la surface et des interactions intermoléculaires dans la couche adsorbée.

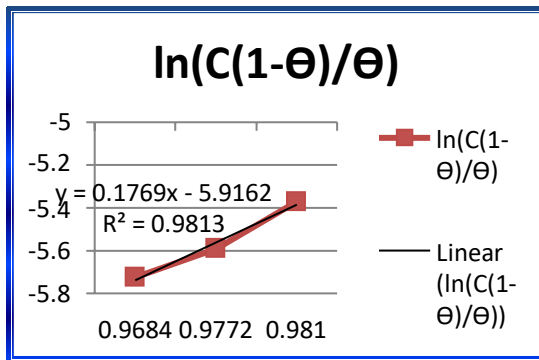
$Kads$: Constante d'équilibre du processus d'adsorption.

Au cours de cette étude, les données expérimentales ont été appliquées selon divers isothermes d'adsorption, notamment Langmuir, Fremkin, Temkin et Freundlich afin de trouver l'isothermes d'adsorption convenable (figures:VII.1, VII.2 , VII.3, VII.4).

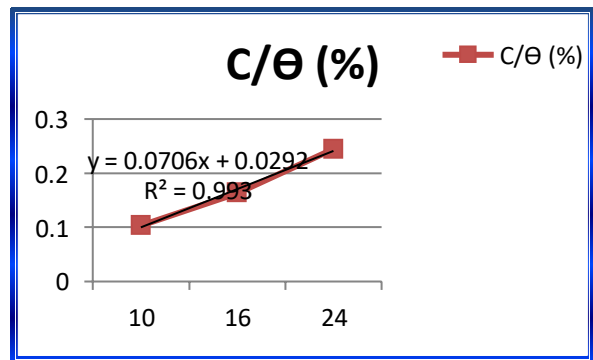
I.3.2. Inhibiteur avec méthanol

Tableau III.4 : Coefficient de corrélation des différentes isothermes d'adsorption.

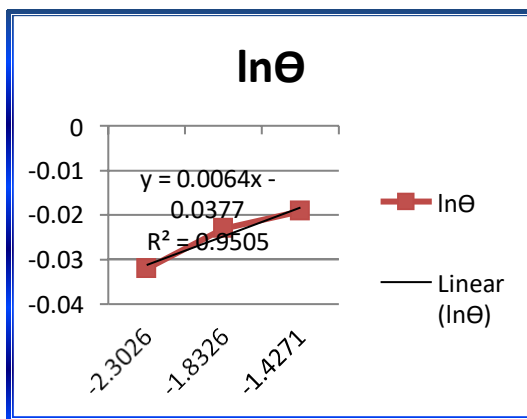
Modèle d'isotherme	Coefficient de corrélation
Freundlich	0.950
Langmuir	0.993
Temkin	0.950
Frumkin	0.981



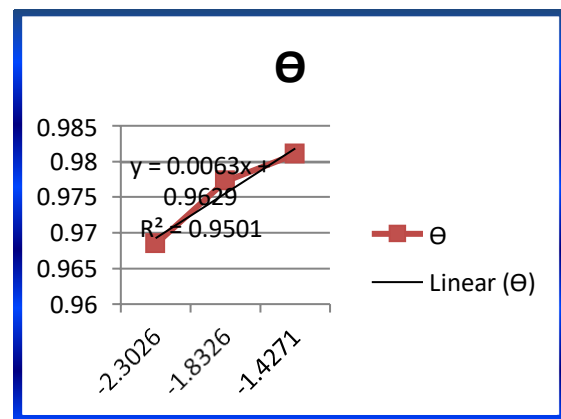
(a) : $\ln[C(1-\theta)/\theta] = f(\ln C)$



(b) : $C/\theta = f(C)$



(c) : $\ln \theta = f(\ln C)$



(d) : $\theta = f(\ln C)$

Figure III .5 : Isotherme d’adsorption selon : (a) **Frumkin** , (b) **Langmuir** , (c) **Frendlich** , (d) : **Temkin**.

La courbe C/θ en fonction de la concentration d’Avena Barbata est linéaire avec un meilleur coefficient de corrélation égale à 1 (Figure III.5 (b)), ce qui montre que l’adsorption de l’inhibiteur à la surface de l’acier en milieu HCl obéit à l’isotherme d’adsorption de Langmuir. Ainsi, la constante d’équilibre (K) peut être calculée à partir de l’ordonnée à l’origine de la courbe linéaire C/θ ,

K est reliée à l’énergie libre standard d’adsorption $\Delta G^\circ_{\text{ads}}$ par l’équation :

$$K = 1/55 \exp(-\Delta G^\circ_{\text{ads}}/ RT)$$

La valeur 55,5 est la concentration de solvant en solution (mole.L^{-1}). L’énergie libre standard d’adsorption ($\Delta G^\circ_{\text{ads}}$) peut donc être calculée. Les valeurs négatives de $\Delta G^\circ_{\text{ads}}$ indiquent la spontanéité du processus d’adsorption et la stabilité de la couche adsorbée sur la

surface métallique. Généralement, les valeurs de $\Delta G^{\circ}_{\text{ads}}$ voisines de $-20 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ou inférieures sont liées à des interactions électrostatiques entre les molécules chargées et le métal chargé (adsorption physique) ; alors que celles proches de $-40 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ou supérieures impliquent un transfert de charges entre les molécules organiques et la surface métallique (adsorption chimique). Dans notre cas, la valeur calculée de $\Delta G^{\circ}_{\text{ads}}$ est égale à $-1.156 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, inférieure à $-20 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, indiquant que notre inhibiteur est physisorbé sur la surface métallique.

