

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة الجيلالي بونعامة بخميس مليانة  
Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Technologie



## Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention d'un diplôme de *Master en Génie des Procédés*  
*Spécialité : Génie des Procédés Pharmaceutique*

### *Thème*

*Synthèse, caractérisation et étude de l'activité anticorrosive de certains produits fonctionnalisés de l'histidine.*

**Présenté par :**

*M<sup>elle</sup> BOUHAOUCHINE NNASSIRA*  
*M<sup>elle</sup> LAGAGUENA MERIEM*

**Devant le jury composé de :**

-*M<sup>elle</sup> : RAHMANI.F.....présidente*  
-*Mr HACHAMA-K.....promoteur*  
- *Mr TOUAFRI-L .....Co-promoteur*  
- *M<sup>me</sup> REZALA-H.....examinatrice*

*Année universitaire : 2015/2016*

## *Remerciements*

*Avant tout, nous remercions, Dieu le tout puissant de nous 'avoir donné le courage, la force, la volonté et la patience pour réaliser ce travail.*

*Nous tenons à remercier infiniment et avec gratitude. **Monsieur. HACHAMA K et Monsieur. TOUAFRI L** Qui ont accepté de nous 'encadrer et de nous diriger pour achever ce travail.*

*Nos vifs et sincères remerciements vont à **Mr .CHAOUCHI M** (Ingénieure de laboratoire d'analyse de l'Université de Khemis Miliana), pour sa serviabilité et pour son aide.*

*Nous tenons également à remercier tous les enseignants qui ont contribué à la formation des étudiants de la promotion 2015 - 2016.*

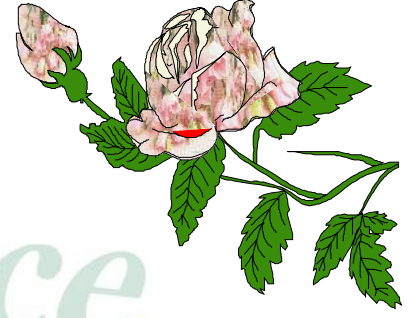
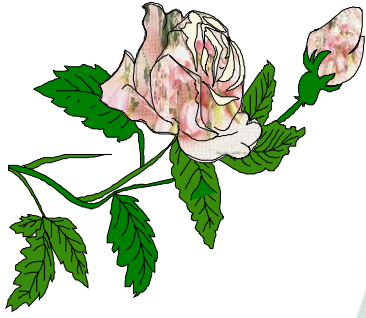
*Nous exprimons nos remerciements aux membres du jury, pour avoir bien voulu accepter de juger ce travail.*

*Merci enfin à toutes les personnes que nous avons rencontré au laboratoire et à toutes les personnes extérieures de laboratoire qui 'nous ont aidé directement et indirectement.*

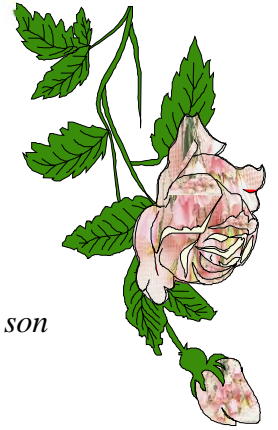
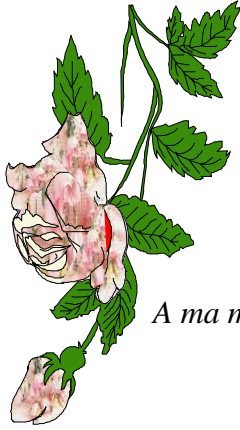
*Boouhaouchine Nassira*

*Lagaquena Meriem*





# *Dédicace* **Dédicace**



*Je dédie ce modeste travail*

*A ma mère pour sa tendresse et ses sacrifices dont elle me comblait, où son ombre n'a cessé de me suivre*

*A mon père que je le remercie vivement pour son appui moral et matériel et pour sa profonde complicité durant l'élaboration de ce mémoire.*

*A mes très chères sœurs :*

**NADAI, FADILA, HADDA, KHADIJA, FELLA, IBTISAME**

*Pour l'aide qu'elles m'ont toujours apporté*

*A mes très chers frères : **ABD ELKADARE, ABD ELLAH, MOHAMED***

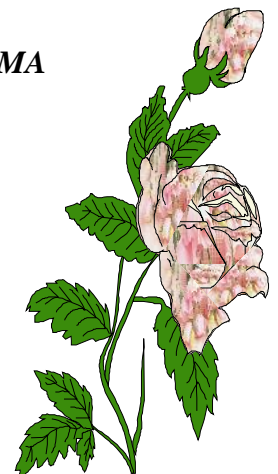
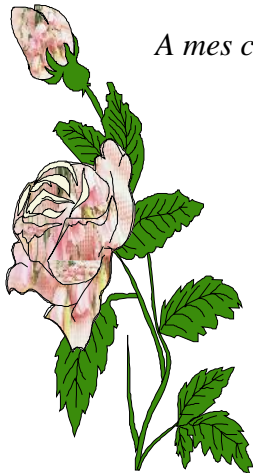
*A mes tantes et mes oncles*

*A mes chères copines **NASSIRA, HEDDA, MERIEM, SELMA, FATIMA***

*A toute la famille **LAGAGUENA***

*A mes cousins et cousines et toute ma famille*

*A mes collègues de spécialité **génie pharmaceutique***



# **MERIEM**





*Dédicace*

*Je dédie ce travail :*

*A mes très chers parents qui m'ont toujours soutenu, tous le long de  
mes études.*

*A mes Sœurs, Hajira, Meriem et Zohra auxquelles je souhaite un  
avenir plein de joie, de réussite et de bonheur.*

*A ma belle famille pour leurs encouragements et leurs soutiens*

*A mon frère Mohamed, pour ses multiples soutiens.*

*A tous mes amis et en particulier tous ceux qui m'ont*

*Procuré l'aide et le réconfort durant la réalisation de ce travail,  
notamment : Abir, Lamia, Fifi, Hiba, Dalila, Meriem, Hafida, Rachida  
et khaira.*

**Nassira**

يقاس تأثير مثبطات بعض المنتجات المصنعة بناء على الحمض الاميني الهيستيدين و" ؛ ثنائي امينو فينيلان " في تآكل الفولاذ الكربوني EN10209 DC06 EK في وسط حامض ( حمض الكبريت M0.1 ) ، باستخدام تقنيات قياس الكتلة والكهروكيميائية.

قياس الكتلة يظهر أن هذه المنتجات تملك خصائص مثبطة مهمة على الرغم من عدائية الوسط (حمض الكبريت M0.1) ضد الفولاذ. في هذا المعنى فعالية التثبيط تتجاوز 90% با النسبة للمنتج PN° 3 من أجل تركيز 200 ppm .

**الكلمات المفتاحية :** الهيستيدين ؛ ثنائي امينو فينيلان ؛ تثبيط التآكل ؛ الفولاذ اللين ؛ وسط حمض الكبريت .

### Résumé

L'effet inhibiteur de certains produits dérivés de l'histidine et de diamino-phenylène, sur la corrosion d'un acier doux EN10209, DC06EK dans un milieu acide H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1M est recherché par des techniques gravimétriques et électrochimiques.

Les mesures par gravimétrie montrent que les produits synthétisés possèdent des propriétés inhibitrices intéressantes malgré l'hostilité du milieu (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1M).

Dans ce sens, une efficacité d'inhibition qui dépasse 90 % est obtenue par le produit PN°3, pour une concentration égale 200 ppm.

**Mots clés :** Histidine ; diamino-phenylène ; Inhibition de corrosion ; Acier au carbone; milieu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

### Abstract

The inhibitory effect of some derrivctivy of amino acid histidine, on the corrosion of a mild steel EN10209, DC06EK in acid medium, is sauged by gravimetric and electrochemical technics.

Gravimetric measurements show that the synthesized products possess interesting inhibitory properties despite the hostily environment (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1M) against steel.

In this sense, an inhibition efficiency which exceeds of over 90% inhibition is obtained by the products PN°3 for a concentration equal 200 ppm.

