

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE ZIANE ACHOUR DE DJELFA
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE



Département des Sciences de la Matière

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

Master académique

Spécialité : **Chimie Organique**

Par : **ASSIA GHAFARI**

Etude de l'efficacité inhibitrice de tétra(2-hydroxy-3(méthcryloyloxy)propyl benzène-1,2,4,5-tétracarboxylate (HMBC) vis-à-vis de la corrosion du cuivre en milieu d'acide chlorhydrique HCl 0.5N

Soutenu le : 26 novembre 2015

Devant le jury :

Mme. D. BELKHEIRI	Maitre de conférences « B »	Université de Djelfa	Présidente
M. A. DJEMOUI	Maitre assistant « A »	Université de Djelfa	Examineur
M. A. SOUADIA	Maitre assistant « B »	Université de Djelfa	Examineur
M. L. SOULI	Maitre de conférences « B »	Université de Djelfa	Rapporteur

Remerciements

Remerciements

*Je tiens tout d'abord à remercier **Dieu**, le tout puissant, qui m'a donné la santé et la volonté pour compléter ce modeste travail.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à mon promoteur, **Dr. Lehecene SOULI** pour sa disponibilité et de m'avoir fait profiter de ses qualités aussi bien sur le plan scientifique que sur le plan humain. Un grand merci pour son travail sérieux, sa patience et son aide.*

Mes remerciements vont également aux membres du jury d'avoir accepté de lire et d'évaluer mon travail.

*Je remercie vivement **Dr. Daouia BELKHEIRI**, enseignante à l'Université Ziane Achour de Djelfa pour l'honneur qu'elle me fait en présidant ce jury.*

J'exprime mes plus sincères remerciements aux autres membres du jury qui ont accepté de juger ce travail :

***M. Amar DJEMOUI** Maître assistant « A » à l'Université Ziane Achour, Djelfa,*

***M. Ahmed SOUADIA** Maître assistant « B » à l'Université Ziane Achour, Djelfa.*

J'exprime mes remerciements à tous les professeurs qui m'ont encadrée pendant mon cursus universitaire sans oublier les responsables du Laboratoire de chimie organique.

Enfin Je remercie tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est Sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite
.....À ma mère.*

À mon cher père qui m'a transmis la vie, l'amour et le courage.

À toute ma famille et à tous mes relatifs,

A mes meilleurs amis (es) qui ont partagés avec moi les bons et les mauvais moments durant mes études

SOMMAIRE

	Page
INTRODUCTION GENERAL	1
PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
CHAPITRE I : Etude de la corrosion	
Partie I : Généralités sur la corrosion	
I.1. Généralités sur la corrosion.....	2
I.1.1. Introduction.....	2
I.1.2. Définition de la corrosion.....	2
I.1.3. Réaction de corrosion.....	2
I.1.4. Différents modes de corrosion.....	3
I.1.4.1. Corrosion chimique.....	3
I.1.4.2. Corrosion électrochimique.....	3
I.1.5. Morphologie de la corrosion.....	4
I.1.5.1. Corrosion uniforme ou généralisée.....	4
I.1.5.2. Corrosion localisée.....	4
I.1.7. Cinétique électrochimique (vitesse de corrosion).....	5
I.1.7.1. Surtensions (relation de Tafel).....	5
I.1.8. Isotherme d'adsorption	6
Partie II : Le cuivre et ses alliages	
I.2. Le cuivre et ses alliages.....	8
I.2.1. Définition de cuivre.....	8
I.2.2. Propriétés de cuivre.....	8
I.2.3. Alliages du cuivre.....	9
I.2.3.1. Laitons.....	9
I.2.3.2. Bronzes.....	9
I.2.3.3. Cupro-aluminium, cupro-nickel, maillechorts.....	9
I.2.4. Domaines d'application.....	9

I.2.5. Différentes formes de corrosion.....	10
I.2.5.1. Corrosion-érosion.....	11
I.2.5.2. Dézincification des laitons, désaluminisation et dénickelisation.....	12
I.2.5.3. Corrosion sous contrainte (ou sous tension).....	12
Références bibliographiques.....	13

CHAPITRE II : Inhibiteurs de corrosion

II.1. Introduction.....	15
II.2. Définition.....	15
II.3. Propriétés des inhibiteurs de corrosion.....	15
II.4. Généralités sur l'utilisation des inhibiteurs de corrosion.....	15
II.4.1. Conditions d'utilisation des inhibiteurs	15
II.4.2. Fonctions essentielles.....	15
II.5. Classes des inhibiteurs.....	16
II.6. Inhibiteurs de corrosion.....	16
II.6.1. composés organiques.....	16
II.6.1. Polymères et copolymères.....	18
II.7. Mécanismes d'action électrochimique.....	20
II.8. Pouvoir protecteur des films formes.....	20
Conclusion.....	21
Références bibliographiques.....	22

PARTIE II : ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE III : Méthodes et techniques expérimentales

III.1. Introduction.....	24
III.2. Etude de l'efficacité inhibitrice de HMBC vis-à-vis de la corrosion du cuivre en milieu d'acide chlorhydrique	24
III.2.1. Macromonomère (HMBC) testé à l'inhibition de corrosion du cuivre.....	24
III.2.2. Préparation des échantillons.....	25
III.2.3. Préparation des solutions.....	25

III.2.3.1. Préparation d'une solution d'acide chlorhydrique.....	25
III.2.3.2. Préparation des solutions inhibitrices	25
III.2.4.3. Préparation de l'électrode de travail.....	26
III.3. Etude de l'effet inhibiteur du HMBC sur la corrosion du cuivre.....	26
III.3.1. Etude par perte de masse.....	26
III.3. 2. Etudes par voie électrochimiques.....	27
III. 3. 2.1. Dispositif expérimental pour l'étude électrochimique.....	27
III.4. Etude de l'isotherme d'adsorption de l'inhibiteur HMBC.....	28
III.5. Etude de l'influence de la température.....	29

CHAPITRE IV : Résultats et discussion

IV.1. Introduction.....	30
IV.2. Etude de la corrosion par la méthode gravimétrique.....	30
IV.2.1. Effet de la concentration.....	30
IV.2.2. Isotherme d'adsorption.....	32
IV.3. Etude électrochimique (potentiostatique) de la corrosion du cuivre.....	33
IV.3.1. Trace de courbe de l'efficacité inhibitrice en fonction de concentration de l'inhibiteur.....	35
IV.3.2. Isotherme d'adsorption.....	35
IV.3.3. Effet de La température.....	36
IV.5. Conclusion.....	38
CONCLUSION GENERAL	40

RESUME

LIST DES FIGURES

Figure I.1: Etapes réactionnelles lors de la corrosion d'un métal en milieu liquide.....	4
Figure I.2: Corrosion localisée (a) et Corrosion uniforme (b) d'un métal.....	5
Figure I.3: Courbes de polarisation en coordonnées semi-logarithmique et droites de Tafel d'un système redox à l'équilibre en l'absence d'une limitation par le transport de matière.....	6
Figure I.4: Consommation industrielle mondiale du cuivre.....	10
Figure I.5: Diagramme de Pourbaix pour le cuivre à 25°C. Les droites (a) et (b) délimitent le domaine de stabilité de l'eau.....	11
Figure II.1: Représentation schématique des modes d'adsorption de molécules organiques inhibitrices sur une surface métallique.....	17
Figure II.2: Structure moléculaire de tensio-actif.....	17
Figure II.3: Structure chimique de poly (aminoquinone).....	18
Figure II.4 : Structure chimique de poly (thioure-formaldéhyde).....	19
Figure II.5: Structure chimique de poly (4-vinylpyridine isopentyl bromide).....	19
Figure II. 6: Structure chimique de poly (N-vinylcarbazole-co-glycidyle méthacrylate).....	19
Figure II.7: Formation des couches barrières a) cathodiques et b) anodiques interférant.....	20
Figure III.1: Structure de tétra (2-hydroxy-3-(méthacryloyloxy)propyl) benzene-1,2,4,5-tetracarboxylate (HMBC).....	24
Figure III.2: Echantillon de cuivre utilisée dans la technique perte de mass.....	25
Figure III.3: Electrode de travail (cuivre).....	26
Figure III.4: Cellule électrochimique en verre pyrex a trois électrodes.....	28
Figure III.5: Schéma représente l'instrument électrochimique PGP201 Potentiostat.....	28
Figure IV.1: Evolution de la perte de masse en fonction de la concentration de tétra (2-hydroxy-3-(methacryloyloxy)propyl) benzene-1, 2, 4,5-tetracarboxylate dans une solution de 0,5N HCl à 20°C.....	31

Figure IV.2: Evolution de l'efficacité inhibitrice en fonction de la concentration de tétra (2-hydroxy-3-(methacryloyloxy)propyl) benzene-1, 2, 4,5-tetracarboxylate dans une solution de 0,5N HCl à 20°C.....	31
Figure IV.3: Isotherme de Langmuir à l'adsorption de tétra(2-hydroxy(methacryloyloxy)propyl) benzène-1, 2, 4,5-tetracarboxylate à la surface de cylindre de cuivre en milieu HCl (0.5N).....	32
Figure IV.4: Superposition des courbes de polarisation de cuivre dans une solution de 0.5N HCl avec les différents concentrations.....	34
Figure IV.5: Courbe de l'efficacité inhibitrice en fonction de différentes concentrations en milieu 0.5N HCl.....	35
Figure IV.6: Isotherme de Langmuir à l'adsorption de l'inhibiteur tétra(2-hydroxy-3-(methacryloyloxy)propyl) benzene-1, 2, 4,5-tetracarboxylate à la surface de tige en milieu (0.5N) HCl.....	36
Figure IV.7: Superposition des courbes de polarisation de cuivre dans une solution de 0.5N HCl avec les températures 20°C, 35°C, 45°C a concentration 50ppm.....	37
Figure IV.8: Courbe de l'efficacité inhibitrice (%) a fonction de température à concentration 50ppm d'inhibiteur.....	38

LIST DES TABLEAUX

Tableau II. 1: Structure chimique des médicaments anti hypertensive.....	18
Tableau IV.1: Paramètres thermodynamique.....	32
Tableau IV.2: Paramètres de l'inhibition de la corrosion du cuivre par tétra (2-hydroxy-3-(methacryloyloxy)propyl) benzene-1, 2, 4,5-tetracarboxylate dans un solution de 0,5N HCl à 20°C.....	34
Tableau IV.3: Paramètres thermodynamique.....	36
Tableau IV.4: Paramètres Polarisation et le correspondent inhibiteur efficacité de corrosion cuivre 0.5 N HCl et différent température l'inhibiteur tétra (2-hydroxy-3 (methacryloyloxy) propyl) benzène-1, 2, 4,5-tetracarboxylate à 50ppm.....	37

LIST DES ABREVIATIONS

°C : Degré celsius.

% : Pourcentage.

Cu : cuivre.

T : température.

M : métal.

Mn⁺ : Ion métallique.

OX : Oxydant.

Red : Réducteur.

né : Nombres d'électrons échangés dans la réduction.

I : Intensité de courant.

E: potentiel.

I_{coor} : Densité de courant de corrosion.

I_{coor}^{inhib} : Densité de courant de corrosion en présence d'inhibiteur.

E_{coor} : potentiel de corrosion (mV).

R_p : Résistance de polarisation.

ppm : Particule par million.

Log : logarithme décimal.

Θ : Taux de recouvrement de la surface par l'inhibiteur.

C_i : Concentration de l'inhibiteur.

Δm₀ : La variation de la masse sans inhibiteur.

Δm : Variation de la masse avec inhibiteur.

m_0 : masse sans inhibiteur.

m : masse avec inhibiteur.

IE% : Efficacité de corrosion.

K : Constante d'équilibre de processus d'adsorption.

ΔG°_{ads} : Energie libre standard d'adsorption.

Poly (N-Vc-co-GMA): poly (N-vinylcarbazole-co-glycidyle méthacrylate).

HMBC : tétra (2-hydroxy-3-(méthacryloyloxy)propyl) benzene-1, 2, 4,5 tetracarboxylate.

NACE: National Association of Corrosion Engineers.

INTRUDUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

La majorité des métaux et des alliages placés dans différents environnements sont affectés par différentes formes de corrosion, à savoir la corrosion uniforme ou localisée. En effet, la corrosion est l'attaque destructive d'un métal par réaction chimique ou électrochimique avec son environnement.

Le cuivre et ses alliages sont très utilisés dans différents domaines de la vie. Lorsqu'il est exposé à l'atmosphère pendant de longues périodes. En réalité, la coloration est un produit de corrosion qui agit comme un film protecteur contre la corrosion.

