

# Mémoire



Présentée à :

UNIVERSITE ABOU-BAKR BELKAID –TLEMCEEN  
FACULTE DES SCIENCES – DEPARTEMENT DE CHIMIE

Pour l'obtention du diplôme de :

**Master en Chimie**

Spécialité: Chimie des Matériaux

Par :

**LACHACHI Sihem**

Sur le thème :

**ETUDE DE L'EFFICACITE INHIBITRICE DE  
CORROSION DANS L'ACIDE SULFIRIQUE PAR LA  
POVIDONE IODEE**

Soutenu publiquement le 10 Octobre 2020 à Tlemcen devant le jury composé de :

M<sup>me</sup> F.Z.ABDOUNE

Professeure

Université de Tlemcen

Présidente

M<sup>me</sup> Z.HADJOU BELAID

Maitre de conférences A

Université de Tlemcen

Examinatrice

M<sup>me</sup> E.CHOUKCHOU BRAHAM

Professeure

Université de Tlemcen

Encadrante

## *DÉDICACES*

AUX ETRES LES PLUS CHERS, MES PARENTS, bien que je ne vous en acquitterai jamais et que nul mot ne saurait exprimer à sa juste valeur la gratitude et l'amour que je porte envers vous, Puisse Dieu vous accorder santé, bonheur et longue vie,

A MON FRERE OMAR, Puisse nos fraternels liens se pérenniser et consolider encore. Je suis si fier d'être ta sœur,

A MON FIANCE MEHDI,

A ma famille,

A ma belle-famille,

A mes amis,

Ainsi qu'a tous ceux qui me sont chers.

# REMERCIEMENTS

Ce travail a été effectué au sein du laboratoire TOXICOMED de l'Université ABOU-BAKR BELKAÏD. A l'orée de ce modeste travail, je tiens à exprimer mes vifs remerciements à la directrice du laboratoire Madame Samira SEKKAL pour la confiance accordée en m'accueillant au laboratoire.

J'adresse mes sincères remerciements à Madame Esmâ CHOUKCHOU BRAHAM, professeure à l'Université de Tlemcen et encadrante du mémoire, pour sa bonne humeur, son suivi, et ses conseils judicieux.

J'exprime mes vifs remerciements et reconnaissances à Monsieur Tarik ATTAR, professeur à l'école supérieure de science appliquée, pour l'aide précieuse et la patience dont il a fait preuve, lors du déroulement de ce mémoire, ainsi qu'à Monsieur Abbas BENCHADLI, doctorant au sein du laboratoire TOXICOMED, pour son aide et sa collaboration sur le plan d'expérience.

Mes remerciements s'adressent aux membres du jury, Madame Fatima Zohra ABDOUNE, professeure à l'Université de Tlemcen pour avoir présider ce jury et Madame Zakia HADJOU BELAÏD, maître de conférences A à l'Université de Tlemcen, pour avoir accepté d'évaluer mon modeste travail.

Mes remerciements vont également à tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin, par leurs conseils, leurs suggestions et par leurs encouragements, à la réalisation de ce travail.

A tout le corps enseignants de l'université Abou Bekr Belkaid qui a contribué à ma formation; Merci à tous.

# SOMMAIRE

## LISTE DES FIGURES

## LISTE DES TABLEAUX

## INTRODUCTION GENERALE ..... 1

### I. CHAPITRE 1 : ASPECT BIBLIOGRAPHIQUE DE L'ETUDE

<b>I.A. INTRODUCTION</b> .....	3
<b>I.B. LA CORROSION</b> .....	3
I.B.1. Définition de la corrosion .....	3
I.B.2. Origine de la corrosion .....	3
I.B.3. Forme ou mécanisme de la corrosion .....	3
I.B.4. Morphologie de corrosion .....	4
I.B.5. Type de corrosion .....	6
I.B.6. Processus de Corrosion .....	7
I.B.7. Impact économique de la corrosion des métaux .....	7
I.B.8. Méthodes de prévention contre la corrosion .....	8
I.B.9. Moyens de lutte contre la corrosion .....	9
I.B.9.a. Protection par revêtements .....	9
I.B.9.b. Protection électrochimique .....	9
I.B.9.c. Protection par inhibition .....	9
I.B.10. Notions sur la vitesse de corrosion .....	10
<b>I.C. LES INHIBITEURS</b> .....	10
I.C.1. Définition des inhibiteurs de corrosion .....	10
I.C.2. Propriétés des inhibiteurs de corrosion .....	10
I.C.3. Les types d'inhibiteur de corrosion .....	10
I.C.3.a. Les inhibiteurs minéraux .....	10
I.C.3.b. Inhibiteurs organiques .....	11
I.C.4. Classification des inhibiteurs de corrosion .....	11
I.C.5. Efficacité des inhibiteurs de corrosion .....	11
I.C.6. Domaines d'application des inhibiteurs .....	12
<b>I.D. ADSORPTION ET CHIMIE DES SURFACES</b> .....	12
<b>I.E. ISOTHERMES D'ADSORPTION</b> .....	14
<b>I.F. RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES SUR LA     POLY(N-VINYLPYRROLIDONE) ET SES DERIVES UTILISES     COMME INHIBITEURS</b> .....	14

## **II. CHAPITRE 2 : PARTIE EXPERIMENTALE DE L'ETUDE**

<b>II.A. INTRODUCTION</b> .....	17
<b>II.B. ECHANTILLON ET PRODUITS</b> .....	17
II.B.1. Echantillon.....	17
II.B.2. Milieu électrolytique .....	17
II.B.3. L'inhibiteur de corrosion.....	17
<b>II.C. DISPOSITIF</b> .....	18
<b>II.D. PROTOCOLE EXPERIMENTAL</b> .....	18
II.D.1. Méthode pondérale "La gravimétrie" .....	18
II.D.2. Protocoles de la mesure gravimétrique.....	19
<b>II.E. METHODES DE DETERMINATION DE LA VITESSE DE CORROSION</b> .....	20

## **III. CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSIONS**

<b>III.A. INTRODUCTION</b> .....	22
<b>III.B. RESULTATS</b> .....	22
III.B.1. Effet de la concentration .....	22
III.B.2. Effet du temps d'immersion.....	24
III.B.3. Effet de la température.....	26
III.B.4. Calculs de l'énergie d'activation .....	27
III.B.5. Calculs des paramètres thermodynamiques .....	29
III.B.6. Isothermes d'adsorption.....	30
III.B.7. Etude comparative du PVPI dans 3 milieux acides .....	31
III.B.8. Plan d'expérience .....	32
<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	35
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	36

# LISTE DES FIGURES

<b>Figure I. 1</b> : Les différents types de corrosion localisée.....	4
<b>Figure I.2</b> : Corrosion uniforme (1) et localisée (2) d'un métal.....	5
<b>Figure I.3</b> : Moyens de prévention de la corrosion .....	8
<b>Figure I.4</b> : Adsorption d'un inhibiteur organique sur la surface métallique en milieu aqueux ..	13
<b>Figure I.5</b> : Méthodes de synthèse des différents polymères de N-vinylpyrrolidone.....	14
<b>Figure II.1</b> : Pièces métalliques avant et après immersion .....	19
<b>Figure III.1</b> : Evolution de l'efficacité inhibitrice pour différentes concentrations en inhibiteurs à 5 températures différentes .....	22
<b>Figure III.2</b> : Evolution de la vitesse de corrosion pour différentes concentrations en inhibiteurs à 5 températures différentes .....	23
<b>Figure III.3</b> : Evolution de l'efficacité inhibitrice pour différentes temps et a une concentration en inhibiteur de 30 mg/L et une température de 303 K. ....	24
<b>Figure III.4</b> : Evolution de la perte de masse en fonction des temps d'immersion à la concentration optimale et pour l'acide seul a 303 K .....	25
<b>Figure III.5</b> : Evolution de la vitesse de corrosion pour différentes temps et a une température 303 K.....	26
<b>Figure III.6</b> : Les efficacités inhibitrices en fonction de la variation de la température à différentes concentrations en inhibiteurs .....	26
<b>Figure III.7</b> : Evolution de la vitesse de corrosion en présence et en absence d'inhibiteur à différentes températures.....	27
<b>Figure III.8</b> : Logarithme népérien de la vitesse de corrosion en fonctions de l'inverse de températures pour les 5 concentrations en inhibiteur, en présentant le linéaire pour chaque concentration.....	28
<b>Figure III.9</b> : Logarithme népérien de la vitesse de corrosion sur la température en fonction de l'inverse de la température.....	29
<b>Figure III.10</b> : Surface de réponses fournie par le logiciel pour la PVPI .....	32

# LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau II.1</b> : La composition chimique d'acier XC38 .....	17
<b>Tableau III.1</b> : L'efficacité inhibitrice pour différentes concentrations en inhibiteurs et à différentes températures .....	23
<b>Tableau III.2</b> : La vitesse de corrosion pour différentes concentrations en inhibiteurs et à différentes températures .....	24
<b>Tableau III.3</b> : La perte de masse et l'efficacité pour différents temps d'immersion.....	25
<b>Tableau III.4</b> : Les énergies d'activation pour différentes concentrations en inhibiteur.....	28
<b>Tableau III.5</b> : Les enthalpies et entropies pour différentes concentrations en inhibiteur .....	30
<b>Tableau III.6</b> : Énergies standards d'adsorption.....	31
<b>Tableau III.7</b> : Etude comparative pour la poly(N-vinylpyrrolidone) iodée dans 3 milieux d'acides différents.....	31
<b>Tableau III.8</b> : Résultats fournis par la surface de réponse pour la poly(N-vinylpyrrolidone) iodée .....	33

*INTRODUCTION*  
*GENERALE*



La corrosion est un phénomène de détérioration sous l'influence de l'oxydation environnementale. Ce type de corrosion affectera tous les matériaux métalliques en contact avec des effluents. Sur le plan économique, un gaspillage de matières premières peut provoquer de graves accidents en pollution de l'environnement, ce qui met en évidence la perte de profit lors de l'arrêt et les installations nécessaires aux réparations.

Lors de l'utilisation, les matériaux métalliques sont souvent en contact avec des milieux liquides ou gazeux agressifs, de sorte que le phénomène de corrosion est un problème de surface, ou plus précisément le phénomène d'interface entre le métal et les milieux liquides ou gazeux agressifs.

En raison de la viabilité de l'acier et des coûts de production et d'installation élevés, la plupart des industries ont pris diverses mesures pour prolonger la durée de vie de ce métal précieux [1].

L'utilisation d'inhibiteurs de corrosion écologiques et biodégradables est devenue un enjeu important. La recherche actuelle est de plus en plus consacrée au développement de nouvelles molécules organiques moins toxiques, stables et résistantes à l'oxydation à haute température [2]. L'inhibition de la corrosion par les composés organiques est due à leur adsorption sur la surface métallique [3]. Ces phénomènes d'adsorption peuvent être décrits par deux principaux types d'interactions, à savoir l'adsorption physique, l'adsorption chimique, et/ou mixte [4].

De nombreux travaux [5-6] sont consacrés à l'effet des inhibiteurs de polymère sur les matériaux métalliques dans les solutions d'acide chlorhydrique et d'acide sulfurique.

Les objectifs de ce travail sont d'étudier l'efficacité de l'inhibiteur d'un polymère, la povidone iodée notée PVPI contre la corrosion de l'acier XC38 dans un milieu d'acide sulfurique 0,5 M, ainsi que l'étude de l'influence de quelques paramètres expérimentaux. Ce mémoire est constitué de trois chapitres:

- Dans Le premier chapitre, une étude bibliographique qui consiste en une synthèse des connaissances sur la corrosion, les inhibiteurs et leurs propriétés, la PVPI, ainsi que l'adsorption.
- Dans le deuxième chapitre, nous abordons l'aspect expérimental en présentant les différents produits et matériaux utilisés ainsi que la méthode de mesure gravimétrique.
- Le troisième chapitre est réservé à la présentation des résultats de l'expérience, ainsi qu'une étude comparative de travaux antérieurs, et un plan d'expérience sera établi pour prédire les résultats d'efficacité de l'inhibiteur PVPI dans un large domaine de concentrations et températures.

# *CHAPITRE 1:*

Aspect bibliographique de l'étude

## I.A. INRODUCTION

Dans chapitre nous allons dans un premier temps décrire ce qu'est la corrosion, les inhibiteurs, ainsi que quelques notions sur la poly(N-vinylpyrrolidone) et la povidone iodée, et enfin nous allons voir l'adsorption.

## I.B. LA CORROSION

### I.B.1. Définition de la corrosion

La corrosion est une dégradation physique d'un matériau et l'altération de ses propriétés chimiques sous l'influence de son milieu environnant. Elle peut affecter de nombreuses matériaux, en particulièrement, les aciers qui constituent les matériaux de base dans la construction de nombreuses structures sont fortement exposés à la corrosion qu'ils soient au contact d'atmosphères humides, immergés en eau douce ou saline, implantés dans les sols ou en présence de solutions plus ou moins agressives [7].

### I.B.2. Origine de la corrosion

Les causes de la corrosion sont multiples et complexes et résultent d'interactions chimiques et /ou physiques entre le matériau et son environnement. Les différents paramètres qui provoquent la corrosion d'un matériau sont [8]:

- Composition chimique et microstructure du métal,
- Composition chimique de l'environnement,
- Paramètres physiques (température, convection, irradiation, ...etc.)
- Sollicitations mécaniques (contraintes, chocs, frottements, ...etc.)

Les phénomènes de corrosion dépendent du matériau et du milieu environnant [9].