**Key words:** Histidine, diamino-phenylène, corrosion inhibition, Carbon Steel, acid, medium H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

## Sommaire

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
-----------------------------------	----------

**Chapitre I :****les acides aminés**

I.1. Introduction.....	3
I.2. Les acides aminés.....	3
I.2.1. Généralité.....	3
I.2.2. Propriétés physico-chimiques des acides aminés.....	4
I.2.2.1. Propriétés ioniques.....	4
I.2.2.2. Propriétés physique.....	6
I.2.2.2.1. La chiralité.....	6
I.2.2.2.2. Absorption et fluorescence.....	7
I.2.2.2.3. Solubilité.....	8
I.2.2.3. Propriétés chimiques.....	8
I.2.3. Fonction biologique.....	14
I.2.4. Domaine d'application.....	16
I.2.4.1. Application biologique.....	16
I.2.4.2. La lutte contre la corrosion.....	16

**Chapitre II.****Matériels et méthodes expérimentales**

II.A. Synthèse des dérivés de l'histidine.....	18
II.A.1. Appareillage.....	18
II.A.2. Les produits utilisés.....	18
II.A.3. Synthèse de(PN°1).....	19

II.A.4. Synthèse de(PN°2).....	19
II.A.5. Synthèse de (PN°3).....	19
II.A.6. Techniques et caractérisation.....	19
II.A.6. 1. Le point de fusion.....	19
II.A.6.2. Infra Rouge (IR).....	20
II.B. Application dans l'inhibition de la corrosion.....	20
II.B.1. Conditions et techniques opératoires.....	20
II.B.2. Préparation des échantillons.....	20
II.B.3. Conditions et protocole expérimentaux.....	23
II.B.4. Technique gravimétrique.....	23
II.B.4.1. Efficacité inhibitrice par gravimétrie.....	24
II.B.2. Protocole expérimental.....	24
II.B.5. Technique par potentiostatique.....	25
II.B.5.1. Description et principe de fonctionnement de l'appareillage.....	25
II.B.5.2. Détermination d'icorr par la méthode d'extrapolation des droites de Tafel.....	26
II.B.5.3. Détermination de la résistance de polarisation (Rp).....	26
II.B.5. 4. L'efficacité inhibitrice.....	26

### ***Chapitre III.***

#### ***Résultats et discussions***

III.A. Synthèse des dérivés de l'histidine.....	30
III.A.1.Synthèse de PN°1.....	30
III.A.2.Synthèse de PN°2.....	31
III.A.3.Synthèse de PN°3.....	33
III.A.4.Propriétés physiques et analytiques des produits synthétisé.....	34
III .B.1. Introduction.....	36

III .B.2. Mesures gravimétriques.....	36
III.B.2.1. Sans Inhibiteur.....	36
III .B.2.2. Action des inhibiteurs.....	38
III .B.2.2.1. Action de l’Histidine.....	38
III .B.2.2.2. Action de l’ortho phénylène diamine.....	41
III .B.2.2.3 Action de plusieurs inhibiteurs.....	43
III.B.2.3. Mesures électrochimiques.....	45
III.B.2.3.1. Sans inhibiteur.....	45
III.B.2.3.2. Action des inhibiteurs.....	46
III.B.2.3.2.1. Action de l’histidine ( par potentiométrie).....	46
III.B.2.3.2.2. Action de l’ortho phénylène diamine (par potentiométrie).....	49
III.B.2.3.2.3 .Action du produit PN°2( par potentiométrie).....	52
III.B.2.4. Etude comparative.....	54
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>60</b>
<b>Référence bibliographique.....</b>	



**Liste des tableaux**

<b>Tableau I.1.</b>	<i>Propriétés des acides aminés naturels, liés aux propriétés de la chaîne latérale.....</i>	<b>5</b>
<b>Tableau I.2.</b>	<i>rôle biologiques des acides aminés.....</i>	<b>15</b>
<b>Tableau II.A.1.</b>	<i>Les produits chimiques utilisés.....</i>	<b>20</b>
<b>Tableau II.B.1.</b>	<i>Composition chimique de l'acier ordinaire.....</i>	<b>22</b>
<b>Tableau II.B.2.</b>	<i>Quelques propriétés physico-chimiques de l'acide aminé utilisé .....</i>	<b>24</b>
<b>Tableau II.B.3.</b>	<i>Conditions et paramètres opératoires.....</i>	<b>24</b>
<b>Tableau III.A.1.</b>	<i>Propriétés analytiques et physiques du produit synthétisé.....</i>	<b>34</b>
<b>Tableau III.A.2.</b>	<i>Solubilité des produits synthétisés.....</i>	<b>35</b>
<b>Tableau III.A.3.</b>	<i>Principales bandes de transmission i IR (en <math>cm^{-1}</math>) des produits synthétisés.....</i>	<b>35</b>
<b>Tableau III.B.1.</b>	<i>Vitesse de corrosion et perte du poids en fonction du temps d'immersion de l'acier DC06EK , mis dans une solution <math>H_2SO_4 0.1M</math> .....</i>	<b>36</b>
<b>Tableau III.B.2.</b>	<i>Présente la Variation de la vitesse de corrosion en fonction de la Température de l'acier DC06EK dans la solution <math>H_2SO_4 0.1 M</math>, Temps d'immersion =3h.....</i>	<b>37</b>
<b>Tableau III.B.3.</b>	<i>Évolution de la vitesse de corrosion de l'acier DC06EK immergé pendant une 3 heure, en milieu <math>H_2SO_4 0.1M</math> , en fonction de la concentration de l'<b>histidine</b> et pour différents température d'immersion.....</i>	<b>39</b>
<b>Tableau III.B.4.</b>	<i>Évolution de l'efficacité de corrosion de l'acier DC06EK immergé pendant une 3 heure, en milieu <math>H_2SO_4 0.1M</math> , en fonction de la concentration de l'<b>histidine</b> et pour différents température d'immersion.....</i>	<b>40</b>
<b>Tableau III.B.5.</b>	<i>Évolution de la vitesse de corrosion de l'acier DC06EK immergé pendant une 3 heure, en milieu <math>H_2SO_4 0.1M</math> , en fonction de la concentration de l'<b>o-phénylène diamine</b> et pour différents températures d'immersion.....</i>	<b>42</b>
<b>Tableau III.B.6.</b>	<i>Évolution de l'Efficacité de corrosion de l'acier DC06EK immergé pendant une 3 heure, en milieu <math>H_2SO_4 0.1M</math> , en fonction de la concentration de l'<b>o-phénylène diamine</b> et pour différents températures d'immersion.....</i>	<b>43</b>
<b>Tableau III.B.7.</b>	<i>Comparaison entre les efficacités d'inhibition des Cinq produits utilisés sur L'acier DC06EK, en milieu <math>H_2SO_4 0.1M</math>, a <math>30C^\circ</math> .....</i>	<b>45</b>
<b>Tableau III .B.8.</b>	<i>Paramètres électrochimiques obtenus à partir des courbes courant-tension de Tafel pour l'acier DC06EK dans <math>H_2SO_4 0.1M</math> sans et avec addition de différentes concentrations en produit de histidine.....</i>	<b>48</b>

<b>Tableau III.B.9.</b>	<i>Les valeurs du Rp pour l'acier DC06EK dans H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1M Sans et avec addition de différentes concentrations en produit de histidine.....</i>	<b>49</b>
<b>Tableau III.B.10.</b>	<i>Comparaison entre les valeurs de l'efficacité inhibitrice, obtenues par les trois techniques, après un temps d'immersion de 3h.....</i>	<b>50</b>
<b>Tableau III.B.11.</b>	<i>Paramètres électrochimiques obtenus à partir des courbes courant-tension de Tafel pour l'acier DC04EK dans H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1M sans et avec addition de différentes concentration en (o ph d).....</i>	<b>52</b>
<b>Tableau III.B.12.</b>	<i>Les valeurs du Rp pour l'acier DC06EK dans H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1M sans et avec addition de différentes concentrations en produit (o ph d) Temps d'immersion =30min.....</i>	<b>53</b>
<b>Tableau III.B.13.</b>	<i>Comparaison entre les valeurs de l'efficacité inhibitrice, obtenues par les trois techniques, après un temps d'immersion de 3h.....</i>	<b>54</b>
<b>Tableau III.B.14.</b>	<i>Paramètres électrochimiques obtenus à partir des courbes courant-tension de Tafel pour l'acier DC06EK dans H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1M sans et avec addition de différentes concentrations en PN°2.....</i>	<b>56</b>
<b>Tableau III.B.15.</b>	<i>Les valeurs du Rp pour l'acierDC06EKdans H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1M sans et avec addition de différentes concentrations enPN°2 Temps d'immersion=30min .....</i>	<b>57</b>
<b>Tableau III.B.16.</b>	<i>Comparaison entre les valeurs de l'efficacité inhibitrice, obtenues par les trois techniques, après un temps d'immersion de 3h.....</i>	<b>58</b>