II. Etude électrochimique

L'évaluation de l'efficacité inhibitrice déterminée par la perte de masse renseigne uniquement sur la concentration optimale d'inhibiteur, et ne donne pas accès aux mécanismes impliqués dans la corrosion. Cependant, les méthodes électrochimiques (courbes de polarisation, spectroscopie d'impédance électrochimique, etc.) sont des méthodes plus complètes pour étudier la base des phénomènes de corrosion. Les aspects quantitatifs de ces techniques permettent d'accéder à des cinétiques et des valeurs qui décrivent l'état du système (capacité double couche, résistance de transfert de charge, etc.).

II.1. Les courbes de polarisation

Les courbes de polarisation en absence et en présence d'un inhibiteur Avena Barbata à différentes températures, en milieu HCl (1M) sont représentées sur les figures III.6 et III.9.

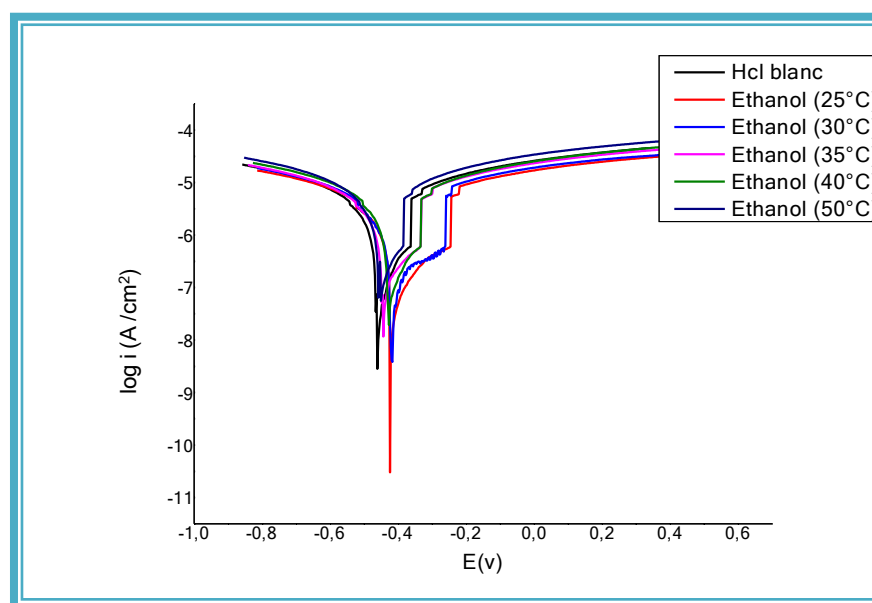


Figure III.6 : Courbe de polarisation d'éthanol.

Le tableau III.5 suivant présente les valeurs des densités du courant de corrosion (i_{corr}), les potentiels de corrosion (E_{corr}), les pentes cathodiques et anodiques (b_a et b_c) et le pourcentage de l'efficacité inhibitrice EI (%) du composé organique qui a été déterminé à partir de la relation :

$$EI (\%) = \frac{i_{corr} - i_{corr\ inh}}{i_{corr}} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

Tableau III.5 : Paramètres électrochimiques de la corrosion de l'acier dans le milieu agressif HCl 1M sans et avec inhibiteur +éthanol à différentes températures, déterminés par la méthode d'extrapolation de Tafel.

T (°C)	i_{corr} (%)	E_{corr} (V)	$i_{corr\ inh}$ (A /cm ²)	EI (%)
25	4.2214 e ⁻⁰⁶	-0.34831	1.8223e ⁻⁰⁷	84.12
30	4.2222e ⁻⁰⁶	-0.36037	2.0568e ⁻⁰⁷	82.08
35	4.2263e ⁻⁰⁶	-0.41512	2.5235e ⁻⁰⁷	78.03
40	4.2303e ⁻⁰⁶	-0.38319	3.1441e ⁻⁰⁷	72.66
50	4.2314e ⁻⁰⁶	-0.43166	4.9306e ⁻⁰⁷	57.13

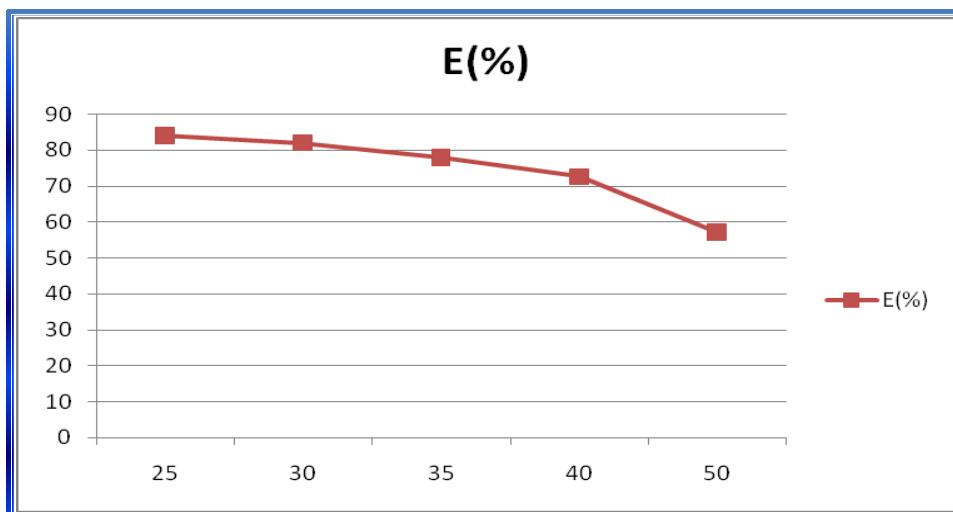


Figure III .7 : Influence de la température sur l'efficacité inhibitrice d'inhibiteur de l'acier dans 1M HCl.