L'adoption de mesures préventives contre la corrosion est donc nécessaire et l'utilisation des inhibiteurs est une méthode adaptée et pratique pour protéger les métaux. Elle consiste à utiliser des substances chimiques qui, lorsqu'elles sont ajoutées en faibles concentrations en présence d'un milieu agressif, peuvent réduire ou bien stopper la corrosion du métal exposé.

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'elles sont plus stables que les molécules inorganiques. En plus des principaux inhibiteurs inorganiques sont constitués des métaux lourds tels que les chromates, molybdates, phosphates, silicates et les nitrates et nitrite, tous présentent un côté néfaste pour l'environnement.

Notre travail consiste en l'étude de l'efficacité de tétra(2-hydroxy-3-(methacryloyloxy)propyl) benzène-1, 2, 4,5-tetracarboxylate vis-à-vis du cuivre immergé dans une solution de chlorhydrique HCl(0.5N) en utilisant deux technique différentes .

Le manuscrit est subdivisé en quatre chapitres :

Le premier chapitre est une étude bibliographique sur la corrosion et la protection du cuivre. Le deuxième chapitre est un concept des inhibiteurs de corrosion. Le troisième chapitre traite le procédé expérimental ainsi que les dispositifs expérimentaux utilisés pour la réalisation de ce mémoire. Les discussions sont regroupées dans le quatrième chapitre.

Aux termes de ce travail , nous tirons une conclusion générale.

PARTIE I

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I

Etude de la corrosion

Partie I

Généralités sur la corrosion

I.1.GENERALITES SUR LA CORROSION

I.1.1. Introduction

Le phénomène de corrosion est connu depuis longtemps, mais son étude scientifique a dû attendre les essais de la Rive, à l'université de Grenoble, et ceux de Faraday (1791-1867) sur l'électricité et la pile de courant en 1830. Ces chercheurs ont découvert que la corrosion des métaux était un phénomène électrochimique. Cependant, cette explication ne s'applique pas à toutes les formes de corrosion, ni à la compréhension de la corrosion humide.

Par exemple, la corrosion sèche fait intervenir la réaction chimique du milieu extérieur directement sur le matériau. Elle est typique de la corrosion par les gaz et se rencontre à haute température.

I.1.2. Définition de la corrosion

1- on peut dire qu'il n'existe pas une définition précise de la corrosion étant donnée la diversité des environnements rencontrés (aqueux, biologique, avec ou sans contrainte mécanique, etc.).

En général, la corrosion d'un métal est l'interaction entre ce métal et son environnement. Cette interaction conduit à une modification mesurable du matériau et de ses propriétés, et à une dégradation d'une propriété fonctionnelle du métal (propriété mécanique, esthétique, électrique, optique, etc.)^[1].

Un système élémentaire de corrosion est constitué du couple matériaux-environnement en contact duquel il évolue, et ce, dans des conditions physico-chimiques et mécaniques bien déterminées.

2- Ce phénomène, par lequel les métaux et alliages subissent de leur environnement une attaque (qui les fait retourner à l'état d'ion métallique, puis d'oxyde, de sulfures et est l'état qu'ils avaient sous leur forme originelle dans les minerais), se traduit par des réactions d'oxydoréduction : ^[5]



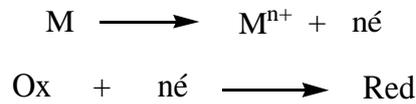
Où Ox et Red sont respectivement l'oxydant et le réducteur.

I.1.3. Réaction de corrosion

Les phénomènes de corrosion sont importants lorsque le métal est placé au contact d'une solution aqueuse. Cette corrosion humide est dans la plupart des cas de nature

électrochimique: elle se manifeste lorsque le métal et l'électrolyte sont en présence et qu'il existe une hétérogénéité soit dans le métal, soit dans la solution [5].

Elle résulte de l'établissement de courants locaux dus à l'existence de piles locales, la réduction cathodique et l'oxydation anodique étant localisées en deux zones distinctes:



Généralement :



Donc on peut dire que les phénomènes de corrosion dépendent du matériau et du milieu environnant.

I.1.4. Différents modes de corrosion

Les modes d'agressivité des matériaux métalliques sont regroupés en :

I.1.4.1. Corrosion chimique

C'est une réaction hétérogène entre une phase solide (le métal), et une phase liquide ou gazeuse.



Lorsque le réactif est gazeux, la corrosion est dite sèche. Si le réactif est liquide, il est en général, accompagné d'une corrosion électrochimique.

Donc on peut dire que la corrosion chimique est l'attaque du métal par son environnement. Elle est généralement rencontrée dans les industries produisant ou utilisant les acides [2].

I.1.4.2. Corrosion électrochimique

La corrosion électrochimique est essentiellement l'oxydation d'un métal sous forme d'ions ou d'oxydes. Elle se produit par des transferts électroniques entre un métal et une solution électrolytique à son contact (circulation d'un courant électrique). Elle nécessite la présence d'un réducteur ; H_2O , H_2 Sans celui-ci, la corrosion du métal (réaction anodique) ne peut se produire.

Dans la corrosion électrochimique la réaction cathodique et la réaction anodique sont indissociables. Elles se produisent simultanément [6].

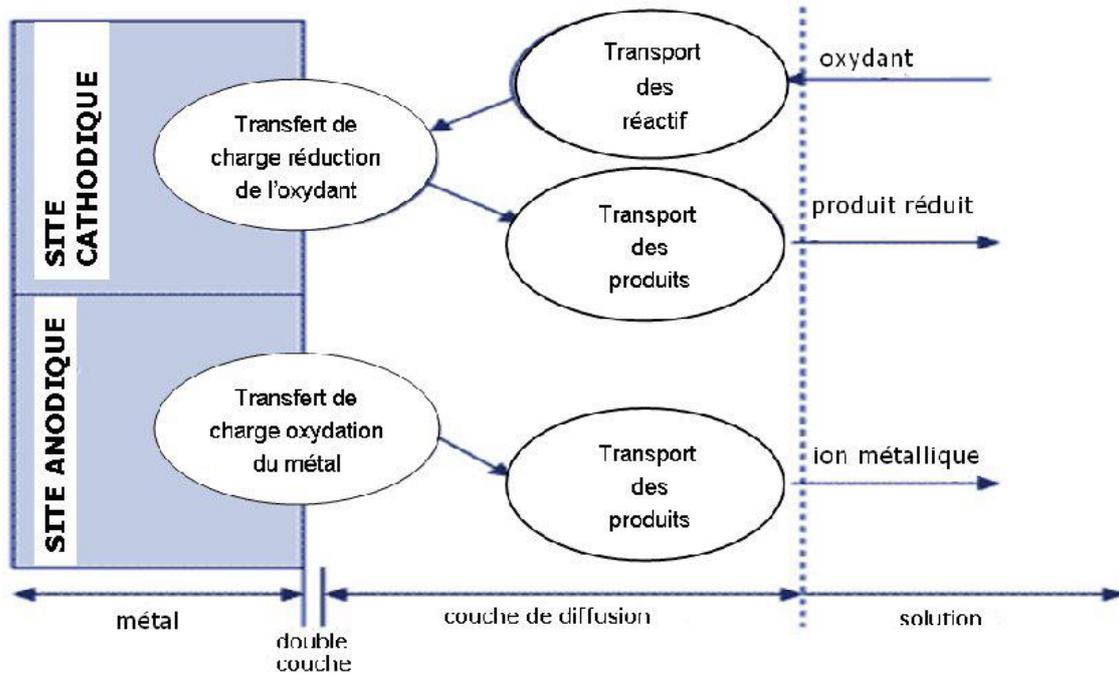


Figure I.1. Etapes réactionnelles lors de la corrosion d'un métal en milieu liquide.

I.1.4. Morphologie de la corrosion

En tenant compte de la forme et des sites de l'attaque, les principaux types de corrosion sont regroupés en deux grandes familles : la corrosion généralisée et la corrosion Localisée [2, 3, 4].

I.1.4.1. Corrosion uniforme ou généralisée

C'est la forme la plus classique. Elle se manifeste avec la même vitesse et se traduit par une dissolution uniforme due à une réaction chimique ou électrochimique sur toute la surface du métal. Les surfaces anodiques et cathodiques se déplacent en contact avec l'agent agressif. Elle se traduit par une diminution d'épaisseur par unité de temps ou par perte en poids par unité de surface, et par unité de temps [7].

$$\text{Taux de corrosion} = \frac{\text{Masse perdue en g) pendant (t) heures} \times 8750}{\text{Surface en mm}^2 \text{ du métal} \times (\text{densité}) \times \text{temps en heures}}$$

I.1.4.2. Corrosion localisée

La corrosion localisée découle toujours de la corrosion uniforme, par couplage galvanique entre les zones hétérogènes. Il suffit alors d'une petite anode et d'une grande cathode pour générer des vitesses de pénétration locales très importantes. Ces hétérogénéités locales peuvent être préexistantes dans le métal ou dans le milieu corrosif.

Contrairement à la corrosion uniforme [3], on distingue clairement les endroits anodiques et cathodiques **figure I.2**.

Ce type de corrosion ne peut être mesuré par la perte de poids ou de la diminution de l'épaisseur. Pour ce faire, on doit réaliser des observations métallographiques, et des mesures électrochimiques.

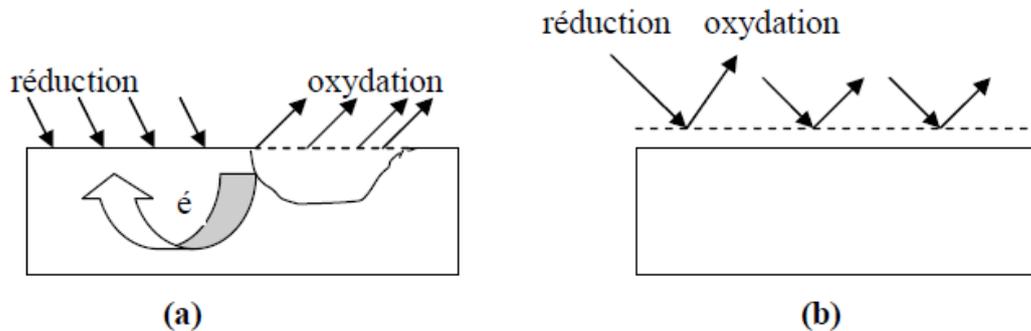


Figure I.2: Corrosion localisée (a) et Corrosion uniforme (b) d'un métal [3]

I.1.5. Cinétique électrochimique (vitesse de corrosion)

I.1.5.1. Surtensions (relations de Tafel)

Dans le cas des fortes surtensions anodique (η_a) ou cathodique (η_c) (> 100 mV), l'un ou l'autre des courants anodique et cathodique de la relation de *Butler-Volmer* devient négligeable. Ceci est illustré par la figure I.3 qui représente la courbe de polarisation globale résultante de la somme des deux courbes élémentaires de polarisation (anodique et cathodique qui ne sont pas accessibles expérimentalement). Dans ce cas, on obtient après simplification de la relation de *Butler-volmer*, une relation linéaire entre la surtension d'électrode et le logarithme de la densité du courant mesuré, connue sous le nom de loi de Tafel :

$$\log i = a + \frac{\eta_i}{b_i}$$

(pour les branches anodique ($i=a$) et cathodique ($i=c$))

Où a est une constante. L'extrapolation, au potentiel de corrosion, de la droite de Tafel cathodique ou anodique (ou bien les deux) fournit le courant de corrosion (**Figure I.3**).

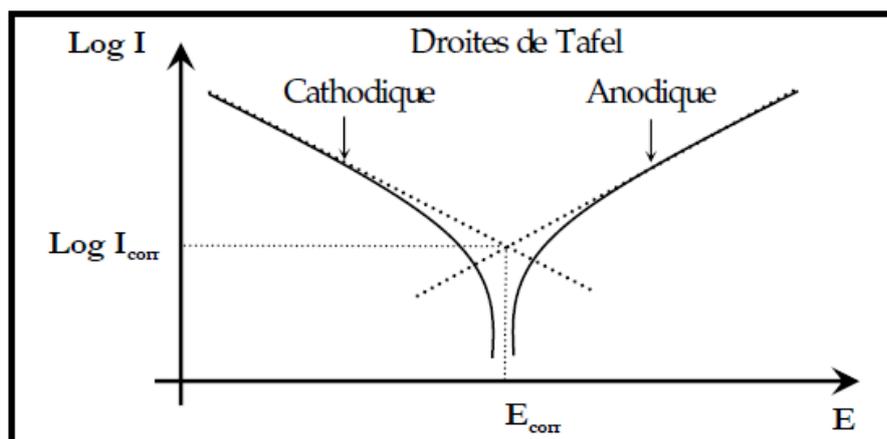


Figure 1.3 : Courbes de polarisation en coordonnées semi-logarithmique et droites de Tafel d'un système redox à l'équilibre en l'absence d'une limitation par le transport de matière ^[14].

