



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Matière

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine des sciences de la Matière
Filière de physique
Spécialité Physique des matériaux

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :
SAOULI Khaoula et LAIADHI Ferial

Le :30 -06-2021

Etude de l'efficacité de l'inhibiteur organique (extrait d'oignon) sur la corrosion de l'acier C45 en milieu acide

Jury :

Pr.	SAIDI Hanane	Pr	Université Mohamed Khider Biskra	Président
Dr.	NOUADJI Malika	M.C.A	Université Mohamed Khider Biskra	Rapporteur
Dr.	MARMI Saida	M.C.A	Université Mohamed Khider Biskra	Examineur

Année universitaire : 2020/2021

Remerciements

En guise de reconnaissance, je tiens à témoigner mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de notre projet de fin d'étude et à l'élaboration de ce modeste travail.

Mes sincères gratitudee à notre encadreuse M. **NOUADJI Malika** pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

Je tiens à remercier sincèrement les membres du jury : M. **MARMI Saida** et M. **SAIDI Hanane** qui me font le grand honneur d'évaluer ce travail.

Je tiens à remercier l'ensemble du personnel du laboratoire de physique et de chimie dans l'université de Biskra pour leur patience, leurs conseils pleins de sens et pour le suivi et l'intérêt qu'ils ont portés à mes travaux.

Dans l'impossibilité de citer tous les noms, nos sincères remerciements vont à tous ceux et celles, qui de près ou de loin, ont permis par leurs conseils et leurs compétences la réalisation de ce mémoire

Enfin, je n'oserais oublier de remercier tout le corps professoral du département des sciences de la matière, pour le travail énorme qu'il a effectué pour nous créer les conditions les plus favorables pour le déroulement de nos études.

Tableau des matières

Table des matières

Table des matières.....	I
Liste des tableaux.....	IV
Liste des figures.....	V
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Notions et moyens de protection contre la corrosion

I.1. Introduction.....	3
I.2. Définition de la corrosion	3
I.3. Types de corrosion.....	3
I.3.1. Corrosion chimique	3
I.3.2. Corrosion électrochimique.....	4
I.3.3. Corrosion biochimique.....	4
I.4. Différentes formes de corrosion	4
I.4.1. Corrosion uniforme (généralisée).....	4
I.4.2. Corrosion localisée.....	4
I.5. Facteurs de la corrosion.....	6
I.6. Protection contre la corrosion.....	6
I.6.1. Protection par revêtements.....	6
I.6.2. Protection par un choix judicieux des matériaux.....	7
I.6.3. Protection électrochimique.....	7
I.6.3.1. Protection cathodique.....	7
I.6.3.2. Protection anodique.....	7
I.6.4. Protection par inhibiteur	7
I.6.4.1. Définition des inhibiteurs.....	8
I.6.4.2. Propriétés des inhibiteurs.....	8
I.6.4.3. Utilisation des inhibiteurs.....	9
I.6.4.4. Nature des molécules de l'inhibiteur.....	9
I.6.4.4.1. Les inhibiteurs organiques.....	9
I.6.4.4.2. Les inhibiteurs minéraux.....	10

Table des matières

I.6.4.5. Classification des inhibiteurs.....	10
I.6.4.5.1. Par domaine d'application.....	10
I.6.4.5.2. Par réaction partielle.....	11
I.6.4.5.3. Les inhibiteurs anodiques	11
I.6.4.5.4. Les inhibiteurs cathodiques.....	11
I.6.4.5.5. Les inhibiteurs mixtes.....	11
I.6.4.5.6. Par mécanisme réactionnel.....	11
I.7. Influence de la concentration sur l'effet inhibiteur (Isothermes d'adsorption).....	12
I.7.1. Isotherme de Langmuir.....	12
I.7.2. Isotherme de Temkin	13
I.7.3. Isotherme de Frumkin.....	13
I.7.4. Isotherme de Freundlich.....	14
I.8. Influence de la température sur l'inhibition de corrosion.....	14
I.8.1. Energie libre d'adsorption.....	15
I.8.2. L'enthalpie ΔH_a et l'entropie ΔS_a	16

Chapitre II : Matériaux et procédures expérimentales

II.1. Introduction.....	18
II.2. Matériaux et Matériels nécessaires.....	18
II.2.1. Matériau utilisé	18
II.2.2. Matériels utilisés.....	18
II.2.3. Produits utilisés.....	18
II.3. Mode opératoire.....	19
II.3.1. Préparation des échantillons.....	19
II.3.2. Préparation des solutions.....	20
II.3.2.1. Solution électrolytique.....	20
II.3.2.2. Solution inhibitrice.....	20
II.4. Techniques d'essais.....	21

Table des matières

II.4.1. Technique de la masse perdue.....	21
II.4.1.1. Théorie et Principe de la technique de masse perdue.....	21
II.4.1.2. Manipulation de la technique de masse perdue.....	22

Chapitre III : Résultats et discussions

III.1. Introduction.....	24
III.2. Etude gravimétrique.....	24
III.2.1. L'effet de la concentration.....	24
III.2.2. La relation de l'efficacité inhibitrice avec le temps d'immersion.....	27
III.2.3. L'influence de la température sur l'efficacité inhibitrice.....	29
III.2.3.1. Détermination de l'énergie d'activation.....	31
III.2.3.2. Types d'isotherme d'adsorption.....	34
III.2.3.3. Les paramètres thermodynamiques d'adsorption.....	41

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I.1.Les différents types de corrosion localisée	05
Tableau I.2.Regrouper les principaux facteurs de corrosion.	06

Chapitre II

Tableau II .1.Composition chimique de l'acier C45 étudié (% massique).	18
--	----

Chapitre III

TableauIII.1.Variation de la vitesse de corrosion, l'efficacité inhibitrice et le taux de recouvrement de l'acier doux en milieu HCl 0.5M sans at avec addition de l'inhibiteur.	25
TableauIII.2.L'évolution de le pouvoir protecteur en fonction de la durée d'immersion en absence et en présence de l'inhibiteur	27
TableauIII.3.Variation de la vitesse de corrosion, l'efficacité inhibitrice en fonction de la température en absence et en présence de l'inhibiteur	29
Tableau. III.4.Les paramètres d'activation de l'acier en milieu HCl 0.5M en absence et en présence de l'inhibiteur	33
Tableau III.5.Variation de θ en fonction de la concentration en pelures d'oignon	38
Tableau III.6.Les valeurs des coefficients de corrélation pour différents modèles d'isotherme d'adsorption.	39
Tableau III.7.Energies standards d'adsorption	40
Tableau III.8.Les paramètres thermodynamiques d'adsorption de l'inhibiteur à différentes températures	42

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1. Propriétés des inhibiteurs	09
--	----

Chapitre II

Fig.II.1. Une scie à métaux électrique	19
Fig.II.2. Une polisseuse mécanique	19
Fig.II.3. Pelures d'oignon	20
Fig.II.4. Poudre des pelures d'oignon	20
Fig.II.5. Préparation de solution inhibitrice	21
Fig.II.6. Solution inhibitrice	21
Fig.II.7. Dispositif expérimental de la technique de la masse perdue	23

Chapitre III

Fig.III.1. Variation de la vitesse de corrosion en fonction la concentration de l'inhibiteur	26
Fig.III.2. Variation de l'efficacité inhibitrice en fonction de la concentration en absence et en présence de l'inhibiteur	26
Fig.III.3. Variation de vitesse de corrosion en absence et en présence de l'inhibiteur en fonction de temps d'immersion	28
Fig.III.4. Variation de l'efficacité inhibitrice en fonction de temps d'immersion	28
Fig.III.5. Variation de la vitesse de corrosion en fonction de la température	30
Fig.III.6. Variation de l'efficacité inhibitrice en fonction de la température	30
Fig.III.7. Courbes d'Arrhenius de l'acier en milieu 0.5M HCl sans et avec inhibiteur (pelures d'oignon) $\log(V_{corr})$ en fonction de $1/T$	32
Fig.III.8. Variation de $\log(V_{corr}/T)$ en fonction de $(1/T)$ en absence et en présence de inhibiteur	33
Fig.III.9 : Isotherme d'adsorption de pelures d'oignon selon le modèle de Langmuir	35
Fig.III.10 : Isotherme d'adsorption de pelures d'oignon selon le modèle de Temkin	36
Fig.III.11 : Isotherme d'adsorption de pelures d'oignon selon le modèle de Frumkin	36
Fig.III.12 : Isotherme d'adsorption de pelures d'oignon selon le modèle de Freundlich	37
Fig.III.13 : Isotherme d'adsorption de pelures d'oignon selon le modèle d'El-Alwado	37
Fig.III.14 : Isotherme d'adsorption de pelures d'oignon selon le modèle de Flory Huggins	38
Fig.III.15 : Variation de ΔG_{ads}° en fonction de la température	41

Introduction générale

Introduction générale

Les matériaux métalliques, et plus particulièrement les aciers, qui sont des alliages à base de fer, constituent les matériaux hautement recommandés pour plusieurs activités industrielles, sont malheureusement le siège de la corrosion lorsqu'ils sont exposés aux milieux naturels agressifs. C'est en raison de leur faible coût, de leur force mécanique élevée et de leur disponibilité que les aciers sont privilégiés dans l'industrie. Toutefois, ils sont particulièrement vulnérables aux environnements variables (milieu aqueux, atmosphère, hautes températures...), puisqu'ils offrent une faible résistance à la corrosion[1].

La corrosion résulte d'une action chimique ou électrochimique d'un environnement sur les métaux et les alliages. Les conséquences sont importantes dans divers domaines et en particulier dans l'industrie : arrêt de production, remplacement des pièces corrodées, accidents et risques de pollutions sont des événements fréquents avec parfois de lourdes incidences économiques.

L'équipement industriel peut être réalisé en tenant compte des traitements anticorrosion qui sont déjà applicables à des installations existantes. Cependant, l'utilisation de métaux et l'interdiction d'inhibiteurs toxiques compliquent la mise en œuvre de ces traitements et justifient la recherche de nouveaux moyens de protection.

Les inhibiteurs de corrosion constituent un moyen à part de protection contre la corrosion métallique. Ils présentent l'originalité d'être le seul moyen d'intervention à partir du milieu corrosif, ce qui est en fait une méthode de contrôle de la corrosion facile à mettre en œuvre et peu onéreuse, pour peu que les produits utilisés soient d'un coût modéré. Les nombreuses études consacrées à ces composés, depuis une cinquantaine d'années, ont abouti à proposer des produits ou des mélanges de produits précis correspondant à des systèmes de corrosion (couple métal/milieu corrosif) donnés. Chaque cas de corrosion reste cependant un cas particulier, et il est nécessaire de connaître les données de base de fonctionnement de ces inhibiteurs, leurs limites d'utilisation, leur toxicité particulière, pour pouvoir les utiliser avec une marge suffisante de sécurité. D'une manière générale, pour chaque matériau existe une famille d'inhibiteurs propices à une protection satisfaisante face à la corrosion [1,2].

L'objectif de notre travail est de tester une formulation inhibitrice qui soit à la fois efficace, économiquement rentable et en accord avec les réglementations concernant l'environnement.

Introduction générale

L'inhibiteur testé est un extrait de pelure d'oignon, obtenu après sa mise en condition (séchage, broyage, tamisage, etc.), par la méthode à reflux en mettant la poudre sèche dans l'eau distillée et chauffée jusqu'à l'ébullition pendant 2 h. Cet extrait aqueux sera ensuite utilisé comme inhibiteur de corrosion de l'acier dans un milieu d'acide chlorhydrique (*HCl* 37%).

Pour mener cette étude, nous avons adopté la démarche suivante :

- ❖ Le premier chapitre donne un aperçu sur la corrosion et les inhibiteurs de corrosion.
- ❖ Le second chapitre traite le matériel et méthodes expérimentaux.
- ❖ Les résultats expérimentaux et les discussions sont regroupés dans le troisième chapitre.
- ❖ La conclusion générale sur l'ensemble de ce travail, viendra clore notre étude.

Chapitre I
Notions et moyens de
protection contre la
corrosion

I.1. Introduction

Les différentes formes de corrosion sont les résultats d'une attaque d'un matériau par un milieu agressif. Ce phénomène cause de grandes pertes économiques en provoquant la destruction des matériaux métalliques (exemple : le coût de la corrosion est estimé annuellement aux U.S.A à 30 milliards de dollars). L'intérêt économique et la complexité du phénomène de corrosion exigent l'acquisition de profondes connaissances théoriques et pratiques sur la corrosion des métaux [3].

I.2. Définition de la corrosion

La corrosion est définie comme étant l'interaction physico-chimique entre un métal et son environnement entraînant des modifications dans les propriétés du métal et souvent une dégradation fonctionnelle du métal lui-même, de son environnement ou du système technique constitué par les deux facteurs [4,5].

Une autre définition, considère que ce phénomène n'est autre que le retour des métaux et alliage à leurs états naturels de minerais. En tout cas quelque la définition adoptée, la corrosion est une dégradation. Selon le milieu, la corrosion est dite sèche quand elle apparaît dans les environnements gazeux et humide, lorsqu'elle a lieu dans les électrolytes liquides [5].