L'évaluation des courbes sont presque similaires deux branche bien distinguent cathodique et anodique.

D'après l'effet de la température est bien montré, la densité du courant augmente avec l'augmentation de T.

Les valeurs relevées indiquent l'augmentation de la température qui provoque le décroissement de l'efficacité inhibitrice. Ceci traduit que l'inhibiteur extrait par l'éthanol est instable à des températures élevées et ne garde pas son efficacité.

Dans cette étude la dépendance de type Arrhenius observé entre le courant de corrosion et la température, nous a en fin permet de calculer la valeur d'énergie d'activation de processus (E_a), à différentes températures, en l'absence et en présence de l'inhibiteur selon la relation suivant :

$$i_{\text{corr}} = A \exp \left(- \frac{E_a}{RT} \right) \dots \dots \dots (2)$$

où :

i_{corr} : est la densité du courant de corrosion ($A \cdot \text{cm}^{-2}$) ;

A : facteur pré exponentiel d'Arrhenius ;

E_a : l'énergie d'activation ($\text{KJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)

R : la constante des gaz parfaits ($\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) ;

T : température absolue (K) ;

L'équation (2) peut être écrite sous la forme linéaire comme suit :

$$\ln i_{\text{corr}} = - \frac{E_a}{R} * \frac{1}{T} + \ln A \dots \dots \dots (3)$$

La variation de $\ln i_{\text{corr}} = f(1/T)$ est présentée sur la figure (III.8) et les énergies d'activations sont calculées à travers la pente des droites obtenues. La valeur de l'énergie d'activation est estimée à 4.55 kJ mol^{-1} pour la solution sans inhibiteur, et à $0.590 \text{ kJ mol}^{-1}$ pour inhibiteur, cette diminution de la valeur de E_a en présence de l'inhibiteur vert est due à la chimisorption de cet inhibiteur sur la surface de l'acier.

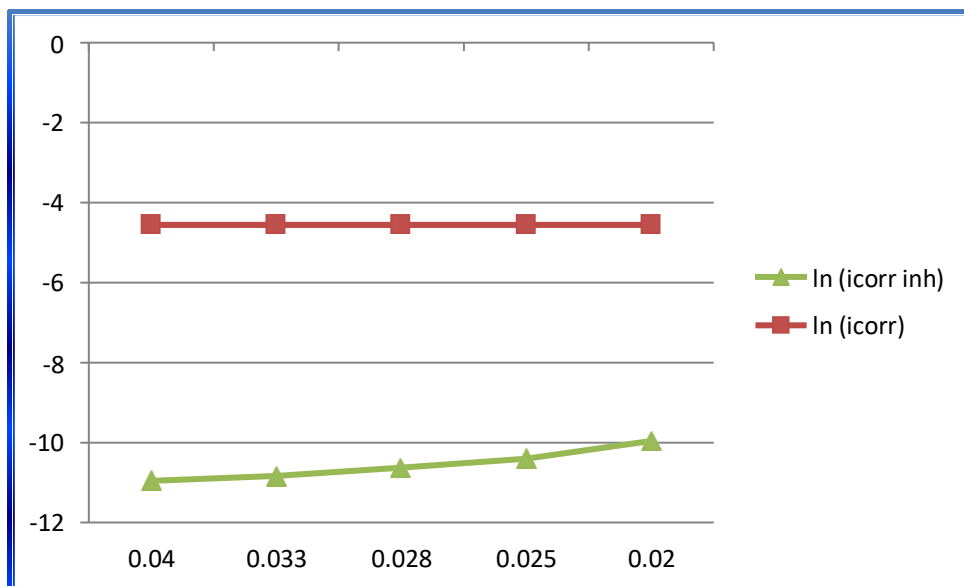


Figure III.8 : Variation de $\ln i_{\text{corr}}$ en fonction de $1/T$ pour l'activation de l'acier dans 1M en absence et en présence de l'inhibiteur.

Nous pouvons donc déduire que l'adsorption des molécules, de l'extrait des feuilles d'Avena Barbata, sur la surface de l'acier se fait par des liaisons faibles (chimiques) à haute température, tandis que l'inhibiteur est adsorbé physiquement à des fortes températures.