Liste des figures

<b>Figure I.1.</b>	Structure générales des acide aminés.....	3
<b>Figure I.2.</b>	La formes ionisées des acides aminés.....	4
<b>Figure I.3.</b>	Le motif L des acides aminés .....	6
<b>Figure I.4.</b>	Spectres d'absorption des acides aminés aromatique dans l'ultra-violet.....	7
<b>Figure I.5.</b>	La courbe de fluorescence du tryptophane et de la tyrosine.....	8
<b>Figure I.6.</b>	La réaction de d'estérification des acides aminés.....	9
<b>Figure I.7.</b>	La réaction de la formation d'amide des acides aminés.....	10
<b>Figure I.8.</b>	La réaction de décarboxylation des acides aminés.....	10
<b>Figure I.9.</b>	La réaction d'acylation des acides aminés.....	11
<b>Figure I.10.</b>	Réaction de N-acylation de Schotten-Bauman.....	11
<b>Figure I.11.</b>	La réaction de désamination des aminoacides.....	12
<b>Figure I.12.</b>	La réaction d'arylation à l'aide d'un dérivé aromatique activé.....	12
<b>Figure I.13.</b>	La réaction d'addition de carbony.....	13
<b>Figure I.14.</b>	La réaction de la carbamylation des aminoacides.....	13
<b>Figure I.15.</b>	La réaction de la carbamylation d'un peptide.....	14
<b>Figure I.16.</b>	Cationisation de protéines par le chlorure deglycidyl triméthylammonium.....	14
<b>Figure I.17.</b>	La structure chimique de l'histidine .....	15
<b>Figure I.18.</b>	La structure chimique de la Bupivacaine.....	16
<b>Figure I.19.</b>	classement des inhibiteurs.....	16
<b>Figure II.B.1.</b>	Image photographique d'un échantillon en plaquette d'acier ordinaire.....	21
<b>Figure II.B.2.</b>	Préparation des échantillons en acier DC06EK.....	21
<b>Figure II.B.3.</b>	Image photographique des échantillons dans le bain marie .....	24
<b>Figure II.B.4.</b>	Image photographique du potentiostat/Galvanostat voltalab21 .....	24
<b>Figure II.B.5</b>	Schéma simplifié du dispositif des mesures électrochimiques.....	25
<b>Figure III.A.1.</b>	Synthèse de 2-{2-[1-Carboxy-2-(3H-imidazol-4-yl)-ethylazo]-phenylazo}-3-(3H-imidazol-4-yl)-propionic acide.....	30
<b>Figure III.A.2.</b>	Spectre infrarouge de 2-((2-aminophenyle)diazenyl)-3-(1H-imidazole-5yl) propanoïque acide (PN°1).....	31
<b>Figure III.A.3.</b>	Synthèse de 2-amino-N-(2-aminophenyle)-3-(1H imidazole 5yl) propanamide .....	31
<b>Figure III.A.4.</b>	Spectre infrarouge de 2-amino-N-(2-aminophenyle)-3-(1H-imidazole 5yl) propanamide.....	32
<b>Figure III.A.5.</b>	Synthèse de 3-(1H-imidazole-5-yl)-2-(3-phényltriaz-1-enyl) propanoïque acide.....	33
<b>Figure III.2.6.</b>	Spectre infrarouge de 2-amino-N-(2-aminophenyle)-3-(1H-imidazole -5yl) propanamide .....	34
<b>Figure III.B.1.</b>	Vitesse de corrosion en fonction du temps d'immersion de l'acier DC06EK dans la solution de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.1M) (sans inhibiteur).....	36
<b>Figure III.B.2.</b>	Vitesse de la corrosion en fonction de la température de l'acier DC06EK dans la solution de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.1M.....	37

<b>Figure III.B.3.</b>	Vitesse de corrosion de l'acier DC06EK dans la solution de $H_2SO_4$ 0.1 M. en fonction de température de l' <b>histidine</b> .....	39
<b>Figure III.B.4.</b>	Vitesse de corrosion de l'acier DC06EK dans la solution de $H_2SO_4$ 0.1 M. en fonction de concentration de l' <b>histidine</b> .....	39
<b>Figure III.B.5.</b>	L'efficacité d'inhibition de l' <b>histidine</b> en fonction de la température.....	41
<b>Figure III.B.6.</b>	Vitesse de corrosion en fonction de la température en présence de l' <b>ortho phénylène diamine</b> de l'acier DC06EK dans la solution de $H_2SO_4$ 0.1M.....	42
<b>Figure.III.B.7.</b>	Évolution de l'efficacité de corrosion de l'acier DC06EK immergé en milieu $H_2SO_4$ 0.1M, en fonction de la température et pour différentes concentrations en l'o ph d ...	43
<b>Figure.III.B.8.</b>	Évolution de l'efficacité de corrosion de l'acier DC06EK immergé en milieu $H_2SO_4$ 0.1M, en fonction de la concentration des Cinq inhibiteurs .....	44
<b>Figure III.B.9.</b>	Chronopotentiogrammes de l'acier DC06EK dans une solution Aérée de $H_2SO_4$ 0.1M Sans inhibiteur.....	46
<b>Figure III.B.10</b>	Chronopotentiogrammes de l'acier DC06EK dans une solution de $H_2SO_4$ 0.1M contenant différentes concentrations en produit inhibiteur (histidine).....	47
<b>Figure III.B.11</b>	Courbes de polarisation de Tafel relatives à l'acier DC06EK dans $H_2SO_4$ 0.1M sans et avec addition de différentes concentrations de histidine.....	48
<b>Figure III.B.12</b>	Chronopotentiogrammes de l'acier DC06EK dans une solution de $H_2SO_4$ 0.1M contenant différentes concentrations en produit inhibiteur (o ph d).....	50
<b>Figure III.B.13</b>	Courbes de polarisation de Tafel relatives à l'acier DC06EK dans $H_2SO_4$ 0.1M sans et avec addition de différentes concentrations de (o ph d).....	50
<b>Figure.III.B.14</b>	Chronopotentiogrammes de l'acier DC06EK dans une solution de $H_2SO_4$ 0.1M contenant différentes concentrations en produit inhibiteur $PN^{\circ}2$ .....	52
<b>Figure III.B.15</b>	Courbes de polarisation de Tafel relatives à l'acier DC06EK dans $H_2SO_4$ 0.1M sans et avec addition de différentes concentrations de $PN^{\circ}2$ .....	53
<b>Figure III.B.16</b>	La variation de l'efficacité d'inhibition en fonction de la concentration de L'histidine pour les différentes méthodes de mesures.....	55
<b>Figure III.B.17</b>	La variation de l'efficacité d'inhibition en fonction de la concentration de L'O ph d pour les différentes méthodes de mesures.....	56
<b>Figure III.B.18</b>	La variation de l'efficacité d'inhibition en fonction de la concentration de $PN^{\circ}2$ pour les différentes méthodes de mesures.....	56
<b>Figure III.B.19</b>	La variation de l'efficacité d'inhibition en fonction de la concentration du trois produits utilisés ( <b>His</b> , <b>O ph d</b> , $PN^{\circ}2$ ) sur l'acier DC06EK en milieu $H_2SO_4$ 0.1M par la méthode de <b>Tafel</b> .....	57
<b>Figure III.B.20</b>	La variation de l'efficacité d'inhibition en fonction de la concentration des trois produits utilisés ( <b>His</b> , <b>O ph d</b> , $PN^{\circ}2$ ) sur l'acier DC06EK en milieu $H_2SO_4$ 0.1M par la méthode de <b>Rp</b> .....	57
<b>Figure III.B.21</b>	La variation de l'efficacité d'inhibition en fonction de la concentration du trois produits utilisés ( <b>His</b> , <b>O ph d</b> , $PN^{\circ}2$ ) sur l'acier DC06EK en milieu $H_2SO_4$ 0.1M par la méthode de <b>gravimétrie</b> .....	58