I.3. Types de corrosion

La corrosion d'un métal ou d'un alliage peut se développer selon différents processus qui caractérisent chacun un type de corrosion [4] :

I.3.1. Corrosion chimique

La corrosion chimique peut être causée par les agents atmosphériques (oxygène, humidité, anhydride carbonique, anhydride sulfureux et d'autres produits provenant de l'industrie) ; elle consiste généralement la transformation des métaux en oxydes en formant des couches superficielles. La corrosion ne fait pas intervenir le passage d'un courant électrique.

I.3.2. Corrosion électrochimique

La corrosion électrochimique caractérise plus particulièrement la corrosion des métaux et alliages au contact d'une solution contenant un électrolyte dissolvant. Elle apparaît chaque fois qu'il y a hétérogénéité dans l'un des constituants de couple formé par le métal et le réactif qui a pour conséquence la formation des piles ou des micro-piles, c'est-à-dire des anodes et des cathodes est ceci sur la même partie de la structure métallique. La corrosion de la partie anodique est accompagnée du passage d'un courant dans l'électrolyte ; courant qui va de l'anode vers la cathode [4].

I.3.3. Corrosion biochimique

Cette forme d'attaque se reconnaît à certaines caractéristiques, les microorganismes agissant sur le procédé de corrosion, d'une ou plusieurs façons :

- Par action directe sur les taux de réaction anodique ou cathodique.
- Par création des milieux corrosifs.
- Par croissance et multiplication des micro-organismes, qui favorisent la création des cellules électrolytiques à la surface [6].

I.4. Différentes formes de corrosion

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

- Corrosion uniforme.
- Corrosion localisée [7 ,8].

I.4.1. Corrosion uniforme (généralisée) :

Elle se produit uniformément sur toute la surface considérée et se traduit par diminution d'épaisseur par unité de temps ou par une perte de poids par unité de surface et par unité de temps [6].

I.4.2. Corrosion localisée

Les différentes formes de corrosion localisées sont habituellement dues à la détérioration locale d'une très fine couche protectrice appelée couche passive formée à la surface d'un métal par sa réaction avec le milieu environnant.

Il existe de nombreuses formes de corrosion localisée parmi lesquelles on cite les cas les plus souvent rencontrés [6,1] (tableau I.1).

Tableau I.1 : Différents types de corrosion localisée [9,10].

Type de corrosion	Définition
Corrosion galvanique	Qui est due à la formation d'une pile électronique entre deux métaux, la dégradation du métal le moins noble s'intensifie.
Corrosion caverneuse	Qui est une forme de corrosion par aération différentielle (différence d'accessibilité de l'oxygène entre deux parties d'une structure) créant ainsi une pile électrochimique.
Corrosion par piqûres	Attaque fortement localiser aux secteurs spécifiques ayant pour résultat des petits puits qui pénètrent dans le métal et peuvent mener à la perforation.
Corrosion sélective	Un composant d'un alliage (habituellement les plus actifs) est sélectivement enlevé d'un alliage.
Corrosion intergranulaire	Qui est une attaque sélective aux joints de grains, souvent il s'agit des phases qui ont précipité lors d'un traitement thermique.
Corrosion-érosion	Qui est due à l'action conjointe d'une réaction électrochimique et d'un enlèvement mécanique de matière. Elle a souvent lieu sur des métaux exposés à l'écoulement rapide d'un fluide.

I.5. Facteurs de la corrosion

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

Tableau I.2 : Facteurs principaux de corrosion [11,12] .

Facteurs du milieu corrosif	<ul style="list-style-type: none"> - Concentration du réactif. - Teneur en oxygène. - pH du milieu. - Température. - Pression.
Facteurs métallurgiques	<ul style="list-style-type: none"> - Composition de l'alliage. - Procédés d'élaboration. - Impuretés. - Traitement thermique. - Traitement mécanique.
Facteurs définissant les conditions d'emploi	<ul style="list-style-type: none"> - Etat de surface. - Forme des pièces - Emploi d'inhibiteur - Procédés d'assemblage
Facteurs dépendant du temps	<ul style="list-style-type: none"> - Vieillissement - Tensions mécaniques - Modification des revêtements protecteurs.

I.6. Protection contre la corrosion:

I.6.1 Protection par revêtements

La notion de traitement de surface par revêtement est une technique de plus en plus utilisée. Elle consiste à augmenter les propriétés à la surface par dépôt d'un film très mince (de quelque Å° à quelque micromètres). Cette couche mince appelée revêtement, peut-être utilisée

afin d'augmenter la dureté, d'assurer la protection contre la corrosion ou d'améliorer les propriétés physiques particulières ou, enfin dans cadre décoratif [13].

I.6.2 Protection par un choix judicieux des matériaux

Le comportement à la corrosion n'est qu'un critère parmi d'autres du choix des matériaux, bien qu'il s'avère souvent déterminant. Le constructeur doit également prendre en considération, par exemple en présence de H₂S, il est recommandé d'utiliser des aciers ayant une dureté Rockwell C inférieure ou égale à 22, il faut éviter d'associer des métaux ayant un potentiel différent dans le milieu considéré [14].

I.6.3. Protection électrochimique

I.6.3.1 Protection cathodique

Elle consiste à placer le métal dans son domaine d'immunité. Elle est réalisable soit par anode sacrificielle (réactive) ou bien par courant imposé. La protection par anode sacrificielle consiste à coupler au métal à protéger un métal moins noble qui joue le rôle de l'anode. Dans la protection par courant imposé, un courant passe entre cathodes constituées du métal à protéger et une anode inerte (graphite, plomb, métal précieux, etc.). L'intensité du courant doit être suffisante pour porter le métal à un potentiel pour lequel la réaction est anodique.

I.6.3.2 Protection anodique

Elle est réservée aux métaux passivables dont le potentiel de corrosion se situe dans le domaine actif ($E_{\text{corr}} < E_{\text{passif}}$). Une polarisation anodique permet de déplacer le potentiel dans le domaine passif. La densité du courant nécessaire pour maintenir le métal à l'état passif est très faible (équivalente à I_{passif}). Le maintien d'une protection anodique ne nécessite que peu de courant. Par contre, la densité de courant appliquée est nettement plus élevée car elle doit être supérieure à la densité de courant de passivation [1].

I.6.4. Protection par inhibiteur

La lutte contre la corrosion peut se limiter à l'addition de produits chimiques aux milieux corrosifs pour diminuer ou stopper ce danger, et préserver ainsi une durée de travail aux installations dans des conditions convenables. Ces produits chimiques sont appelés inhibiteurs de corrosion [14].

I.6.4.1. Définition des inhibiteurs

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

Selon la norme ISO 8044, un inhibiteur est une « substance chimique ajoutée au système de corrosion à une concentration choisie pour son efficacité ; celle-ci entraîne une diminution de la vitesse de corrosion du métal sans modifier de manière significative la concentration d'aucun agent corrosif contenu dans le milieu agressif » [9].

La définition d'un inhibiteur de corrosion n'est pas unique. Celle retenue par la « National Association of Corrosion Engineers (NACE) » est la suivante: un inhibiteur est une substance qui retarde la corrosion lorsqu'elle est ajoutée à un environnement en faible concentration [13,15].

I.6.4.2. Propriétés des inhibiteurs

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

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

Il faut noter que la non-toxicité est le point faible des molécules inhibitrices actuellement utilisées. En effet, un certain nombre d'entre elles est sur le point d'être interdites et c'est pour cela que les recherches tendent à proposer des molécules moins dangereuses pour l'environnement [16].

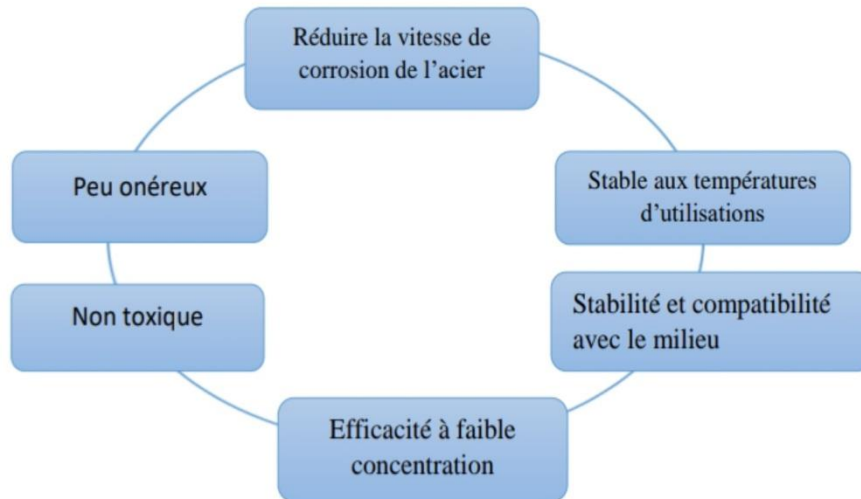


Fig.I.1 : Propriétés des inhibiteurs [9].

I.6.4.3. Utilisation des inhibiteurs

Les inhibiteurs ont plusieurs domaines d'application:

- Le traitement des eaux (eaux sanitaires, eaux de procédés industriels, eaux de chaudières, etc.).
- L'industrie du pétrole (forage, extraction, raffinage, stockage et transport) à tous les stades de cette industrie, l'utilisation d'inhibiteurs de corrosion est primordiale pour la sauvegarde des installations.
- La protection temporaire des métaux, que ce soit pendant le décapage acide, le nettoyage des installations ou le stockage à l'atmosphère (inhibiteur volatil, incorporation aux huiles et graisses de protection temporaire) ou pour le traitement des huiles de coupe.
- L'industrie des peintures sur métaux les inhibiteurs sont des additifs assurant la protection anticorrosion des métaux [4,2].

I.6.4.4. Nature des molécules de l'inhibiteur

I.6.4.4.1. Les inhibiteurs organiques

Les molécules organiques sont promises à un développement plus que certain en matière d'inhibiteur de corrosion: leur utilisation est actuellement préférée à celle d'inhibiteurs inorganiques pour des raisons d'écotoxicité essentiellement. Ils sont de plus en plus utilisés en

milieu neutre/alcalin. Les inhibiteurs organiques sont généralement constitués de sous-produits de l'industrie pétrolière [17]. Ils possèdent au moins un centre actif susceptible d'échanger des électrons avec le métal, tel l'azote, l'oxygène, le phosphore ou le soufre. L'une des limitations dans l'utilisation de ces produits peut être l'élévation de température, les molécules organiques étant souvent instables aux groupes fonctionnels usuels, permettant leur fixation sur le métal, sont:

- Le radical aminé (-NH₂),
- Le radical mercapto (-SH),
- Le radical hydroxyle (-OH),
- Le radical carboxyle (-COOH).

Du fait de leur mode d'action par adsorption, les inhibiteurs organiques peuvent être efficaces même en milieu très acide (PH inférieur à 4) ou la corrosion dépend de la décharge de protons hydrogènes à la surface du métal [9].

I.6.4.4.2. Les inhibiteurs minéraux

Ces inhibiteurs sont utilisés le plus souvent en milieu proche de la neutralité, voire en milieu alcalin, et plus rarement en milieu acide. Les produits se dissocient en solution et ce sont leurs produits de dissociation qui assurent les phénomènes d'inhibition (anions ou cations). Les principaux anions inhibiteurs sont les oxo-anions du type XO₄ⁿ⁻ tels les chromates, molybdates, phosphates, silicates... Les cations sont essentiellement Ca²⁺ et Zn²⁺ et ceux qui forment des sels insolubles avec certains anions tels que l'hydroxyle OH⁻. Le nombre de molécules en usage à l'heure actuelle va en se restreignant, car la plupart des produits efficaces présentent un côté néfaste pour l'environnement [9,18].

I.6.4.5. Classification des inhibiteurs

I.6.4.5.1 Par domaine d'application

Dans la classification relative au domaine d'application, on peut distinguer les inhibiteurs de corrosion utilisés en milieux aqueux, organiques ou gazeux. Ceux utilisés en milieux aqueux sont choisis en fonction du pH du milieu : en milieu acide, ils sont utilisés afin d'éviter l'attaque chimique de l'acier lors d'une opération de décapage ou de détartrage et en milieu neutre/alcaline, ils sont souvent utilisés pour protéger les conduites des circuits de refroidissement. Les inhibiteurs utilisés en milieu organique sont incorporés dans les lubrifiants

pour moteurs, dans l'essence ou dans les peintures. Les inhibiteurs en phase gazeuse sont employés pour protéger les objets métalliques pendant leur transport et stockage. Pour cela, des composés organiques ayant une pression de vapeur élevée sont utilisés [5].

I.6.4.5.2. Par réaction partielle

Dans la classification relative au mécanisme d'action électrochimique, on peut distinguer les inhibiteurs anodiques, cathodiques ou mixtes.

I.6.4.5.3. Les inhibiteurs anodiques

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

I.6.4.5.4. Les inhibiteurs cathodiques

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

I.6.4.5.5. Les inhibiteurs mixtes

Les inhibiteurs mixtes diminuent la vitesse des deux réactions partielles en modifiant peu le potentiel de corrosion [5,11,19].

I.6.4.5.6. Par mécanisme réactionnel

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

Les inhibiteurs agissant par adsorption sont en général les inhibiteurs organiques. Ils empêchent l'action du milieu agressif en se fixant sur la surface du métal. Leur fixation se fait principalement par la fonction active de l'inhibiteur ; cependant, les parties polaires peuvent être également adsorbées. Ceux qui agissent par adsorption chimique s'avèrent souvent plus efficaces que ceux agissant par adsorption physique, car le partage des électrons renforce la

liaison entre le métal et l'inhibiteur. Généralement, en présence d'une chimisorption, la molécule inhibitrice agit comme donneur d'électrons alors que le métal agit comme accepteur d'électrons.