Les réactions anodiques correspondent en termes de chimie à des oxydations, et les réactions cathodiques à des réductions.

I.1.6. Isotherme d'adsorption

Les inhibiteurs organiques agissent généralement par adsorption sur la surface du métal. La connaissance du type d'adsorption et la détermination des grandeurs thermodynamiques caractérisant cette adsorption aident souvent à élucider le mode d'action de ces inhibiteurs. Pour cela, la valeur du taux de recouvrement de la surface du métal par l'inhibiteur adsorbé (Θ) est définie par la relation suivante ^[15] :

$$\theta = \frac{E(\%)}{100}$$

(Θ) est utilisé pour déterminer l'isotherme correspondante au processus d'adsorption de la substance tensioactive synthétisée. Ainsi, différentes isothermes comprenant Langmuir, Temkin et Frumkin, ont été testées afin de trouver l'isotherme d'adsorption convenable. Selon ces isothermes, Θ est relié à la concentration en inhibiteur C par les équations suivantes :

- Isotherme d'adsorption de Langmuir

$$\frac{\theta}{1 - \theta} = KC$$

- Isotherme d'adsorption de Temkin

$$\exp(-\theta 2a) = KC$$

- Isotherme d'adsorption de Frumkin

$$\left(\frac{\theta}{1 - \theta}\right) \exp(-2a\theta) = KC$$

Où a est une constante d'interaction entre particules adsorbées, K est la constante d'équilibre du processus d'adsorption et C la concentration de l'inhibiteur.

Partie II

Le cuivre et ses alliages

I.2. LE CUIVRE ET SES ALLIAGES

I.2.1. Définition de cuivre

Le cuivre est un métal naturellement présent dans la croûte terrestre et est essentiel au développement de la vie. C'est le plus ancien métal de l'humanité. Le bronze (alliage cuivre-étain) dont l'origine remonte à environ 3 000 ans avant J.-C., puisque les Sumériens en disposaient. Ce dernier alliage a de telles propriétés (dureté, facilité de moulage, résistance à la corrosion), qu'il va tenir une place considérable dans l'Antiquité, en donnant son nom à toute une période de notre civilisation : l'Age du Bronze.

I.2.2. Propriétés du cuivre

- Symbole : Cu
- Densité : 8,92 kg/dm³
- Température de fusion : 1084°C
- Coefficient de dilatation : 1,7 mm/m pour 100 degrés avec l'or, le seul métal naturellement coloré. Le meilleur conducteur de l'électricité et de la chaleur après l'argent. Présence moyenne dans l'ensemble de l'écorce terrestre : 55 g à la tonne. Présence dans les organismes vivants : 1 à 10 milligrammes par kg ^[17].

Le cuivre a des propriétés remarquables extrêmement nombreuses ; il a donc été utilisé dans l'habitat de tout temps :

- Un excellent conducteur électrique
- Un excellent conducteur thermique
- Résistant à la corrosion
- Antibactérien
- Facile à assembler
- Ductile
- Solide
- Amagnétique
- Une couleur attrayante
- Facile à allier
- Recyclable
- Catalytique

La caractéristique essentielle du cuivre est sa qualité de bon conducteur de l'électricité.

La conductibilité électrique du cuivre a été prise comme référence par la Commission Electrotechnique Internationale en 1913 et la résistivité du cuivre, d'une valeur de 1,724 microhm. cm à l'état recuit, est l'étalon de cette mesure ^[8].

I.2.3. Alliages du cuivre

La plupart des éléments sont solubles dans le cuivre et peuvent constituer avec lui des alliages dont certains ont des applications d'un intérêt considérable. Le cuivre n'a pas en lui-même une grande aptitude à être usiné. En revanche, certains de ses alliages, et tout particulièrement le laiton ont d'excellentes capacités d'usinabilité et notamment aux grandes vitesses. De nombreux alliages de cuivre d'intérêt technologique existent, Les grandes familles de ces alliages sont:

I.2.3.1. Laitons

Ce sont des alliages à base de cuivre et de zinc, contenant entre 5 et 45 % de ce dernier. On peut trouver d'autres éléments d'addition qui visent à lui conférer certaines propriétés particulières. L'élément d'addition le plus courant est le plomb ^[16].

I.2.3.2. Bronzes ^[9].

Les bronzes sont essentiellement des alliages de cuivre et d'étain, bien que le terme bronze soit appliqué parfois, mais improprement, à d'autres alliages cuivreux.

La teneur en étain des alliages industriels est comprise entre 3 et 20 %. Aux teneurs plus élevées, les bronzes deviennent de plus en plus fragiles et sont alors réservés à des emplois très particuliers, comme la fabrication des cloches par exemple, qui contiennent 20 à 25 % d'étain.

I.2.3.3. Cupro-aluminiums, cupro-nickels, maillechorts

Les cupro-aluminiums contiennent de 4 à 15 % environ d'aluminium avec addition simultanée ou non de fer, nickel ou manganèse, à des teneurs maximales pour chacun de ces éléments de l'ordre de 5 %. Le cuivre et le nickel sont mutuellement solubles en toutes proportions, de sorte que tous les alliages composés de ces deux éléments sont utilisables ^[10]. Les maillechorts sont des alliages de cuivre, de nickel et de zinc. Leurs propriétés générales sont intermédiaires entre celles des laitons et celles des cupro-nickels ^[9].

I.2.4. Domaines d'application

Le domaine d'application des alliages de cuivre et en particulier du laiton est immense. Le cuivre et ses alliages ne sont pas attaqués par l'eau ni par un grand nombre de produits

chimiques. On met cette propriété à profit pour faire des tuyaux en cuivre ou des récipients et conteneurs pour de nombreuses industries.

La robinetterie est en laiton ou en bronze. Les toitures en cuivre défient le temps.

Lorsque le cuivre doit évoluer en milieu marin, on l'allie généralement à l'aluminium ou au nickel pour lui donner une bonne résistance à l'agression de l'eau de mer. Les pompes et canalisations d'eau de mer, dont les débits atteignent parfois plusieurs m^3 par seconde, utilisées sur les plates-formes pétrolières off-shore, à bord des navires, dans les centrales électriques du bord de mer, sont exclusivement en alliages cupro-aluminium ou en cupro-nickel.

Le cuivre est amagnétique. Cette propriété lui vaut des nombreuses applications, en tout premier lieu dans l'horlogerie, mais aussi dans la construction électrique et électronique, et dans l'armement (dragueurs de mines). Les bronzes sont désignés naturellement pour la fabrication de tous les ressorts, bagues, rondelles et contacts pour les industries mécaniques, électriques ou électronique.

Il n'est dès lors pas surprenant que l'on puisse retrouver le cuivre dans un grand nombre d'applications et dans de nombreuses industries différentes. Parmi celles-ci, nous pouvons citer les télécommunications, l'architecture, les énergies dites classiques, le sanitaire, le chauffage, le transport et bien sûr, les énergies renouvelables ^[17].

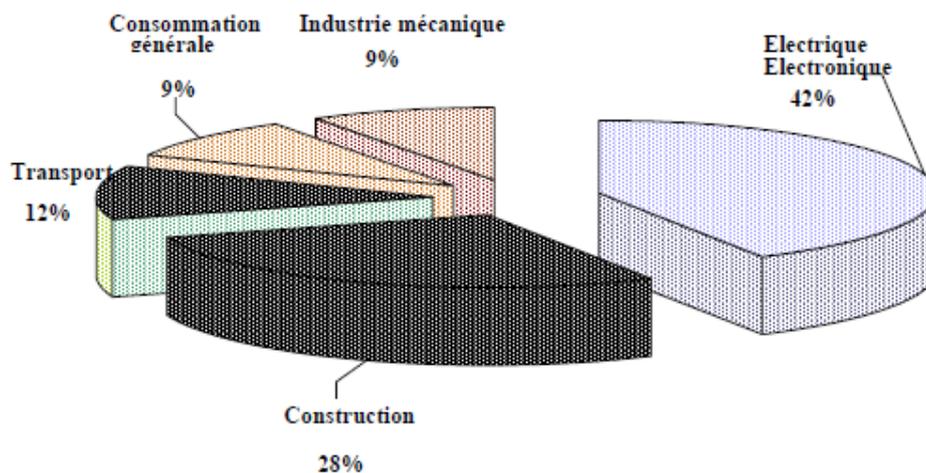


Figure I.4. Consommation industrielle mondiale du cuivre ^[11].

I.2.5. Différentes formes de corrosion

Le cuivre et ses alliages sont plus nobles que la plupart des autres métaux vis-à-vis des eaux. De ce fait, le cuivre est par nature peu réactif. Il ne peut réduire les protons de l'eau, et ne se corrode donc en principe que dans les eaux aérées, la réaction cathodique étant

alors la réduction en ions OH^- de l'oxygène dissous. Lorsqu'il est exposé à l'atmosphère pendant de longues périodes, le cuivre va former une coloration à la surface connue comme patine. En réalité, la coloration est un produit de corrosion qui agit comme un film protecteur contre la corrosion. Lors de la première forme, la patine présente une couleur sombre qui se transforme progressivement en vert. Le temps nécessaire pour former la patine dépend de l'atmosphère, car la coloration est donnée par des composés d'hydroxyde de cuivre. Dans une atmosphère marine, le composé est un mélange de cuivre / hydroxyde / chlorure; dans les atmosphères industrielles, elle est en cuivre / hydroxyde / sulfate. Ces composés se forment dans environ sept ans. Lorsqu'ils sont exposés dans une atmosphère rurale propre, la formation de patine peut prendre des dizaines ou des centaines d'années [12].

En pratique, le bon comportement du cuivre et de ses alliages dépendent, pour une part très importante, de la formation et de la bonne tenue de ce film continu et protecteur de produits insolubles de corrosion.

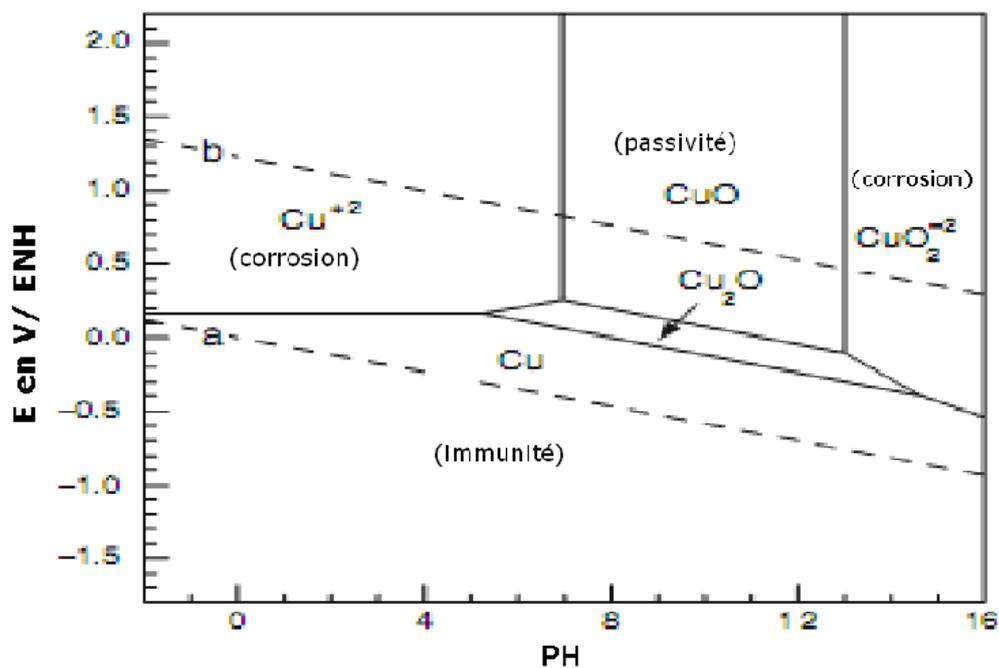


Figure I.5 : Diagramme de Pourbaix pour le cuivre à 25 °C. Les droites (a) et (b) délimitent le domaine de stabilité de l'eau [13].