### I.B.3. Forme ou mécanisme de la corrosion

Les phénomènes de corrosion rencontrés sont complexes et souvent spécifiques. Différentes formes de corrosion dépendant de la nature du matériau et des caractéristiques de l'environnement:

#### I.B.3.a. Corrosion généralisée

#### I.B.3.b. Corrosions localisées

- Corrosion galvanique ou bimétallique
- Corrosion par piqûres
- Corrosion intergranulaire
- Corrosion sélective
- Corrosion caverneuse
- Corrosion bactérienne
- Corrosion érosion
- Corrosion sous contrainte
- Corrosion fatigue

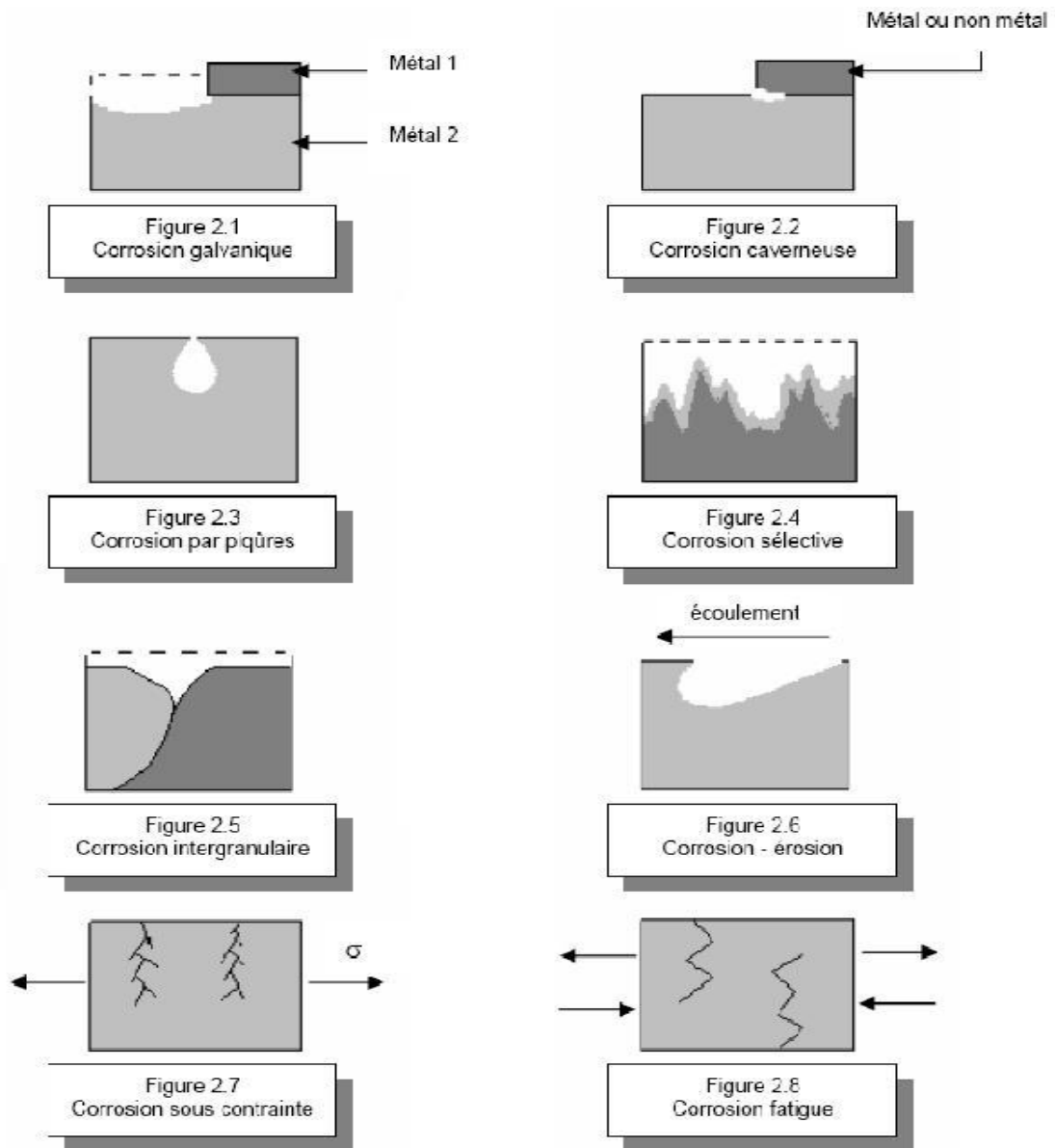


Figure I. 1 : Les différents types de corrosion localisée [10].

### I.B.3.c. Corrosion liée à des effets mécaniques

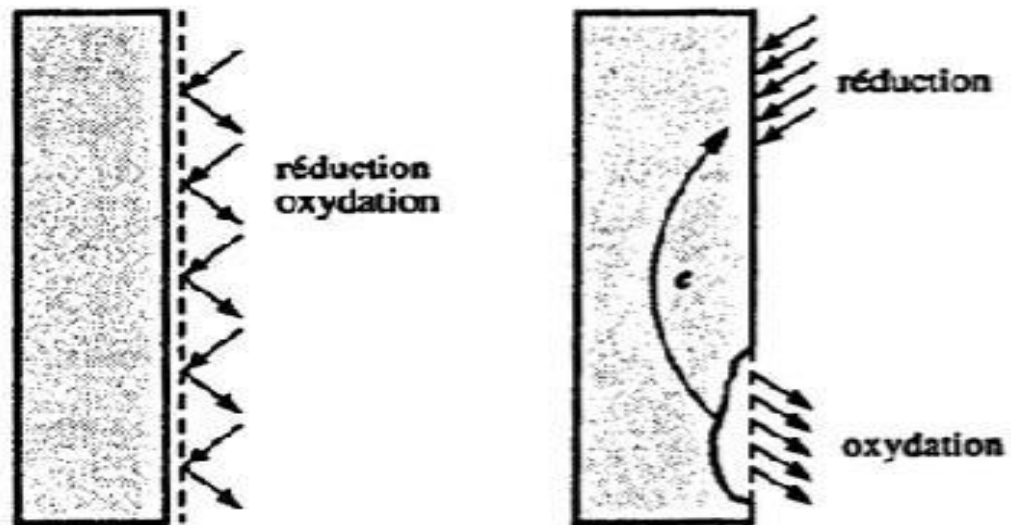
- Fissuration par corrosion sous contrainte
- Effets de l'érosion, de l'abrasion, de la cavitation
- Fatigue-corrosion

## I.B.4. Morphologie de corrosion

### I.B.4.a. Corrosion uniforme

Il se traduit par une réaction chimique ou électrochimique qui se produit uniformément sur toute la surface considérée, appelée aussi corrosion généralisée. Elle survient dans le cas d'un environnement homogène (de température, de pression ou de concentration) ont les mêmes valeurs sur le long de l'interface et lorsque le métal lui-même présente vis-à-vis de cet environnement un comportement suffisamment homogène. La corrosion uniforme ou généralisée

se manifeste avec la même vitesse en tous les points du métal entraînant une diminution régulière de l'épaisseur de celui-ci ou simplement un changement de coloration (ternissement) [11].



**Figure I.2 :** Corrosion uniforme (1) et localisée (2) d'un métal [10].

### **I.B.4.b. Corrosion localisée**

Ce terme implique que des parties spécifiques d'une surface exposée se corrodent dans un électrolyte approprié. Cette forme de corrosion est plus difficile à contrôler que la corrosion généralisée [11].

a. **Corrosion par piqure** Dans certaines conditions d'environnement, les métaux et alliages protégés par un film passif peuvent subir une attaque par piqûration, lorsqu'il se produit une rupture localisée du film. Ces piqûres se localisent en certains points de la surface métallique, elles développent de façon insidieuse et s'auto propagent : au fond de la cavité créée, l'hydrolyse des ions métalliques dissous entraîne une augmentation du degré d'acidité, ce qui entretient le phénomène de corrosion [12].

b. **Corrosion intergranulaire** C'est une attaque sélective aux joints de grains, par suite d'hétérogénéités locales : appauvrissement de l'un des constituants ou au contraire, enrichissement par suite de précipitation lors d'un traitement thermique par exemple. Il a alors création de piles locales avec dissolution des zones anodiques [12].

### **I.B.4.c. Corrosion par crevasse**

Appelée aussi corrosion cavernueuse, elle est due à une différence d'accessibilité de l'oxygène entre deux zones d'une structure métallique. Il y a alors une attaque des parties métalliques les moins accessibles à l'oxygène [12]. La corrosion cavernueuse la plus typique se produit sur les matériaux qui sont passifs préalablement, ou des matériaux qui peuvent facilement être passivés (acier inoxydable, aluminium, alliages d'acier non allié ou faiblement allié dans des milieux plus ou moins alcalins, etc.), lorsque ces matériaux sont exposés à des espèces agressives (par exemple

chlorures) qui peuvent conduire à une rupture locale de la couche d'oxyde de surface [13].

### **I.B.4.d. Corrosion galvanique**

Il s'agit de l'attaque préférentielle de la phase la moins noble d'un alliage comportant deux phases ou de la corrosion pouvant exister entre au moins deux matériaux métalliques placés dans le même environnement. Il y a formation d'une pile. En cas de couplage, plus les métaux en présence sont éloignés sur l'échelle galvanique, plus la pile formée dispose d'énergie pour provoquer les transformations. Les phénomènes de corrosion sont amplifiés à la fois dans la cinétique de dégradation et dans la génération d'ions dans le milieu biologique [13].

### **I.B.4.e. Corrosion et dissolution sélective**

C'est l'oxydation d'un composant de l'alliage, conduisant à la formation d'une structure métallique poreuse [11].

### **I.B.4.f. Corrosion par frottement**

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

### **I.B.4.g. Corrosion sous contrainte et fatigue-corrosion**

C'est une fissuration du métal qui résulte de l'action commune d'une contrainte mécanique (force de traction) et d'une réaction électrochimique. La corrosion sous l'effet de la fatigue est due à l'application répétée des contraintes.

### **I.B.4.h. Corrosion engendrée par les chlorures présents dans l'eau**

La présence dans l'eau de sels dissous constitués de chlorures comme NaCl, MgCl, CaCl<sub>2</sub> peut conduire pour les métaux aux phénomènes de corrosion localisée sous forme de piqures, crevasses, fissuration sous contrainte par attaque de leur film passif. Ce phénomène de corrosion peut également se rencontrer à l'extérieur des équipements et pipelines en aciers inoxydables calorifugés: la pénétration d'eau chargée en chlorure à l'interface acier inoxydable-calorifuge peut conduire à des percements [14].

## **I.B.5. Type de corrosion**

On peut distinguer trois types de corrosion selon le développement des différents processus de cette dernière :

### **I.B.5.a. Corrosion chimique**

La corrosion chimique ne fait pas intervenir le passage d'un courant électrique entre le solide et le gaz et/ou liquide. Il s'agit d'une réaction hétérogène entre une phase solide, et une phase gazeuse ou liquide. Dans le cas où le réactif est gazeux (c'est le cas de l'oxygène qui a été

le plus étudié), apparaît un phénomène de la corrosion sèche. Si le réactif est un liquide, il se produit une attaque du métal avec formation d'un produit de corrosion à sa surface même [15]

## I.B.5.b. Corrosion électrochimique

C'est la corrosion ou les zones qui constituent les anodes sont attaquées, lorsqu'il existe un courant électrique circule entre anode et cathode [10]. Ce type de corrosion peut être causé par l'hétérogénéité soit dans le métal, soit dans le réactif. L'existence de l'hétérogénéité détermine la formation d'une pile électrique. Les métaux ne sont en générale pas monophasés. Lorsqu'ils sont plongés dans un réactif, il sont donc le plus souvent le siège d'une corrosion électrochimique.

## I.B.5.c. Corrosion bactérienne

Elle peut être définie comme le secteur de la corrosion dans lequel les processus sont accélérés par de micro-organismes sans modification du phénomène électrochimique de base. La plupart des cas de biocorrosion se produisent sous les biofilms et peuvent prendre diverses formes en termes de matériaux et de micro-organismes impliqués. La lutte contre la corrosion des métaux peut être envisagée de plusieurs manières, les trois principales sont les suivantes [16]:

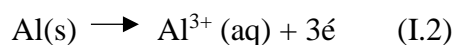
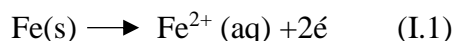
- Applications de revêtements,
- Emploi d'alliage passivable,
- Protection par inhibition.

## I.B.6. Processus de Corrosion

La corrosion est un processus électrochimique qui se produit habituellement par le couplage de deux demi-réactions électrochimiques. Une demi-réaction électrochimique est une réaction dans laquelle les électrons apparaissent sur un côté ou l'autre de cette réaction. Si les électrons sont des produits, alors la réaction est une réaction d'oxydation et si les électrons sont des réactifs, alors la réaction est une réaction de réduction [17].

### I.B.6.a. Réaction anodique

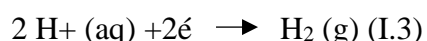
C'est une réaction d'oxydation qui décrit la perte de matière, voir les exemples suivants :



On remarque une augmentation de nombre d'oxydation de métal et libération d'électrons.

### I.B.6.b. Réaction cathodique

La réaction d'oxydation est couplée à une réaction de réduction, illustrée par la réduction des ions hydrogènes pour former de l'hydrogène gazeux:



On remarque une augmentation du nombre d'oxydation et un gain d'électron dans le site cathodique.

## I.B.7. Impact économique de la corrosion des métaux

La corrosion est un domaine bien vaste qui touche toutes sortes de matériaux (métaux, céramiques, polymères) dans des environnements variables (milieu aqueux, atmosphère, hautes températures...etc). Ce phénomène cause de grands dégâts dans tous les secteurs : bâtiment, génie civil, transport, industries chimique et pétrolière [18].

## I.B.8. Méthodes de prévention contre la corrosion

Pour ralentir la vitesse de dissolution des subjectiles et prolonger la durée de vie, on recourt aux diverses méthodes de protection. Le choix de tel ou tel procédé est dicté par son efficacité dans chaque cas précis ainsi que par les avantages économiques qu'il procède [19].

En fonction de l'agressivité de l'environnement et des conditions d'utilisation, des mesures doivent néanmoins parfois être prises afin de limiter ou d'empêcher la dégradation.

Il existe divers moyens de préventions focalisées sur le matériau ou le milieu comme nous pouvons voir dans la figure I.3 [20].