Liste des abréviations

<b>his :</b>	<i>Histidine</i>
<b>Ophd :</b>	<i>Ortho phénylène diaimine</i>
<b>PN*1 :</b>	<i>2-{2-[1-Carboxy-2-(3H-imidazol-4-yl)-ethylazo]-phénylazo}-3-(3H-imidazol-4-yl)-propionique acide</i>
<b>PN*2 :</b>	<i>2-amino-n-(2-aminophényle)-3-(1H imidazole 5yl) propanamide</i>
<b>PN*3 :</b>	<i>3-(1H-imidazole-5-yl)-2-(3-phényltriaz-1-enyl) propanoïque acide.</i>
<b>COOH :</b>	<i>fonction carboxylique</i>
<b>NH<sub>2</sub> :</b>	<i>Fonction d'amine primaire</i>
<b>R :</b>	<i>Radical</i>
<b>pH :</b>	<i>Potentiel d'Hydrogène</i>
<b>pHi :</b>	<i>point isoélectrique</i>
<b>UV :</b>	<i>ultra violet</i>
<b>A<sup>+</sup> :</b>	<i>Forme cationique</i>
<b>A<sup>±</sup> :</b>	<i>Forme Zwitterionique</i>
<b>A<sup>-</sup> :</b>	<i>Forme anionique</i>
<b>I<sub>corr</sub> :</b>	<i>intensité de courant de corrosion</i>
<b>E(%) :</b>	<i>efficacité inhibitrice en pourcentage</i>
<b>E<sub>corr</sub> :</b>	<i>potentiel de corrosion</i>
<b>i<sub>a</sub> :</b>	<i>densité de courant anodique</i>
<b>i<sub>c</sub> :</b>	<i>densité de courant cathodique</i>
<b>B<sub>a</sub> :</b>	<i>pente de Tafel anodique</i>
<b>B<sub>c</sub> :</b>	<i>pente de Tafel cathodique</i>
<b>Rp :</b>	<i>résistance de polarisation</i>
<b>OCP :</b>	<i>potentiel en circuit ouvert</i>
<b>V<sub>corr</sub> :</b>	<i>vitesse de corrosion</i>
<b>V<sub>inh</sub> :</b>	<i>la vitesse de corrosion en présence d'inhibiteur</i>
<b>V<sub>0</sub> :</b>	<i>la vitesse de corrosion en absence d'inhibiteur</i>
<b>IR :</b>	<i>Infrarouge</i>
<b>PIC :</b>	<i>phényl isothio cyanate</i>
<b>ER :</b>	<i>Electrode de référence</i>
<b>ET :</b>	<i>Electrode de travail</i>
<b>EA :</b>	<i>Electrode auxiliaire</i>
<b>EIMS :</b>	<i>Entreprise Industrielle du Matériel Sanitaire</i>

## I.1. Introduction

Les acides aminés sont considérés comme des agents chélateurs analytique, parmi toutes les structures possibles d'acides aminés, l'acide  $\alpha$ -aminés qui présentent un intérêt particulier : ils jouent un rôle fondamental dans la constitution des tissus et dans les processus chimiques du vivant. La connaissance des propriétés des acides aminés est très importante pour leur analyse, séparation et identification. Elle est également importante pour la compréhension des propriétés des protéines, et par la suite de pouvoir les analyser et les identifier et l'utilisé dans différentes domaines.

D'autre part l'inhibition électrochimique retarde des réactions électrochimiques comme le transfert de charges ou le transport de masse et spécialement le processus de corrosion. Cela est amené par l'utilisation des substances chimiques ou des molécules organique comme les acides aminés dites inhibiteurs de corrosion [6].

L'avantage de l'utilisation des acides aminés réside dans le fait de pouvoir contrôler la nature de la molécule et sa concentration, ce qui nous permettrait de pouvoir mettre en évidence les fonctions responsables de l'inhibition, la synergie, le cas échéant, entre constituants et d'élucider finalement les mécanismes d'actions dans le processus d'inhibition [7].

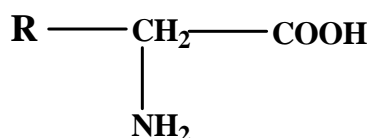
## I.2. les Acides aminés

### I.2.1. Généralités

Ce terme définit une famille de composés dans lesquels on retrouve une fonction amine et une fonction acide carboxylique. La fonction amine peut être primaire, secondaire ou tertiaire et la position relative des deux fonctions peut être  $\alpha$ ,  $\beta$  ou  $\gamma$  [8].

Les acides aminés, dérivés d'une hydrolyse de protéines présentent tous une structure similaire.

Ils sont constitués d'une fonction acides carboxylique et d'une fonction amine reliées entre elles par un carbone, appelé carbone *alpha* qui est un carbone asymétrique (à l'exception de la glycine).les acides aminés sont donc des molécules chirales. Ce C est substitué par un hydrogène et une chaîne que l'on appelle chaîne latérale qui donne son identité à chacun des acides aminés.



*Figure.I.1. Structure générale des acides aminés.*

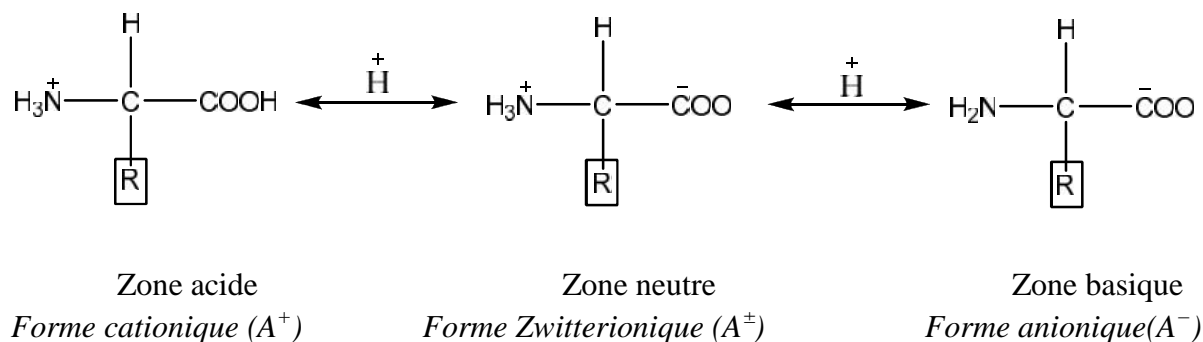
Le groupement R de La molécule représente une chaîne latérale spécifique à chaque acide aminé. Ces acides sont en général classés d'après les propriétés de cette chaîne latérale en quatre groupes : acide, base, hydrophile (polaire) et hydrophobe (apolaire) ; la nature du substituant R influence directement leur solubilité en phase aqueuse.

## I.2.2. Propriétés physico-chimiques des acides aminés

### I.2.2.1. Propriétés ioniques

Les acides aminés sont des corps cristallins, la plupart d'entre eux sont solubles dans les solvants polaires tels que l'eau et l'alcool, mais peu soluble dans les solvants organiques. Ils fondent à des températures élevées en se décomposant le plus souvent.

Comme nous avons cité, les acides aminés peuvent exister sous différentes formes ionisées selon le pH, conformément au schéma simplifié ci-dessous [9].



**Figure.I.2.** Formes ionisées des acides aminés [9].

Le pK des deux fonctions étant différent. Dans les conditions habituelles de pH les deux ions coexistent simultanément sur la même molécule. Cet ion est appelé sel interne ou "zwitterion".

Des équilibres sont déplacés en milieu fortement acide ou fortement basique. Mais l'équilibre en milieu neutre entre la forme ionique et la forme moléculaire ne dépend que de la structure de l'acide aminé.

Le radical R n'est pas toujours un groupe hydrocarboné ; il comporte parfois des fonctions acides ou amines. C'est pour cela nous avons une valeur de pK<sub>r</sub>.

Le comportement au cours d'une électrolyse d'une solution dépend du pH, puisque l'acide peut être plus chargé sur un site que sur un autre. Parfois, pour une valeur donnée du pH les charges s'équilibrent et l'acide aminé ne se déplace plus. Ce pH est appelé point isoélectrique [9].