I.2.5.1. Corrosion-érosion

Si la vitesse du liquide qui circule à l'intérieur d'un tube est trop élevée, soit d'une manière générale, soit localement par suite de turbulences, le film de produits de corrosion, film dont le rôle protecteur est essentiel, peut être arraché partiellement au fur et à mesure

de sa formation. Tel est aussi le cas si l'eau contient des particules abrasives en suspension (sable, etc.) ou même des bulles d'air.

Les parties de métal mises à nu sont alors anodiques par rapport aux parties recouvertes de leurs sels. Une corrosion de type électrochimique peut donc démarrer et se poursuivre puisque la vitesse excessive du liquide ne permet pas à la couche protectrice de se réparer.

I.2.5.2. Dézincification des laitons, désaluminisation et dénickelisation

Cette forme de corrosion est observée dans les alliages dans lequel un élément est nettement moins noble que l'autre. Le mécanisme de corrosion implique que l'élément le moins noble est retiré de la matière. Dans la dézincification du laiton, le zinc est éliminé de l'alliage et le cuivre demeure. Le dézingage est facile à démontrer après avoir nettoyé la surface, puisque les régions appauvri du Zn ont une couleur rouge caractéristique de cuivre, contrairement à l'original en laiton jaune [18].

I.2.5.3. Corrosion sous contrainte (ou sous tension)

Les contraintes peuvent être d'origine interne ou externe. Les contraintes internes sont celles qui résultent soit de la fabrication des produits, soit de leur façonnage ultérieur (par exemple cintrage). Les contraintes externes sont celles qui sont appliquées pendant le service, et peuvent être dues, par exemple, à un montage défectueux ou à des dilatations différentielles.

Ces tensions externes peuvent parfois aussi être périodiques lorsque l'appareil est le siège de vibrations, on parlera alors plutôt de fatigue sous corrosion [19].

Références bibliographiques

- [1] M. BENARIOUA, Mémoire de Magister, Inhibition de la corrosion d'un acier ordinaire par les chromates et les molybdates, Univ. Batna(2013).
- [2] Karima Rouibah, mémoire de magistère" Contribution à l'étude du comportement électrochimique du couple galvanique acier au carbone/anodes de zinc dans l'eau de mer naturelle", (2003).
- [3] D. Landolt, Corrosion et chimie de surface des matériaux, traité des matériaux 12, Edition Presses Polytechniques et universitaires Romandes, (1993).
- [4] J.J.Lamoureux, Précis de corrosion, édition Beau chemin, canada (1994).
- [5] R. MEHIBLE, Mémoire de Magister, Etude de l'efficacité inhibitrice de quelques nouveaux inhibiteurs, dits non polluants, sur la corrosion de deux types d'alliages d'aluminium, Univ. Skikda (2008).
- [6] **Formation1** de protection cathodique, département de la protection cathodique/RTO (2011).
- [7] UHLIG H. Corrosion & Corrosion control; Joan Wiley and Sons, INC, NewYork. (1963).
- [8] www.Eurocopper.org.
- [9] Hayat.BRAHIM LADUANI, Mémoire de Magister, Université de constantine (2011).
- [10] Fabien RIOULT, Thèse de doctorat, Cinétique et Mécanismes de Corrosion Sèche d'un Cermet à base Cu-Ni, Univ. SAINT-ETIENNE –France (2005).
- [11] London Metal Exchange, (2010).
- [12] Philip A. Schweitzer, Fundamentals of corrosion Mechanisms, Causes, and Preventative Methods, by Taylor and Francis Group, LLC p27 (2010).
- [13] E.McCafferty, Introduction to Corrosion Science, Springer Science+Business Media, LLC (2010).
- [14] J. Philibert, A. Vignes, Y. Bréchet, P. Combrade, *Métallurgie– Du minerai au matériau*, Cinquième partie: La corrosion, Ed. Masson, Paris, (1998).

[15] D.Asefi, N. M.d Mahmoodi, M. Arami, Effect of nonionic co-surfactants on corrosion inhibition effect of cationic gemini surfactant, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 355, 183-186 (2010).

[16] CopperBenelux, les laitons, www.copperbenelux.org, (30/09/2007).

[17] www.Copperbenelux.org.

[18] E.Bardal, *Corrosion and protection*, Springer (2004).

[19] D. Arnaud, J. Barbery, R. Biaï, B. Fargette, P. Naudot, Propriétés du cuivre et de ses alliages, *Techniques de l'Ingénieur, traité Matériaux métalliques*, P26.

Chapitre II

Inhibiteurs de corrosion

II.1. Introduction

En matière de protection contre la corrosion, il est possible d'agir sur le matériau lui-même sur la surface du matériau (revêtement, peinture, tout type de traitement de surface, etc.) ou sur l'environnement avec lequel le matériau est en contact (inhibiteur de corrosion).

II.2. Définition

La définition d'un inhibiteur de corrosion n'est pas unique, néanmoins 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 » [1].

II.3. Propriétés des inhibiteurs de corrosion

Un inhibiteur de corrosion doit abaisser la vitesse de corrosion du métal tout en conservant les caractéristiques physico-chimiques de ce dernier. Il doit être non seulement stable en présence des autres constituants du milieu, mais également ne pas influencer sur la stabilité des espèces contenues dans ce milieu. Un inhibiteur est définitivement reconnu comme tel s'il est stable à la température d'utilisation et efficace à faible concentration [2].

II.4. Généralités sur l'utilisation des inhibiteurs de corrosion

II.4.1. Conditions d'utilisation des inhibiteurs

Un inhibiteur (ou un mélange d'inhibiteurs) peut être utilisé comme unique moyen de protection des métaux contre la corrosion.

- soit comme protecteur permanent.
- soit comme temporaire, exemples : stockage, décapage, nettoyage, etc.

Un inhibiteur (ou un mélange d'inhibiteurs) peut être combiné à un autre moyen de protection, exemple : addition à un revêtement de surface tel que la peinture.

II.4.2. Fonctions essentielles

D'une manière générale un inhibiteur de corrosion doit :

- abaisser la vitesse de corrosion d'un métal, sans en affecter les caractéristiques physicochimiques, en particulier la résistance mécanique, par exemple, risque de fragilisation par l'hydrogène en milieu acide,

- être stable en présence des autres constituants du milieu, en particulier les oxydants,
- être stable aux températures d'utilisations,
- être efficace à faible concentration,
- être compatible avec les normes de non-toxicité,
- être peu onéreux.

Les inhibiteurs de corrosion sont utilisés dans plusieurs domaines d'applications tels que :

- le traitement des eaux (sanitaires, industrielles, de chaudières, etc.),
- l'industrie du pétrole (forage, extraction, raffinage et transport),
- la protection temporaire des métaux (décapage acide et traitement des huiles de coupe),
- l'industrie des peintures.

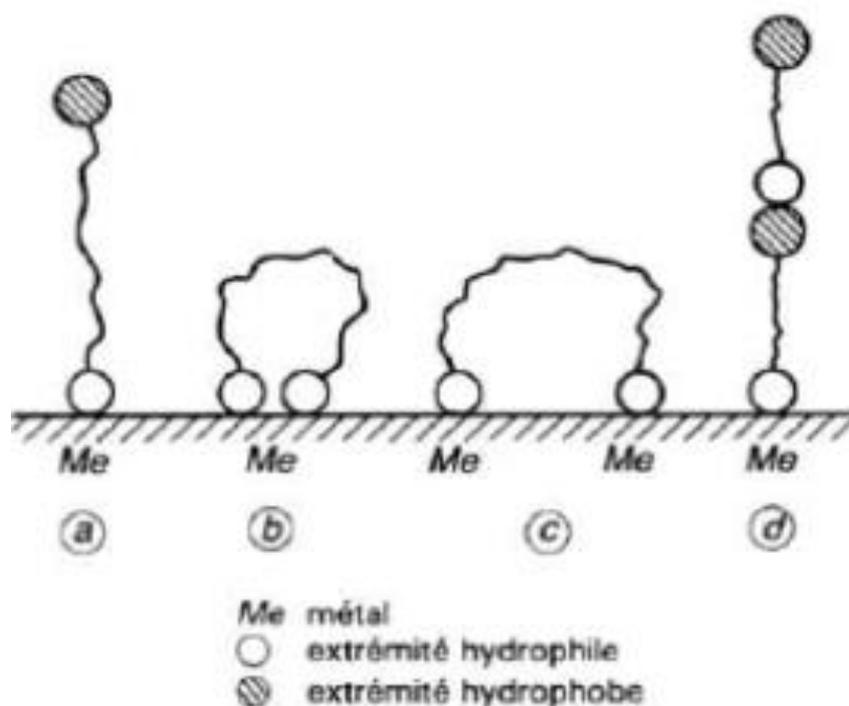
II.5. Classe des inhibiteurs

Il existe plusieurs façons de classer les inhibiteurs de corrosion. Généralement, ils sont classés en fonction de leur domaine d'application, de la formulation des produits (inhibiteur organique, inhibiteur inorganique), de la réaction électrochimique inhibée (inhibiteur cathodique, inhibiteur anodique ou mixte), ou du mécanisme réactionnel mis en jeu (adsorption et/ou formation d'un film) [3, 4]. Néanmoins, cette classification n'est pas tout à fait adéquate car un même inhibiteur peut présenter à la fois des caractéristiques propres à chaque groupe de classement.

II.6. Inhibiteurs de corrosion

II.6.1. Composés organiques

Les inhibiteurs organiques sont généralement constitués de sous-produits de l'industrie pétrolière [5]. Ils possèdent au moins un centre actif (les atomes N, S, P, O) susceptible d'échanger des électrons avec le métal, tel l'azote, l'oxygène, le phosphore ou le soufre. Les groupes fonctionnels usuels, permettant leur fixation sur le métal sont :



a : Adsorption simple par l'extrémité hydrophile

b : Chélation de surface

c : Pontage de surface

d : Adsorption en multicouche

Figure II.1: Représentation schématique des modes d'adsorption de molécules organiques inhibitrices sur une surface métallique ^[6]

En effet, le tensio-actif de Gémeaux dont la série de hexanediyl-1,6-bis-(diethyl alkyl bromure d'ammonium) est un important inhibiteur de corrosion de l'aluminium et ses alliages en solution HCl 1mol/l à 25°C ^[7].

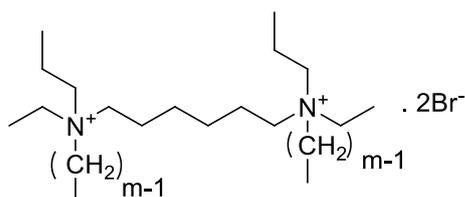
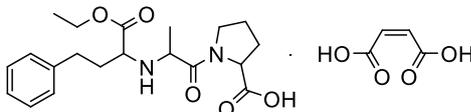
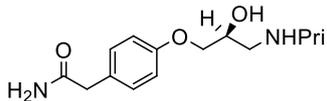
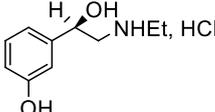


Figure.II.2 : Structure moléculaire de tensio-actif

Aussi, Abdallah et coll ^[8] ont montré que, l'inhibition de la corrosion de l'aluminium et ses alliages a été effectuée par des médicaments antihypertensive.

Tableau II. 1 : Structure chimique des médicaments anti hypertensive.

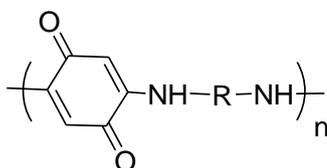
Inhibiteur	Nom	Structure chimique	formule moleculaire
Composé I	Enalapril maleate		$C_{20}H_{28}N_2O_5 \cdot C_4H_4O_4$ M = 492.53
Composé II	Atenolol		$C_{14}H_{22}N_2O_3$ M= 266.3
Composé III	Etilefrine hydrochloride		$C_{10}H_{15}NO_2, HCl$ M= 217.7

II.6.2. Polymères et copolymères

Les polymères, poly (alcool vinylique), poly (acide acrylique), poly (polyacrylate de sodium), poly (éthylène glycol), sont utilisés comme inhibiteurs de corrosion de cadmium en solution d'acide chlorhydrique 0.5M, l'étude est effectuée par spectroscopie d'impédance et par la technique de Tafel [9].

Vakili Azghandi et coll [10], ont utilisé un terpolymère à base de méthacrylate de méthyle / acrylate de butyle / acide acrylique comme inhibiteur de corrosion de l'acier inoxydable SAE1018.