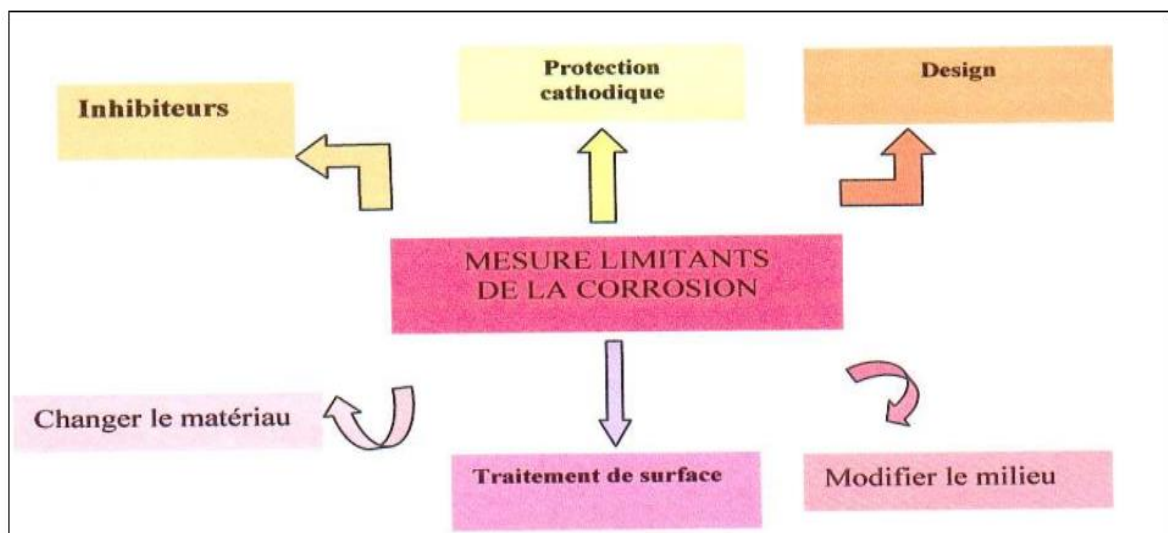


Figure I.3 : Moyens de prévention de la corrosion.

Les méthodes de protection sont divisées par convention en trois groupes :

### I.B.8.a. Méthodes électriques

Ces méthodes reposent sur la variation des propriétés électrochimiques du métal sous l'effet du courant polarisant, et se résume en la protection cathodique ; cette méthode consiste à abaisser le potentiel électrochimique du métal à une valeur telle qu'aucune réaction d'oxydation ne puisse se développer. Le courant de protection peut être délivré, soit par un générateur de courant continu (courant imposé); soit correspondre au courant de dissolution anodique d'un métal plus électronégatif court-circuité avec l'ouvrage métallique à protéger (anodes sacrificielles).

### I.B.8.b. Méthodes fondées sur la variation des propriétés du milieu corrosif

Ces méthodes consistent à isoler le métal du milieu environnant en agissant sur :



- La diminution de la température ;
- La diminution de la vitesse ;
- L'élimination de l'oxygène et des oxydants ;
- La modification de la concentration.
  - Méthodes de protection fondées sur la variation des propriétés du métal corrodant (par revêtement) : ce sont des méthodes qui ont pour but de modifier la nature ou les caractéristiques physico- chimiques de la surface [21].

### **I.B.9. Moyens de lutte contre la corrosion**

Compte tenu, en particulier, des impératifs de sécurité et d'économie, les problèmes de la corrosion sont souvent délicats à résoudre. Le choix des moyens de protection doit être soigneusement analysé.

Nous ne citons ici que les principaux procédés applicables à l'anticorrosion [22].

#### **I.B.9.a. Protection par revêtements**

##### **I.B.9.a.i. Revêtements non métalliques**

- Peintures.
- Matières plastique

##### **I.B.9.a.ii. Revêtements métalliques**

- Immersion dans un bain fondu.
- Electrolyse.
- Métallisation au pistolet.
- Métallisation sous vide.
- PVD (dépôt en phase vapeur).
- CVD (dépôt en phase chimique).

##### **I.B.9.b. Protection électrochimique**

- Protection anodique.
- Protection cathodique.

##### **I.B.9.c. Protection par inhibition**

- Les inhibiteurs organiques.
- Les inhibiteurs minéraux.

### **I.B.10. Notions sur la vitesse de corrosion**

Il existe trois façons d'exprimer la vitesse de corrosion :

- en perte de masse ( $\text{mg.j}^{-1}$ ),
- en perte d'épaisseur ( $\text{mm.an}^{-1}$ )
- en densité de courant ( $\mu\text{A.cm}^{-2}$ ).

Les mesures des pertes en masse et en épaisseur sont les méthodes les plus fiables pour mesurer la corrosivité d'un environnement, mais ils prennent trop de temps. On va présenter dans cette partie une méthode de mesure de vitesse de corrosion par la mesure de perte de masse.

## I.C. LES INHIBITEURS

### I.C.1. Définition des inhibiteurs de corrosion

Les inhibiteurs de corrosion sont des espèces chimiques ajoutées au milieu agressif pour diminuer la vitesse de corrosion des métaux qui s'y trouvent. D'après la "National Association of Corrosion Engineers" (N.A.C.E), « un inhibiteur est une substance qui retarde la corrosion lorsqu'elle est ajoutée à un environnement en faible concentration » [23]. La diminution du taux de corrosion est réalisée soit en limitant les réactions électrochimiques par un ralentissement des taux d'oxydation et/ou réduction, soit en modifiant l'agressivité de l'électrolyte, en fait en modifiant l'interface matériau/milieu [24]. En plus des applications dans le nettoyage des métaux et dans le refroidissement des courants chauds, les inhibiteurs peuvent être intégrés dans la conception.

Les applications les plus communs des inhibiteurs sont celles destinées aux systèmes à circuit-fermé, comme les bains de nettoyage des métaux par un acide, ou les eaux de refroidissement à circuit-fermé. Les bains de nettoyage des métaux par un acide servent à dissoudre chimiquement le tartre sur ces métaux, ce qui empêche l'attaque électrochimique. Les eaux de refroidissement à circuit-fermé utilisés pour la récupération de chaleur de combustion sont des solutions neutres ou basiques auxquelles sont ajoutée une espèce inhibitrice pour favoriser la formation d'une oxyde une fois rentrée en contact avec la surface métallique, ou pour servir comme une solution tampon [25]. La protection par un inhibiteur de corrosion à la surface du matériau peut être: une protection permanente ou une protection temporaire (par exemple pendant le stockage) [26].

### I.C.2. Propriétés des inhibiteurs de corrosion

Un inhibiteur de corrosion doit vérifier un certain nombre de propriétés fondamentales: abaisser la vitesse de corrosion du métal tout en conservant les caractéristiques physico-chimiques de ce dernier; être stable en présence d'autres constituants en particulier vis-à-vis de certains biocides; être stable dans le domaine de température utilisé; être efficace à faible concentration; peu onéreux par rapport aux économies qu'il permet de réaliser et finalement, être compatible avec les normes en vigueur de non-toxicité et de protection de l'environnement.

### I.C.3. Les types d'inhibiteur de corrosion

Le domaine d'utilisation des inhibiteurs recouvre les milieux acides, la vapeur et les eaux de refroidissement.

En général, les inhibiteurs sont classés en fonction de leur mode d'action. On distinguera ainsi :

#### I.C.3.a. Les inhibiteurs minéraux

##### 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.

### **Inhibiteurs cathodiques**

Un inhibiteur cathodique diminue la densité du courant partiel cathodique et déplace le potentiel de corrosion dans le sens négatif. Ceci se produit par la précipitation de l'espèce insoluble sur les sites cathodiques. Des ions de zinc sont utilisés en tant qu'inhibiteurs cathodiques en raison de la précipitation de  $Zn(OH)_2$  aux sites cathodiques.

### **Inhibiteurs mixtes**

Un inhibiteur mixte diminue la vitesse des deux réactions partielles, mais il modifie peu le potentiel de corrosion.

### **I.C.3.b. Inhibiteurs organiques**

Les inhibiteurs organiques (amidoamines, éthanolamines, aldéhydes, mercaptans,...) sont des molécules à chaînes longues capables de se fixer à la surface du métal par une de leurs extrémités.

## **I.C.4. Classification des inhibiteurs de corrosion**

### **I.C.4.a. Classification selon la réaction partielle ralentie**

- Inhibiteurs anodique
- Inhibiteurs cathodique
- Inhibiteurs mixte

### **I.C.4.b. Classification selon le mécanisme réactionnel**

- Inhibition de corrosion par adsorption
- Inhibition de corrosion par passivation
- Inhibition de corrosion par précipitation
- Inhibition de corrosion par élimination de l'agent corrosif

### **I.C.4.c. Classification selon le domaine d'application**

- Inhibition en milieu acide
- Inhibition en milieu neutre
- Inhibition en phase gazeuse
- Inhibiteurs pour le milieu organique

### **I.C.4.d. Inhibiteurs naturels de corrosion**

## **I.C.5. Efficacité des inhibiteurs de corrosion**

Un inhibiteur de corrosion est une substance chimique qui, lorsqu'elle est ajoutée en petite concentration à un environnement, diminue efficacement le taux de corrosion.

L'efficacité de cet inhibiteur est ainsi exprimée par une mesure de cette amélioration. En général, l'efficacité d'un inhibiteur augmente avec la concentration d'inhibiteur, par ex. un inhibiteur typiquement bon donnerait 95% d'inhibition à une concentration de 0,008% et 90% à une concentration de 0,004%. Au fil des années, des méthodes sophistiquées d'essai d'inhibiteurs de corrosion, typiquement conçues pour reproduire les conditions les plus extrêmes d'un système, ont été utilisées pour améliorer les capacités d'inhibiteur. Des inhibiteurs de corrosion nouveaux et de meilleure qualité ont été développés en raison de leurs performances dans des appareils de laboratoire élaborés, mais beaucoup n'ont pas obtenu des performances comparables sur le terrain.

L'incapacité de transférer la performance de l'inhibiteur du laboratoire au champ reste un défi aujourd'hui. Cependant, la corrélation des performances en laboratoire et sur le terrain peut être possible une fois que les facteurs clés impliqués dans la chimie des inhibiteurs et la théorie de la corrosion sont pris en compte.

### I.C.6. Domaines d'application des inhibiteurs

Les inhibiteurs ont plusieurs domaines conventionnels d'utilisation :

**L'industrie du pétrole** : forage, extraction, raffinage, stockage et transport, entre autres

**Les mélanges d'apprêt et peintures** : où les inhibiteurs de corrosion sont des additifs assurant la protection des métaux contre la corrosion

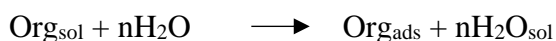
**Le traitement des eaux** : traitement des (eaux sanitaires, eaux des procédés industriels, eaux de chaudières, entre autres)

### I.D. ADSORPTION ET CHIMIE DES SURFACES

Il est généralement admis que la réaction de la dissolution du métal comporte des étapes élémentaires avec formation des intermédiaires adsorbées [27 - 28]. Les inhibiteurs peuvent retarder la réaction du processus de dissolution anodique du métal en milieu acide, selon les principaux mécanismes suivants:

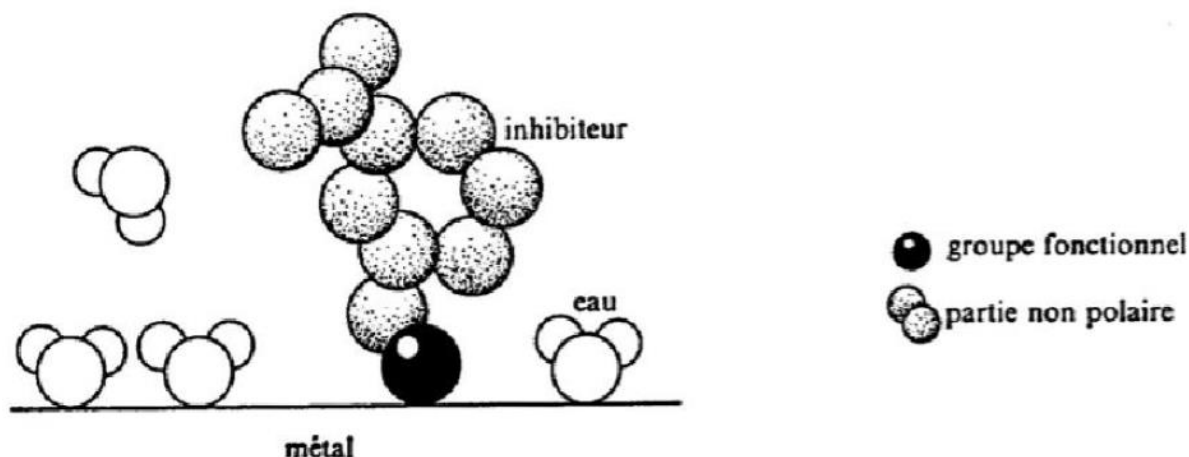
- Le changement de la structure de la double couche à l'interface métal/électrolyte.
- Les vitesses des réactions électrochimiques sont ainsi affectées [29 - 30]
- La formation d'une véritable barrière physique.
- La diminution de la réactivité du métal.
- La participation de l'inhibiteur aux réactions partielles à l'électrode.

Les inhibiteurs agissent par adsorption à la surface des métaux en premier lieu, avant d'intervenir dans le processus réactionnel de corrosion. Dans les solutions aqueuses, en raison de leur caractère polaire, les molécules d'eau s'adsorbent à la surface du métal. Les inhibiteurs organiques efficaces doivent donc déplacer les molécules d'eau adsorbées (figure I.4). L'adsorption d'une substance organique à la surface du métal peut être décrite par la réaction suivante:



Les indices sol et ads signifient, en solution et adsorbé, et n représente le nombre de molécules d'eau déplacées à partir de la surface pour chaque molécule organique adsorbée.