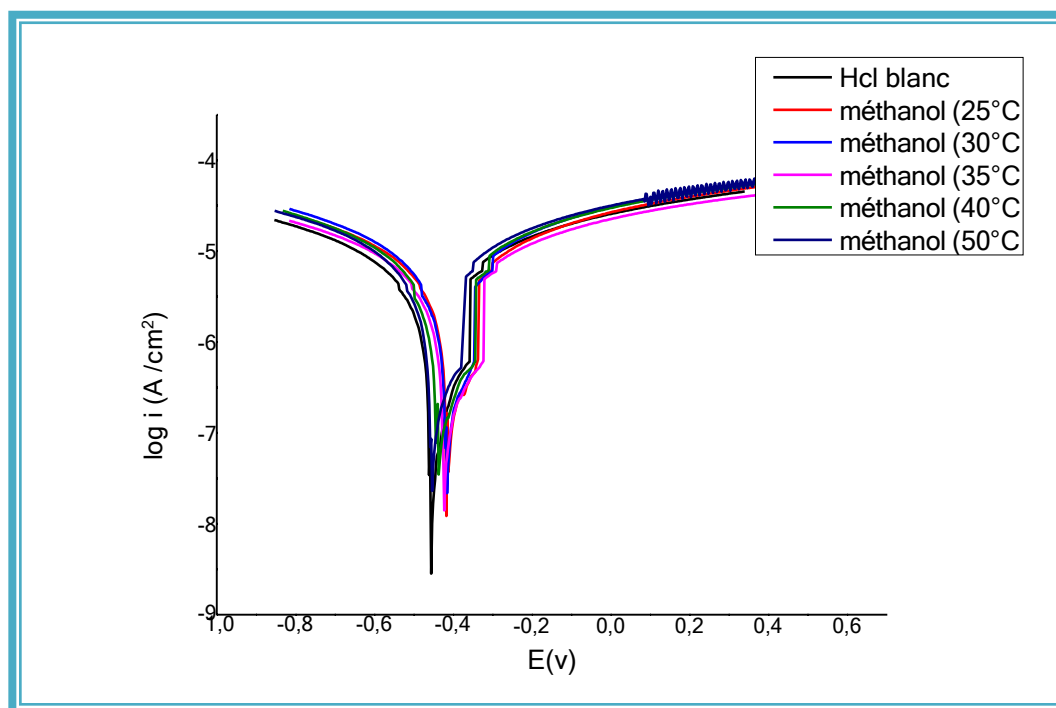


Figure III.9 : Courbe de polarisation de méthanol.

Tableau III.6 : Paramètres électrochimiques de la corrosion de l'acier dans le milieu agressif HCl 1M sans et avec inhibiteur + méthanol à différentes températures, déterminés par la méthode d'extrapolation de Tafel.

T (°C)	i_{corr} (%)	E_{corr} (V)	$i_{\text{corr inh}}$ (A /cm ²)	EI (%)
25	4.2214×10^{-6}	-0.38177	5.2422×10^{-7}	54.32
30	4.2222×10^{-6}	-0.39912	3.3515×10^{-7}	70.80
35	4.2263×10^{-6}	-0.39455	1.7415×10^{-7}	84.84
40	4.2303×10^{-6}	-0.41363	1.5904×10^{-7}	86.16
50	4.2314×10^{-6}	-0.43821	1.1498×10^{-7}	90

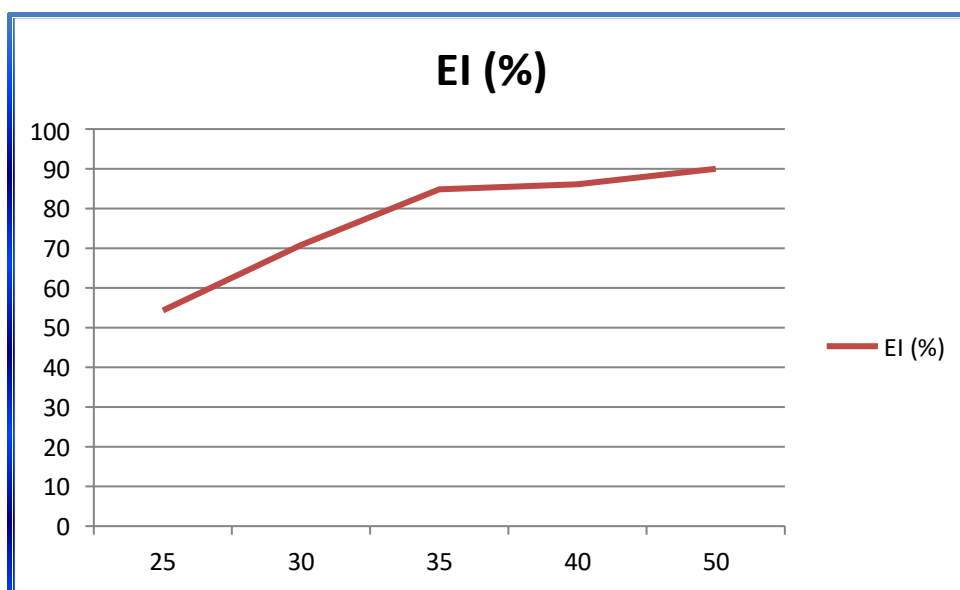


Figure III.10 : Influence de la température sur l'efficacité inhibitrice d'inhibiteur de l'acier dans 1M HCl.

D'après les résultats de l'extraction par le méthanol est :

La densité du courant diminue toujours avec l'élévation de la température, et la diminution de E_{corr} .

L'efficacité calculée est presque élevée à des valeurs grandes de températures, ce qui traduit que l'inhibition est meilleure pour des températures très élevée et que le film formé est stable.