Le poly (aminoquinone) est un bon inhibiteur de corrosion du fer dans 0,5 M d'acide sulfurique a été étudiée par rapport à la concentration d'inhibiteur en utilisant la méthode de potentiodynamique. En effet une efficacité 90% est obtenue à 100 ppm de polymère [11].

**Figure II.3** : Structure chimique de poly (aminoquinone)

L'action inhibitrice sur la corrosion de l'acier doux dans du HCl 1 M de poly(thio-urée-formaldéhyde) (T-F Polymer) a été étudiée dans différentes conditions expérimentales en utilisant la perte de poids, l'impédance électrochimique spectroscopie (EIS) et la technique de polarisation potentiodynamique. Les résultats obtenus ont montré que le polymère agit comme un bon inhibiteur de corrosion pour l'acier doux dans HCl 1 M [12].

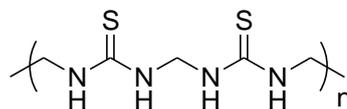


Figure II.4 : Structure chimique de poly (thiourea-formaldéhyde)

L'efficacité inhibitrice de corrosion de poly (4-vinylpyridine isopentyl bromide) du fer pur en milieu d'acide sulfurique 1M est étudié par plusieurs méthodes : par potentiodynamique, par la polarisation potentiostatique et par perte de poids [13].

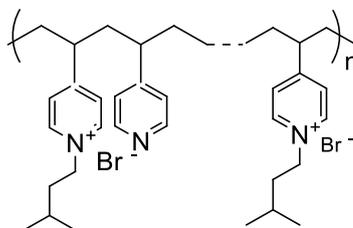


Figure II.5 : Structure chimique de poly (4-vinylpyridine isopentyl bromide)

L'étude de l'inhibition de corrosion de nickel en milieu d'acide sulfurique une fois molaire par le poly (N-vinylcarbazole-co-glycidyle méthacrylate) a été réalisée par D. Gopi et coll [14].

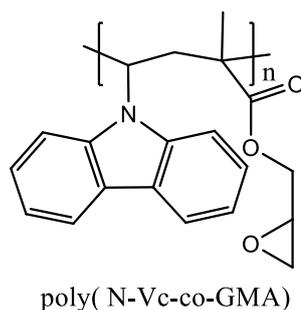


Figure II. 6 : Structure chimique de poly (N-vinylcarbazole-co-glycidyle méthacrylate)

II.7. Mécanismes d'action électrochimique

Une autre façon est de les classer en fonction de leur mode d'action électrochimique. On distingue alors ^[15] : les inhibiteurs anodique, cathodique ou mixte (regroupant alors les deux premières propriétés). L'inhibiteur de corrosion forme une couche barrière sur la surface métallique, qui modifie les réactions électrochimiques en bloquant soit les sites anodiques (siège de l'oxydation du métal), soit les sites cathodiques (siège de la réduction de l'oxygène en milieu neutre aéré ou siège de la réduction du proton H^+ en milieu acide), voir les deux (figure II.7).

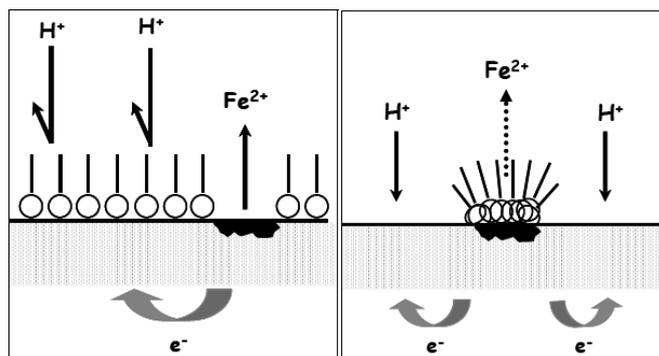


Figure II.7 : Formation des couches barrières a) cathodiques et b) anodiques interférant

Avec les réactions électrochimiques, dans le cas d'une étude en milieu acide ^[16,17] Les inhibiteurs anodiques doivent être utilisés avec précaution. En effet, si le film protecteur est altéré par une rayure ou par une dissolution, ou si la quantité d'inhibiteur est insuffisante pour restaurer le film, la partie exposée se corrode en piqûre profonde. En matière de corrosion localisée, la corrosion par piqûre est une forme particulièrement insidieuse : l'attaque se limite à des trous, très localisés et pouvant progresser très rapidement en profondeur tout en conservant le reste de la surface indemne.

II.8. Pouvoir protecteur des films formes

Quel que soit le type de mécanisme par lequel agit l'inhibiteur, le pouvoir protecteur de ce dernier caractérise le ralentissement de la corrosion, c'est-à-dire la diminution du courant de corrosion (ou de la vitesse de corrosion). Le pouvoir protecteur d'un inhibiteur s'exprime par l'équation suivante :

$$\text{Pouvoir protecteur \%} = \frac{(i_{corr} - i_{corr}^{inh})}{i_{corr}} \cdot 100$$

Conclusion

La corrosion est un phénomène complexe, parfois difficile à expliquer. Il n'y a pas une corrosion mais plusieurs formes de corrosion possibles pour un métal.

La tenue à la corrosion d'un métal ou d'un alliage dépend de nombreux facteurs inhérents au métal lui-même, au milieu dans lequel il est placé et aux conditions d'emploi.

Les inhibiteurs de corrosion constituent un moyen à part entière de protection contre la corrosion métallique. Ils présentent l'originalité d'être le seul moyen d'intervention à partir du milieu corrosif, ce qui en fait une méthode de contrôle de la corrosion facile à mettre en œuvre et peu onéreuse, pour peu que le ou les produits utilisés soient d'un coût modéré.

A partir l'étude bibliographique sur les notions de corrosion et les inhibiteurs de corrosion :

Notre travail traite de la protection du cuivre contre les agressions du milieu de HCl (0.5N) en absence et en présence de HMBC comme inhibiteur.

L'étude a été réalisée par deux méthodes : la méthode de perte de masse (gravimétrie) et la méthode potentiostatique (électrochimique).

Les paramètres étudiés sont les suivants: Effet de la concentration de l'inhibiteur et effet de la température sur l'efficacité inhibitrice de la corrosion du Cu.

Références bibliographiques

- [1] Nace Glossary of corrosion Terms. Materials Protection, 4, 79, (1965).
- [2] A. Fiala, thèse de Doctorat D'état en Chimie, Faculté des sciences, Département de Chimie Université Mentouri Constantine, (2007).
- [3] NACE, Glossary of Corrosion Terms, Materials Protection, vol4, n°1, pp.79-80, (1965).
- [4] A. Popova, E. Sokolova, S. Raicheva, M. Christov, Corros. Sci., 45, 33 (2003).
- [5] A. Zelinski, E. Renaud, Puiggali et Al, Effects of Tempers on Environmental-Assisted Failure on an Al-Zn-Mg-Cu Alloy, Journal of Materials Processing Technology, vol 53, pp.491-498, (1995).
- [6] Christian. Fiaud, Inhibiteurs de corrosion, technique de l'ingénieur, traité Matériaux métalliques, vol. M-160, (1999-2000).
- [7] Qi Zhang, Zhinong Gao, Feng Xu, Xia Zou, Adsorption and corrosion inhibitive properties of gemini surfactants in the series of hexanediyl-1,6-bis-(diethyl alkyl ammonium bromide) on aluminium in hydrochloric acid solution, Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 380, 191–200, (2011).
- [8] M. Abdallah, I. Zaafarany , S.O. Al-Karane , A.A. Abd El-Fattah, Antihypertensive drugs as an inhibitors for corrosion of aluminum and aluminum silicon alloys in aqueous solutions, Arabian Journal of Chemistry 5, 225–234, (2012).
- [9] Khairou KS, El-Sayed A. Inhibition effect of some polymers on the corrosion of cadmium in hydrochloric acid solution. J Appl Polym Sci; 88(4): 866-71, (2003).
- [10] M. Vakili Azghandi, A. Davoodi, G.A. Farzi a, A. Kosari, Water-base acrylic terpolymer as a corrosion inhibitor for SAE1018 in simulated sour petroleum solution in stagnant and hydrodynamic conditions, Corrosion Science 64, 44–54, (2012).
- [11] C. Jeyaprabha, S. Sathiyarayanan, K.L.N. Phani, G. Venkatachari, Influence of poly(aminoquinone) on corrosion inhibition of iron in acid media, Applied Surface Science 252, 966–975, (2005).
- [12] Priyanka Singh, M.A. Quraishi, Eno E. Ebenso, Thiourea-Formaldehyde Polymer a New and Effective Corrosion Inhibitor for Mild Steel in Hydrochloric Acid Solution, Int. J. Electrochem. Sci., 9, 4900 – 4912 (2014).
- [13] A. Chetouani, K. Medjahed, K.E. Benabadji , B. Hammouti, S. Kertit, A. Mansri, Poly(4-vinylpyridine isopentyl bromide) as inhibitor for corrosion of pure iron in molar sulphuric acid, Progress in Organic Coatings 46, 312–316, (2003).

- [14] D. Gopi, K.M. Govindaraju, L. Kavitha, K. Anver Basha, Synthesis, characterization and corrosion protection properties of poly(N-vinylcarbazole-co-glycidyl methacrylate) coatings on low nickel stainless steel, *Progress in Organic Coatings* 71, 11–18, **(2011)**.
- [15] O.L. Riggs, Theoretical aspects of corrosion inhibitors and inhibition, *Corrosion inhibitors*, C.c. Nathan (ed), NACE, Houston, pp. 7-27, **(1973)**.
- [16] E. Schaschl, Methods for evaluation and testing of corrosion inhibitors. **In:** Ed. By C.C. Nathan, Houston, NACE Corrosion Inhibitors, USA, National Association of Corrosion Engineers, pp. 28-41, **(1973)**.
- [17] 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)**.

PARTIE II

ETUDE EXPERIMENTALE

Chapitre III

Méthodes et techniques expérimentales

III.1. Introduction

Dans le présent travail nous avons utilisé une technique expérimentale potentiostatique afin de déterminer l'effet d'inhibiteur tétra (2-hydroxy-3-(méthacryloyloxy)propyl) benzène-1, 2, 4,5-tétracarboxylate sur la corrosion de cuivre par deux techniques : la perte de masse (pondérale) et la technique de potentiostat au milieu d'acide chlorhydrique(0.5N).

III.2. Etude de l'efficacité inhibitrice de HMBC vis-à-vis de la corrosion du cuivre en milieu d'acide chlorhydrique

III.2.1. Macromonomère (HMBC) testé à l'inhibition de corrosion du cuivre

D'après l'étude bibliographique ci-dessus, les composés organiques comportant des atomes d'oxygène, d'azote et de soufre qui sont de bons inhibiteurs de la corrosion de cuivre et ses alliages.

le tétra (2-hydroxy-3-(méthacryloyloxy)propyl) benzène-1,2,4,5-tétracarboxylate est constitué par des fonctions ester (-COO-) et alcool (-OH). Ces fonctions ont une activité plus élevée vis-à-vis de l'inhibition de la corrosion des métaux, elles ont aussi, des doublets libres et des liaisons π . Cette propriété favorise l'adsorption chimique (formation des liaisons chimiques) des doublets des atomes d'oxygènes sur les sites électrophiles du cuivre et ses alliages.

Une autre possibilité qui est la formation des liaisons dative (précipitation de complexe sur la surface de l'alliage) entre les doublets libres de l'oxygène avec les cases vides de cuivre et nickel.

Notre macromonomère de masse molaire 822g/mol est un liquide visqueux soluble dans l'acétone. Il a la structure suivante :

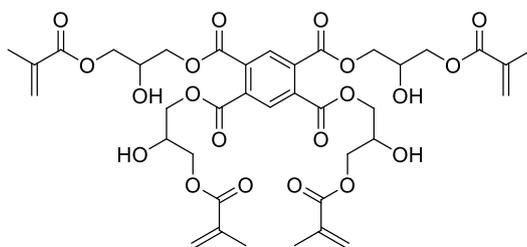


Figure. III.1: Structure de tétra (2-hydroxy-3-(méthacryloyloxy)propyl) benzène-1,2,4,5-tétracarboxylate(HMBC) .

III.2.2. Préparation des échantillons

Le matériau utilisé dans notre travail sont des échantillons en cuivre. Ce dernier a été obtenu sous forme un cylindre de surface 4cm^2 .



Figure III.2 : Echantillon de cuivre utilisée dans la technique perte de masse

Puisque la corrosion est un phénomène inter facial entre le métal et son environnement, alors l'état de surface joue un rôle très important dans le comportement de métal vis-à-vis de la corrosion. L'opération de polissage mécanique a été effectuée avec du papier abrasif de différentes granulométries: 180, 400, 600 et 1200. Ensuite, les pièces ont été rincées avec de l'eau distillée puis de l'acétone.