Ce nombre n'est indépendant du recouvrement et de la charge de métal, mais dépend de l'aire géométrique de la molécule organique qui est gouvernée par une énergie d'interaction entre le métal et les molécules d'eau.



**Figure I.4 :** Adsorption d'un inhibiteur organique sur la surface métallique en milieu aqueux.

La variation globale d'énergie libre d'adsorption qui résulte de l'adsorption des molécules d'inhibiteurs peut s'écrire selon l'équation de Gibbs-Helmholtz :

$$\Delta G_{\text{ads}} = \Delta H_{\text{ads}} - TS_{\text{ads}}$$

Pour que l'adsorption soit effective, il faut que  $\Delta G_{\text{ads}}$  soit négative, et comme  $\Delta S_{\text{ads}}$  étant toujours négatives les atomes perdent des degrés de liberté durant le processus d'adsorption, il s'ensuit que  $\Delta H_{\text{ads}}$  est négative et donc que l'adsorption est un phénomène exothermique.

Notons dans ce contexte que lors d'une adsorption substitutionnelle,  $\Delta H_{\text{ads}}$  pourra être positive. La chaleur d'adsorption  $Q_{\text{ads}}$  est définie comme étant l'opposée de la variation d'enthalpie  $\Delta H_{\text{ads}}$  soit:

$$Q_{\text{ads}} = -\Delta H_{\text{ads}}$$

La valeur de  $Q_{\text{ads}}$  permet de distinguer l'adsorption physique (physisorption) de l'adsorption chimique (chimisorption).

#### **I.D.2.a. Adsorption physique**

Ce type d'adsorption est dû à l'interaction faible, de type de van der Waals, entre les espèces adsorbées et la surface du métal. Comme son nom l'indique, c'est un phénomène purement physique et réversible, qui n'implique aucune énergie d'activation. En générale la chaleur d'adsorption physique ne dépasse pas 20 kJ/mol, Ce qui est comparable à la condensation d'un gaz. Lors du processus d'adsorption physique plusieurs couches d'atomes peuvent être adsorbées à la surface du matériau.

#### **I.D.2.b. Adsorption chimique**

L'adsorption chimique se caractérise par une chaleur d'adsorption plus élevée allant de 40 jusqu'au 100 kJ/mol donnant lieu à l'établissement des liaisons fortes. Elle nécessite parfois une énergie d'activation et en générale une seule couche d'atomes est adsorbée. Les interactions

entre les molécules d'inhibiteurs et le métal se fait par l'intermédiaire de transfert de charge ou un partage d'électrons entre les molécules d'inhibiteurs et les orbitales  $\langle d \rangle$  insaturées de la surface

du métal. Ceci permet de former des liaisons de coordinations ou des liaisons covalentes. Le transfert des électrons sera favorisé par la présence de liaisons multiples, d'hétéroatomes et par la présence de substituant doués d'effet donneur [31 - 32].

### I.E. ISOTHERMES D'ADSORPTION

Une isotherme est une fonction qui décrit la quantité adsorbée (Q) en fonction de la concentration à température constante. L'allure des isothermes d'adsorption à une température donnée dépend des interactions adsorbant/adsorbât et en particulier de la nature de l'espèce adsorbée et de la nature de la surface du solide. Plusieurs modèles d'isothermes d'adsorption sont proposés et ils diffèrent par leurs conditions de validité.

### I.F. RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES SUR LA POLY(N-VINYLPYRROLIDONE) ET SES DERIVES UTILISES COMME INHIBITEURS

L'effet des composés des dérivés PVP sur le comportement de corrosion du fer et l'acier dans les solutions acides a été bien étudié. Il a montré que les propriétés protectrices de tels composés dépendent de leur capacité de réduire le taux de corrosion. Ainsi, nous allons décrire d'une façon succincte des travaux récents, traitant particulièrement, le domaine de la protection du fer et de l'acier contre la corrosion en milieu acide par ces copolymères.

La polyvinylpyrrolidone est un polymère provenant de la polymérisation d'un monomère de N-vinylpyrrolidone. Cette polymérisation peut aboutir à différents composés en fonction du procédé utilisé.

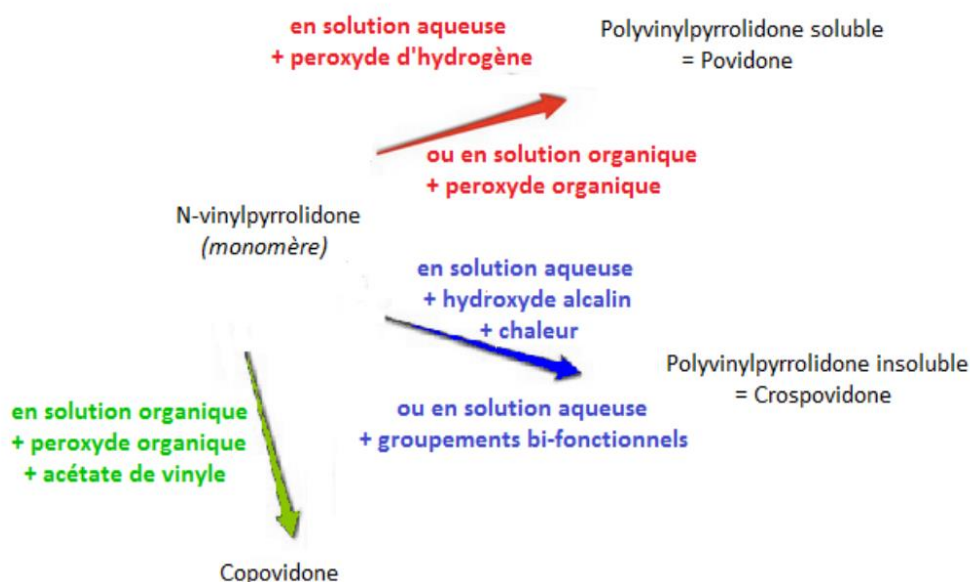


Figure I.5 : Méthodes de synthèse des différents polymères de N-vinylpyrrolidone.

En raison de sa très grande solubilité à la fois dans l'eau [33] ainsi que dans la plus part des solvants organiques usuel sa Tg 175 °C. La poly (N-vinylpyrrolidone) (PVP) est un polymère hydrophile doué des propriétés fortes intéressantes, son introduction dans de nouveaux matériaux est susceptible de leur conférer un large aspect d'application.

En effet la poly(N-vinylpyrrolidone) est un polymère qui possède un pouvoir complexant vis-à-vis de certain réactifs [34 - 35], il est capable de former des liaisons hydrogènes et présentant une excellente biocompatibilité et une très faible toxicité [36 - 37].

C'est un très intéressant agent stabilisant et possède des caractéristiques adhésives [38 - 39]. La fixation d'une fonction terminale sur la PVP n'est généralement pas suffisante pour modifier ses propriétés physico-chimiques et mécaniques [40 - 41]. Les complexes de polyélectrolytes sont efficaces dans la dépollution des eaux. Ils peuvent être employés dans la rétention sélective des ions de métaux lourds [42].

De plus, il est connu que l'inhibition de la corrosion peut être améliorée par la présence de plusieurs inhibiteurs dans le milieu corrosif. Ce phénomène s'appelle la synergie. En 2004, Larabi et Harek [43] ont étudié l'effet de l'ion iodure sur la corrosion de l'acier doux. Ces auteurs ont observé que le taux d'inhibition maximal était de 78% lorsque la concentration de PVP était égale à 250 mg/L et que le milieu corrosif était de 0,5 M. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Ils ont également observé que l'ajout de KI peut augmenter l'efficacité. Inhibiteur PVP. En effet, en présence de 0,02% de KI, le taux d'inhibition maximal est d'environ 92,5% à 10 mg / L.

En 2004, Laabi et al. [44] ont utilisé une analyse gravimétrique pour étudier l'effet d'inhibition de la corrosion des ions PVP et iodure de potassium sur l'acier à faible teneur en carbone dans une solution de HCl 1 M. La PVP a un effet inhibiteur évident, En présence de 0,1% de KI, la concentration est passée de 100 mg /L à 95,20 %. L'effet de la température par mesure d'impédance électrochimique a été vérifié. Ils ont conclu que Le PVP est chimiquement adsorbé et a un effet sur le comportement de la cathode et de l'anode de l'acier. Ceci explique nos recherches sur les inhibiteurs de PVPI

La poly(N-vinylpyrrolidone) iodée, plus connue sous le nom de la povidone iodée est sous forme de solide poudreux, brun-jaune à odeur caractéristique, ayant masse volumique de 1,225 g/mL à 20 °C et est soluble dans l'eau, il a un pH approximatif de 2,0 dans une solution aqueuse à 10 % [45].

La Polyvinylpyrrolidone iodée est un antiseptique précieux pour la prévention des infections nosocomiales en raison de son large spectre d'action. Elle est utilisée en milieu chirurgical à toutes les étapes des interventions. Le recours à des antiseptiques sans souci de la dose appliquée peut cependant favoriser l'apparition d'effets indésirables.

# *CHAPITRE 2*

Partie expérimentale de l'étude



## II.A. INTRODUCTION

Dans ce chapitre nous allons voir et étudier les différents produits et matériaux utilisés ainsi que la méthode de mesure gravimétrique.

## II.B. ECHANTILLON ET PRODUITS

### II.B.1. Echantillon

Le tableau II.1 présente la composition des pièces d'acier utilisé:

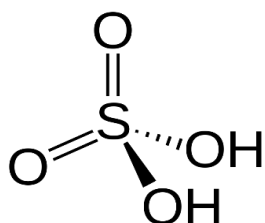
**Tableau II.1:** La composition chimique d'acier XC38.

Eléments	C	Si	Cu	Cr	Mn	Ni	S	Ti	Co	Fe
Pourcentage massique (%)	0.370	0.023	0.160	0.077	0.680	0.059	0.016	0.011	0.009	-

### II.B.2. Milieu électrolytique

Au cours de cette étude nous avons utilisé une solution corrosive (solution acide) des solutions aqueuses préparés de solutions commerciales, d'acide sulfurique.

#### Acide sulfurique



Pureté : 95-97 %

Densité : 1,84

Masse molaire : 98,08 g/mol

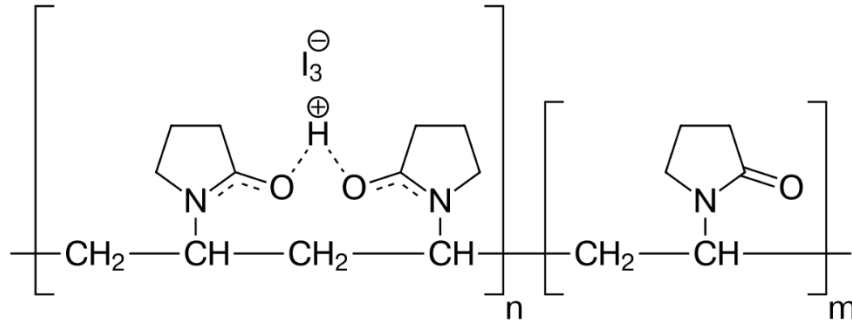
La solution préparée est de 0,5 M en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

CAS:7664-93-9

SIGMA-ALDRICH

### II.B.3. Inhibiteur de corrosion

L'inhibiteur de corrosion pris dans cette étude est la poly(N-vinylpyrrolidone) iodée plus connue sous le nom de la povidone iodée ayant des propriétés chimiques intéressantes et une solubilité dans l'eau.



Masse volumique : 1,225 g/mL à 20 °C

pH : 2,0 solution aqueuse à 10%. (pH approximatif)

Ce dernier se trouve sous forme de poudre brun-jaune a odeur caractéristique.

CAS: 25655-41-8

Alfa-Aesar

## II.C. DISPOSITIF

- Bêchers (50mL)
- Eprouvettes graduées (50mL)
- Fioles jaugées (1L)
- Bouchon en verre
- Entonnoir
- Agitateur magnétique avec chauffage
- Barreau aimanté
- Cristalliseur
- Balance électromagnétique
- Verre de montre
- Spatule
- Pissette
- Des pièces métalliques.
- Un bain marie (PHYWE).
- Une balance de précision (SARTORIUS).
- Des flacons étiquetés avec bouchons
- Une polisseuse a papier abrasifs.
- Des papiers abrasifs (SAITAC) de granulométrie (SiC400<sub>μ</sub>, SiC800<sub>μ</sub>, SiC1000<sub>μ</sub>, SiC1200<sub>μ</sub>) utilisés pour le polissage des échantillons.
- Pied à coulisse.
- Un séchoir.
- Des files.
- Polisseuse.

## II.D. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

### II.D.1. Méthode pondérale "La gravimétrie"

La gravimétrie est une méthode qui repose sur la mesure de la perte de masse  $\Delta m$  subie par un échantillon de surface  $S$ , pendant le temps  $t$  d'immersion dans une solution corrosive maintenue à température constante.

Les mesures de perte de poids sont une première approche de l'étude de l'inhibition de la corrosion d'un métal dans une solution électrolytique. Cette méthode présente l'avantage d'être d'une mise en œuvre simple et de ne pas nécessiter un appareillage important. Cette méthode consiste à mesurer la perte de masse  $\Delta m$  des échantillons de surface d'aire  $S$  pendant un temps  $t$  d'immersion de l'échantillon dans une solution corrosive, afin de mesurer la vitesse de corrosion.

La vitesse  $n$ 'a de signification que lorsque l'attaque est répartie uniformément sur toute la surface. L'efficacité inhibitrice d'un composé est évaluée par l'intermédiaire de la mesure des vitesses de la corrosion du système électrochimique en absence et en présence de l'inhibiteur. Elle est calculée à partir de la relation suivante :

$$\%E = \left(1 - \frac{W_{corr'}}{W_{corr}}\right) \times 100$$

où  $W_{corr}$  et  $W_{corr}'$  sont respectivement les valeurs de la vitesse de corrosion en absence et en présence de l'inhibiteur.