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

Les inhibiteurs agissant par précipitation provoquent la formation d'un film superficiel constitué de sels minéraux ou de complexes organiques peu solubles formés lors de la précipitation des produits de réaction cathodique tout en bloquant la dissolution anodique. Il s'agit généralement de sels d'acide faible et de base forte comme les borates, les silicates, les phosphates, les polys phosphates et les sels de zinc [5,11].

I.7. Influence de la concentration sur l'effet inhibiteur (Isothermes d'adsorption)

Une isotherme d'adsorption exprime la relation entre le taux de recouvrement d'une interface par l'espèce adsorbée et la concentration de l'espèce en solution, Il existe plusieurs types d'isotherme d'adsorption, mais les plus importants qui sont rattachés à l'inhibition de la corrosion sont l'isotherme de Langmuir, l'isotherme de Temkin, l'isotherme de Frumkin et celle de Freundlich [4 ,18].

I.7.1. Isotherme de Langmuir

Ce modèle repose sur la supposition qu'il existe à la surface un nombre fixe de sites. Chacun de ces sites ne peut adsorber qu'une seule particule. De plus, comme on néglige les interactions entre particules adsorbées, l'énergie d'adsorption est constante. L'isotherme de Langmuir est donnée par la relation (Eq.I.1) :

$$\frac{\theta}{1-\theta} = KC \quad (\text{I.1})$$

θ : Le taux de recouvrement.

C : La concentration en inhibiteur.

K : Le coefficient d'adsorption.

I.7.2. Isotherme de Temkin

L'isotherme d'adsorption de Temkin, permet une diminution linéaire de la chaleur d'adsorption avec le taux de recouvrement (Eq.I.2) [20,21].

$$\Delta H_{ads} = \Delta H_{ads}^{\circ} - r\theta \quad (\text{I.2})$$

ΔH_{ads}° : l'enthalpie d'adsorption quand θ tend vers zéro.

ΔH_{ads} : L'enthalpie d'adsorption.

r : Paramètre de Temkin.

Lorsque l'équation (Eq.I.2) est insérée dans le modèle de Langmuir dans l'équation (Eq.I.1), le résultat est (Eq.I.3) :

$$\frac{\theta}{1-\theta} = K' C e^{-r\theta/RT} \quad (\text{I.3})$$

I.7.3. Isotherme de Frumkin

Ce type d'isotherme peut être exprimé par la relation : [21]

$$\frac{\theta}{1-\theta} \exp(-2a\theta) = kC \quad (\text{I.4})$$

a : Une constante d'interaction entre particules adsorbées

K : Le coefficient d'adsorption.

C : La concentration en inhibiteur.

I.7.4. Isotherme de Freundlich

Le modèle d'adsorption de Freundlich est utilisé dans le cas de formation possible de plus d'une couche sur la surface et les sites sont hétérogènes avec des énergies de fixation différentes. L'équation de Freundlich citée comme suite : [23]

$$\log \theta = \log K + \log C_{inh} \quad (I.5)$$

I.8. Influence de la température sur l'inhibition de corrosion

L'influence de la température sur l'efficacité des inhibiteurs, notamment en milieu acide a fait l'objet de plusieurs articles, lors des décapages et détartrages à haute température et pour enlever les produits de corrosion sur les installations métalliques. Les inhibiteurs ont pour rôle de protéger ces dernières des attaques acides.

A été étudié l'effet de la température sur l'efficacité de plusieurs inhibiteurs de corrosion utilisés soit pour la protection de l'acier, soit pour la protection du cuivre par le benzotriazole dans l'acide sulfurique dans l'intervalle 30-65°C.

Ces deux études ont révélé une diminution du pouvoir protecteur de l'inhibiteur avec une augmentation de la température. Ont abouti aux mêmes constatations lors de leurs essais sur l'action inhibitrice de composés organiques de types bipyrazolique et de dérivés de la pyridazine sur la corrosion du fer armco en milieu acide dans l'intervalle de température 20-80°C.

Dans ces études, la dépendance de type Arrhenius, observée entre le courant de corrosion et la température, permet de calculer la valeur de l'énergie d'activation :

$$V_{corr} = A \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right) \quad (I.6)$$

Avec :

E_a : l'énergie d'activation.

A : une constante.

R : la constante des gaz parfait.

T : la température absolue.

V_{corr} : la vitesse de corrosion [23].

Radovisi propose un classement des inhibiteurs selon l'action de la température, il distingue trois groupes :

1. Les inhibiteurs pour lesquels $E_{ai} > E_a$, qui s'adsorbe sur le substrat par des liaisons de nature électrostatique (liaisons faibles). Ce type de liaisons sensibles à la température ne permet pas de lutter efficacement contre la corrosion quand la température augmente.
2. Les inhibiteurs pour lesquels $E_{ai} < E_a$. ces inhibiteurs présentent une augmentation du pouvoir protecteur avec température . les molécules organiques de l'inhibiteur s'adsorbent à la surface métallique par liaisons fortes (chimisorption).
3. Les inhibiteurs pour lesquels $E_{ai} = E_a$. Cette catégorie ne présente pas d'évolution du pouvoir protecteur avec la température, très peu de composés appartiennent à cette dernière catégorie [4,24].

I.8.1. Energie libre d'adsorption

L'énergie libre d'adsorption peut être estimée, en connaissant la valeur de la constante d'équilibre déterminée à partir de l'équation de l'isotherme correspondant, par la formule :

$$\Delta G_{ads}^{\circ} = -RT \ln(55.5K) \quad (I.7)$$

La valeur 55.5 est la concentration de l'eau en solution (mol.l^{-1}).

Les valeurs négatives de ΔG_{ads}° indiquent la spontanéité du processus d'adsorption et la couche adsorbée sur la surfaces métallique. Généralement, les valeurs de ΔG_{ads}° voisines de -

20Kj.mol⁻¹ ou moins négatives sont liées à des interactions électrostatiques entre les molécules chargées et le métal chargé (adsorption physique), alors que celles proches de -40Kj.mol⁻¹ ou plus négatives impliquent un transfert de charges entre les molécules organiques et la surface métalliques (adsorption chimiques) [1].

Les paramètres thermodynamique de ΔH_{ads}° et ΔS_{ads}° pour l'adsorption des inhibiteurs sur la surface d'acier peuvent être calculés à partir de l'équation suivante [23] :

$$\Delta G_{ads}^{\circ} = \Delta H_{ads}^{\circ} - T\Delta S_{ads}^{\circ} \quad (I.8)$$

I.8.2. L'enthalpie ΔH_a et l'entropie ΔS_a

Une formule alternative de l'équation d'Arrhenius permet de déterminer l'enthalpie permet l'entropie d'activation selon l'équation suivante :

$$V_{corr} = \frac{RT}{Nh} \exp\left(\frac{\Delta S_a^{\circ}}{R}\right) \exp\left(-\frac{\Delta H_a^{\circ}}{RT}\right) \quad (I.9)$$

Après la transformation de l'équation précédente on obtient :

$$\log\left(\frac{V_{corr}}{T}\right) = -\frac{\Delta H_a^{\circ}}{2.303RT} + \frac{\Delta S_a^{\circ}}{2.303R} + \log\left(\frac{R}{NH}\right) \quad (I.10)$$

Ou

R : la constante du gaz (8.314JK⁻¹mol⁻¹).

V_{corr} : Vitesse de corrosion.

T : La température absolue (en kelvin).

h : constant de Plank

N : nombre d'Avogadro.

La variation de $\log\left(\frac{V_{corr}}{T}\right)$ en fonction de l'inverse de la température est une droite, avec une pente $\left(\frac{-\Delta H}{2.303R}\right)$ et l'intersection de cette droite avec l'axe des ordonnées qui présente $\log\left(\frac{V_{corr}}{T}\right)$ nous donne la valeur de la partie $\frac{\Delta S_a^\circ}{2.303R} + \log\left(\frac{R}{Nh}\right)$ de ce dernier on peut conclure la valeur ΔS .

Si les valeurs de ΔH sont positives, la nature de la réaction chimique est dite (endothermique), est (absorption de chaleur).

Si les valeurs sont négatives, la nature de la réaction chimique est dite (exothermique), (perte de chaleur durant la réaction).

$\Delta S > 0$ une réaction où le désordre augmente ceci explique l'adsorption des molécules inhibitrices sur le métal associée avec une désorption des molécules d'eau sur l'électrode.

$\Delta S < 0$ cela indique une diminution de désordre des molécules d'eau lors de la transformation des réactifs en complexe actif inhibiteur et métal [23].

Chapitre II

Matériaux et procédures expérimentales

II.1.Introduction

Dans ce chapitre nous allons expliquer notre étude expérimentale, où nous allons décrire les matériaux et les matériels utilisés et les différentes étapes afin de préparer les solutions utilisées, puis nous allons parler sur les techniques d'essais que nous avons utilisées dans ce travail (principe et manipulation) et enfin présenter les méthodes d'analyse.

II.2.Matériaux et Matériels nécessaires

II.2.1. Matériau utilisé

Comme nous avons mentionné précédemment, cette étude a été fait on utilisant des échantillons de l'acier allié, et le tableau suivant indique la composition chimique de cet alliage (tableauII.1) :

Tableau II.1: Composition chimique de l'acier C45 étudié (% massique).

Elément(%)	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
	0.45	0.40	0.80	0.045	0.045	0.40	0.40	0.10

II.2.2.Matériels utilisés

- Polisseuse mécanique avec des papiers abrasifs (80,120,.....1200).
- Balance électronique (FA2004B) de sensibilité 0.0001.
- Agitateur magnétique chauffant avec barreau aimanté.
- Verrerie de laboratoire : verre de montre, thermomètre, béchers, entonnoir, éprouvette graduée...

II.2.3.Produits utilisés

- Acide chlorhydrique (*HCl* 37%).
- Eau distillée.
- Poudre de pelures d'oigne.

II.3.Mode opératoire

II.3.1.Préparation des échantillons

- D'abord, nous avons coupé l'acier à des pièces de forme prisme rectangulaire (les échantillons) avec une scie à métaux électrique.



Fig.II.1. Une scie à métaux électrique

- Puis, les échantillons sont polis à l'aide d'une polisseuse mécanique et en utilisant des papiers abrasifs de granulométrie croissante allant de 80 jusqu'à 1200, ce polissage est suivi par un rinçage de l'échantillon avec l'eau distillée puis nous les séchons.



Fig.II.2. Une polisseuse mécanique

II.3.2. Préparation des solutions

II.3.2.1.Solution électrolytique

La solution électrolytique utilisée s'agit d'une solution de chlorhydrique HCl de concentration 0.5 M qui sont préparés à partir de la dilution de HCL 37% avec l'eau distillée.

II.3.2.2.Solution inhibitrice

L'inhibiteur qui nous avons utilisé ici est (les pelures d'oignon), et nous avons la préparé comme suit :

- nous avons bien séché les pelures et les broyés puis les tamisés a fin obtenir une poudre très fine.



Fig.II.3. Pelures d'oignon

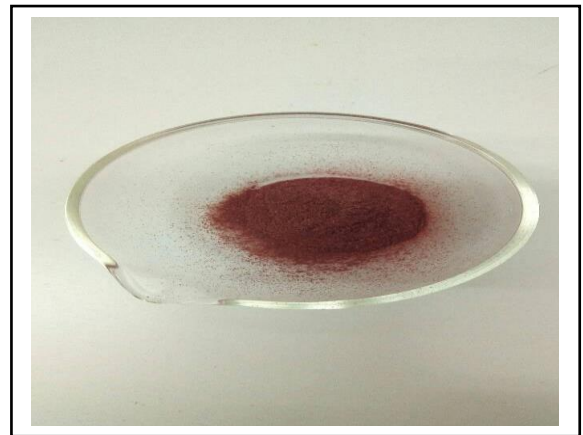


Fig.II.4. Poudre des pelures d'oigne

- On pèse 5g de la poudre d'oignon à l'aide d'un balance électronique et on la met dans un bécher (1000 ml) avec 200 ml de l'eau distillée et on ajoute un barreau aimanté puis on mets ce mélange sur l'agitateur a la température 40 c° pendant 2h ,puis nous filtre ce mélange pour obtenir une solution de volume 150 ml.
- On répète cette dernière opération et on obtient à la fin une solution inhibitrice de volume 300 ml



Fig.II.5. Préparation de solution

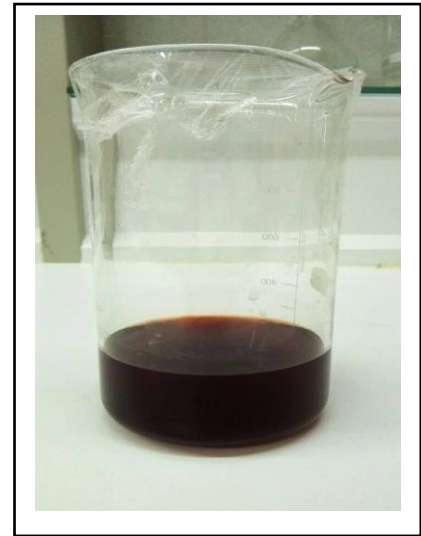


Fig.II.6.Solution inhibitrice

II.4.Techniques d'essais

II.4.1.Technique de la masse perdue

II.4.1.1.Théorie et Principe de la technique de masse perdue

Cette technique a été utilisée pour étudier l'efficacité de l'inhibiteur, elle se base à la mesure de la variation de la masse Δm de l'échantillon avant et après de la mettre dans un milieu corrosif. [15,25]

Dans le cas d'une perte de masse Δm au cours d'une durée Δt , on exprime la vitesse de corrosion V_{corr} par la relation (Eq.II.1) :

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

Ou

V_{corr} : Vitesse de corrosion en $(g / cm^2.h)$

S : Surface soumise au test en (cm^2)

Δt : Temps de l'expérience en (h)

Δm : Différence de masse en (g)

$$\Delta m = m_i - m_f \quad (\text{II.2})$$

Ou

m_i : La masse de l'échantillon avant l'expérience.

m_f : La masse de l'échantillon après l'expérience.