III.2.3. Préparation des solutions

III.2.3.1. Préparation d'une solution d'acide chlorhydrique

La préparation de la solution électrolytique « l'acide chlorhydrique HCl 0.5N » a été effectué en obtenant un volume de 21.83 ml HCl (35%-38%, 12N, 1.18) et en complétant le volume jusqu'à 500ml par l'eau distillée. L'électrolyte obtenu a été stocké dans des fioles jaugées.

III.2.3.2. Préparation des solutions inhibitrices

Nous introduisons une solution de HMBC (0.1g dans 2 ml d'acétone) dans une fiole et nous remplissons de HCl 0.5N, nous obtenons une solution de HMBC de 1000 ppm.

A partir de cette solution nous préparons par dilution les solutions suivantes :

10 ppm (dilution 100 fois) ; 20 ppm (dilution 50 fois) ; 50ppm (dilution 20 fois); 100 ppm (dilution 10 fois) par rapport la solution HMBC et la solution électrolytique.

- $50\text{ml} \cdot 10\text{ppm} = 1000 \cdot V$ (technique perte de masse).
- $60\text{ml} \cdot 10\text{ppm} = 1000 \cdot V$ (technique potentiostatique).

III.2.4. Préparation de l'électrode de travail

Lors de ce travail, nous avons utilisé un échantillon de $0,5 \text{ cm}^2$, de masse atomique 63 g/mol et de densité de $8,9$ avec une valence de 3 .

Avant de passer le matériau en expérience, on doit lui faire subir un procédé classique d'enrobage avec une résine synthétique non attaquable par les acides et les bases.

Sur l'une de ses bases on soude un fil conducteur en cuivre couvert par une matière isolante (plastique).

La surface à étudier subit le protocole opératoire ci-dessous afin d'obtenir une reproductibilité satisfaisante des résultats. La procédure de préparation retenue pour le traitement de la surface d'échantillon en contact avec le milieu corrosif est décrite ci-dessous :

- Polissage mécanique au papier abrasif à différentes granulométries (400, 600 et 1200).
- Rinçage à l'eau distillée pour nettoyer la surface après l'abrasion mécanique.
- Rinçage à l'acétone : c'est un dégraissage chimique qui élimine les corps indésirables et rend la surface hydrophile.
- Rinçage à l'eau distillée pour éliminer les traces d'acétone.
- Séchage à l'air pulsé à fin d'éviter la formation immédiate des produits de corrosion.

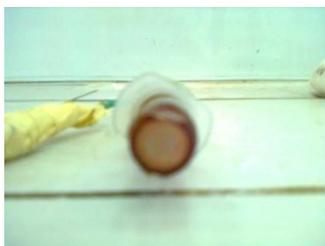


Figure III.3 : Electrode de travail (cuivre)

III.3. Etude de l'effet inhibiteur du HMBC sur la corrosion du cuivre

III.3.1. Etude par perte de masse

La gravimétrie est l'une des plus anciennes méthodes utilisées pour la détermination du taux de corrosion et l'efficacité inhibitrice dans le cas d'utilisation d'un inhibiteur. Bien qu'elle représente une méthode directe pour la détermination de la vitesse de corrosion. En effet, son emploi impose les conditions d'une dissolution générale et l'absence de la formation d'une couche épaisse de corrosion au cours du temps. Pour réaliser ces expériences nous avons besoin le matériel ci-dessous :

- Des béchers de 50 ml.
- Pièces de cuivre sous forme de cylindre.
- Pince.
- Des papiers abrasifs de granulométrie (180, 400, 600 et 1200) utilisés pour le polissage des échantillons.
- Une balance de précision.

L'étude est reposée sur l'immersion de la pièce de surface bien déterminée dans une solution de HCl 0.5N pendant 1.2.3.4.5.6 jour à température constante 20°C.

Pour chaque essai, on a calculé la variation de la masse Δm et l'efficacité inhibitrice de corrosion (EI%).

$$\Delta m = m_0 - m$$

m_0 : masse sans inhibiteur

m : masse avec inhibiteur

Par la suite, on calcule l'efficacité inhibitrice.

$$EI \% = \frac{\Delta m_0 - \Delta m}{\Delta m_0}$$

III.3.2. Etude par voie électrochimiques

Les techniques électrochimiques constituent une méthode plus complète puisqu'elles étudient la base même du phénomène de corrosion, le processus électrochimique. L'aspect quantitatif de ces techniques (courbes de polarisation à vitesse de balayage modérée, spectroscopie d'impédance électrochimique,...) permet d'accéder à des vitesses de réaction et des valeurs de paramètres physiques décrivant l'état du système (capacité de double couche, résistance de transfert de charges, capacité du film,...).

III.3.2.1. Dispositif expérimental pour l'étude électrochimique

Pour effectuer des mesures électrochimique cités ci-dessous, on utilise un montage qui est composé de :

Une cellule électrochimique constituée par un bucher avec trois électrodes.

- Electrode de travail en cuivre ;
- Electrode de référence (Ag/AgCl) ;
- Electrode auxiliaire (contre électrode).

L'électrolyte est une solution 60ml de 0.5N HCl dans laquelle les électrodes sont immergées.

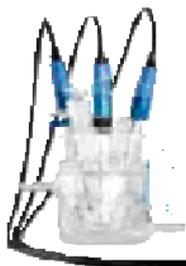


Figure III.4 : Cellule électrochimique en verre pyrex à trois électrodes

Elles ont été connectées à un potentiostat de type PGP201, l'ensemble a été lié à un micro-ordinateur muni d'un logiciel permettant le tracé des courbes : $E = f(I)$ et $E = f(\log i)$ ainsi que l'obtention du taux de corrosion en (mm/ an) et de la vitesse de corrosion en (A/cm^2). Le dispositif expérimental de cette technique est représenté ci-dessous.



Figure III.5: Schéma de l'instrument électrochimique PGP201 Potentiostat

En vue d'obtenir une reproductibilité acceptable des résultats, certaines précautions doivent être prises pour les essais électrochimiques :

- la solution doit posséder une composition déterminée invariable au cours de l'essai.
- Les dimensions des échantillons doivent être précises et la surface doit être définie et reproductible.
- La température doit être maintenue constante.
- L'électrode de référence doit être le plus proche possible de la surface de l'échantillon afin de réduire au maximum l'effet de la résistance de l'électrolyte.

III.4. Etude de l'isotherme d'adsorption de l'inhibiteur HMBC

Les valeurs de taux de recouvrement (θ) pour différentes concentrations du inhibitrice obtenues à partir des mesures de polarisation dans la température Étudié ($20^{\circ}C$), ont été utilisées pour déterminer l'isotherme correspondante au Processus d'adsorption de

tétra (2 hydroxy-3-(methacryloyloxy)propyl) benzène-1, 2, 4,5-tetracarboxylate. Cette isotherme est décrite par l'équation (1)

Les valeurs de la constante d'équilibre (K) ont été calculées :

$$\frac{C}{\theta} = \frac{1}{K} + C \quad (1)$$

Où K est la constante d'équilibre du processus d'adsorption C la concentration de l'inhibiteur dans l'électrolyte.

K est lié à l'énergie libre standard d'adsorption (ΔG°_{ads}) par l'équation (2)

$$\Delta G^{\circ}_{ads} = -RT \ln (55.5 K_{ads}) \quad (2)$$

55.5 mol/l est concentration molaire de l'eau, R est gaz constant ($8.314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$) et T température thermodynamique ($20^{\circ}\text{C}+273=293\text{k}$).

L'énergie libre standard d'adsorption (ΔG°_{ads}) peut donc être calculée.

III.5. Etude de l'influence de la température

La température est l'un des facteurs qui peuvent modifier à la fois le comportement de l'inhibiteur soit en sa forme soit sur le mode d'adsorption ou désorption sur la surface du cuivre. Pour ce faire, on va varier la température de l'électrolyte en gardant les mêmes paramètres opératoires qui ont donnés la meilleure efficacité inhibitrice.

Chapitre IV

Résultats et discussion

IV.1. Introduction

Le taux de corrosion du cuivre immergé dans une solution de HCl 0.5N est déterminé par deux techniques différentes (gravimétrique et potentiostatique) pour déterminer la concentration optimale. L'inhibiteur utilisé est un macromonomère c'est le tétra (2-hydroxy-3-(methacryloyloxy)propyl) benzène-1, 2, 4,5-tetracarboxylate.

IV.2. Etude de la corrosion par la méthode gravimétrique

Les séries d'expérience ont été réalisées en immergeant les pièces de surface bien déterminée (4cm^2) dans des bouteilles fermées de petit volume (50ml) sans et avec l'addition de tétra (2-hydroxy-3-(methacryloyloxy)propyl) benzène-1, 2, 4,5-tetracarboxylate comme inhibiteur de corrosion.

IV.2.1. Effet de la concentration

Dans cette méthode nous allons présenter les résultats obtenus par la technique gravimétrique. Les essais de l'inhibition de la corrosion du cuivre dans 0,5N HCl, en absence et en présence de l'inhibiteur sont réalisés dans des petites bouteilles fermées. Les concentrations d'inhibiteur utilisées sont : 10ppm, 20ppm, 50ppm, 70ppm, 80ppm, 100ppm.

Les figures IV. 1 et IV. 2 représentent respectivement, la variation de la perte de masse des pièces et l'efficacité inhibitrice du cuivre dans un milieu 0,5N HCl désaéré avec l'addition de l'inhibiteur de corrosion (le tétra (2-hydroxy-3-(methacryloyloxy)propyl) benzène-1, 2, 4,5-tetracarboxylate) à différentes concentrations :

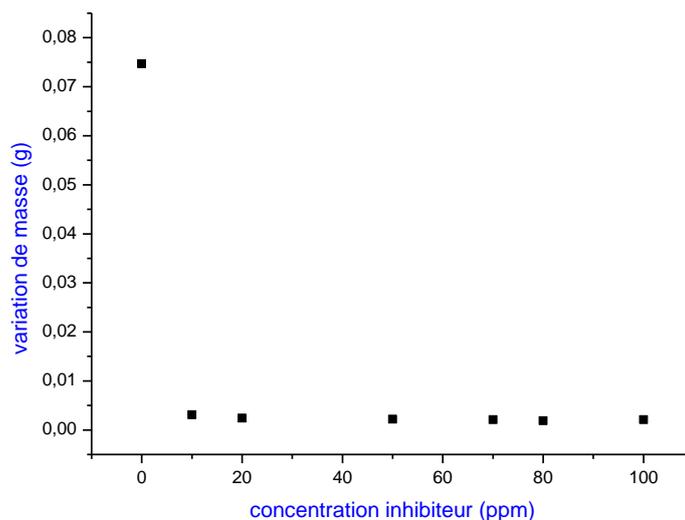


Figure IV. 1 : Evolution de la perte de masse en fonction de la concentration de tétra (2-hydroxy-3-(methacryloyloxy)propyl) benzène-1, 2, 4,5-tétracarboxylate dans une solution de 0,5N HCl à 20C°.

On remarque qu'il y a une grande différence entre les valeurs de perte de masses dans le cas de l'absence et de présence de l'inhibiteur.

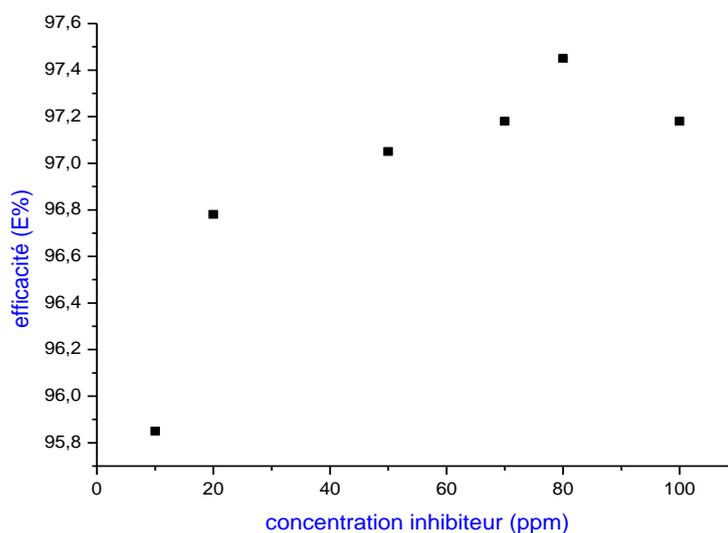


Figure IV. 2 : Evolution de l'efficacité inhibitrice en fonction de la concentration de tétra (2-hydroxy-3-(methacryloyloxy)propyl) benzène-1, 2, 4,5-tétracarboxylate dans une solution de 0,5N HCl à 20C°.