### II.D.2. Protocoles de la mesure gravimétrique

Différentes concentrations en PVPI ont été préparés (1, 5, 20, 30, et 50 mg/L) dans un milieu d'acide sulfurique 0,5 M.

Après avoir poli les échantillons des pièces métalliques avec la polisseuse et les papiers abrasives allant de 400 à 1200 grains, nous avons calculés les surfaces de chaque côtés de la pièce avec le pied à coulisse, et pesé avant chaque essai, par la suite nous avons dégraissé les pièces attaché à un fil avec de l'acétone et de l'eau distillée, après séchage au séchoir nous avons mis ces derniers dans des bouteilles remplis de solution avec pourcentage d'inhibiteur connue, et enfin mis dans un bain marie pour permettre le maintien à la température désirée.



Figure II.1 : Pièces métalliques avant et après immersion.

## II.E. Méthodes de détermination de la vitesse de corrosion

La notion de vitesse de corrosion n'a de sens que si le phénomène de corrosion concerne la totalité de la surface métallique de manière uniforme (corrosion généralisée). La vitesse de cette attaque est reliée aux éléments suivants [46] :

La composition chimique : nature et proportions des constituants fondamentaux, des éléments d'addition et des impuretés,

La microstructure : grosseur des grains, nombre de phases présentes et composition de chacune de celles-ci, les défauts de structure, Les caractéristiques technologiques : méthodes de préparation et de traitement, conditions de stockage, transport,

Etat et traitement de surface: pièce travaillée ou « brute », rugosité, couche protectrice naturelle, film de protection temporaire, etc.

La vitesse de corrosion  $W_{corr}$  est donnée par l'expression suivante :

$$W_{corr} = \frac{\Delta m}{tS} \text{ (mg.h}^{-1}\text{.cm}^{-2}\text{)}$$

$\Delta m$  étant la perte de masse exprimée en mg,

t le temps de la mesure en heure,

S la surface de l'échantillon en  $\text{cm}^2$ .

# *CHAPITRE 3*

Résultats et discussions

### III.A. INTRODUCTION

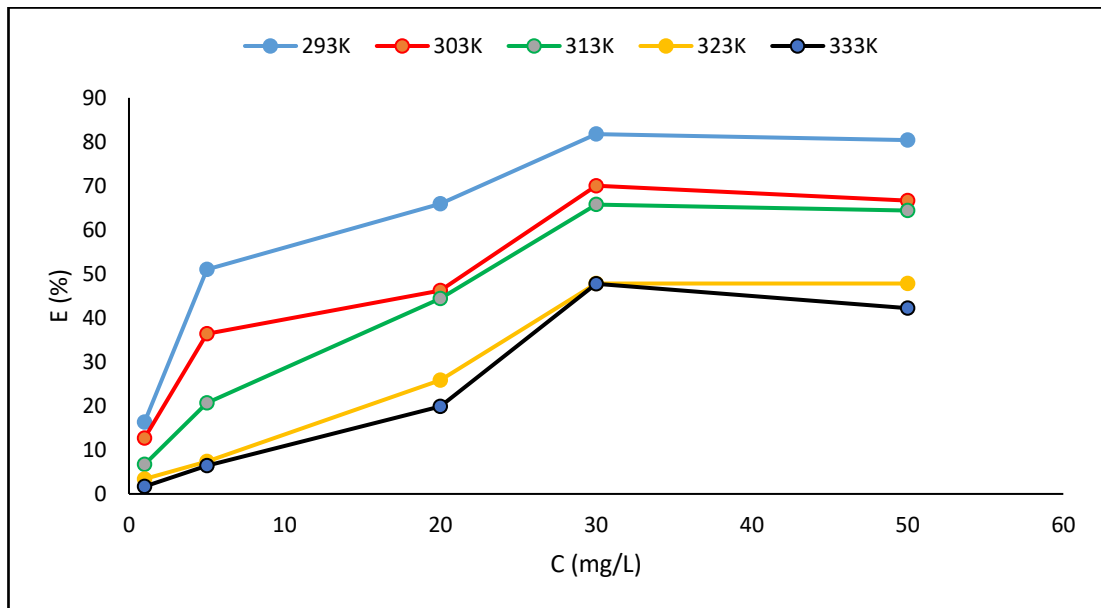
La corrosion de nos échantillons d'acier dans notre étude a été déterminée par la méthode gravimétrique (la perte de masse), plusieurs paramètres ont été étudié, tel que l'effet de la concentration, la température, et le temps d'immersion. Ces mesures sont répétées trois fois pour un même échantillon pour une meilleure précision des résultats.

### III.B. RESULTATS

#### III.B.1. Effet de la concentration

Nous avons étudié l'évolution de l'efficacité inhibitrice de l'acier ainsi que la vitesse de corrosion en présence d'inhibiteur à différentes concentration de polyvinyl(pyrolidone)-iodine et dans un acide seul, à des températures connues pendant 2 h d'immersion qui est prise comme temps optimale car à cette valeur l'efficacité reste stable.

La Figure III.1 a étudié l'effet de la concentration de l'inhibiteur sur l'efficacité inhibitrice :



**Figure III.1** : Evolution de l'efficacité inhibitrice pour différentes concentrations en inhibiteurs à 5 températures différentes.

La figure III.1 montre clairement que l'efficacité augmente avec la concentration en inhibiteur à différentes températures. On constate une stabilisation de corrosion, en d'autres termes, une valeur maximale d'inhibiteur pour une concentration optimale de 30 mg/L.

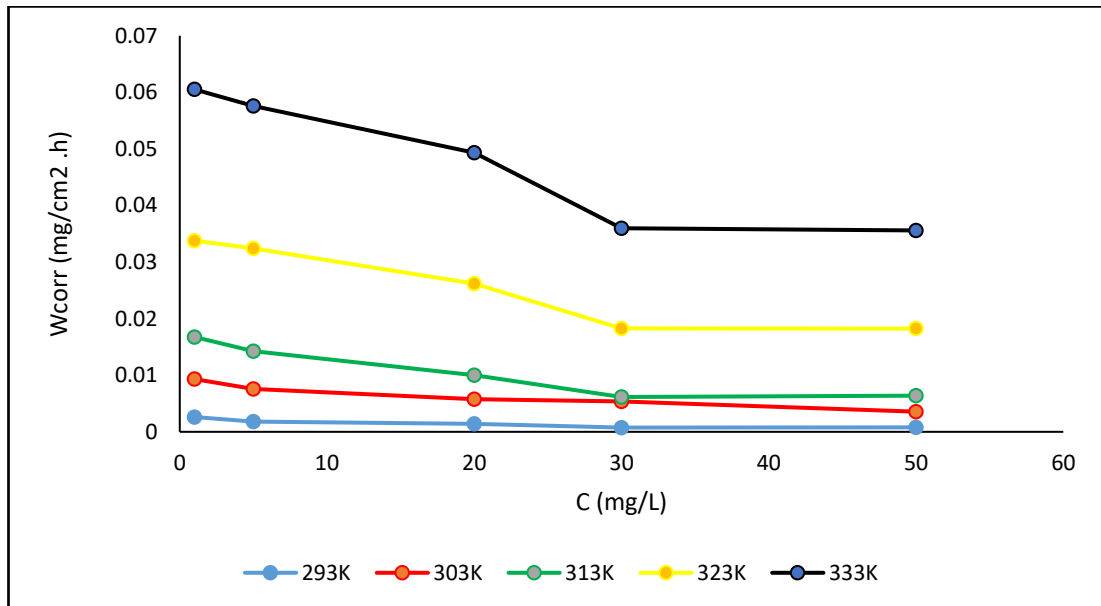
## CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les valeurs de l'efficacité inhibitrice associée à la corrosion de nos échantillons métalliques dans le  $H_2SO_4$  montrent une évolution croissante avec l'augmentation de la concentration de l'inhibiteur qui diminue avec l'augmentation de la température, ces résultats sont rapportés dans le tableau III.1 :

**Tableau III.1** : L'efficacité inhibitrice pour différentes concentrations en inhibiteurs et à différentes températures.

T (K) \ C (mg/L)	293	303	313	323	333
1	16,34	12,69	6,69	3,39	1,68
5	51,01	36,37	20,68	7,36	6,45
20	65,95	46,20	44,41	25,84	19,86
30	81,75	70,03	65,74	47,80	47,74
50	80,41	66,66	64,40	47,81	45,01

La figure III.2 montre l'évolution de la vitesse inhibitrice de corrosion en fonction de la concentration de notre inhibiteur dans la solution de  $H_2SO_4$ .



**Figure III.2** : Evolution de la vitesse de corrosion pour différentes concentrations en inhibiteurs à 5 températures différentes.

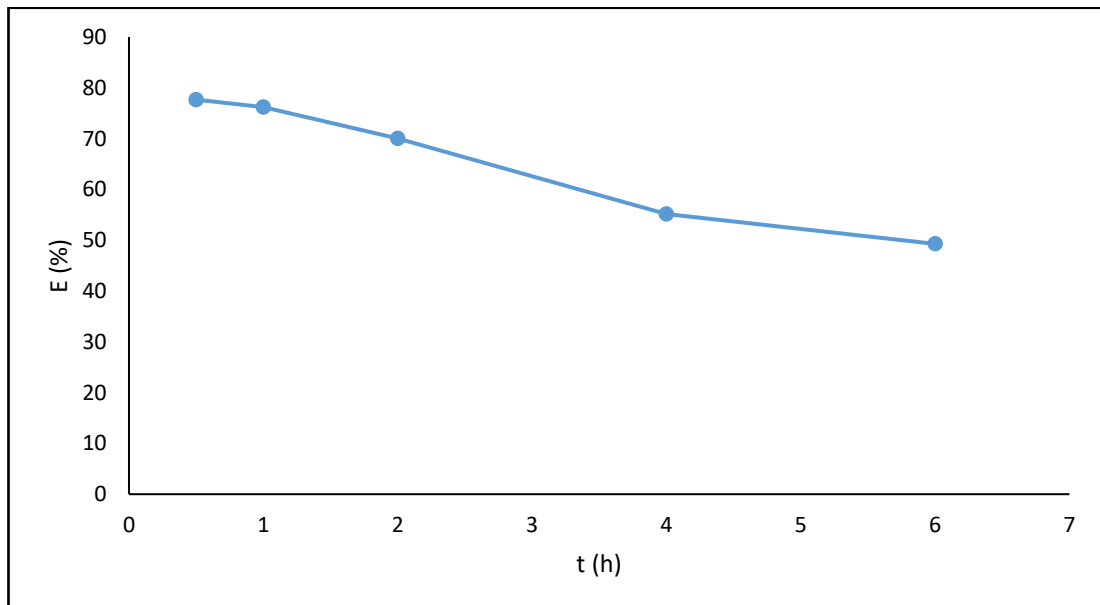
La vitesse diminue avec l'augmentation de la concentration de l'inhibiteur, ainsi qu'elle augmente avec la température. Les résultats sont démontrés dans le tableau III.2:

**Tableau III.2** : La vitesse de corrosion pour différentes concentrations en inhibiteurs et à différentes températures.

T (K) \ C (mg/L)	293	303	313	323	333
1	0,0026	0,0093	0,0167	0,0337	0,0605
5	0,0018	0,0075	0,0142	0,0324	0,0575
20	0,0014	0,0057	0,0099	0,0262	0,0493
30	0,0007	0,0053	0,0061	0,0182	0,0359
50	0,0008	0,0035	0,0063	0,0182	0,0355

### III.B.2. Effet du temps d'immersion

Parmi les facteurs qui ont un effet sur la vitesse de corrosion de l'acier, nous avons le temps d'immersion que nous avons suivi en prenant différents temps de 30 minutes, 1 h, 2 h, 4 h et 6 h et en calculant leur efficacité inhibitrice, tel que le montre la figure III.3, ainsi que leurs pertes de masse à la concentration optimale qui est de 30 mg/L, nous avons choisi cette dernière car c'est la valeur où l'efficacité est maximale, à la température de 30°C, nous avons aussi calculé leur vitesse de corrosion.



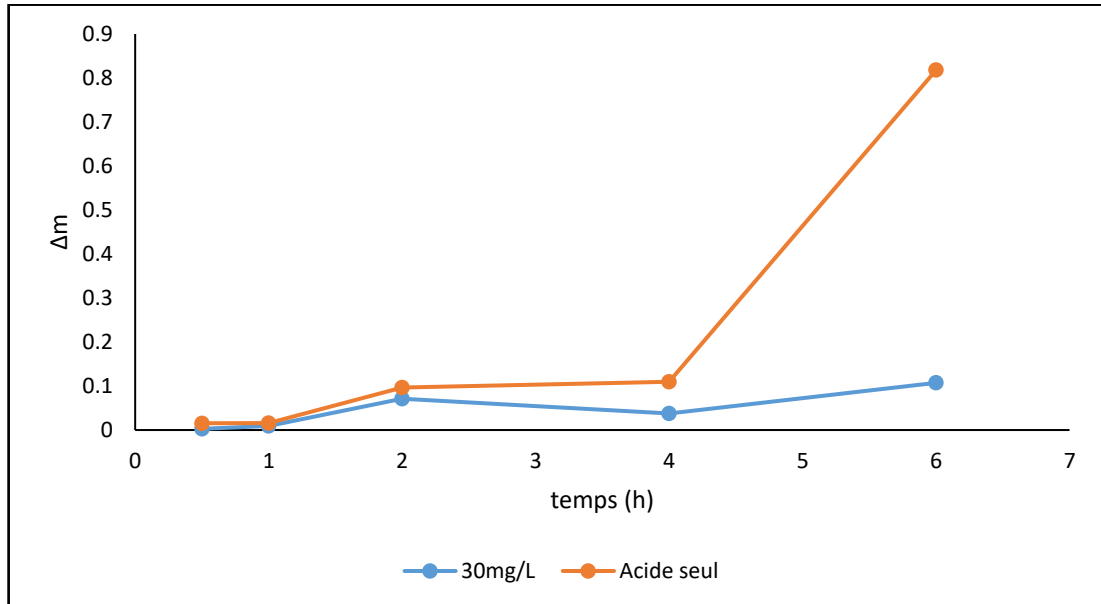
**Figure III.3** : Evolution de l'efficacité inhibitrice pour différents temps et à une concentration en inhibiteur de 30 mg/L et une température de 303 K.



## CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats montrent que plus le temps de l'échantillon immergé augmente plus l'efficacité inhibitrice diminue.

La figure III.4 illustre la variation de la perte de masse  $\Delta m$  en fonction du temps d'immersion pour le  $H_2SO_4$  à la température de 303 K et la concentration optimale de 30 mg/L.



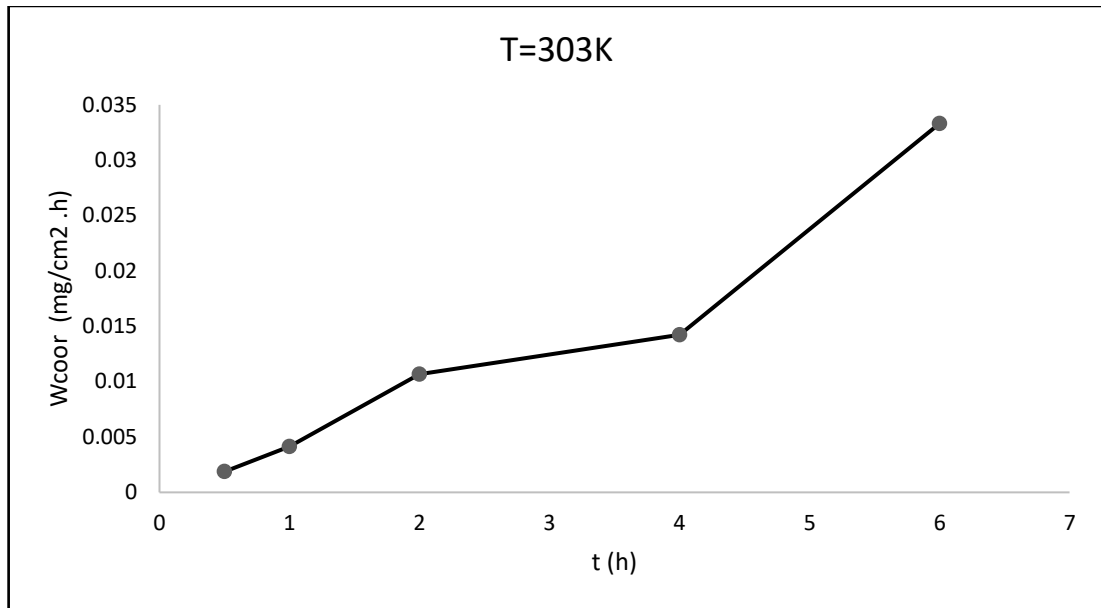
**Figure III.4** : Evolution de la perte de masse en fonction des temps d'immersion à la concentration optimale et pour l'acide seul à 303 K.

Nous remarquons une augmentation pour la perte de masse pour une augmentation en temps d'immersion. Les résultats sont exprimés dans le tableau III.3 :

**Tableau III.3** : La perte de masse et l'efficacité pour différents temps d'immersion.

Temps (h)	$\Delta m$	E (%)
0,5	0,002	77,68
1	0,009	76,22
2	0,070	70,03
4	0,037	55,16
6	0,107	49,29

En gardant la température du bain 303 K.

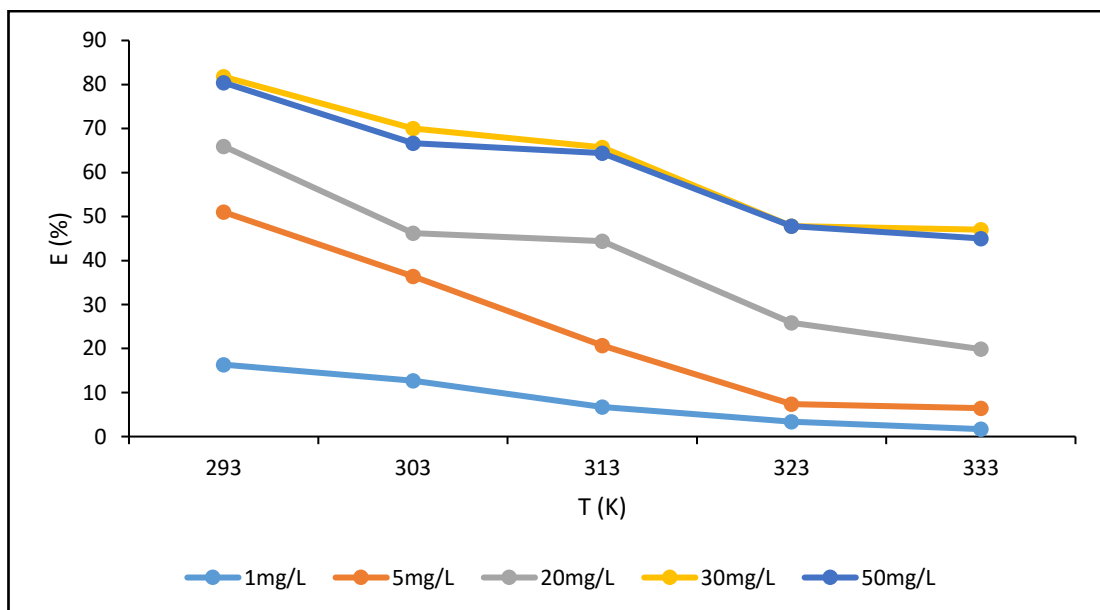


**Figure III.5 :** Evolution de la vitesse de corrosion pour différents temps et à une température de 303 K.

Nous remarquons une augmentation de la vitesse de corrosion avec l'augmentation du temps d'immersion qui implique une diminution de l'efficacité inhibitrice.

### III.B.3. Effet de la température

Nous avons étudié l'évolution de l'efficacité inhibitrice et la vitesse de corrosion en présence et en absence d'inhibiteur à différentes températures pendant un temps optimal de 2 h d'immersion.



**Figure III.6 :** Les efficacités inhibitrices en fonction de la variation de la température à différentes concentrations en inhibiteurs.

Dans la figure III.6 nous remarquons une baisse de l'efficacité.

Plus la température augmente plus l'efficacité inhibitrice diminue qui veut dire que la barrière protectrice contre la corrosion diminue en présence de température.

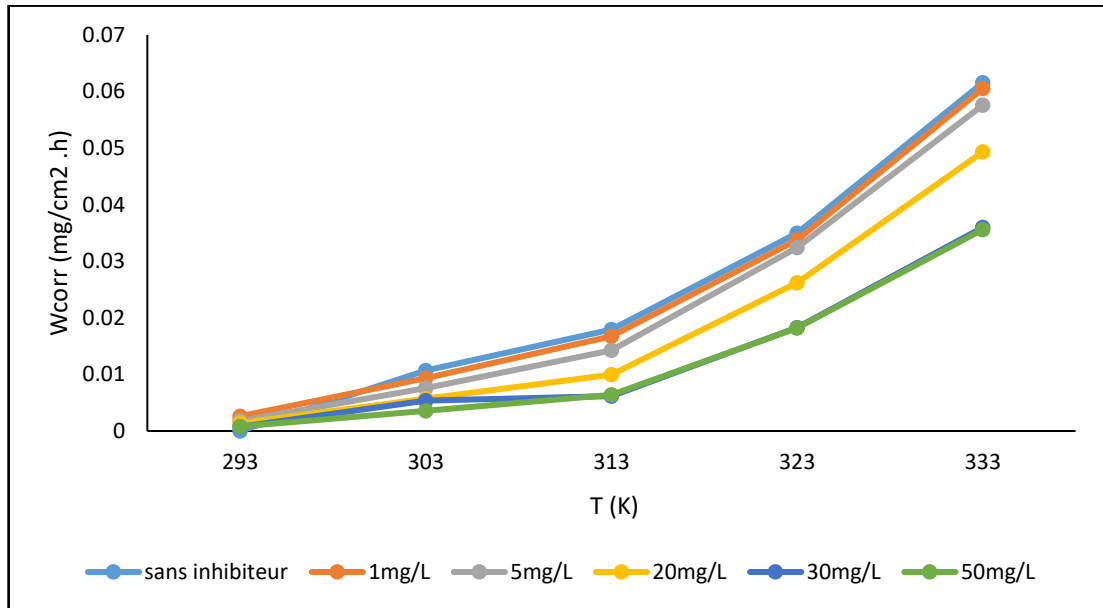


Figure III.7 : Evolution de la vitesse de corrosion en présence et en absence d'inhibiteur à différentes températures.

Sur la Figure III.7, nous avons représenté l'évolution de la vitesse de corrosion pour un acide seul et à différentes concentrations en inhibiteur en fonction de la température. Nous remarquons une augmentation rapide pour toutes les vitesses avec le chauffage, et plus la concentration en inhibiteur augmente plus la vitesse est faible.

#### III.B.4. Calculs de l'énergie d'activation

Afin de calculer l'énergie d'activation nous allons faire appel à l'équation suivante [47] :

$$\ln(W) = \frac{-Ea}{RT} \ln A$$

Avec :

Ea : l'énergie d'activation (kJ. mol<sup>-1</sup>).

T : température (K).

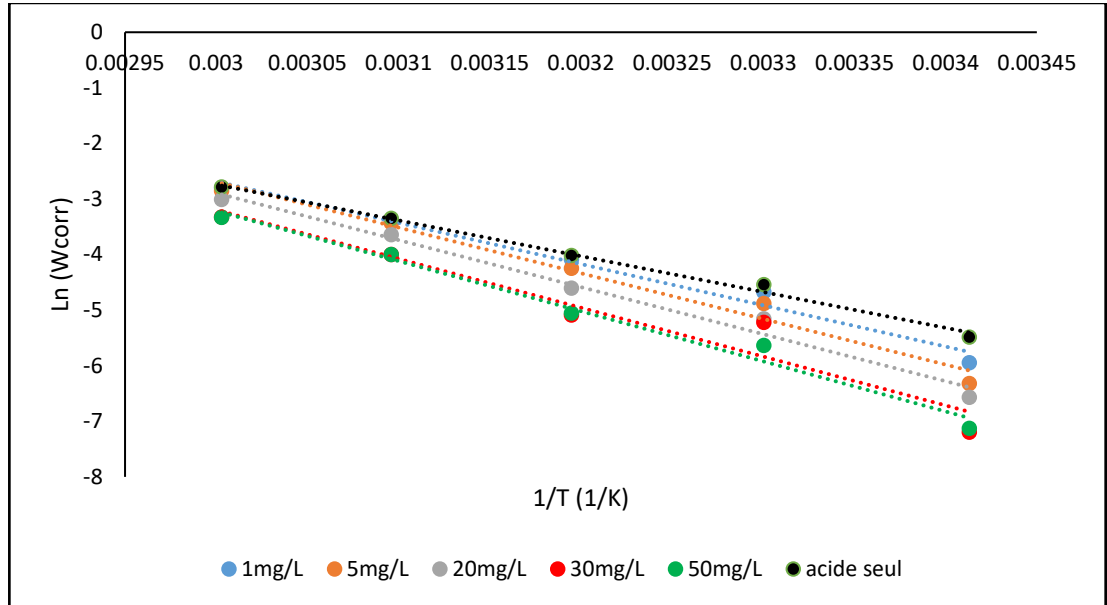
A : constante d'Arrhenius.

$$R=8,314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Afin de calculer l'énergie d'activation, on a tracé le Ln(W) en fonction de l'inverse de la température. La pente résultante a est égale a : -Ea/R, ce qui nous permet de dire que :

$$Ea = -R \times a$$

Comme peut le montrer la figure III.8 :



**Figure III.8 :** Logarithme népérien de la vitesse de corrosion en fonctions de l'inverse de différentes températures pour les 5 concentrations en inhibiteur, en présentant le linéaire pour chaque concentration.

Le tableau III.4 représente les résultats des énergies d'activations après calculs de la pente pour chaque concentration en inhibiteurs.

**Tableau III.4 :** Les énergies d'activation pour différentes concentrations en inhibiteur.

C (mg/L)	R <sup>2</sup>	a	Ea (kJ. mol <sup>-1</sup> )
Acide seul	0,99	-6445,9	53,59
1	0,98	-7424,9	61,73
5	0,97	-8221,9	68,35
20	0,98	-8462,1	70,35
30	0,93	-8795,5	73,12
50	0,98	-9023,2	75,01

Radovici a proposé la classification des inhibiteurs basée sur la comparaison de l'énergie d'activation obtenue en l'absence et en présence de l'inhibiteur [47 - 48].

Ea en présence d'inhibiteur est supérieur à Ea en absence de ce dernier, veut dire que, l'inhibiteur est adsorbé sur la surface métallique par de faibles liaisons électrostatiques sensibles à la température. Ces types de liaisons ne peuvent pas résister à la corrosion à des températures élevées. [49 - 50]. Ceci est le cas dans nos résultats, nous remarquons que la valeur de l'énergie d'activation pour l'acide seul est inférieure à la valeur d'énergie d'activation en présence d'inhibiteur PVPI donc on a une tendance physisorption sur la surface de l'acier [51].