II.2. La spectroscopie d'impédance électrochimique (SIE)

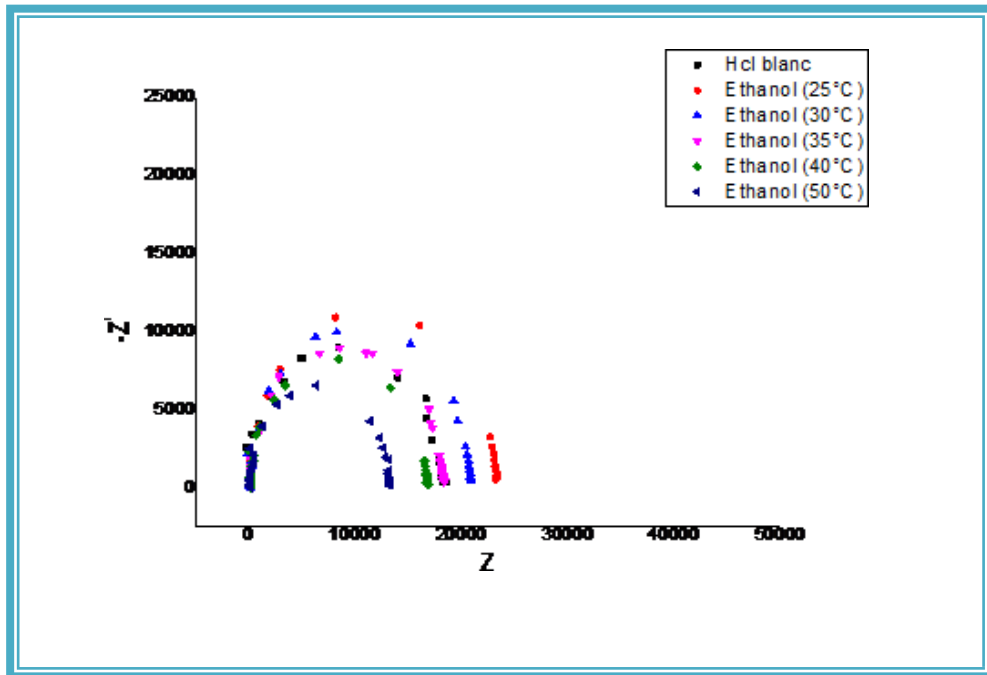


Figure III.11 : Diagramme de Nyquist de l'acier dans HCl 1M en absence et en présence de l'inhibiteur avec l'éthanol à différentes températures.

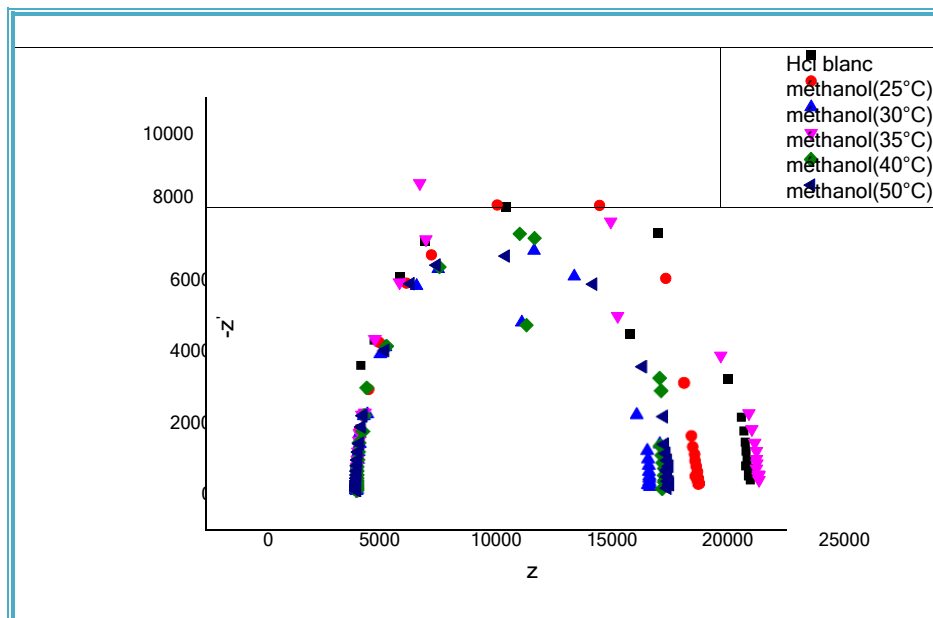


Figure III.12 : Diagramme de Nyquist de l'acier dans HCl 1M en absence et en présence de l'inhibiteur avec méthanol à différentes températures.

Les Nyquist obtenu par l'impédance électrochimique obtenu par le logiciel Nova Présentent des boucles capacitifs dont le diamètre augmentent avec l'élévation de température pour les deux échantillons (solvants d'extraction) et que l'efficacité par rapport le solvant méthanol est meilleur, cette efficacité atteindre 98% à des températures très élevées. Même remarque à la différence l'efficacité observée à des températures très basse. Ces courbes traduisent aussi l'accroissement de boucles avec l'accroissement de la résistance de la solution.

Pour confirmer les résultats obtenus par la technique des courbes de polarisation et la gravimétrie, et pour mieux définir le mécanisme d'action de l'Avena Barbata examinés comme inhibiteur de corrosion, on a utilisé une autre méthode ; la spectroscopie d'impédance électrochimique (SIE). Les résultats de cette méthode sont obtenus sous forme de diagramme, appelés diagramme de Nyquist. L'analyse d'un spectre d'impédance permet d'associer à chacune des étapes observables sur les diagrammes de Nyquist et/ou Bode des grandeurs physiques représentatives. Le CEE employé pour ce système est décrite et présenté dans la figure (III.11 et III.12).