Dans la pratique le calcul est le suivant :

$$\text{pH}_i = \frac{\text{pka} + \text{pkt}}{2} \dots\dots\dots (\text{I.1})$$

Pour estimer la charge portée par un acide -aminé dans un milieu de pH donné, il faut raisonner toujours en fonction de la valeur du pH<sub>i</sub>, et voir si le pH du milieu est plus acide (ou plus basique) que le pH<sub>i</sub> de l'acide -aminé [10,11].

Le tableau (I.1) présente quelques propriétés physico-chimiques des vingt acides aminés naturels, les plus courants, liés aux propriétés de la chaîne latérale [12].

Tableau I.1. Propriétés des acides aminés naturels, liés aux propriétés de la chaîne latérale [10].

Abrev.	Nom	Type de chaîne latéral	Masse Molaire (g. mol <sup>-1</sup> )	pHi	PK <sub>1</sub> (αCOOH)	pK <sub>2</sub> (NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> )	pKr (R)
Ala	Alanine	<i>hydrophobe</i>	89.09	6.11	2.35	9.87	
Cys	Cystéine	<i>hydrophile</i>	121.16	5.05	1.92	10.70	8.37
Asp	Acide aspartique	<i>acide</i>	133.10	2.85	1.99	9.90	3.90
Glu	Acide glutamique	<i>Acide</i>	147.13	3.15	2.10	9.47	4.07
Phe	Phénylalanine	<i>hydrophobe</i>	165.19	5.49	2.20	9.31	
Gly	Glycine	<i>Hydrophile</i>	75.07	6.06	2.35	9.78	
His	Histidine	<i>base</i>	155.16	7.60	1.80	9.33	6.04
Ile	Isoleucine	<i>hydrophobe</i>	131.17	6.05	2.32	9.76	
Lys	Lysine	<i>Basique</i>	146.19	9.60	2.16	9.06	10.54
Leu	Leucine	<i>hydrophobe</i>	131.17	6.01	2.33	9.74	
Met	Méthionine	<i>hydrophobe</i>	149.21	5.74	2.13	9.28	
Asn	Asparagine	<i>Hydrophile</i>	132.12	5.41	2.14	8.72	
Pro	Proline	<i>hydrophobe</i>	115.13	6.30	1.95	10.64	
Gln	Glutamine	<i>Hydrophile</i>	146.15	5.65	2.17	9.13	
Arg	Arginine	<i>Basique</i>	174.20	10.76	1.82	8.99	12.48
Ser	Serine	<i>Hydrophile</i>	105.09	5.68	2.19	9.21	
Thr	Thréonine	<i>Hydrophile</i>	119.12	5.60	2.09	9.10	
Val	Valine	<i>hydrophobe</i>	117.15	6.00	2.39	9.74	
Trp	Tryptophane	<i>hydrophobe</i>	204.23	5.89	2.46	9.41	
Tyr	Tyrosine	<i>hydrophile</i>	181.19	5.64	2.20	9.21	10.46



### I.2.2.2. Propriétés physique

#### I.2.2.2.1. La chiralité

A l'exception de la glycine, le carbone porte quatre substituants différents : c'est donc un centre chiral dont la conformation définira les stéréoisomères, isomères optiques à pouvoir rotatoire spécifique opposé.

Les deux énantiomères sont définis de la même manière que pour les oses en prenant le glycéraldéhyde comme référence dans la représentation de Fischer [13].

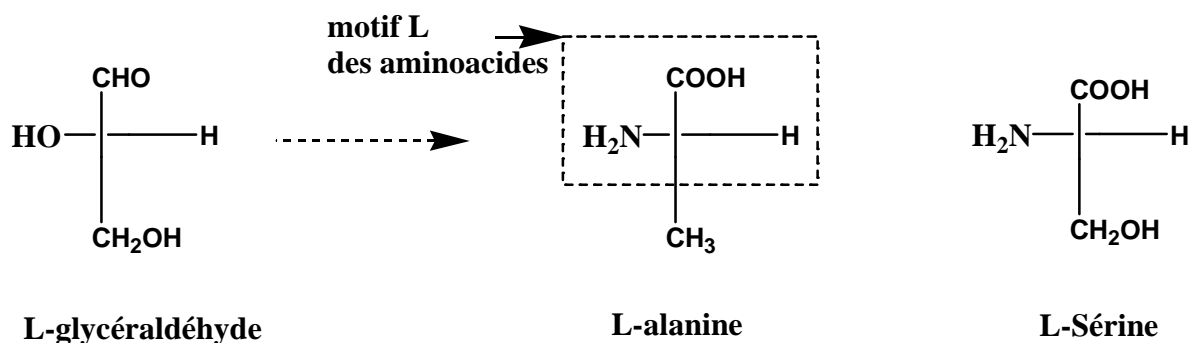


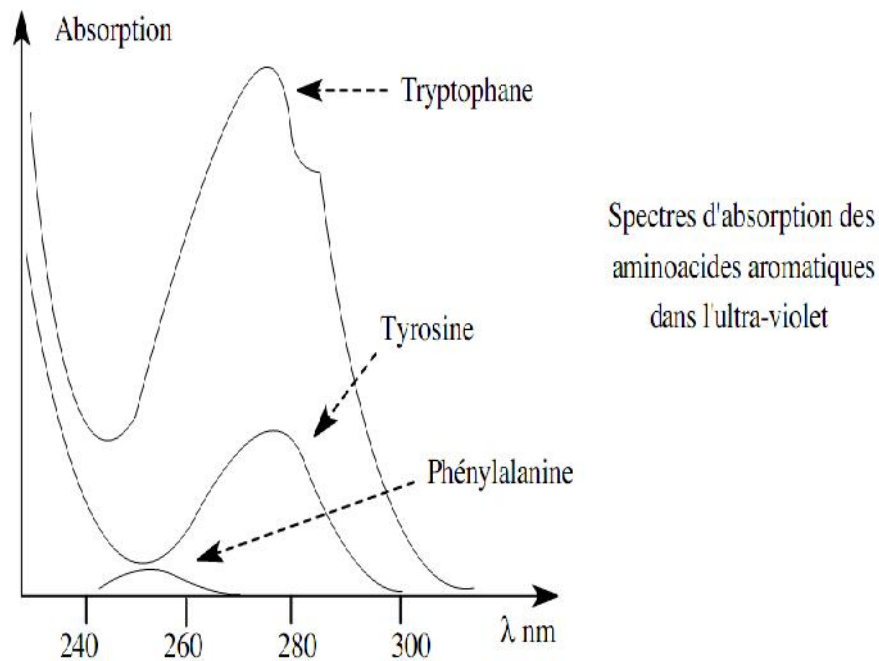
Figure I.3. Motif L des acides aminés [13].

Les acides aminés des protéines appartiennent tous à la série L. Comme pour les oses, aucune prédiction du pouvoir rotatoire ne peut être faite : un aminoacide de la série L peut être lévogyre ou dextrogyre [13].

#### I.2.2.2.2. Absorption et fluorescence

##### a. Absorption

- Les aminoacides n'absorbent pas la lumière visible, leurs solutions sont incolores.
- Les bandes d'absorption dans l'infrarouge sont caractéristiques de leurs chaînes latérales
- Les chaînes latérales aromatiques des aminoacides ont des spectres d'absorption caractéristiques dans l'ultraviolet moyen [13].



**Figure I.4.** Spectres d'absorption des acides aminés aromatique dans l'ultra-violet [13].

La phénylalanine absorbe peu et le tryptophane est 4 fois plus absorbant que la tyrosine au maximum d'absorption, proche de 280 nm. Cette propriété est très souvent utilisée pour le dosage des peptides et des protéines [13].

Remarquons que l'absorption de la tyrosine dans l'UV sera dépendante de l'état d'ionisation du phénol et par conséquent du pH [13].

### b. Fluorescence

Certaines molécules, lorsqu'elles sont excitées par une lumière incidente à une longueur d'onde où elles absorbent ce rayonnement émettent une lumière de longueur d'onde plus grande : c'est le phénomène de fluorescence qui est maximum pour une longueur d'onde excitatrice égale à leur maximum d'absorption.

Cette émission est très dépendante des molécules voisines : cette dépendance permet des études fines de l'environnement des molécules fluorescentes [13].

C'est le cas du tryptophane et de la tyrosine dont la fluorescence permet l'étude de leur environnement proche dans les protéines (analyse de structure tridimensionnelle ou de mécanisme catalytique) [13].