Comme on peut déterminer l'efficacité inhibitrice à partir la relation suivante (Eq.II.3) : [12]

$$EI(\%) = \frac{V_0 - V_{inh}}{V_0} \times 100 \quad (\text{II.3})$$

Ou

V_0 : Vitesse de la corrosion sans inhibiteur.

V_{inh} : Vitesse de la corrosion avec inhibiteur.

II.4.1.2. Manipulation de la technique de masse perdue :

Dispositif :

la réalisation de cette technique besoin un dispositif qui est présenté dans la figure (II.7) ci-dessous.

- Echantillon d'acier.
- Béchers (50 ml)
- Balance électronique de précision $(\pm 10^{-4} g)$.
- Solution électrolytique et inhibitrice.

Manipulation :

Chaque échantillon fini, a été pesé. sa masse, sa surface totale ainsi que les propriétés de la solution (T, concentration, ect) et la durée du test ont été mentionnées.

L'échantillon a été suspendu dans un bêcher contenant 50 ml de solution. Les concentrations d'inhibiteur utilisé, varient de 0g/l à 0.5g/l. La durée de l'immersion a été fixée à 22h pour tous les tests. Après chaque période de test choisie, l'échantillon est retiré de la solution puis nettoyée à l'eau. Les produits de corrosion ont été éliminés de la surface du métal à l'aide d'une brosse à dents souple. Ensuite, après rinçage à l'eau distillée et séchage l'échantillon a été repesé, sa nouvelle masse a été également rapportée dans des tableaux.

Les valeurs des températures ($T= 32, 40,50$) C° ont été choisies dans nos tests.

Les valeurs des t 2, 22, 96,168 h ont été choisies dans nos tests.

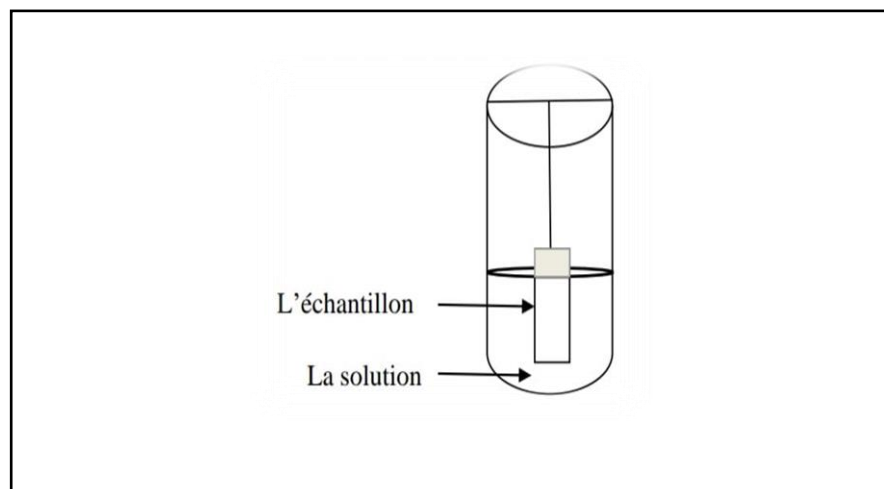


Fig.II.7.Dispositif expérimental de la technique de la masse perdue

Chapitre III

Résultats et discussions

III.1.Introduction

Les inhibiteurs de corrosion constituent un moyen de lutte récent contre la corrosion des métaux et des alliages. Les plus fréquemment utilisés dans les milieux acides sont des molécules organiques, parce qu'ils sont plus stables que les molécules inorganiques.

Cette partie est consacrée à l'évaluation de variables opérationnelles qui ont une influence assez marquée sur la cinétique du processus de corrosion de l'acier en milieu HCl. Parmi celles-ci, l'effet du temps d'immersion, la température, et la concentration de l'électrolyte ont été étudiés. Pour cela, une d'essai des essais gravimétriques la vitesse de corrosion pour les différentes conditions expérimentales a été déterminée afin de mieux comprendre l'influence de chacun des paramètres sur le phénomène.

III.2.Etude gravimétrique

III.2.1.L'effet de la concentration

Pour préciser l'effet de la concentration de l'inhibiteur sur la corrosion d'acier doux, on calcule la vitesse moyenne de corrosion (V_{corr}) à partir la technique de la masse perdue, en utilisant l'expression (III.1) en absence et lorsqu'on ajoute des concentrations différentes de l'inhibiteur.

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

Ou

Δm : Différence de masse avant et après le test en (g)

S : Surface soumise au test en (cm^2)

Δt : Temps de l'expérience en (h)

Aussi, on utilise l'expression pour déterminer l'efficacité inhibitrice dans chaque essai :

$$EI(\%) = \frac{V_0 - V_{inh}}{V_0} \times 100 \quad (\text{III.2})$$

V_0 et V_{inh} la vitesse de corrosion en absence et en présence de l'inhibiteur.

Les résultats des tests sont indiqués dans le tableau suivant :

- Il faut mentionner que ces tests ont été fait dans la température d'ambiante ($T \approx 30c^\circ$) et la durée de test est (t=22h).

Tableau III.1. Variation de la vitesse de corrosion, l'efficacité inhibitrice et le taux de recouvrement de l'acier doux en milieu HCl 0.5M sans et avec addition de l'inhibiteur.

C(g/l)	S(cm ²)	m ₁	m ₂	Δm(g)	V _{corr} (g/cm.h)	E(%)	Θ
0	1.5606	1.4379	1.1779	0.26	0.006941	//////////	//////////
0.166	4.5	23.0264	22.9054	0.121	0.006942	83.86052	0.83860
0.332	1.89	1.7415	1.7201	0.0214	0.00112	93.20376	0.93203
0.5	4.5	23.8179	23.7662	0.0517	0.000479	93.10404	0.93104

Le tableau (III.1) montre les valeurs des vitesses de corrosion V_{corr} en absence et en présence des différentes concentrations de l'inhibiteur (la solution de pelures d'oignon), et l'efficacité inhibitrice E(%) avec le taux de recouvrement correspondants.

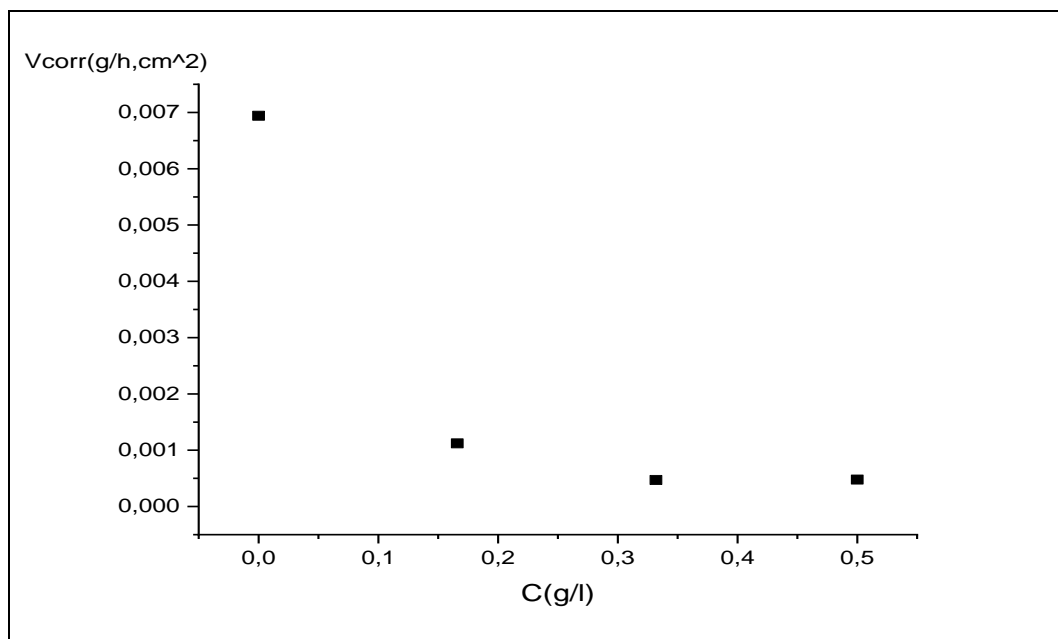


Fig. III.1. Variation de la vitesse de corrosion en fonction la concentration de l'inhibiteur

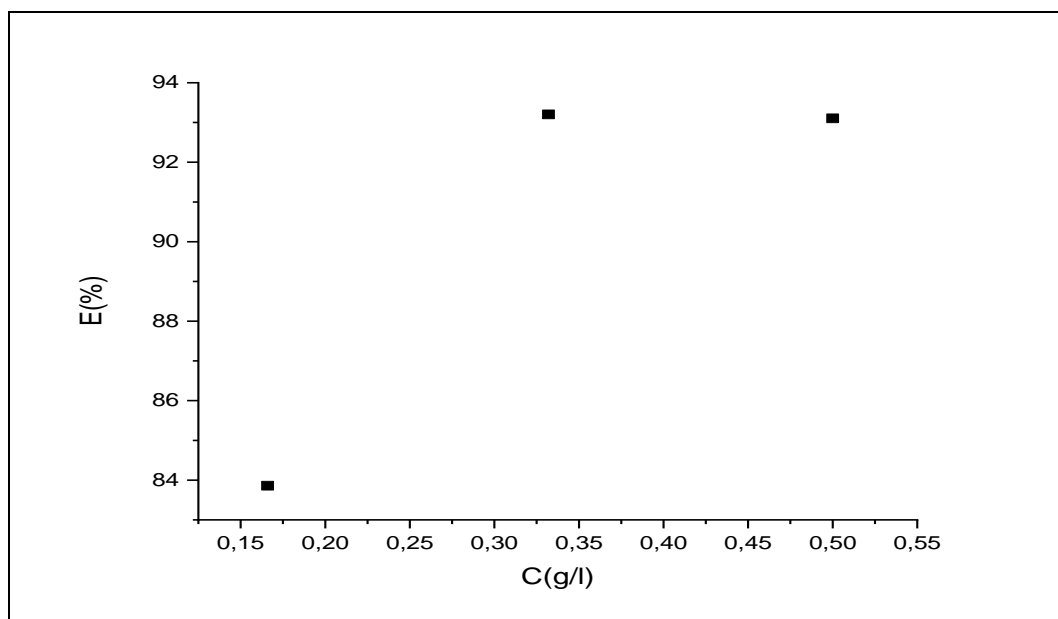


Fig. III.2. Evolution de l'efficacité inhibitrice en fonction de la concentration en absence et en présence de l'inhibiteur.

L'analyse des figures (Fig.III.1) montre que les pelures d'oignent ralentit la corrosion d'acier par l'adsorption sur l'interface métal/électrolyte, donc les pelures d'oignent se comporte comme une inhibitrice prévente contre la corrosion d'acier [26].

Comme on peut constater d'après ces figures (Fig.III.1et .III.2) que l'augmentation de la concentration de l'inhibiteur s'accompagne d'une diminution de la vitesse de corrosion. Cette diminution est importante même à faible concentration (0.166g/l), par conséquent l'efficacité inhibitrice augmentée et nous marquons meilleur résultat (93.20376) à la concentration : 0.332 g/l.

Ce comportement associé à l'adsorption des molécules de l'inhibiteur sur la surface de métal, donc le phénomène d'inhibition observé est généralement décrit comme étant dû à la formation d'une couche bidimensionnelle d'inhibiteur adsorbé à la surface de l'acier, par conséquent le contact direct de la surface métallique avec l'environnement agressif est entravé qui se présente sous la forme d'une haute efficacité de protection de l'extrait.[26,25]

La vitesse de corrosion diminue tandis que l'efficacité inhibitrice croît avec la concentration en inhibiteur. Ce comportement pourrait être attribué à la forte interaction d'inhibiteur avec la surface du métal, il résulte de l'adsorption des molécules sur la surface du métal.

Cela indique que les composés phytochimiques de cet extrait sont adsorbés sur la surface de l'acier et bloquent les sites actifs contre la corrosion.

III.2.2.La relation de l'efficacité inhibitrice avec le temps d'immersion

Tableau.III.2.Evolution du pouvoir protecteur en fonction de la durée d'immersion en absence et en présence de l'inhibiteur.