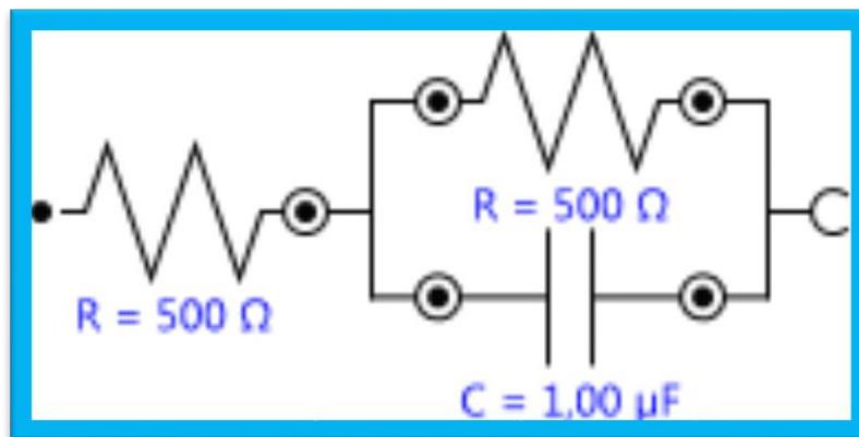


Figure III.13 : Circuit électrique équivalent de l'interface métal-électrolyte.

A partir des diagrammes d'impédance, nous accédons à la résistance de transfert de charge (R) et à la capacité (C) et donc au taux d'inhibition dans les conditions opératoires utilisées. Les diagrammes de Nyquist de l'acier immergé dans les solutions acides en absence et en présence de l'inhibiteur de corrosion sont présentés sur les figures (III.12 et III.13). Les diagrammes d'impédance obtenus sont des demi-cercles parfaits, et cela est dû au manque de dispersion de la fréquence de l'impédance inter faciale due au lissage de la surface de l'électrode (acier).

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

L'étude est consacrée essentiellement à vérifier l'effet inhibiteur de corrosion d'une plante pour la possibilité à le remplacer des produits chimiques ou autres.

Ces inhibiteurs qui constituent un moyen très efficace contre la lutte de dégradation des métaux, en plus les recherches réalisés sur les inhibiteurs synthétisés aux laboratoires ont donné des résultats très satisfaisant notamment la plante étudié dans ce travail.

La première constatation est : le solvant employé à extraire notre plante.

-La vitesse de la corrosion diminue en fonction de la concentration de l'Avena barbata.

-L'efficacité inhibitrice de cet extrait augmente avec l'accroissement de concentration et atteindre une valeur maximale à 24%. Cette augmentation de l'efficacité d'inhibition a été expliquée par l'adsorption des molécules de cet extrait sur la surface de l'acier en formant une couche protectrice, ce qui empêche la dissolution de l'acier.

-La technique de polarisation de Tafel obtenue montre que notre inhibiteur est de type mixte. L'étude de l'énergie libre standard obtenue montre que l'adsorption sur la surface de l'acier est chimisorption et suit l'isotherme d'adsorption de Langmuir.

-Les diagrammes d'impédance électrochimiques généralement ont montré qu'il s'agit d'un processus de transfert de charges sur une surface hétérogène pour toutes les concentrations d'inhibiteur, ces diagrammes sont constitués d'une boucle capacitive, en effet, sa taille augmente avec l'augmentation de la concentration ce qui explique l'augmentation de la résistance de transfert de charge

En fin nous souhaiterons que cette étude contribue d'une manière ou d'une autre à la valorisation des produits naturel en tant qu'inhibiteurs biodégradables, ces derniers présentent un intérêt économique important à l'heure où les inhibiteurs organiques synthétisés sont toxiques et très couteux.

Références bibliographiques

- [1] gobatany.nativeplanttrust.org
- [2] Dr. Shukri Ibrahim Saad;Plantes à Fleurs; Docteur, Université d'Alexandrie, Dar Al-FikrAl-Arabi Edition3633 A.H.-3111 A.D., page 363.
- [3] Dr Fawzi Mahmoud Sablamah;Classification des plantes à fleurs; Université de Challenge, Maison internationale pour l'édition et la distribution Le Caire / Egypte, édition 3006 AD.
- [4] Gensel, P.G. (2008). The Earliest Land Plants. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*,39, 459-477.
- [5] Magallón, S. & Castillo, A. (2009). Angiosperm diversification through time. *American Journal of Botany*, 96, 349 -365.
- [6] Paterson, A.H., Lin, Y.-R., Li, Z., Schertz, K.F., Doebley, J.F., Pinson, S.R.M., et al. (1995). Convergent domestication of cereal crops by independent mutations at corresponding genetic loci. *Science*, 269,1714 -1718.
- [7] Diamond, J. (2002a). Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature*,418, 700-707.
- [8] Purugganan, M.D. & Fuller, D.Q. (2009). The nature of selection during plant domestication. *Nature*,457, 843-848.
- [9] Fuller, D.Q. (2007). Contrasting Patterns in Crop Domestication and Domestication Rates: RecentArchaeobotanical Insights from the Old World. *Annals ofBotany*, 100, 903 - 924.
- [10] Dupont F et Guignard J L., 2007. *Botanique Systématique moléculaire*. 14 Ed révisée Elsevier Masson Paris, 285p.
- [11] CAMUS A. 1947. Sur les graminées de prairies de Madagascar. *Revue internationale de botanique*.pp193-203.
- [12] Henri Prat (1960) Vers une classification naturelle des Graminées, *Bulletin de la Société Botanique de France*, 107:1-2, 32-79, DOI: 10.1080/00378941.1960.10837914
- [13] Padrini F ; Lucheroni M.T : *Le grand livre des huiles essentielles*. Ed .de Vecchi,1996.
- [14] Bourrain, J.L., (2013). "Allergies aux huiles essentielles: aspects pratiques." *Revue Française d'Allergologie* 53: 30-32.
- [15] Bardeau, F. et Fesneau, M. (1976). *La médecine par les fleurs*. R. Laffont.
- [16] Bruneton, J. (1999). *Huiles essentielles. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. Éditions Tec & Doc, 3e édition, Lavoisier, Paris, France.