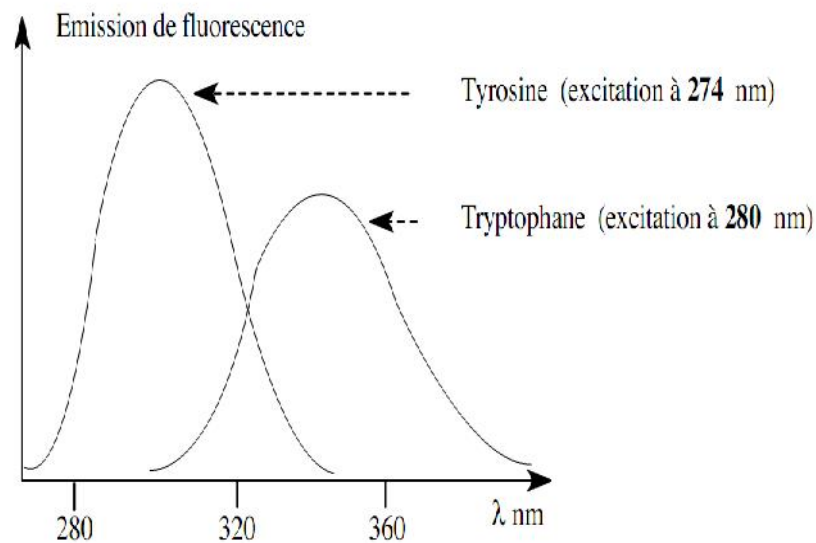


Figure I.5. Courbe de fluorescence du tryptophane et de la tyrosine [13].

### I.2.2.2.3. Solubilité

La solubilité des aminoacides dans l'eau (de un gramme à une centaine par litre) va dépendre essentiellement de deux facteurs [13].

- Le double groupement fonctionnel commun qui peut s'ioniser et donc favoriser la dissolution
- La chaîne latérale qui peut avoir un caractère plus ou moins polaire ou apolaire.

La solubilité dans les solvants organiques est faible de quelques mg/L et encore moins dans les solvants plus apolaires. En présence de deux phases liquides (éthanol/eau), les aminoacides se répartissent dans les deux phases avec des coefficients de partage spécifique : cette propriété est utilisée pour les classer [13].

### I.2.2.3. Propriétés chimiques

Lorsque l'acide aminé est libre, il a au moins deux groupements fonctionnels sur le même carbone et pour certains un troisième sur la chaîne latérale [14].

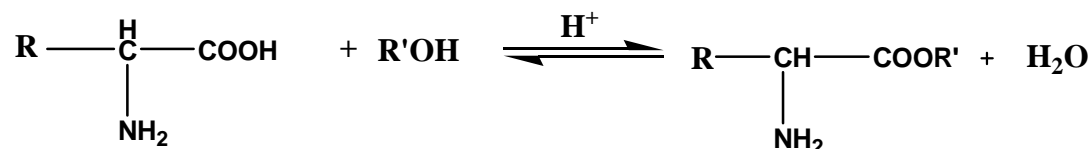
#### A. Propriétés de la fonction acide carboxylique COOH

Le groupement carboxylate libre lié au C d'un acide aminé, ou celui de la chaîne latérale du glutamate ou de l'aspartate, peut être activé en ester ou en carbonyle, capables de réagir avec des groupements chimiques fonctionnels.

Les esters activés peuvent réagir avec des fonctions amines primaires et former des liaisons amides, ou avec des hydrazines pour former des dérivés hydrazides.

Les intermédiaires carbonyles réactifs peuvent réagir avec des fonctions alcools ou thiols et former, respectivement, des liaisons ester ou thioester [15].

➤ **Estérification par un alcool**



*Figure I.6. Réaction d'estérification des acides aminés [16].*

Cette réaction est utilisée pour séparer les aminoacides en phase gazeuse (et même en phase liquide) en produisant des dérivés esters butyliques [14].

Dans la synthèse peptidique, il faut lier le carboxyle d'un aminoacide avec l'amine du suivant, cela se fait dans les cellules par "activation" du carboxyle en anhydride d'acide avec l'ATP [14].

➤ **Formation d'amide**

Dans les protéines, le groupe carbonyle d'un acide aminé est uni à la fonction amine d'un autre acide aminé par une liaison peptidique. La biosynthèse nécessite un apport d'énergie.

Une unité acide aminée dans le polypeptide est appelée résidu. L'extrémité aminée est prise comme origine de la chaîne polypeptidique. La liaison peptidique possède un caractère de double liaison, ce qui implique que tous les atomes (C, O, N, H et Ca) soient coplanaires.

L'unité peptidique est donc rigide et plane. Par contre la liaison entre l'atome de carbone  $\alpha$  et l'atome de carbone du groupement carboxyle est une simple liaison de même que la liaison entre le carbone  $\alpha$  et l'atome d'azote peptidique.

Il y a un grand degré de liberté de rotation autour de ces liaisons de chaque côté de l'unité peptidique rigide.

L'hydrogène de la fonction amine substituée est presque toujours trans par rapport à l'oxygène du groupe carboxyle [15].

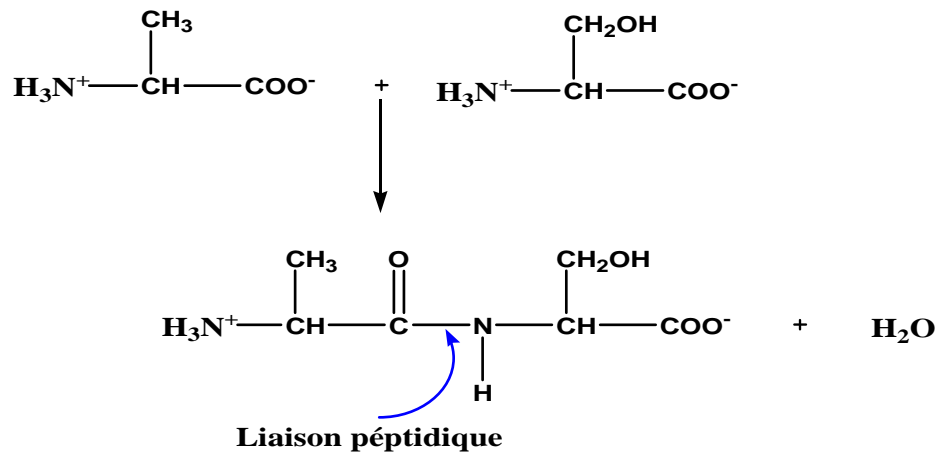


Figure I.7. Réaction de la formation d'amide des acides aminés [16].

### ➤ Réaction de décarboxylation

Cette réaction est présente dans les organismes vivants pour produire à partir des aminoacides des dérivés (amines) qui peuvent être des précurseurs d'autres molécules et ce par des décarboxylases [16].

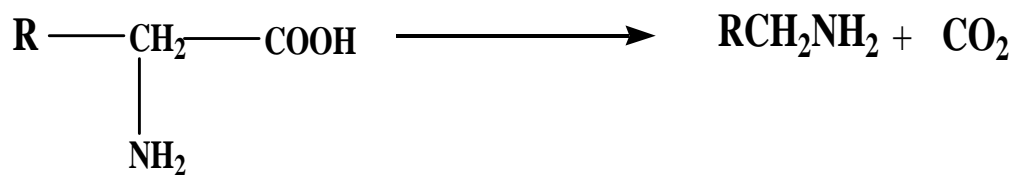


Figure I.8. Réaction de décarboxylation des acides aminés [16].

### B. Réaction du NH<sub>2</sub>

Le groupement amine est très réactif : le doublet électronique de l'azote est un puissant nucléophile.

Les groupements -amine primaire déprotoné et les groupements amine des chaînes latérales de la lysine et de l'arginine, peuvent subir des acétylations et des alkylations.