Milieu	t(h)	S(cm ²)	Δm(g)	Vcorr	E(%)
HCl	24	5.6506	0.26	0.0019172	//////////
	96	18.6672	1.9452	0.00108546	//////////
	168	5.6241	1.4501	0.001534743	//////////
HCl+inh	24	4.5	0.121	0.00112	41.58147
	96	4.5	0.3904	0.000903	16.80946
	168	4.5	0.4147	0.000548	64.2937

Le tableau ci-dessus (III.2) indique les valeurs des vitesses moyennes de corrosion lorsqu'on change autre paramètre qui est le temps d'immersion d'un échantillon dans le milieu

corrosif, au cas de l'absence et de présence de l'inhibiteur, aussi il montre l'efficacité inhibitrice dans chaque durée. Dans la concentration : ($C=0.166\text{g/l}$) et la température d'ambiante, ces valeurs ont été présentées dans les figures suivantes :

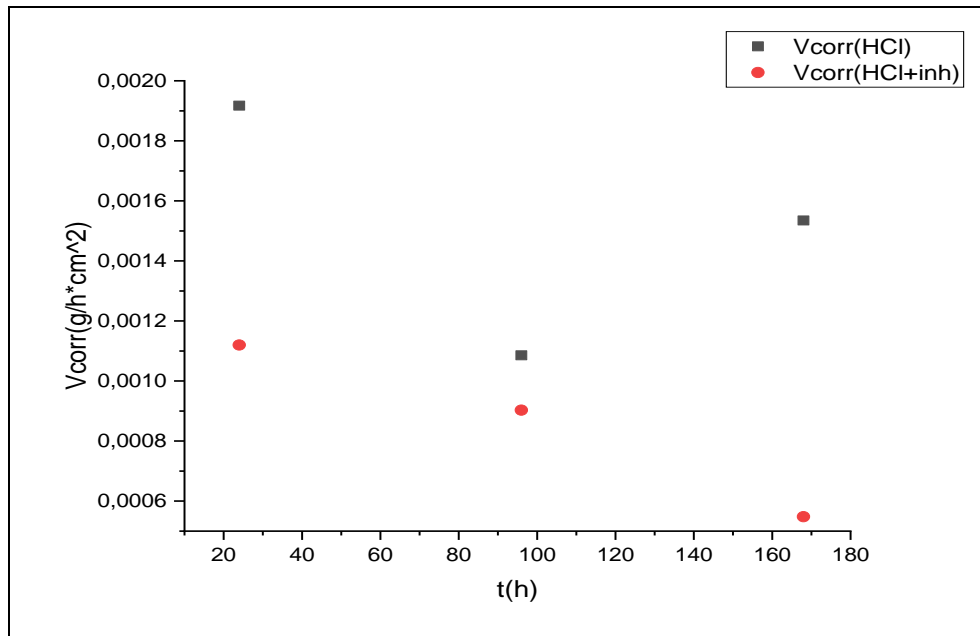


Fig. III .3. Variation de vitesse de corrosion en absence et en présence de l'inhibiteur en fonction du temps d'immersion.

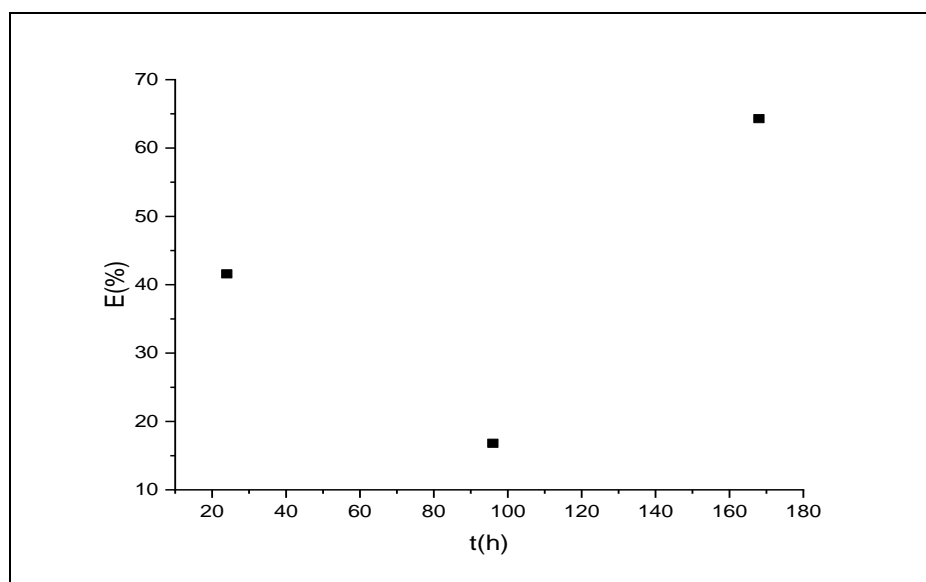


Fig. III .4. Variation de l'efficacité inhibitrice en fonction de temps d'immersion

La figure (Fig.III.3) indique l'évolution du taux de corrosion en fonction de la durée d'immersion en absence et en présence de l'inhibiteur, on peut remarquer la diminution des vitesses des corrosions avec l'augmentation de la durée d'immersion en présence des pelures d'oigne, le meilleur résultat obtenu est dans la durée : $t=168h$.

Ce dernier résultat peut-etre attribué à la formation d'un film protecteur sur la surface de l'acier C45.

En ce qui concerne l'efficacité inhibitrice on peut dire à partir la figure (FigIII.4) que l'efficacité de l'inhibiteur (pelures d'oignent) augmente avec l'augmentation de durée d'immersion [30].Un résultat semblable a été rapporté par Singh et coll [32,35]. Ce comportement peut être lié à la forte adsorption et à la formation d'un film persistant de inhibiteur sur la surface de l'acier[33,36].

III.2.3.l'influence de la température sur l'efficacité inhibitrice

Pour mieux comprendre le comportement d'un matériau dans un milieu agressif et la nature de l'interaction métal/inhibiteur dans ce milieu, il est indispensable d'étudier l'effet de la température. Pour cela, nous avons fait des études à différentes températures, allant de 30 à 50°C pendant une durée d'immersion de 2 heures dans l'acide HCl de concentration égale à 0,5 M, afin de déterminer la vitesse d'attaque de notre échantillon en fonction de la température. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau III.3.Variation de la vitesse de corrosion, l'efficacité inhibitrice en fonction de la température en absence et en présence de l'inhibiteur.

Milieu	T(c)	T(k)	S(cm ²)	V _{corr}	E(%)	Θ
HCl	30	303	4.5	0.005614	////////////////	////////////////
	40	313	4.5	0.005886	////////////////	////////////////
	50	323	4.5	0.006703	////////////////	////////////////
HCl+inh	30	303	4.5	0.000678	87.92653	0.8792653
	40	313	4.5	0.000711	87.91877	0.8791877
	50	323	4.5	0.002222	66.84913	0.6684913

Le tableau suivant (III.3) exprime les valeurs des vitesses de corrosion et de l'efficacité inhibitrice en fonction de la température, toujours on prend la concentration optimale ($C=0.332\text{g/l}$) et la durée d'immersion égale à $t=2\text{h}$. Les résultats du tableau sont illustrés dans les figures suivantes :

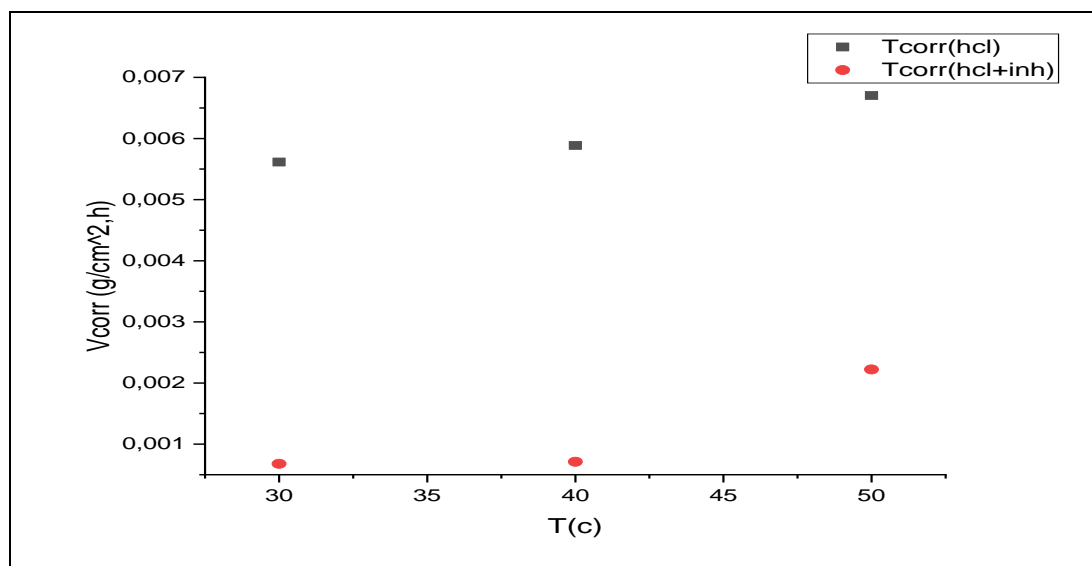


Fig.III.5. Variation de la vitesse de corrosion en fonction de la température

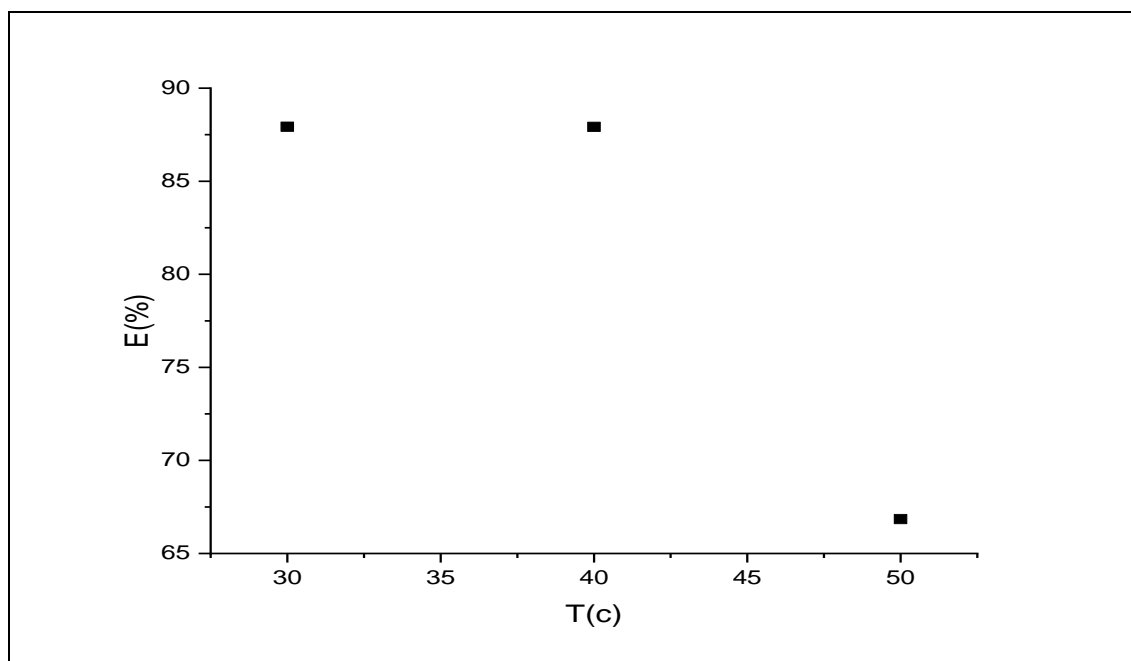


Fig.III.6. Variation de l'efficacité inhibitrice en fonction de la température.

A partir des résultats obtenus nous constatons que :

- dans tous les cas, il y'a une augmentation de la vitesse de corrosion en fonction de la température. L'évolution de la vitesse de corrosion dans la solution corrosive seule (0,5 M HCl) présente une croissance régulière et rapide, confirmant une dissolution métallique croissante avec l'augmentation de la température.

- même En présence de l'extraction de peel grenade, la vitesse de corrosion augmente avec l'augmentation de la température, l'efficacité inhibitrice et le taux de recouvrement diminue montrant un phénomène de désorption.

Il est important de noter que même en présence de l'inhibiteur la vitesse de corrosion augmente avec l'élévation de la température, Alors, il peut être démontré que l'augmentation de la température n'est pas propice à l'adsorption de l'extrait pelures d'oigne sur la surface de l'acier C45, entraînant une baisse de son efficacité d'inhibition de la corrosion.

Cela peut-être dû à l'intensification du mouvement thermique du matériau actif dans pelures d'oignent extrait causé par l'augmentation de la température, ce qui conduit à une augmentation du chaos sur l'interface acier C45 / solutions. Par conséquent, le film barrière formé sur la surface de l'acier C45 ne sont pas dense et ordonnés à haute température [27].

III.2.3.1.Détermination de l'énergie d'activation

Afin d'obtenir plusieurs détails sur le processus de corrosion, les paramètres cinétiques telle qu'énergie d'activation E_a ; l'enthalpie ΔH et l'entropie ΔS sont obtenues à partir de l'effet de la température en utilisant la loi d'Arrhenius (III.3) et sa formule alternative (III.4) : [28]

$$\log(V_{corr}) = -\frac{E_a}{2.303RT} + \log(k) \quad (III.3)$$

$$\log\left(\frac{V_{corr}}{T}\right) = \frac{\Delta H}{2.303RT} + \frac{\Delta S}{2.303R} + \log\left(\frac{R}{Nh}\right) \quad (III.4)$$

Ou

N : est le nombre d'Avogadro.

h : est le constant de Plank.