Dans l'intervalle de concentration de tétra (2-hydroxy-3-(methacryloyloxy)propyl) benzène-1, 2, 4,5-tétracarboxylate dans une solution de 0,5N HCl à 20C° (10 a 100ppm), l'efficacité inhibitrice augmente lorsque la concentration en inhibiteur augmente.

Cependant, au dessus de 80ppm l'efficacité commence a diminuer pour 100ppm. Donc la concentration de 80ppm est la concentration optimale.

IV.2.2. Isotherme d'adsorption

En utilisant L'isotherme de Langmuir pour obtenues les donnés thermodynamique pour tétra (2-hydroxy-3-(methacryloyloxy)propyl) benzène-1, 2, 4,5-tetracarboxylate.

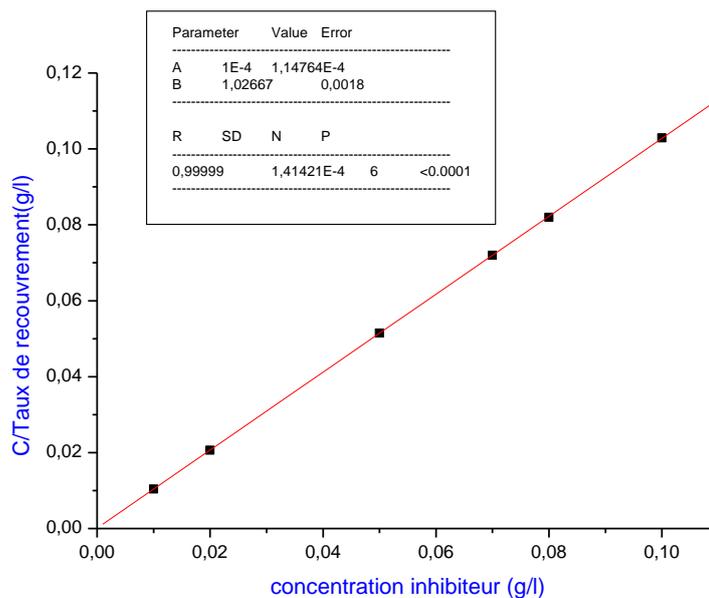


Figure IV. 3: Isotherme de Langmuir à l'adsorption de tétra (2-hydroxy-3-(methacryloyloxy)propyl) benzène-1, 2, 4,5-tetracarboxylate à la surface de cylindre de cuivre en milieu HCl (0.5N).

$$\Delta G_{\text{ads}}^{\circ} = -RT \ln (55.5K_{\text{ads}})$$

La valeur de K obtenu à partir de la courbe est 10000 La valeur de $\Delta G_{\text{ads}}^{\circ}$ calculée est de **-48.57 KJ/mol.**

Dans la courbe on observe une droite qui explique adsorption de l'isotherme.

Après la courbe on peut tirer les paramètres thermodynamique suivantes :

Tableau IV.1: Paramètres thermodynamique

Concentration (g/l)	K_{ads} (l/g)	$\Delta G_{\text{ads}}^{\circ}$ (kJ/mol)
0.5N HCl	10000	-48.57

IV.3. Etude électrochimique (potentiostatique) de la corrosion du cuivre

L'étude électrochimique de la lutte du cuivre contre la corrosion est réalisée en utilisant un macromonomère méthacrylique comme un inhibiteur. Les essais sont réalisés en immergeant les électrodes dans une solution corrosive en absence et en présence de l'inhibiteur. Les concentrations de l'inhibiteur utilisées sont : 10ppm, 20ppm, 30ppm, 40ppm, 50ppm, 60ppm et 70ppm. L'efficacité inhibitrice de tétra (2-hydroxy-3-(methacryloyloxy) propyl) benzène-1, 2, 4,5-tétracarboxylate est donnée par la relation suivante :

$$EI(\%) = \frac{i_{corr} - i_{corr}^{inh}}{i_{corr}} \cdot 100 \quad (IV. 1)$$

Où I_{corr} et E_{corr} représentent les densités de courant de corrosion déterminés par extrapolation des droites cathodiques et anodiques de Tafel au potentiel de corrosion, en se servant du logiciel Volta Master 4, avec et sans addition de l'inhibiteur. Elle est aussi calculée par la relation suivante :

$$EI(\%) = \frac{Rp_{corr}^{inh} - Rp_{corr}}{Rp_{corr}^{inh}} * 100 \quad (IV. 2)$$

La figure IV. 4. représente les courbes de polarisation cathodiques et anodiques du cuivre en milieu 0.5N HCl désaéré avec l'addition de l'inhibiteur tétra (2-hydroxy-3-(methacryloyloxy) propyl) benzene-1, 2, 4,5-tétracarboxylate à différentes concentrations. Les paramètres électrochimiques tirés de ces courbes sont données dans le tableau IV.2 suivant :

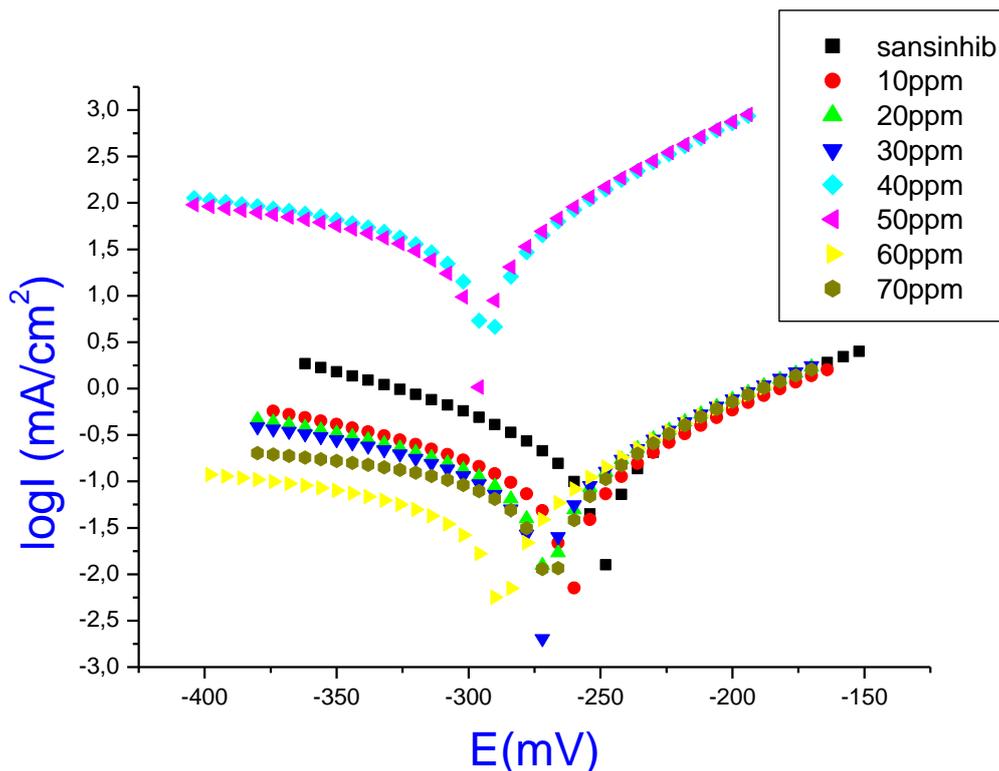


Figure IV.4 : Superposition des courbes de polarisation de cuivre dans une solution de 0,5N HCl avec les différents concentrations 10ppm, 20ppm,30ppm,40ppm, 50ppm, 60ppm,70ppm.

Tableau IV. 2 : Paramètres de l'inhibition de la corrosion du cuivre par tétra (2-hydroxy-3-(methacryloyloxy)propyl) benzène-1, 2, 4,5-tetracarboxylate dans un solution de 0,5N HCl à 20C°

Concentration de l'inhibiteur	E_{corr} (mV)	I_{corr} (mA/cm ²)	R_p (ohm.cm ²)	E(%)	Θ
0 ppm	-251	0.2716	78.21	/	/
10 ppm	-263.9	0.0480	585.65	86.65	0.8665
20 ppm	-271.9	0.0465	620.22	87.4	0.874
30 ppm	-274.2	0.0460	696.5	88.77	0.8877
40 ppm	-297.1	0.0312	770.85	89.85	0.8985
50 ppm	-301.2	0.0267	798.79	90.2	0.902
60 ppm	-292.6	0.0428	773.01	89.88	0.8988
70 ppm	-273.9	0.0922	763.03	89.75	0.8975

IV.3.1. Tracé de la courbe de l'efficacité inhibitrice en fonction de concentration de l'inhibiteur

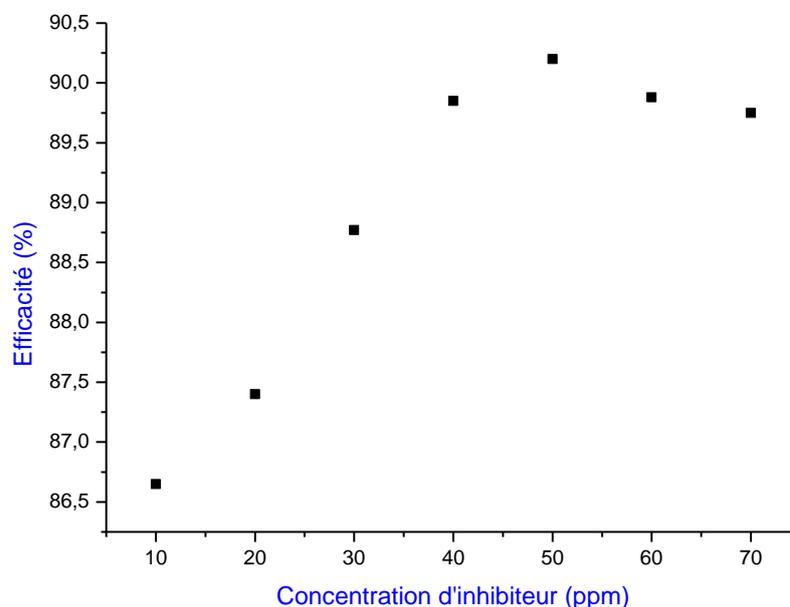


Figure IV.5 : Courbe de l'efficacité inhibitrice en fonction de différentes concentrations en milieu 0.5N HCl

On observe que l'efficacité inhibitrice augmente avec l'augmentation de la concentration de l'inhibiteur, dans l'intervalle de concentration (10 à 50ppm). On remarque également que l'efficacité inhibitrice la plus élevée (**90.2%**) de tétra (2-hydroxy-3-(methacryloyloxy)propyl) benzène-1, 2, 4,5-tétracarboxylate de la corrosion de cuivre dans une solution 0.5N HCl est obtenue pour une concentration 50ppm une température 20°C.

IV.3.2. Isotherme d'adsorption

en utilisant l'isotherme de Langmuir pour obtenues les données thermodynamique pour tétra (2-hydroxy-3-(methacryloyloxy)propyl) benzène-1, 2, 4,5-tétracarboxylate.

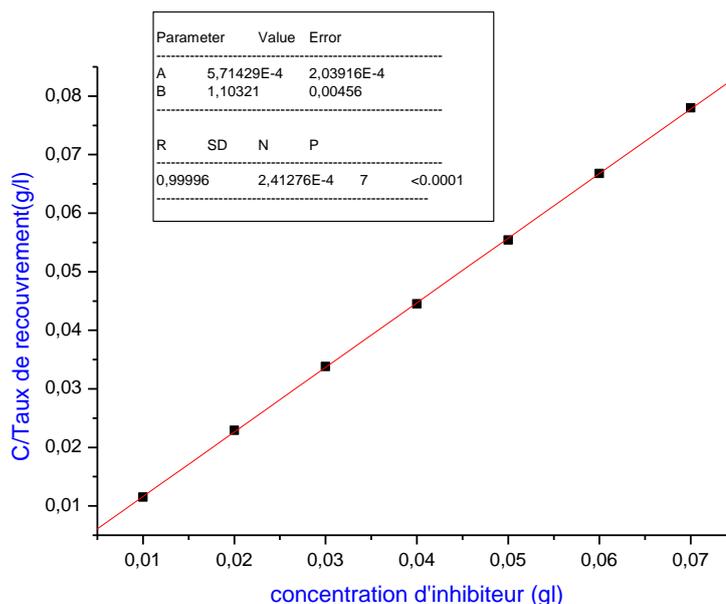


Figure IV.6 : Isotherme de Langmuir à l'adsorption de l'inhibiteur tétra(2-hydroxy-3-(methacryloyloxy)propyl) benzène-1, 2, 4,5-tetracarboxylate à la surface de tige en milieu (0.5N) HCl

La valeur de K obtenu à partir de la courbe est 1750 La valeur de ΔG°_{ads} calculée est de **-44.32 Kj/mol.**

Dans la courbe on observe une droite qui explique adsorption de l'isotherme.