**III.B.5. Calculs des paramètres thermodynamiques**

En utilisant l'équation suivante [52] :

$$\ln(W / T) = [\ln(R / (Nh) + \Delta S_a / R) - \Delta H_a / RT]$$

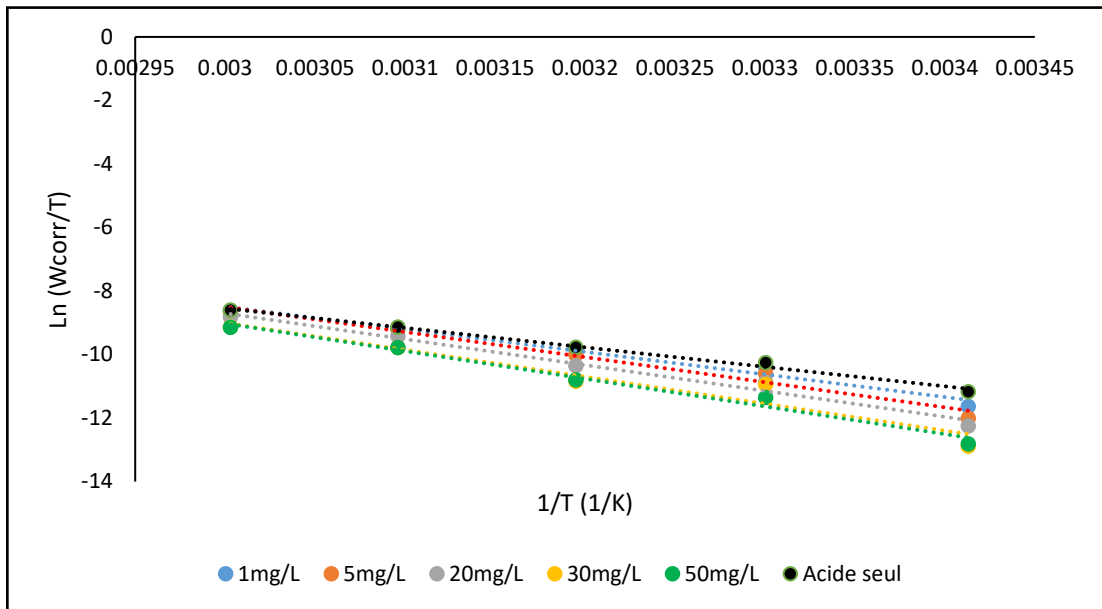
Avec :

$\Delta H_a$  : L'enthalpie d'activation (KJ/mol).

$\Delta S_a$  : l'entropie d'activation (J /mol.K).

$h=6,6261 \times 10^{-34}$  J.s

$N_A=6,02252 \times 10^{23}$



**Figure III.9:** Logarithme népérien de la vitesse de corrosion sur la température en fonction de l'inverse de la température.

$$\Delta G_a = \Delta H_a - T\Delta S_a$$

Avec :

$\Delta G_a$  : l'enthalpie libre d'activation (KJ/mol).

La variation de  $\ln(W/T)$  en fonction de l'inverse de la température est une droite, avec une pente de  $a$  égalé a  $(\Delta H_a^\circ/R)$  et une ordonnée à l'origine  $b$  égale à  $(\ln R/Nh + \Delta S_a^\circ /R)$  [53].

Les valeurs de  $\Delta H_a$ ,  $\Delta S_a$  et  $\Delta G_a$  (activation) sont représentés dans le tableau III.5:

**Tableau III.5** : Les enthalpies et entropies pour différentes concentrations en inhibiteur.

C (mg/L)	R <sup>2</sup>	a	ΔH <sub>a</sub> (KJ/mol)	b	ΔS <sub>a</sub> (J /mol.K)	ΔG <sub>a</sub> (KJ/mol)
Acide seul	0,99	-6133,5	50 ,99	9,8525	-115,54	85,99
1	0,98	-7112,8	59,13	12,84	-90,66	85,70
5	0,97	-7909,9	65,76	15,23	-70,83	86,51
20	0,98	-850,1	67,75	15,74	-66,52	87,25
30	0,93	-8483,4	70,53	16,44	-60,73	88,32
50	0,98	-8711,1	72,42	17,11	-55,19	88,59

Les signes positifs des enthalpies (ΔH<sub>a</sub>) reflètent la nature endothermique du processus de corrosion de l'acier [54].

Les valeurs positives de ΔG<sub>a</sub> indiquent la non-spontanéité du processus [55 - 57].

Les valeurs de ΔS<sub>a</sub> sont négatives, reflétant une diminution du désordre qui intervient lors de la formation du complexe métal / espèces adsorbées [56].

### III.B.6. Isothermes d'adsorption

L'inhibition de la corrosion des métaux par les composés organiques et inorganiques est expliquée par leur adsorption. Elle dépend de la charge du métal, de sa nature, de la structure chimique du produit organique et du type d'électrolyte [50].

Au cours de cette étude et afin de trouver l'isotherme d'adsorption la plus significative, différents types d'isothermes ont été testés à savoir : Langmuir, Temkin et Frumkin, nous avons optés pour l'isotherme de Langmuir où le coefficient de corrélation de la courbe est très proche de l'unité par rapport aux autres isothermes.

$$\Delta G_{ads} = -RT \ln (5,55.K)$$

ΔH<sub>ads</sub> : L'enthalpie d'adsorption de l'inhibiteur (KJ/mol)

ΔS<sub>ads</sub> : l'entropie d'adsorption de l'inhibiteur (J /mol.K)

ΔG<sub>a</sub> : l'enthalpie libre d'adsorption de l'inhibiteur (KJ/mol).

K<sub>ads</sub> : constante d'équilibre (L/mol)

Les valeurs des énergies d'adsorption (ΔG<sub>ads</sub>, ΔH<sub>ads</sub>, et ΔS<sub>ads</sub>) sont regroupées dans le tableau III.8 :

Tableau III.6 : Énergies standards d'adsorption

T (K)	$K_{ads}$ (L/mol)	$\Delta H_{ads}$ (kJ/mol)	$\Delta S_{ads}$ (J/mol K)	$\Delta G_{ads}$ (kJ/mol)
293	73,65	-53,39	-113,08	-20,25
303	44,82		-111,19	-19,69
313	20,63		-112,01	-18,32
323	11,22		-111,79	-17,27
333	5,43		-112,85	-15,80

La valeur élevée de la constante d'équilibre à basse température reflète la capacité d'adsorption élevée de PVPI sur la surface de l'acier au carbone [3].  $\Delta H_{ads} < 0$  reflète la nature exothermique de l'adsorption de cet inhibiteur sur la surface de l'acier dans la solution d'acide sulfurique [50]. Les valeurs négatives de  $\Delta G_{ads}$  indiquent la spontanéité du processus d'adsorption de l'inhibiteur sur la surface métallique [57 - 58]. Généralement, les valeurs de  $\Delta G_{ads}$  voisines de  $-40 \text{ kJ mol}^{-1}$  ou plus négatives impliquent un transfert de charge entre les molécules organiques et la surface métallique, cela indique que le mode d'adsorption est de type chimique (Chimisorption) [59], alors que celles proches de  $-20 \text{ kJ/mol}$  ou moins négatives, sont liées à des interactions électrostatiques entre les molécules chargées et le métal chargé cela indique que le mode d'adsorption est de type physique (physisorption) [59], dans notre étude les valeurs de  $\Delta G_{ads}$  calculées, sont voisines de  $-17 \text{ kJ/mol}$ . Ce qui indique que l'adsorption de PVPI sur la surface de l'acier au carbone est de type physique à différentes températures. Le signe négatif de l'entropie montre que le processus d'adsorption est accompagné par la diminution de cette dernière.

### III.B.7. Etude comparative du PVPI dans 3 milieux acides

Tableau III.7 : Etude comparative pour la poly(N-vinylpyrrolidone) iodée dans 3 milieux d'acides différents.

Propriétés Acides	Concentration de l'acide (M)	Concentration de l'inhibiteur PVPI (mg/L)	Température (°C)	Efficacité maximale (%)	Références
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,5	30	20	81,75	-
HCl	1	10	20	91,05	[60]
HClO <sub>4</sub>	1	50	20	95,36	[50]

Nous remarquons que le HCl est le meilleur milieu pour une inhibition en PVPI car les chlorure  $Cl^-$  sont plus efficaces par rapport aux sulfates et perchlorates, car ces dernières jouent le rôle d'inhibiteur et sont compétitive à l'iode.

### III.B.8. Plan d'expérience

Le plan d'expérience est une stratégie optimale pour utiliser des modèles hypothétiques pour prédire la réponse avec le moins d'essais avec la plus grande précision.

Les plans d'expériences sont apparus en 1925 avec les travaux de Fisher [61].

On a réalisé le plan d'expérience afin de tirer des précisions pour des valeurs non testés suivants 3 temps.

Le modèle qui figure dans III.10 permet de visualiser et de connaître l'efficacité de n'importe quel point avec les données de concentrations en fonction de la température à 3 temps différents, 1 h, 2 h, et 3 h.

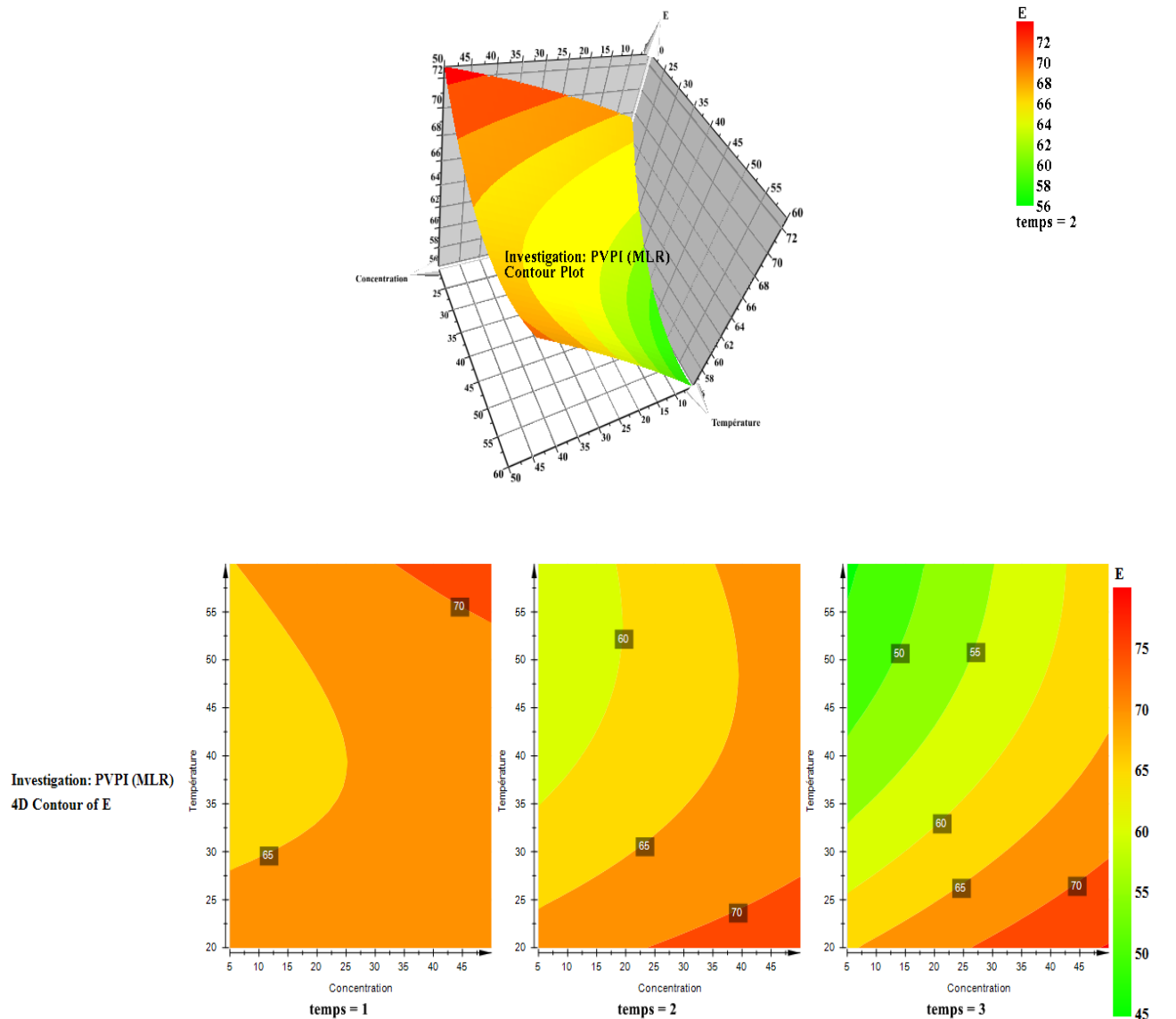


Figure III.10: Surface de réponses fournies par le logiciel pour la PVPI.



## CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Comme exemple, nous avons pris 3 points en maintenant le curseur sur le graphe température en fonction de la concentration en inhibiteur au temps considéré, ce dernier nous donne la valeur de l'efficacité, même celle non-testés :

**Tableau III.8** : Résultats fournis par la surface de réponse pour la poly(N-vinylpyrrolidone) iodée.

	Temps (h)	Température (°C)	Concentration (mg/L)	Efficacité (%)
Exemple 1	1	21	5,10	67,35
		59,56	49,18	72,18
Exemple 2	2	20,57	5,49	67,15
		21,23	49,39	72,15
Exemple 3	3	21	5,33	63,78
		20,35	48,85	74,84

*CONCLUSION  
GENERALE*

## CONCLUSION GENERALE

Les inhibiteurs de corrosion sont un moyen de prévention contre la corrosion. Ils couvrent un large domaine d'utilisation et ont l'avantage d'être faciles à utiliser.

L'étude de l'efficacité inhibitrice de la povidone iodée sur l'acier XC38 dans un milieu d'acide sulfurique 0,5 M a été réalisé par mesure gravimétrique, plusieurs paramètres ont été étudiés à savoir, le temps, la température et la concentration en inhibiteur.