La valeur de E_a en absence et en présence de (extrait des pelures d'oigne) dans solution d'HCl 0.5M peut être déterminé par la régression linéaire de ($\log V_{corr}$) avec les données de ($\frac{1}{T}$).

Les résultats sont exposés dans la figure (Fig.III.7) :

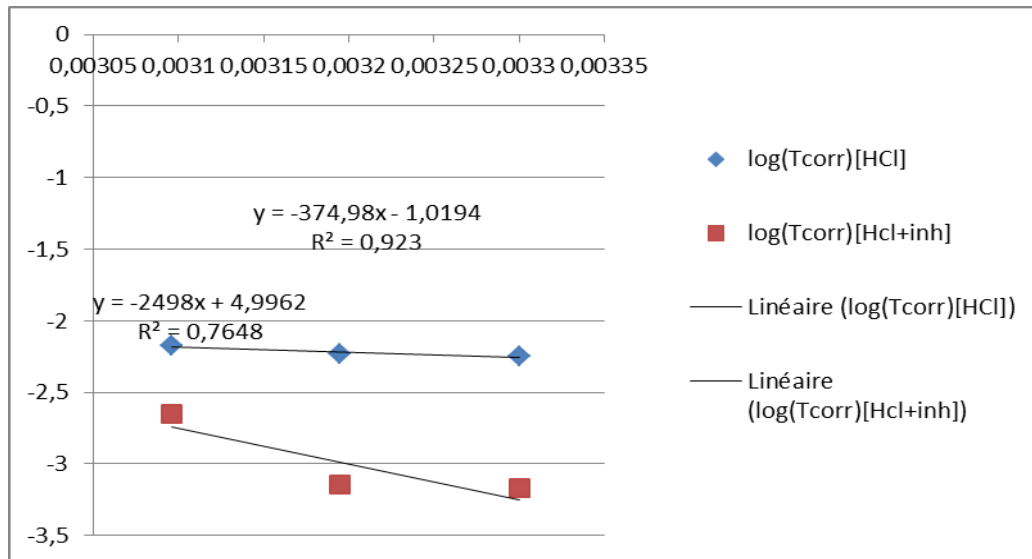


Fig. III.7. Courbes d'Arrhenius de l'acier en milieu 0.5M HCl sans et avec inhibiteur (pelures d'oigne) $\log(V_{corr})$ en fonction de $1/T$.

Les autres paramètres d'activation comme l'enthalpie de l'adsorption ΔH et l'entropie de l'adsorption ΔS du processus de corrosion peut être calculé à partir la formule alternative de la loi d'Arrhenius (III.4).

La courbe qui expose la variation de $\log(V_{corr}/T)$ en fonction de l'inverse de la température absolue ($1/T$) est tracé et représenté dans la figure (Fig.III.8).

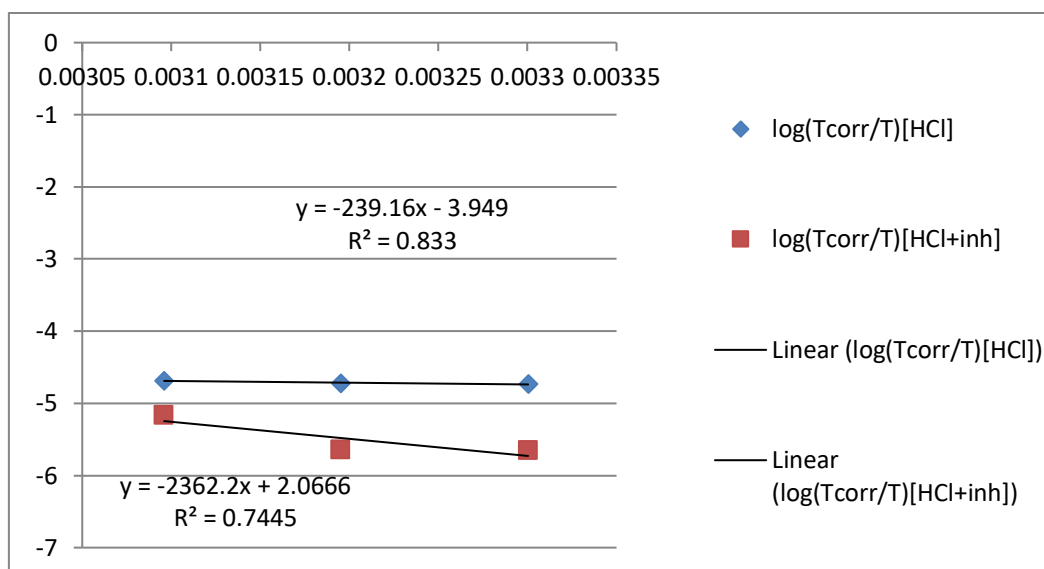


Fig. III.8. Variation de $\log(V_{corr}/T)$ en fonction de $(1/T)$ en absence et en présence d'inhibiteur

L'étude comparative entre les équations théoriques (équations d'Arrhenius) et les équations expérimentales (équations des droites) nous permet de déterminer les valeurs de : E_a , ΔH et ΔS nous les regrouper dans le tableau suivant :

Tableau.III.4. Paramètres d'activation de l'acier en milieu HCl 0.5M en absence et en présence de l'inhibiteur

C(g/l)	E_a (KJ.mol ⁻¹)	ΔH (KJ.mol ⁻¹)	ΔS (J.mol ⁻¹ .k ⁻¹)
0	7.1797953	4.5770273	-272.95018
0.332	47.829561	45.207618	-305.616084

Les résultats montrent que :

- L'ajout de pelures d'oignon à la solution acide augmente la valeur de E_a . Etude précédentes (Aljourani et al., 2009 ;Elachouri et al., 1996 ; Ferreira et al., 2004) ont montré que, comparativement à l'énergie d'activation en l'absence d'inhibiteur, des valeurs plus élevées pour E_a ont été trouvées en présence d'inhibiteur.

Ceci explique que la barrière énergétique de la réaction de corrosion augmente avec la concentration de l'inhibiteur. De plus, la valeur de l'énergie d'activation peut suggérer qu'elle obéit au mécanisme d'adsorption physique (physisorption) [28].

- Le signe positif de ΔH propose que le processus de dissolution de l'acier c45 est de nature endothermique et le processus très lent [29].
- Les valeurs de ΔS sont grandes et négatives dans les deux solutions HCl seule et en présence de l'inhibiteur, cela indique que le complexe activé dans l'étape de détermination du taux représente l'association plutôt que la dissociation, ce qui indique que le fait de passer du réactif au complexe activé entraîne une diminution du désordre [29].

III.2.3.2. Types d'isotherme d'adsorption :

Il a été reconnu que les molécules créent leur action inhibitrice via l'adsorption de l'inhibiteur sur la surface du métal.

L'adsorption peut être décrite par des types d'interaction : adsorption physique et adsorption chimique. Les processus d'adsorption des inhibiteurs sont influencés par 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 agressif.

Les isothermes d'adsorption sont très importantes pour déterminer le mécanisme de la réaction électrochimique.

L'efficacité relative d'inhibition dépend :

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

Les valeurs de taux de recouvrement θ pour différentes concentrations des inhibiteurs obtenues à partir des mesures de perte de poids dans le domaine de température étudiée (30-50°C) (tableau III.3), ont été utilisées pour déterminer l'isotherme correspondant au processus d'adsorption des inhibiteurs. Ainsi, différentes isothermes comprenant Langmuir, Temkin et Frumkin ont été testées afin de trouver l'isotherme d'adsorption convenable. Ces isothermes

d'adsorption ont été utilisées pour d'autres inhibiteurs. Selon ces isothermes, θ est relié à la concentration en inhibiteur par l'équation suivante :

$$\frac{\theta}{1-\theta} = KC_{inh} \quad \text{(Isotherme d'adsorption de Langmuir)}$$

$$\exp(-2a\theta) = KC_{inh} \quad \text{(Isotherme d'adsorption de Temkin)}$$

$$\frac{\theta}{1-\theta} \exp(-2a\theta) = KC_{inh} \quad \text{(Isotherme d'adsorption de Frankin)}$$

Où : a est une constante d'interaction entre particules adsorbées, K est la constante d'équilibre du processus d'adsorption et C_{inh} la concentration de l'inhibiteur dans l'électrolyte.

Langmuir :

$$\frac{C_{inh}}{\theta} = Cte + C_{inh} \quad \text{(III.5)}$$

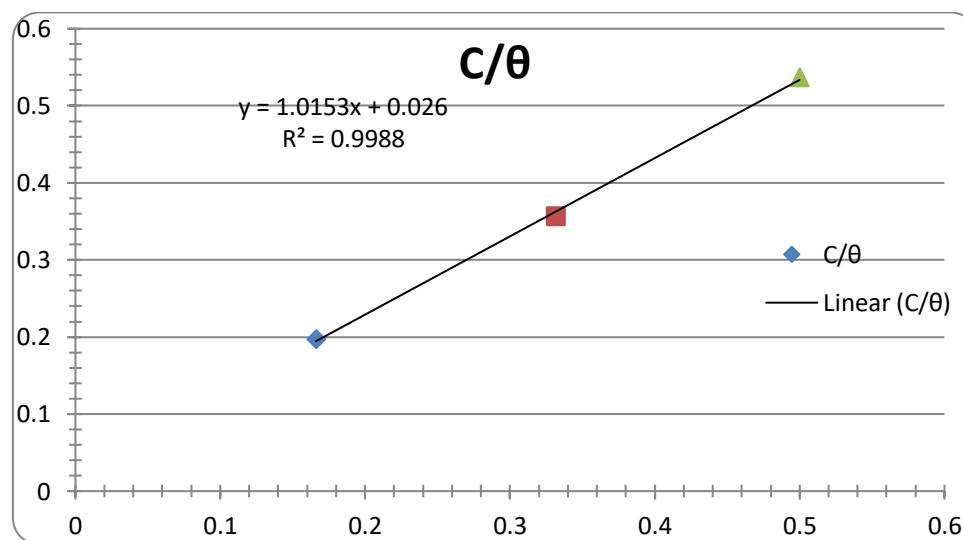


Fig. III.9 : Isotherme d'adsorption de pelures d'oignon selon le modèle de Langmuir.

Temkin :

$$\exp(-2a\theta) = KC_{inh} \tag{III.6}$$

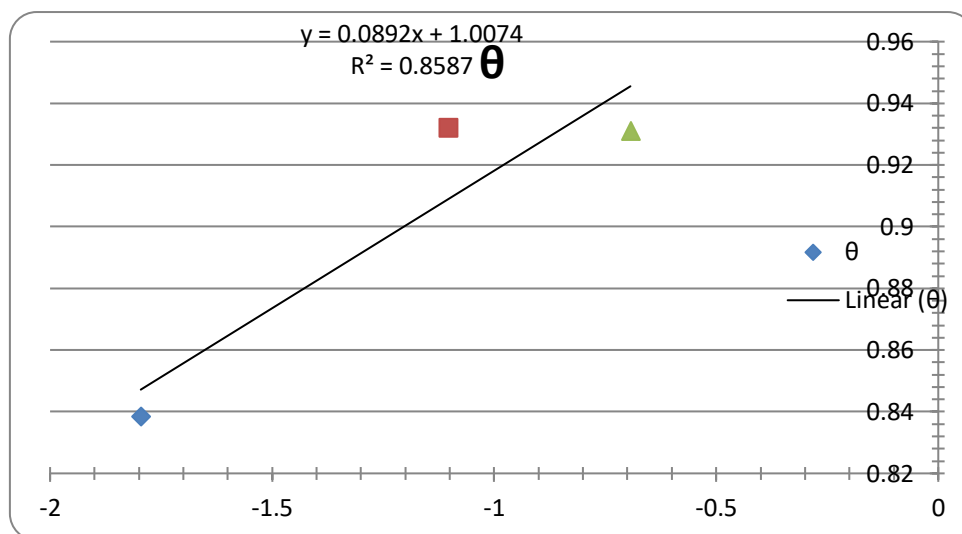


Figure III.10 : Isotherme d'adsorption de pelures d'oignon selon le modèle de Temkin.

Frumkin :

$$\frac{\theta}{1-\theta} \exp(-2a\theta) = KC_{inh} \tag{III.7}$$

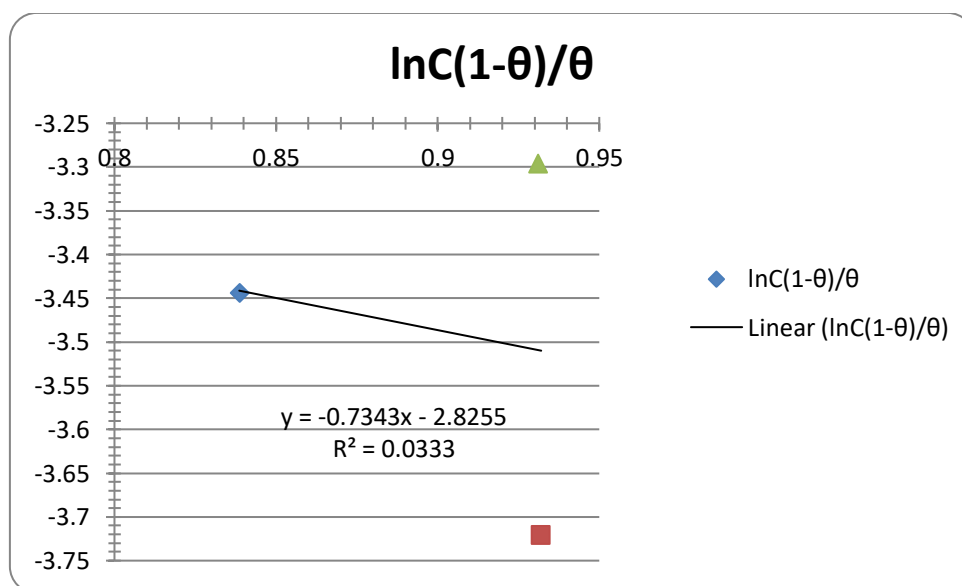


Figure III.11 : Isotherme d'adsorption de pelures d'oignon selon le modèle de Frumkin.