Après la courbe on peut tirer les paramètres thermodynamique suivantes :

Tableau IV.3: Paramètres thermodynamique

Concentration (g/l)	K_{ads} (l/g)	ΔG°_{ads} (kj/mol)
0.5N HCl	1750	-44.32

IV.3.3. Effet de La température

La plupart des réactions chimiques et électrochimiques deviennent plus rapides lorsque la température augmente. Dans cette étude, nous nous sommes intéressés d'étudier l'influence de la température sur le comportement de cuivre dans HCl (0.5N).

Tableau IV.4 : Paramètres Polarisation et le correspondant inhibiteur efficacité de corrosion cuivre 0.5 N HCl et différent température l'inhibiteur tétra (2-hydroxy-3 (methacryloyloxy) propyl) benzène-1, 2, 4,5-tétracarboxylate à 50ppm.

T (C°)	20		35		45	
Concentration	00ppm	50ppm	00ppm	50ppm	00ppm	50ppm
R _p (ohm.cm ²)	78.21	798.79	217.04	656.53	335.56	504.88
I _{corr} (mA/cm ²)	0.2716	0.0267	0.1576	0.0326	0.0722	0.0451
E _{corr} (mV)	-251.0	-301.2	-216.9	-270	-267.5	-269.2
E(%)	90.2		66.94		33.35	

Courbe de comparaison entre les différentes températures à concentration 50ppm

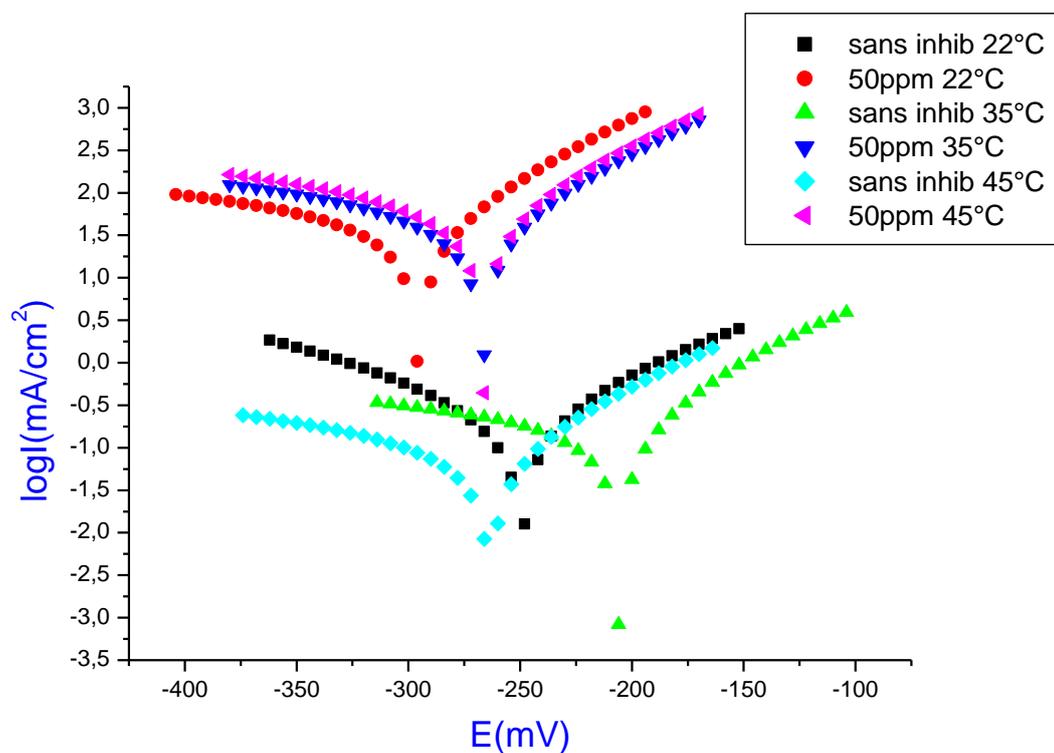


Figure IV.7 : Superposition des courbes de polarisation de cuivre dans une solution de 0.5N HCl avec les températures 20°C, 35°C, 45°C à concentration 50ppm.

Tracé de la courbe de l'efficacité inhibitrice en fonction de température à concentration 50ppm

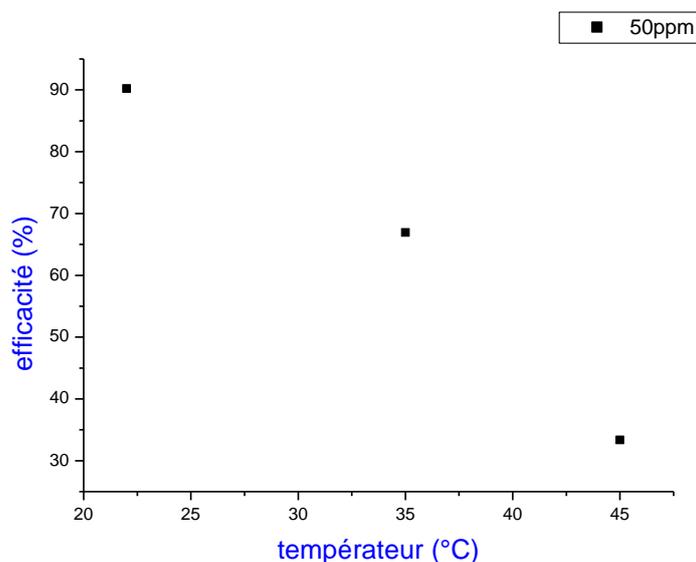


Figure IV.8: Courbe de l'efficacité inhibitrice (%) a fonction de température (20°C ,35°C et 45°C) à concentration 50ppm d'inhibiteur

Commentaire :

La présentation graphique et les courbes montrent que :

- l'efficacité inhibitrice diminue avec l'augmentation de la température.
- le potentiel de corrosion (E_{cor}) augmente avec la température à la concentration de 50ppm en présence et en absence d'inhibiteur.

Conclusion

D'après les résultats obtenus on peut tirer la conclusion :

Dans l'intervalle de concentration (10 à 50ppm), l'efficacité inhibitrice augmente lorsque la concentration d'inhibiteur augmente. Mais avec une concentration de 60ppm et 70ppm l'efficacité inhibitrice est diminuée, Cette diminution en 60ppm à 70ppm est expliqué par la possibilité de :

- l'encombrement stérique de tétra (2-hydroxy-3-(methacryloyloxy) propyl) benzène-1, 2, 4,5-tétracarboxylate est arrêté la formation de double couche sur la surface de cuivre, puisqu'il est de structure volumineux, si la protection par l'adsorption.
- la désorption de quelque molécule tétra(2-hydroxy-3-(methacryloyloxy)propyl) benzène 1, 2, 4,5-tétracarboxylate par l'augmentation de la concentration de l'inhibiteur.

En présence de tétra (2-hydroxy-3-(methacryloyloxy) propyl) benzène-1, 2, 4,5-tétracarboxylate comme inhibiteur, on observe que les densités de courants sont diminuées, c'est-à-dire l'inhibiteur protège la surface de cuivre avec un pourcentage très important allant jusqu'à **90.2%** avec une concentration de 50ppm, en diminuant la transition des électrons entre la solution électrolytique et de cuivre. En outre l'efficacité inhibitrice obtenue est de La valeur de ΔG°_{ads} calculée est de **-44.32Kj/mol** alors que l'adsorption est chimique. La valeur négative de ΔG°_{ads} indiquent la spontanéité des processus d'adsorption, et de la stabilité de la couche adsorbée sur la surface métallique.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Notre travail consiste à l'étude de la corrosion du cuivre dans un milieu HCl (0.5N) en utilisant le tétra (2-hydroxy-3-(methacryloyloxy)propyl) benzène-1, 2,4,5-tetracarboxylate comme inhibiteur de corrosion.

L'étude a été réalisée par deux méthodes : la première méthode est une méthode gravimétrique (perte de masse) où les échantillons sont immergés dans un milieu HCl 0.5N à différentes concentrations de l'inhibiteur (10ppm, 20ppm, 50ppm, 70ppm, 80ppm, 100ppm) et à température constante 20°C. Les résultats obtenus montrent que l'efficacité inhibitrice la plus élevée (97,45%) est obtenue avec une concentration de 80ppm de HMBC.

La deuxième méthode est consacrée à l'étude de la corrosion du cuivre par voie électrochimique sans et avec l'inhibiteur (HMBC) à l'aide d'un potentiostat « voltalab » avec une cellule de trois électrodes. En effet, l'efficacité inhibitrice la plus élevée (90.2%) est obtenue avec une concentration de 50ppm de HMBC.

La température joue un rôle primordial dans le phénomène de la corrosion. Dans notre étude nous avons varié la température (20°C, 35°C, 45°C) avec la meilleure concentration 50ppm de HMBC. La meilleure protection est enregistrée à 20°C.

L'adsorption de tétra (2-hydroxy-3-(methacryloyloxy)propyl) benzène-1, 2, 4,5-tetracarboxylate sur la surface de cuivre suit l'isotherme de Langmuir ($\Delta G^{\circ}_{ads} = -48.57 \text{Kj/mol}$) dans la méthode de gravimétrie et dans la méthode potentiostatique ($\Delta G^{\circ}_{ads} = -44.32 \text{Kj/mol}$).

Enfin l'étude comparative des deux méthodes l'analyse (la gravimétrie et l'électrochimie) montre une concordance des résultats ce qui confirme la complémentarité de ces deux méthodes.

ملخص

في عملنا هذا قمنا بدراسة تثبيط تآكل النحاس في محلول حمض الكلور بواسطة المثبط و تم ذلك باختبار تراكيز مختلفة من اجل دراسة فعالية المثبط. وكذلك تأثير درجة الحرارة و التركيز و معرفة طريقة الامتزاز تمت بتعيين خطوط تحارر الامتزاز المناسبة و حساب المقادير الترموديناميكية المرافقة. النتائج المحصل عليها تؤكد القدرة العالية لهذه المادة في تثبيط التآكل حيث تحصلنا على نسبة تقدر ب 90.2% في درجة حرارة 20C°

الكلمات المفتاحية: النحاس 'حمض الكلور' التآكل 'المثبط' الطرق الكهروكيميائية الثابتة

Résumé

Dans Cette étude, nous avons considéré un travail expérimental sur la protection d'un cuivre ordinaire dans la solution HCl (0.5N), par l'inhibiteur HMBC. Ensuite, pour étudier l'efficacité inhibitrice d'inhibiteur, différentes concentrations ont été choisies. L'influence de la concentration et de la température ont été examinées et le mode d'adsorption de cet inhibiteur sur la surface du métal est mis en évidence en lui assignant l'isotherme appropriée et en déterminant les grandeurs thermodynamiques correspondantes. Les techniques utilisées pour l'évaluation de l'efficacité inhibitrice de l'inhibiteur étudié, sont celles de la gravimétrie, de la polarisation électrochimique.

Les résultats obtenus montrent que ce tensioactif a un pouvoir inhibiteur appréciable et atteint une valeur évaluée 90.2% avec une concentration de 50 ppm à 20°C.

Mots clés: cuivre, acide chlorhydrique, HMBC, corrosion, inhibiteur de corrosion, méthodes électrochimiques stationnaires.

Abstract

In this study, we have considered an experimental work on the protection of a copper, in a solution of HCl (0.5N), using (HMBC) inhibitor. Then, to study the efficiency of inhibitor, different inhibitors concentrations have been choosed. The influence of concentration and temperature were examined and the mode of adsorption of this inhibitor on the metal surface was highlighted by assigning appropriate isotherm and determining the inherent thermodynamic parameters. The techniques which have been used to characterize the efficiency of the inhibitors are: the gravimetry, the electrochemical polarization.

The results obtained show that this surfactant has a remarkable inhibiting efficiency, and reached the value of 90.2% at 50ppm at 20°C.

Key words: copper, hydrochloric, HMBC, corrosion, corrosion inhibitor, stationary electrochemical methods.