L'étude de l'effet inhibiteur de la poly (N-vinylpyrrolidone) iodée sur l'acier en milieu  $H_2SO_4$  0,5 M a montré une efficacité assez importante. En effet, nous avons constaté que:

- Plus la quantité en d'inhibiteur (concentration de la povidone iodée) augmente dans la solution plus son efficacité augmente, qui explique la baisse de la vitesse de corrosion et on obtient une meilleur protection de l'acier.
- L'effet inhibiteur du PVPI dans le milieu  $H_2SO_4$  sur la corrosion de l'acier a été quantifié par des mesures de perte de masse  $\Delta m$  et a montrer que plus le temps d'immersion augmente plus la perte de masse augmente, et ceci dis l'augmentation est plus importante dans l'acide seul qu'en présence d'inhibiteur a la concentration optimale.
- L'effet de la température dans le milieu fait diminuer l'efficacité de notre inhibiteur qui implique l'accroissement de la vitesse de corrosion.
- La concentration optimale est de 30 mg/L en inhibiteur PVPI, pour un temps d'immersion égale à 2 h.
- L'efficacité maximale est de 81,75 % à 20° C, pour une concentration de 30 mg/L en PVPI.
- Le processus d'activation étudié a une tendance physisorption, de nature endothermique et le  $\Delta G$  activation est non-spontané.
- Le processus d'activation reflète une diminution du désordre qui intervient lors de la formation du complexe métal / espèces adsorbées.
- L'isotherme de Langmuir a montré que  $\Delta H_{ads}$  reflète la nature exothermique de l'adsorption de cet inhibiteur sur la surface de l'acier dans la solution d'acide sulfurique,  $\Delta G_{ads}$  indiquent la spontanéité du processus d'adsorption, qui est de type physique.
- Le HCl est le meilleur milieu pour une inhibition en PVPI grâce aux chlorures qui sont plus efficaces par rapport aux sulfates et perchlorates, car ces dernières jouent le rôle d'inhibiteur et sont compétitive à l'iode.
- Un plan d'expérience a été établi afin de prédire les efficacités selon les paramètres étudiés en variant les concentrations et les températures.

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] E. Bardal; corrosion and protection; Springer, 5, (2004).
- [2] A. Benchadli, T. Attar, E. Choukchou-Braham. Corrosion inhibition of carbon steel (XC 38) in hydrochloric acid by potassium iodide. *Journal of Advanced Research in Science and Technology*, 5(2), 834-844, (2018).
- [3] T. Attar, A. Benchadli, B. Messaoudi, N. Benhadria, E. Choukchou-Braham, Experimental and Theoretical Studies of Eosin Y Dye as Corrosion Inhibitors for Carbon Steel in Perchloric Acid Solution. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 15(2), 454-464, (2020).
- [4] T. Attar, L. Larabi, Y. Harek. The Inhibition effect of potassium iodide on the corrosion of pure iron in sulfuric acid. *Advances in chemistry*, 1-5, (2014).
- [5] Nace Glossary of Corrosion Terms. *Materials Protection*, 4, 79, (1965) .
- [6] G. Xue, J. Ding, P. Lu, J. Dong, *J. Phys. Chem.*, 95, 7380, (1991).
- [7] N. Le bozec, réaction de réduction de l'oxygène sur les aciers inoxydables en eau de mer naturelle, thèse de doctorat, Université de Bretagne occidentale (2000).
- [8] H. Elbakouri. Mémoire de DES ; « Etude de l'inhibition de la corrosion de l'acier au carbone en milieu acide orthophosphorique par un antibiotique organique », Université Mohammed I Oujda (Maroc), (2000).
- [9] R. Mehibil. 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 », Université de Skikda, (2008).
- [10] C.Zenasni, Mémoire de Master ; « Etude de l'inhibition de la corrosion de l'acier doux par des copolymères à base du Poly (4-vinylpyridine) », Université de Tlemcen, 6-7, (2013).
- [11] G. Reihard, U. Rammelt, *Proc 7th Eur. Symp. Corr. Inh.* 873-883, Ferrara, (1990).
- [12] A. Frignani, M. Tasinari, *Proc 7th Eur. Symp. Corr. Inh.* 895, Ferrara, (1990).
- [13] A. Frignani, M. Tasinari, G. Trabanelli, 1st International Symposium on E.I.S., Bombannes, CS, 12, (1989).
- [14] S. Yoshida, H. Ishida, *Appl. Surf. Sci.*, 20, 497, (1985).
- [15] N. K. Patel, J. Fronco, S. Patel, *J. Indian Chem. Soc.*, 54, 815, (1997).
- [16] S. Yoshida, H. Ishida, *Appl. Surf. Sci.*, 20, 497, (1985).
- [17] W. Whitman, R. Russell, V. Altieri; *Ind. Eng. Chem.* 16, 665, (1924).

- [18] J. Benard, A. Michel, J. Philibert, J. Talbot. *Métallurgie générale*, Masson, 329,6, (1969).
- [19] A. Habchi. Master académique ; « Etude de l'effet de la température sur la corrosion de l'acier xc52 en présence du sulfarlem et leur sel correspondent dans un milieu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 20% » Université Kasdi Merbah Ouargla, (2013).
- [20] L. Antropou, *Electrochimie théorie*, Edition Moscou, (1979).
- [21] J. Rameau, cours de l'électrochimie 2ème année E.N.S.E.E.E.G, (1991).
- [22] La protection cathodique ; guide pratique par : commission exploitation, chambre syndicale de la recherche et de la production du pétrole et du gaz naturel ; TECHNIP, (1986).
- [23] Nace, Glossary of corrosion Terms, *Materials Protection*, 4, 1, (1979).
- [24] Millet, J. P. Durabilité et corrosion (cours Master Science et Technologie des Matériaux), Pitesti, (2008).
- [25] K. Lakshmi Praba , Shameela Rajam and A.Subramaniya, *Journal of Chemcial and pharmaceutical Research*, (2000).
- [26] M. Abrudeanu, GAVRILĂ, M. Durabilitate și coroziune - tehnici de laborator, Pygmalion, ISBN ISBN 973-96591-8-7, Pitești, (1997).
- [27] D. Landolt. *Corrosion et chimie de surfaces des métaux*. Presses polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 12, (1997).
- [28] E. J. Kelly, *J. Electrochem .Soc* , 112, 124, (1965).
- [29] C. Deslouis, B. Tribollet, G. Mengoli et M.Musiani *J. App. Electrochem*, 18, 384, (1988).
- [30] R. Driver et R. J . Meakins , *Br. Corr .J.*, 9, 233, (1974).
- [31] K. Aramaki , T . Kuichi, T . Sumiyoshi et N. Nishihr. *Corr. Sci* , 32, 597, (1991).
- [32] E. Mc Cafferty, *Corrosion Control by Coatings* , H. Leidheiser editor. Science Press, Prineton, 279, (1979).
- [33] D. Ammar Salman, and Li. Yilian, *Removal of Pollutants fromWaste water*, 5, (2013).
- [34] A. Benahmed, M.Ranger, J.C. Leroux, *Pharm Res*, 18, (2001).
- [35] X. J. Lou, N. J.Panaro, P. Wilding, P. Fortina, L. J. Kricka, *Biotechniques*, 36, ( 2004).
- [36] L. Meng, X. Lu X, Y. Liu, L. Zhang, Y. Liang, *Chem Biodivers* 4,163, (2007).

- [37] J. R. Sun, Z. K. Hong, L. X. Yang, Z. H. Tang, X. S. Chen, *Polymer*, 45, (2004).
- [38] D. Bogdal, P. Penczek, J. Pielichowski, A. Prociak, *Adv.Polym.Sci*,163, (2003).
- [39] L. Zhang, Y.Liang, L.Meng, X.Lu ,Y.Liu. *Chem .Biodivers*, 4, (2007).
- [40] K. Demirelli, M.Coskun, I.Erol. *Eur Polym.J.*, 36, 83, (2000).
- [41] I. Bartolozzi, R. Solaro, E. Schacht, E. Chiellini , *European Polymer Journal*, 34, (1972).
- [42] B. Feret, Thèse de Doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie, (1992).
- [43] L. Larabi, Y. Harek. Effect of Iodide Ions on Corrosion Inhibition of Mild Steel in 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> by Poly(4-Vinylpyridine). *Portugaliae Electrochimica Acta* 22, 227, (2004).
- [44] L. Larabi, Y .Harek , M. Taisnel , et A. Mansri Senergitic influence of poly(poly4-vinylpyridine)and potassium iodide on inhibition of corrosion of mild steel in 1M HCl. *journal of Applied Electrochemistry* 34, 833, (2004).
- [45] Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail, (1992).
- [46] S. BRIOUA, Mémoire de Magister, Etude du comportement de l'acier au carbone X52 par la mesure de la résistance de polarisation « influence des paramètres expérimentaux », Université Skikda, (2003).
- [47] I. Ichchou. Étude électrochimique de l'inhibition classique ou par des monocouches autoassemblées d'un dérivé de la thiourée, vis-à-vis de la corrosion en milieu acide de l'acier au carbone XC38.Université Tlemcen, 55, (2011).
- [48] W. Boukhedena. Étude de l'inhibition de la corrosion de l'acier en milieu acide par des composes de type dithioacetal de cetene.Universite Mentouri -1-Constantine, 66 et 126–105, (2018).
- [49] S. Fouda, A. Attia. Thiophene derivatives as corrosion inhibitors for carbon steel in hydrochloric acid. *Journal of Metallurgy*, 3, 472040, (2014).
- [50] A. Benchadli, T. Attar, E. Choukchou-braham. Inhibition of carbon steel corrosion in perchloric acid solution by povidone iodine. *Physical Chemistry Research*, 7, 837-848, (2019).
- [51] W. Machu, Proc. 3<sup>h</sup> European Symposium on Corrosion Inhibitors, Ann. Univ. Ferrara, Italy, N. S., Sez. V, Suppl. N. 5, 107, (1971).
- [52] P. Bommersbach. Evolution des propriétés d'un film inhibiteur de corrosion sous l'influence de la température et des conditions hydrodynamiques. Thèse de doctorat, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, villeurbanne, 16, (2005).
- [53] T. Dzhurakulov, A.B. Kuchkarov, F.K. Kurbanov, K.A. Agzamov, Tr. Tashk. Politekh. Inst., 90, 51, (1972).

- [54] J. Marsh, *Advanced Organic Chemistry*, 3<sup>rd</sup> Edition, Wiley Eastern, New Delhi, (1988).
- [55] F.M. Donahue, K. Nobe, *J. Electrochem. Soc.*, 112, 886 (1965).
- [56] G. Banerjee, S.N. Malhotra, *Corrosion*, 48, 10 (1992).
- [57] T. Attar, L. Larabi, Y. Harek. Corrosion inhibition of cold rolled steel in 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> by potassium iodide. *Der Pharma Chemica*, 6, 181-186, (2014).
- [58] T. Attar, L. Larabi, Y. Harek. Inhibition effect of potassium iodide on the corrosion of carbon steel (XC 38) in acidic medium. *International Journal of Advanced Chemistry*, 2, 139-142, (2014).
- [59] T. Attar, A. Benchadli, E. Choukchou-Braham. Corrosion inhibition of carbon steel in perchloric acid by potassium iodide. *International Journal of Advanced Chemistry*, 7(1), 35-41, (2019).
- [60] I. Seghioer, M.A. Zenasni, *Etude Gravimétrique De L'inhibition De Corrosion De L'acier Xc 38 Par La Povidone Iodée En Milieu Hcl 1m*. Centre Universitaire Belhadj Bouchaib Ain Temouchent, 39, (2020).
- [61] Ronald Aylmer Fisher, *Statistical Method for research workers*, Oliver and Boyd, Ed. Edinburgh, (1925).

# RESUME

Ce travail a pour intérêt d'étudier la résistance à la corrosion de l'acier XC38 dans le milieu d'acide sulfurique 0,5 M et sa protection par l'inhibiteur de corrosion la povidone iodée, par la méthode gravimétrique. Plusieurs paramètres ont été étudiés tel que la concentration, la température et le temps. La concentration optimale est de 30 mg/L de PVPI à la température 20° C pour une durée de 2 h et l'efficacité est de 81,75 %. Les paramètres thermodynamiques d'activation ont montré une tendance physisorption ainsi qu'un processus endothermique. L'isotherme de Langmuir a montré une nature exothermique de l'adsorption du PVPI sur la surface de l'acier, et  $\Delta G_{ads}$  a indiqué la spontanéité du processus, qui est de type physique. Un plan d'expérience a été élaboré pour déterminer l'efficacité de l'inhibiteur PVPI pour des essais non réalisés.

Mots clés : Corrosion, l'acier XC38, Inhibiteur, PVPI, Efficacité.

## ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة مقاومة التآكل لفولاذ XC38 في وسط حامض الكبريتيك 0.5M متر وحمايته بواسطة مثبط التآكل بوفيدون اليود، بطريقة الجاذبية. تمت دراسة عدة معاملات مثل التركيز ودرجة الحرارة والوقت. التركيز الأمثل هو 30 مجم / لتر من PVPI عند درجة حرارة 20 درجة مئوية لمدة ساعتين والكفاءة 81.75%. أظهرت معاملات التنشيط الديناميكي الحراري اتجاهاً للامتصاص وكذلك عملية ماصة للحرارة. أظهر متساوي الحرارة Langmuir طبيعة طاردة للحرارة لامتصاص PVPI على سطح الفولاذ، وأشار  $\Delta G_{ads}$  إلى عفوية العملية، والتي هي فيزيائية بطبيعتها. تم تطوير تصميم تجريبي لتحديد فعالية مثبط PVPI في الاختبارات التي لم يتم إجراؤها.

الكلمات المفتاحية: التآكل، الفولاذ XC38، المانع، PVPI، الكفاءة.

## ABSTRACT

The interest of this work is to study the corrosion resistance of XC38 steel in the 0.5 M sulfuric acid medium and its protection by the corrosion inhibitor povidone iodine, by the gravimetric method. Several parameters were studied such as concentration, temperature and time. The optimum concentration is 30 mg/L of PVPI at a temperature of 20° C for a period of 2 hours and the efficiency is 81.75 %. The thermodynamic activation parameters showed a physisorption trend as well as an endothermic process. The Langmuir isotherm showed an exothermic nature of adsorption of PVPI to the steel surface, and  $\Delta G_{ads}$  indicated the spontaneity of the process, which is physical in nature. An experimental design has been developed to determine the efficacy of the PVPI inhibitor in tests not performed.

Keywords: Corrosion, XC38 steel, Inhibitor, PVPI, Efficiency.