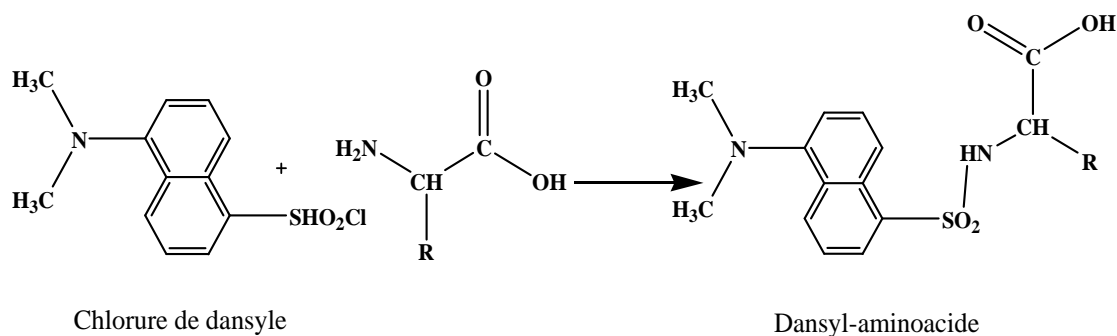
La réaction d'acétylation s'effectue par attaque nucléophile du groupement amine sur un groupement acyle actif (synthèse peptidique) .

L'alkylation s'effectue par transfert d'un groupement alkyle sur l'amine nucléophile avec perte d'un atome d'hydrogène [17].

Aussi réagir avec un aldéhyde afin de former des bases de schiff et enfin les réaction de désamination et transamination.

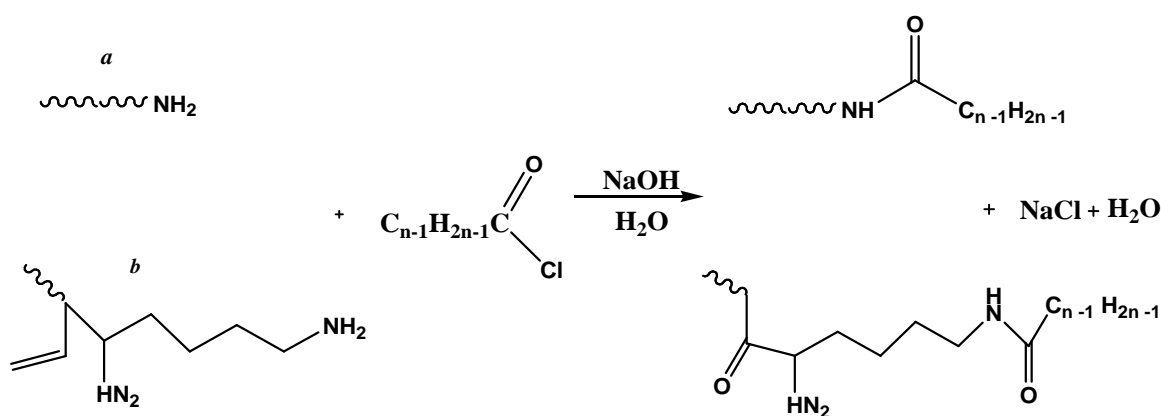
### ➤ Acylation

L'acylation consiste à fixer par liaison covalente une chaîne grasse sur la molécule [18]. Le réactif de Sanger a été supplanté par un réactif donnant un produit plus stable et fluorescent permettant une plus grande sensibilité dans la détection : c'est le chlorure de dansyle (1-diméthyl-amino-naphtalène-5-sulfonyl) [19].



**Figure I.9.** Réaction d'acylation des acides aminés [19].

A partir de cette réaction, les groupements thiols de cystéine conduisent à une liaison thioester et les groupements hydroxyles de serine conduisent à une liaison ester et les fonctions amines de lysine et les extrémités de chaînes polypeptidiques forment des liaisons amides [18].



**Figure. I.10.** Réaction de N-acylation de Schotten-Baumann (a) par l'extrémité de chaîne et (b) par le résidu de lysine [18].

### ➤ Désamination

Pour maintenir la réserve intracellulaire des 20 aminoacides servant à la synthèse protéique le métabolisme passeront par des désaminations avec une oxydation qui produiront des acides- cétoniques, source principale, sinon la seule, à partir de laquelle les aminoacides sont synthétisés [20].

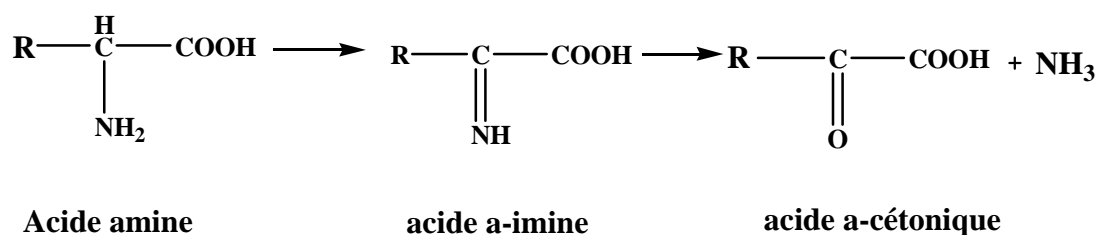


Figure I.11. Réaction de désamination des aminoacides [20].

### ➤ Arylation

Cette réaction à l'aide d'un dérivé aromatique activé a permis à Frederik SANGER (1953) d'établir la première structure primaire d'une protéine : l'insuline, hormone pancréatique qui contrôle la production et l'utilisation du glucose [19].

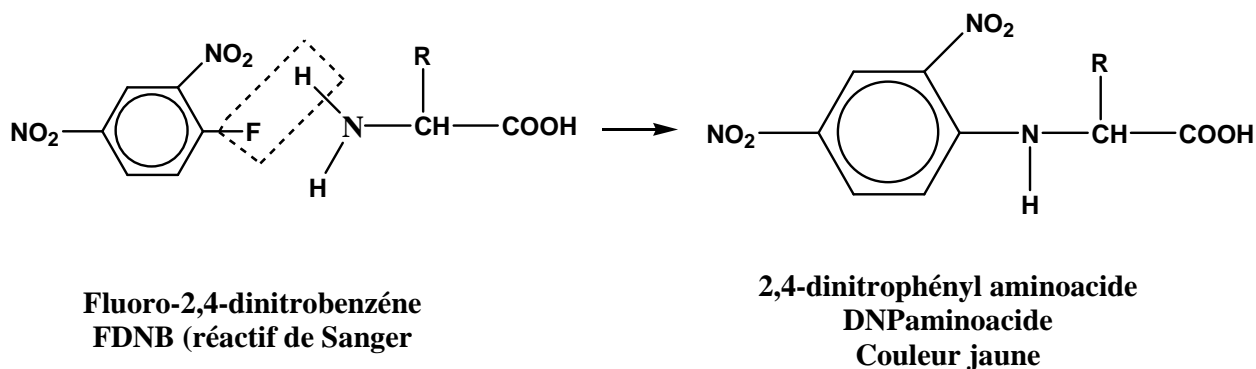
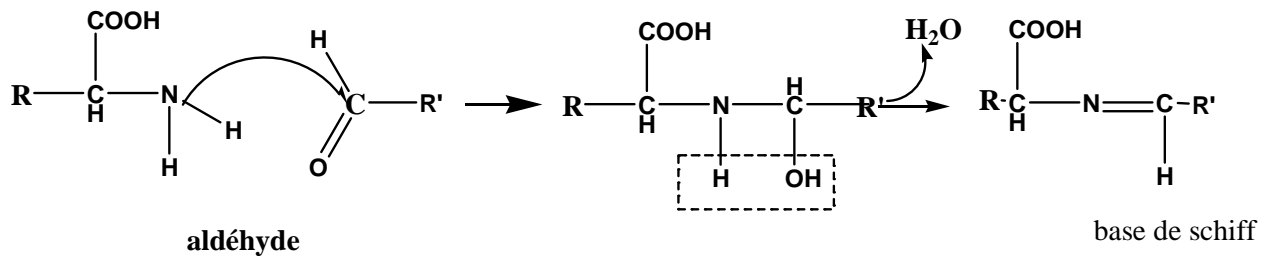


Figure I.12. Réaction d'arylation à l'aide d'un dérivé aromatique activé [19].

### ➤ Addition de carbonyle

Les fonctions -aminés des aminoacides réagissent réversiblement avec les aldéhydes pour donner des bases de Schiff qui sont relativement labiles.

Ces bases de Schiff apparaissent très souvent comme intermédiaires dans des réactions enzymatiques impliquant les aminoacides comme substrat. La proline qui contient une fonction amine secondaire ne réagit pas avec les aldéhydes [16].