Références bibliographiques

- [17] Legrand, G. (1978). Manuel préparatoire en pharmacie. 8^{ème}éd. Masson.
- [18] L. Aliane, A-K. Amazouz. « Evaluation de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de Mentha x piperita L. et Cupressus sempervirens L ». Mémoire de master. Université de TiziOuzou (Algérie), 2017.
- [19] A. Abbes. « Évaluation de l'activité antioxydante des huiles essentielles d'Amoides Verticillata « NOUHA » de la région de Tlemcen ». Mémoire de Master. Université de Tlemcen (Algérie), 2014.
- [20] M.A. Bouyahiaoui. « Contribution à la valorisation des substances naturelles : Etude des huiles essentielles des cupressacées de la région de l'Atlas algérien ». Thèse de Doctorat. Université de Mostaganem (Algérie), 2017.
- [21] M. Malecky. Métabolisme Des Terpénoïdes Chez Les Caprins. Mémoire de Doctorat en physiologie de la Nutrition Animale. Biotechnologie ; L'institut Des sciences et industries du vivant et de L'environnement, Paris ; 2008.
- [22] Waksmundzka-Hajnos, M., Sherma, J., Kowalska, T. (2008). Thin layer chromatography in phytochemistry. CRC Press.
- [23] Thormar, H. (2011). Lipids and essential oils as antimicrobial agents. West Sussex : John Wiley & Sons.
- [24] Salvador, A., Chisver, A. (2007). Analysis of Cosmetic Products. Amsterdam: Elsevier.
- [25] Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils: a review. Food and Chemical Toxicology, 46, 446–475.
- [26] Milpied, H. (2009). Progres en dermato-allergologie : Bordeaux 2009. John Libbey Eurotext.
- [27] PIBIRI M.C, Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles, thèse doctorat, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 2006, p 161.
- [28] Valnet J .: Aromathérapie - Traitement des maladies par les essences des plantes .Ed Maloine S.A. , n ° 10 , 1984 .
- [29] Padrini F. ; Lucheroni M .T . : Le grand livre des huiles essentielles. Ed. de Vecchi , 1996 .
- [30] Larbi Souhila et al, étude de l'efficacité des huiles essentielles de curcuma langa comme un biopesticide cas antifongique, mémoire de master, université Abou BekrBelkaid- Tlemcen, 2013.

Références bibliographiques

- [31] Ait-KaciAourahoun.K .Fazouane F .Benayache S, Pharmacological potential of Cytisustriflorusl'Hérit.Extracts as antioxidant and anti-inflammatory agent. Der Pharmacia Lettre. 7(5),2015. P 104- 110
- [32] Moral S, Etude phytochimique et évaluation biologique de derrisferrugineabenth, (Fabaceae) université d'Angers.2011. Page 25-27
- [33] Woyengo T.A, Ramprasath.V.R .Jones.P.J.H , Anticancer effects of phytosterols European Journal of Clinical Nutrition, 63,2009. P 813-820
- [34] Boukhatem et a ,(2019).''Méthode d'extraction et de distillation des huiles essentielles : Revue de Littérature''.Revue Agrobiologia 9(2) : 1653-1659.
- [35] Benouli DJ, Extraction et identification des huiles essentielles [Master 2 contrôle de qualité], Algérie, Université mohamed boudiaf des sciences et de la technologie d'Oran, Faculté de chimie, 2016
- [36] Swisseo N, Plantes aromatiques et médicinales, cahier spécial emphasis on genetic aspects. VOI. 3, 2005. P 612
- [37] Legast E .; Peyron L .: IX congrès international des huiles essentielles Singapour, p.63 , 1983
- [38] N. Bousbia. « Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires ». Thèse de Doctorat. Ecole Nationale Supérieure Agronomique (Ex – INA El Harrach – Alger), 2011.
- [39] Paré J. (1997) - Procédé assisté par micro-ondes. Info-essences, Bulletin sur les huiles essentielles, 4 :p.4.
- [40] France-Ida J. (1996) - Bref survol de diverses méthodes d'extraction d'huiles essentielles. Info-essence. 3 : 5-6.
- [41] Scheffer J.J.C. (1996) - Various methods for the isolation of essential oils.Phytother. Res., 10:S6-S7.
- [42] PERON L., RICHARD H. (1992). Epices et aromates, techniques et documentations. Lavoisier
- [43] PELLERIN P. (1991). Supercritical fluid extraction of natural raw materials for the flavour and perfume industry. Perfumer Flavorist, 16 (4) : 37-39.
- [44] Lion. P H .; 1955. Travaux pratique de chimie organique. Ed. Dunod, Paris.
- [45] Ollé M. (2002). Analyse des corps gras. Bases documents : technique d'analyse ;référence P3325 ; Ed. Techniques de l'ingénieur.