Freundlich :

$$\log \theta = \log K + \log C_{inh} \quad (III.8)$$

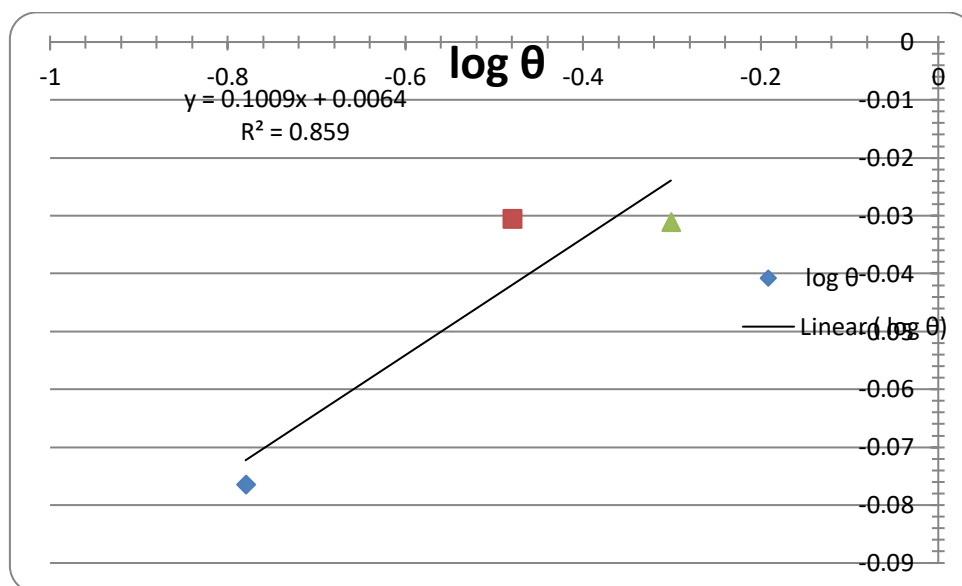


Figure III.12 : Isotherme d'adsorption de pelures d'oignon selon le modèle de Freundlich.

El-Alwado :

$$\log \theta = \log K + n \log C_{inh} \quad (III.9)$$

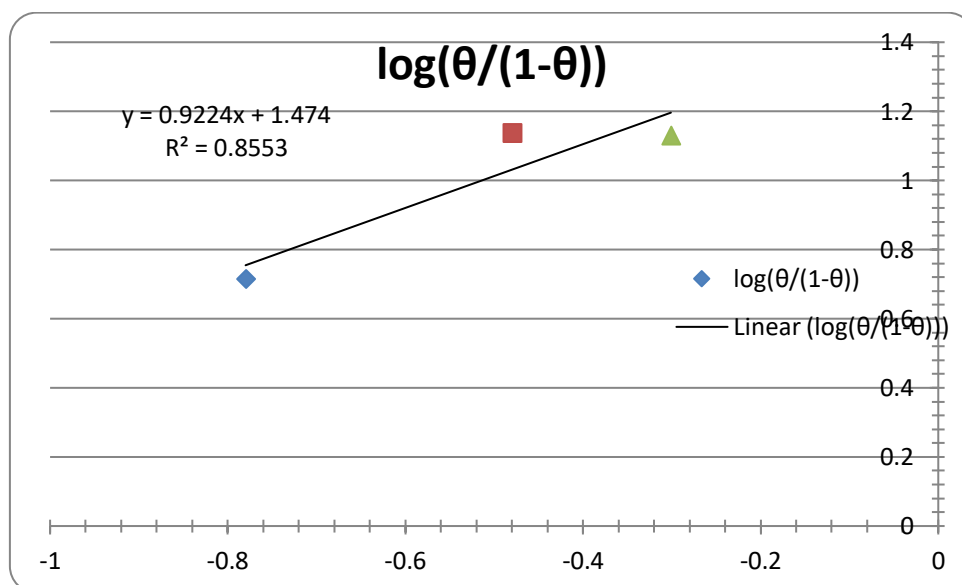


Figure III.13 : Isotherme d'adsorption de pelures d'oignon selon le modèle de El-Alwado.

Flory Huggins :

$$\log \frac{\theta}{C_{inh}} = \log xk + x \log(1-\theta) \tag{III.10}$$

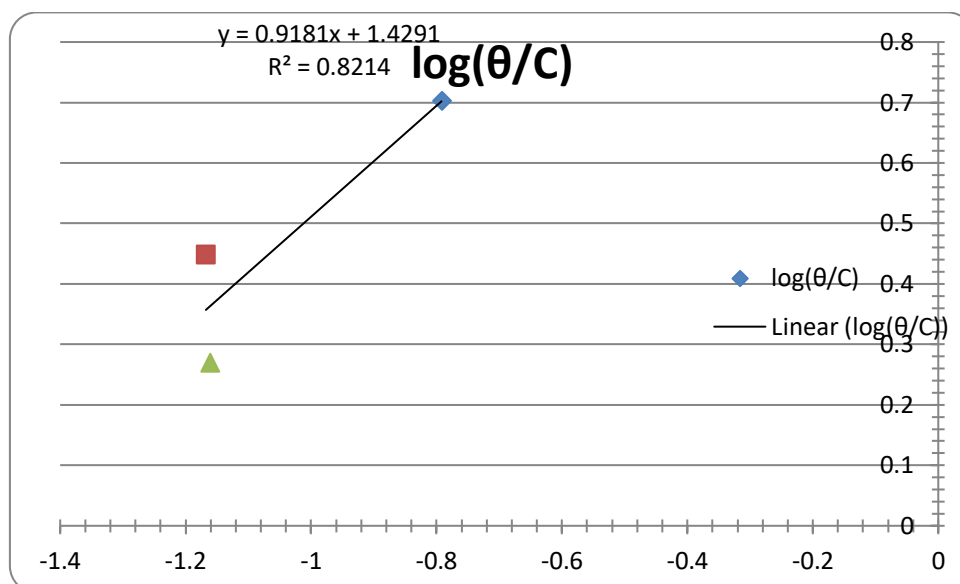


Figure III.14 : Isotherme d’adsorption de pelures d’oignon selon le modèle de Flory Huggins.

Tableau III.5 : variation de θ en fonction de la concentration en pelures d’oignon.

C(g/l)	θ
0.166	0.83860462
0.332	0.93203736
0.5	0.93104015

Les valeurs de θ sont présentées graphiquement selon l’isotherme d’adsorption convenable. Pour choisir l’isotherme d’adsorption convenable nous avons utilisé le coefficient de corrélation (R^2), et le tableau suivant représente les valeurs du coefficient de corrélation.

Tableau III.6 : Valeurs des coefficients de corrélation pour différents modèles d'isotherme d'adsorption.

isotherme d'adsorption	coefficient de corrélation
Langmuir	0.998
Temkin	0.858
Frumkin	0.033
Freundlich	0.859
El-alwado	0.855
Flory Huggins	0.821

D'après les résultats du tableau ci-dessus et la courbe C/θ en fonction de la concentration d'inhibiteur est linéaire avec un meilleur coefficient de corrélation égale à 0.99812 (Fig.III.9), ce qui montre que l'adsorption de l'inhibiteur à la surface de l'acier en milieu HCl obéit d'adsorption de Langmuir.

Le modèle d'isotherme d'adsorption de Langmuir suppose qu'il existe, à la surface, un nombre fixe de sites énergétiquement identique. Chacun des sites ne peut adsorber qu'une seule particule. De plus, le modèle suppose que les interactions entre particules adsorbées sont négligeables. Par conséquent, l'énergie d'adsorption est considérée comme constante.

Mécanisme d'adsorption :

L'énergie libre standard d'adsorption ΔG_{ads}° peut être calculée en utilisant la relation suivante :

$$K = \frac{1}{55.5} \exp\left(\frac{-\Delta G_{ads}^{\circ}}{RT}\right) \quad (\text{III.11})$$

R : Constante des gaz parfaits (=8.31JK⁻¹mol⁻¹).

T : Température en kelvin.

La valeur 55.5 est la concentration de l'eau en solution (mol.l^{-1}),

Les valeurs K et ΔG_{ads}° déterminées sont rassemblées dans le tableau.

Tableau III.7 : Energies standards d'adsorption.

$C(\text{g/l})$	$K_{ads}(\text{l/mol})$	$\Delta G_{ads}^{\circ}(\text{KJ/mol})$
0.166	31.3009881	-26.064113
0.332	41.3071269	-19.482277
0.5	27.002385	-18.41188

Les valeurs négatives de ΔG_{ads}° indiquent la spontanéité du processus d'adsorption et la couche adsorbée sur la surfaces métallique. Généralement, les valeurs de ΔG_{ads}° voisines de -20Kj.mol^{-1} ou moins négatives sont liées à des interactions électrostatiques entre les molécules chargées et le métal chargé (adsorption physique), alors que celles proches de -40Kj.mol^{-1} ou plus négatives impliquent un transfert de charges entre les molécules organiques et la surface métalliques (adsorption chimiques). Selon les valeurs de ΔG_{ads}° obtenues nous pouvons faire le remarque suivante :

Les valeurs de ΔG_{ads}° sont proches de -20Kj.mol^{-1} , indiquant que notre inhibiteur est physisorbé sur la surface métalliques.

Les valeurs négatives de ΔG_{ads}° sont proches de -20KJ.mol^{-1} ce qui indique que l'adsorption de la **pelure d'oignon** à la surface d'acier est une adsorption physique

III.2.3.3. Les paramètres thermodynamiques d'adsorption:

La variation de l'énergie libre standard d'adsorption ΔG_{ads}° obtenues en fonction de la température (figure III.15). Nous permet de calculer l'enthalpie standard d'adsorption ΔH_{ads}° et l'entropie standard d'adsorption ΔS_{ads}° par l'équation de Gibbs suivant :

$$\Delta G_{ads}^{\circ} = \Delta H_{ads}^{\circ} - T\Delta S_{ads}^{\circ} \quad (\text{III.12})$$

L'évolution de ΔG_{ads}° en fonction de la température est linéaire indiquant la bonne corrélation les paramètres thermodynamiques (Fig.III.15). Les données thermodynamiques obtenues pour l'inhibiteur, en utilisant l'isotherme d'adsorption sont données dans le tableau III.8.

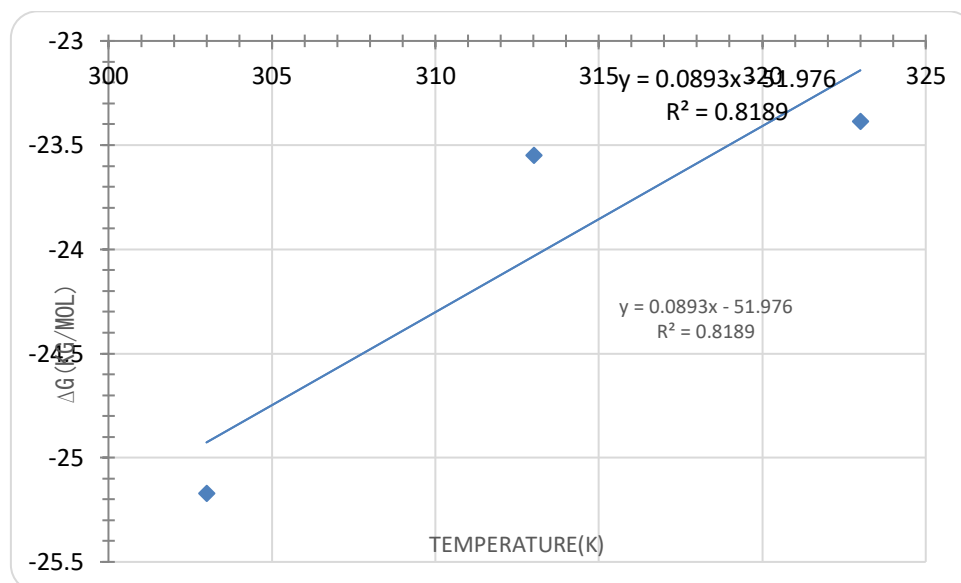


Fig.III.15 : Variation de ΔG_{ads}° en fonction de la température.

Tableau III.8. Paramètres thermodynamiques d'adsorption de l'inhibiteur à différentes températures.