Références bibliographiques

- [46] KALOUSTIAN .J et HADJI-MINAGLOU F. (2013). La Connaissance des Huiles Essentielles : Qualitologie et Aromathérapie : Entre science et tradition pour une application médicale raisonnée. Collection Phytothérapie Pratique. Springer- Verlag. Paris.
- [47] MANSARD M. (2016) Le camphrier : étude botanique, chimique et biologique de ses huiles essentielles. Thèse Doctorat. Université Lorraine. Lorraine. Canada
- [48] BENTAHAR A , LAMRI N. Extraction des huiles essentielles de deux plantes médicinales (*Rosmarinus officinalis* L. et *Teucrium polium* L.) et formulation des pommades antimicrobienne . Mémoire de Master . Université A. M. OULHADJ - Bouira , Algérie , 2018 .
- [49] M. Pia Casaletto et al , Inhibition of Cor-Ten steel corrosion by “green” extracts of *Brassica campestris*, *Corrosion Science* ,136, (2018) ,91–105.
- [50] B. E. Amitha Rani et al, Green Inhibitors for Corrosion Protection of Metals and Alloys: An Overview, *Hindawi Publishing Corporation International Journal of Corrosion*,(2012).15
- [51] A Short introduction to corrosion and its control, corrosion in the metals and its prevention, National Corrosion Service, NPL, 2003.
- [52] M. Frantz, Thèse de doctorat, université de Paris, Etude in situ par microscopie à force atomique de la corrosion localisée d'un acier inoxydable 304L, 2005
- [53] N. MADORA. Mémoire de magister "Etude de l'effet d'inhibition des composants dithiolethiones et sont sel dérive dans le milieu H₂SO₄" (2011). Université d'Ouargla.
- [54] Matériaux Métalliques - Phénomènes de Corrosion, 5ième partie " protection et lutte contre la corrosion
- [55] <https://www.swagelok.com/fr/toolbox/material-selection-guide/corrosion-type>
- [56] P. Boummersbach , Evolution des propriétés d'un film inhibiteur de corrosion sous l'influence de la température et des conditions hydrodynamiques, Thèse de doctorat, université de Lyon 2005.
- [57] B. Grosogeat, P. Colon, Support de Cours (Version PDF) - Société Francophone de Biomateriaux Dentaires , Université Médicale Virtuelle Francophone, Date de création du document 2009-2010.
- [58] <https://boowiki.info/art/electrochimie/polarisation-electrochimique.htm>
- [59] I. Ichchou, « Étude électrochimique de l' inhibition classique ou par des monocouches auto-assemblées d'un dérivé de la thiourée, vis-à-vis de la corrosion en milieu acide de l'acier au carbone XC38 », magister en chimie spectrochimie et méthodes d'analyse, le 2011

Références bibliographiques

- [60] J.J. Lamoureux, "Précis de corrosion", Edition « ns MASSON, (1994).
- [61] Dieter L., Corrosion et chimie de surface des métaux, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 1993.
- [62] Mr. Marec. « Corrosion et protection cathodique ». Ecole d'application des techniques gazières. Protection contre la corrosion. 1996.
- [63] M.Evaluation de l'efficacité d'un inhibiteur de corrosion "MEDACHAUD" vis-à-vis de la corrosion de l'Aluminium.
- [64] M. B. Naïma, «Evaluation Des Performances Des Peintures,» Boumerdès, 2008.
- [65] HULTI corrosion handbook (2015):14 Manuels d'instruction de RotavaporBuchi R220 SE, 2016, 108p
- [66] L.C. Craig, J.D. Gregory , W. Hausmann, " Versatile laboratory concentration device" Anal Chem, 1950; 22: 1462
- [67] Available on: <http://dlecorgnechimie.fr/>

ملخص

الهدف من هذا العمل هو اجراء دراسة تفصيلية عن فاعلية المثبط لتحسين مقاومة التآكل للفولاذ الكربوني باستخدام مستخلصات الشوفان البري اجريت هذه الدراسة باستخدام طريقة الكتلة الضائعة للمثبط العضوي واختبارات الكهروكيميائي في وسط حمضي 1 مول من حمض الهيدروكلوريك, وقد تم ملاحظة النتائج على طرق الاستخراج عليهم تعليقات على المذيب و البروتوكول .

الكلمات المفتاحية : التآكل, المثبط, الفولاذ الكربوني, حمض الهيدروكلوريك.

Résumé

L'objectif de ce travail est porté sur l'utilisation des extraits d'Avena Barbata , afin d'offrir des propriétés inhibitrices de corrosion vis-à-vis de l'acier au carbone en milieu acide HCL 1M , par des études de perte de la masse et les tests électrochimiques, les résultats observés sur les méthodes d'extraction ont donné eux des remarques sur le solvant et le protocole.

Mots clés : La corrosion, L'inhibiteur, Acier au carbone, Acide hydrochlorique.

Abstract

The objective of this work is focused on the use of Avena Barbata extracts , in order to provide corrosion inhibiting properties with respect to carbon steel in an acid medium HCL 1M, by studies of loss of the mass and the electrochemical tests, the results observed on the methods of extraction gave them remarks on the solvent and the protocol.

Key words : Corrosion, Inhibitor, Carbon Steel, Hydrochloric Acid.