Température (K)	K(l/g)	ΔG_{ads}° (KJ/mol)	ΔH_{ads}° (KJ/mol)	ΔS_{ads}° (J/mol.K)
303	21.9356312	-25.1688949	-51.97	-89.25303
313	8.55044919	-23.549047		
323	6.0738321	-23.3834561		

Nous remarquons que :

Les valeurs de K_{ads} qui sont regroupées dans le tableau diminuent en fonction de la température.

Les valeurs de ΔG_{ads}° diminuent avec l'augmentation de la température indiquant que l'adsorption d'inhibiteurs est plus spontanée lorsque la température augmente (Fig.III.15).

Les valeurs des paramètres thermodynamiques d'adsorption, peuvent fournir des informations sur le mécanisme d'inhibition de la corrosion. Un processus endothermique d'adsorption ($\Delta H_{ads}^{\circ} > 0$) est attribué à la chimisorption, un processus exothermique d'adsorption ($\Delta H_{ads}^{\circ} < 0$) peut impliquer l'adsorption physique et/ou la chimisorption, dans notre cas la valeur calculée de ΔH_{ads}° est négative, indiquant que l'inhibiteur est physisorbé sur la surface métallique.

La valeur de ΔS_{ads}° est également négative traduisant une diminution du désordre à l'interface métal-solution.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce travail a été effectué pour étudier le pouvoir des pelures d'oignon comme un inhibiteur organique à la corrosion d'acier 45%C dans un milieu acide de chlorhydrique (HCl 0.5M)

A cette fin, nous avons utilisé la technique de la masse perdue pour calculer le taux de corrosion et l'efficacité de ce composé organique à la protection de l'acier tout en modifiant certains paramètres comme : la concentration, la température et la durée d'immersion.

Les résultats obtenues permet nous a conclure :

- Les pelures d'oignon agissent bien comme un inhibiteur de corrosion parce que nous marquons une diminution de taux de corrosion en leur présence par rapport à leur absence.
- La concentration de l'inhibiteur dans le milieu corrosif a un effet positif, ou l'efficacité inhibitrice augmente en augmentant de la concentration, au contraire de la température puisque l'efficacité prend des valeurs faibles lorsque la température élève.
- Le fonctionnement de ce type d'inhibiteur se base au le processus d'adsorption des molécules de composé organique sur la surface de métal, et les valeurs obtenues du les énergies d'activation montre que ce processus s'agit une adsorption physique.
- Les valeurs négatives de indiquent la spontanéité du processus d'adsorption et la stabilité de la couche adsorbée sur la surface métallique.
- Les données thermodynamique de processus d'adsorption (les valeurs négatives de l'enthalpie ΔH_{ads} et l'entropie ΔS_{ads}) montrent la physisorption de l'inhibiteur sur la surface de l'acier.
- En étudiant les courbes d'isotherme d'adsorption, il s'avère que l'adsorption des molécules d'extrait d'oignon suit le modèle de Langmuir.

En bref, l'extrait d'oignon peut être considéré comme une alternative aux inhibiteurs chimiques de corrosion qui sont habituellement toxiques et nocifs pour l'environnement.

Bibliographie

Bibliographie

- [1]: F.Kaoudj,H.Zioui Propriétés inhibitrices de l'extrait de la plante d'ortie vis-à-vis de la corrosion de l'acier XC38 en milieu H_2SO_4 , Mémoire de Master, Université de A.M.Oulhadj-Bouira, 2019.
- [2] : S.Ouchenane," Influence des inhibiteurs sur la corrosion de l'acier A37 dans différents milieux et leurs effets biocides sur E.coli", Université Badji Mokhtar-Annaba, 2013.
- [3] : H.Marmi, "Amélioration de la résistance à la corrosion électrochimique des aciers par utilisation des inhibiteurs", Thèse de Doctorat , Université Mohamed Khider-Biskra 2017.
- [4]: C.Harik, "Effet inhibiteur de tensioactif anionique synthétisé à partir de gasoil algérien sur la corrosion de l'acier doux", Mémoire de Master, Université de Blida, 2017.
- [5] : S.Saadoune," Synthèse et caractérisation d'inhibiteurs bi-fonctionnels: application à la corrosion des aciers de construction", Mémoire de Magister, Université Ferhat Abbas-Setif,2010.
- [6]: M.Hamani, "Etude de l'efficacité de l'inhibition de corrosion d'un acier au carbone dans HCl 1M", Mémoire de Master, Université de Mohamed Boudiaf-Mesila, 2019.
- [7]: Y.M.D.Abreu De Gonzales," Etude de l'inhibition de la corrosion d'un acier au carbone par l'association d'un sel de zinc et d'un acide phosphorique ; exploitation couplée des données électrochimique et des analyses de surface" ,Thèse de doctorat, I.N.P. de Toulouse, France (1995).
- [8]: N.Akilal," étude de la corrosion de la soudure de l'acier A33 utilisé en construction navale", Mémoire de Magister, Université de Bejaia, 2004.
- [9]: I.Khalfaoui, "Etude de l'efficacité d'inhibiteurs de corrosion organique en milieu HCl ", Mémoire de Master , Université de Biskra,2019.
- [10]: H.El bakouri." Etude de l'inhibition de la corrosion de l'acier doux au carbone en milieu acide orthophosphorique par un antibiotique organique".Mémoire pour du DESA.Université Mohammed 1-oujde.
- [11] : B.Mezhoud, "Synthese des inhibiteurs contre la corrosion des aciers", Mémoire de Magister, Université de Constantine, 2011.

Bibliographie

[12] : O.Sebouai, S.Benmesmoudi, "Étude comparative de l'inhibition de corrosion d'un acier par deux types de produits chimiques par la method de perte de masse: influence de la temperature", Mémoire de Master , Université de Tlemcen, 2017.

[13]: S.Bouakkaz, "Etude de l'inhibiteur de dérivés de dihydropyrimidionone vis-à-vis la corrosion de l'acier XC18 en milieu d'acide chlorhydrique 0.5N ", Mémoire de Master , Université de Ziane Achour Djelfa, 2014.

[14] : K.Soudaki. "Emploi de l'histidine, un produit ami de l'environnement, contre la corrosion d'un acier au carbone en milieu NaCl 3%", Mémoire de Master, Université de Blida,2011.

[15] : A.Belloufi," Comportement à la corrosion d'un acier deux, dans un milieu à différents pH, en présence de $ZnCl_2$ ",Mémoire de Magister, Université Hadj Lakhdar de Batna,2010.

[16] : M.Henriquez De Gonzalez , "Etude dun traitement multifonction vert pour la protection contre la corrosion de l'acier au carbone API 5L-X65 en milieu CO_2 ", Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse,2011.

[17] : A.Bensaha, "etude dinhibition de la corrosion du fer en milieu acide par l'extrait de periploca", Mémoire de Master, Université de Ghardaia, 2020.

[18] : Hayet Brahim Ladouani, "Inhibition de la corrosion du cuivre en milieu acide par les dérivés de dithioacétal de cétène", Mémoire de Magistère, Université Mentouri de Constantine 2011, p 10,11.

[19] : M.Benarioua, "Inhibition de la corrosion d'un acier ordinaire par les chromates et les molybdates", Mémoire de Magistère, Université de Batna, 2013.

[20] : Pascale Bommersbach, thèse de doctorat," Evolution des propriétés d'un film inhibiteur de corrosion sous l'influence de la température et des conditions hydrodynamiques", Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 2005.

[21] : H.Messaoudi," nouvelle voie d'inhibition de la corrosion du cuivre par la caféine : corrélation entre la simulation par la DFT et l'étude expérimentale", Mémoire de Magistère, Université de Skikda, 2014.

[22]: Dj.Daoud, thèse de doctorat,"étude du pouvoir complexant et inhibiteur nouveaux ligands bases de schiff ", Université Ferhat Abbas Sétif,2016.

Bibliographie

- [23] : A.Gacem,A.Saoud, " Etude de l'efficacité de l'inhibiteur organique(Racines du chêne) sur la corrosion de l'acier en milieu acide" , Mémoire de Master, Université Med Khider Biskra ,2019.
- [24] : P.Bommersbach, thèse de doctorat, école doctorale de l'INSA de Lyon(2005).
- [25] : L.Lavigne, " Evaluation d'essais de corrosion réalisés en laboratoire et dans épurateur humide ",Mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en ressources et systemes.1991.
- [26] : H.B.Ouici, O.Benali, Y.Harek, L.Larabi, C.Selles, "Inhibition de la corrosion d'un acier doux par le 5-(3-methoxyphenyl)-1.2.4-triazole 3-thione mptt dans une solution d'acide chlorhydrique",3^éme conférence international sur le soudage, le CND et l'industrie des matériaux et alliages, oran,2012,94.
- [27] : S.H Alrefae, K.Y Rhee, C.Verma et al," Challenges and advantages of using plant extract as inhibitors in modern corrosion inhibition systems: Recent advancements ", Journal of Molecular Liquids,321(2021),4.
- [28] : M.C.Nebbar, "Etude de la tenue à corrosion de l'acier N80 et évaluation de l'efficacité d'un inhibiteur de corrosion ", Mémoire de magistère, année universitaire : 2009/2010.
- [29] : S.Chen,S.Chen,B.Zhu et al," Magnolia grandiflora leaves extract as a novel environmentally friendly inhibitor for Q235 steel corrosion in 1 HCl : Combining experimental and theorecal researches" ,Journal of Molecular liquids,311(2020),5.
- [30] : M.R. Laamri, J.Benzakeur, F.Berrekhis et al, " Adsorption and corrosion inhibition of carbon teel hydrochloric acid medium by hexamethylenediamine tetra(methylene phosphonic acid)" ,Arabian Journal of Chemistry,(2016)9,S245-S251, 247-248.
- [31] : M. Mobin,M. Basik,J. Aslam, "Pineapple stem extract (Bromelain) as an environmental friendly novel corrosion inhibitor for low carbon steel in 1 M HCl " , Measurement,134(2009),600.
- [32] : W. Durnie, R. Marco, A. Jefferson, B. Kinsella, J. Electrochem. Soc. 146 (1999) .
- [33]: M. A. Hegazy, A. M. Hasan, M. M. Emara, M. F. Bakr A. H. Youssef, Corrosion Science, (2012). 65: p. 67-76.

Bibliographie

[34]: F. Bentiss, M. Lebrini, M. Lagrenée, Corros. Sci., 47, 2915 (2005).

[35] : M. Dahmani, A. Et-Touhami, S. Al-Deyab, B. Hammouti, A. Bouyanzer, Int. J. Electrochem. Sci., 5 (2010) 1060-1069.

Résumé : Ce travail vise à étudier l'efficacité de l'inhibiteur végétale des pelures d'oignon sur la corrosion de l'acier C45 dans un milieu acide (HCl 0.5M), en utilisant la technique de la masse perdue pour calculer le taux de corrosion et l'efficacité inhibitrice lors du changement des paramètres qui peuvent avoir une incidence sur ce processus, comme la concentration, la température et le temps d'immersion. Les résultats obtenus reflètent l'efficacité élevée de l'extrait de pelures d'oignon jusqu'à 93.2. D'autre part, l'efficacité inhibitrice est augmentée en augmentant la concentration de l'inhibiteur dans la solution électrolytique, et l'augmentation de la température la réduit. La protection de l'acier est ici liée à l'adsorption des molécules organiques sur la surface métallique où les valeurs des paramètres thermodynamiques démontrent que cette adsorption s'agit d'une physisorption et suit le modèle de Langmuir.

Mots clés : acier C45, corrosion, inhibiteurs, extrait de pelures d'oignon, adsorption.

Abstract : The objective of this work is to study the efficiency of the plant inhibitor of onion crusts on the corrosion of C45 steel in acid medium (HCl 0.5M), using lost mass technology to calculate corrosion rate and inhibitory effectiveness when changing parameters that may have an impact on this process such concentration, temperature and immersion time. The results obtained reflect the high efficiency of the onion peels extract up to 93.2 %. In the other hand, the inhibitory effectiveness is increased by increasing the concentration of the inhibitor in the electrolyte solution , and the temperature increase reduces it. The protection of steel here is related to the adsorption of the inhibitor molecules on the surface of the metal where the values of thermodynamic parameters demonstrated that this adsorption is a physical adsorption and it pursues Langmuir model

Keywords : Steel C45, corrosion, inhibitors, onion peel extract, adsorption.

المخلص : يهدف هذا العمل الى دراسة كفاءة المثبط النباتي لمستخلص قشور البصل على تآكل الفولاذ C45 في وسط حمضي (HCl 0.5 M) ، و ذلك باستخدام تقنية الكتلة الضائعة لحساب معدل التآكل و الفعالية التثبيطية عند تغيير بارامترات قد يكون لها تأثير على هذه العملية كالتركيز ، درجة الحرارة و زمن الانغماس. حيث أن النتائج المتحصل عليها تعكس كفاءة عالية لمستخلص قشور البصل تصل الى % 93.20 ، من جهة أخرى نجد أن الفعالية التثبيطية تزداد بزيادة تركيز المثبط في المحلول الالكتروليتي و يؤدي ارتفاع درجة الحرارة الى نقصانها. و ترتبط حماية الفولاذ هنا بحدوث عملية امتزاز لجزيئات المثبط على سطح المعدن حيث أثبتت قيم المعاملات الترموديناميكية أن هذا الامتزاز فيزيائي و يكون وفق نموذج لونغمير.

الكلمات المفتاحية: الفولاذ C45، التآكل ، المثبطات، مستخلص قشور البصل، امتزاز.