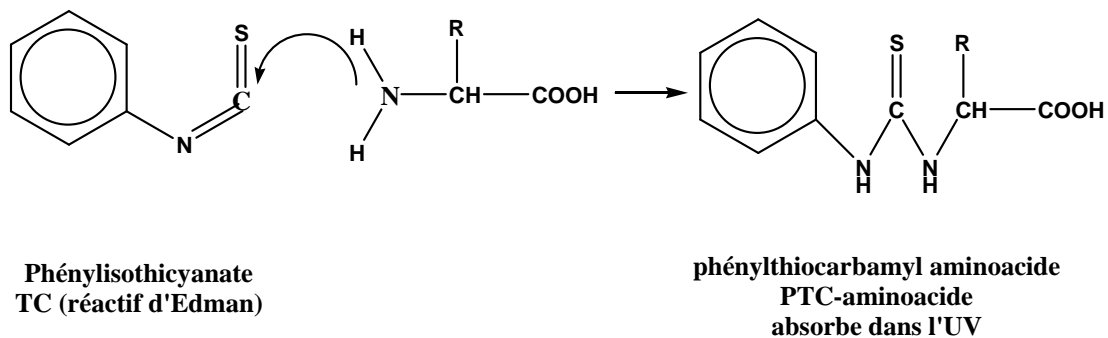
*Figure I.13. Réaction d'addition de carbonyl [16].*

Un des moyens très sensibles de détection des aminoacides utilise cette réaction : l'aldéhyde utilisé est le 1, 2-dialdéhyde benzénique. Le produit d'addition est très fluorescent.

### ➤ Carbamylation

La carbamylation avec le phényl isothio cyanate (PTC), à un pH basique de 9, donne des dérivés qui absorbent dans l'ultraviolet et facilement séparable par chromatographie.

De plus la réaction avec l'acide aminé terminal d'une protéine libre le dérivé d'addition et une protéine amputée de son aminoacide N-terminal : en itérant le processus, la détermination de la structure primaire de la protéine sera possible (dégradation récurrente d'Edman) [19].



*Figure I.14. Réaction de carbamylation des aminoacides [19].*

Dans le cas d'un peptide de n aminoacides, le PTC-peptide va subir une cyclisation et une coupure à un pH légèrement acide, libérant un phénylthiohydantoïne-aminoacide identifiable (PTH-aminoacide), qui absorbe dans l'UV, et un peptide de (n-1) aminoacides [19].



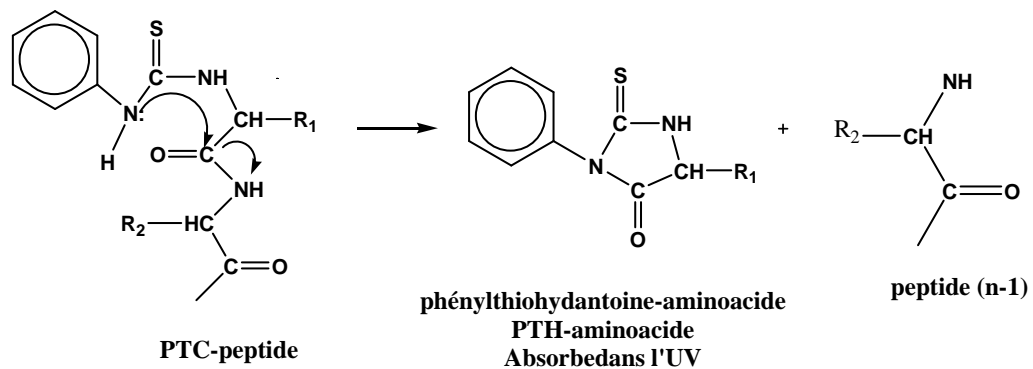


Figure I.15. Réaction de La carbamylation d'un peptide [19].

### ➤ Cationisation

La réaction de cationisation permet d'apporter des charges positives sur les molécules par le greffage de groupements cationiques.

Une telle fonctionnalisation permet de modifier le point isoélectrique des protéines et donc leur solubilité en fonction du pH et leur affinité vis-à-vis de substance anionique.

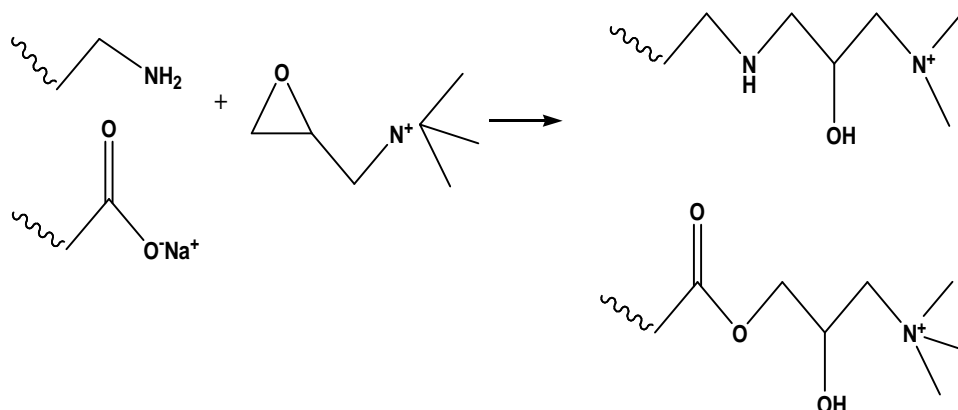


Figure I.16. Cationisation de protéines par le chlorure de glycidyltriméthylammonium [18].

### I.2.3. Fonction biologique

Si les oses et les acides aminés gras sont considérés avant tous comme des substrats énergétiques, le rôle des acides aminés apparaît davantage orienté vers la synthèse de molécules biologiques essentielles. Les acides aminés accomplissent beaucoup de fonctions vitales [21].

Ressources pour la croissance, entretien du métabolisme, contribution au bon fonctionnement du système immunitaire, etc.

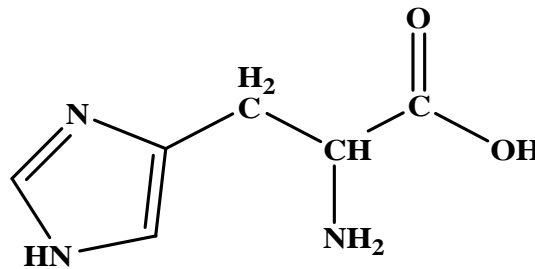
Notre organisme peut synthétiser 10 acides aminés. Ces derniers sont appelés acides aminés non essentiels (puisque le corps peut les fabriquer sans devoir puiser à tout prix dans les aliments. Ces acides aminés sont : Glycine, Alanine, Sérine, Cystéine, Proline, Tyrosine, Acide aspartique, Acide glutamique, Asparagine et Glutamine.

L'acide aminé est un composé organique complexe. Il est principalement responsable de la Croissance et du développement du corps humain. Il joue un rôle crucial dans tous les processus de l'organisme comme indiqué ci-dessus :

**Tableau I.2** : Rôle biologique des acides aminés

<b>Acides aminés</b>	<b>Fonction</b>
L'alanine et l'acide glutamique	Ils jouent un rôle vital dans le métabolisme du glucose dans la décomposition
La méthionine	Elle est considérée comme une source de sulfures
La glycine	Elle amélioré le stockage du glycogène
La thréonine	Elle permet à l'organisme d'éviter l'accumulation des graisses dans le foie
La lysine	Elle assure l'absorption adéquate du calcium et aides au maintien d'un bon équilibre de nitrogène dans le Song
L'isoleucine	Elle est responsable de la baisse de la stabilisation et de la régulation du taux de sucre dans le sang
<b>L'histidine</b>	<b>Cet acide aminé est utilisé dans le traitement de l'anémie</b>
La phénylalanine et le tryptophane	Ils facilitent le contrôle du poids corporel en réduisant l'appétit
La proline	Elle stimule la libration d'insuline
L'asparagine	Elle retarde la croissance des tumeurs du cancer en stimulant le système immunitaire

- **Histidine**



*Figure. I.17. Structure chimique de l'histidine [15]*

C'est un acide aminé essentiel durant la croissance. Il est indispensable à la synthèse de l'hémoglobine et entre dans la composition des enzymes pancréatiques qui digèrent les protéines. Il participe à la réparation des tissus et l'élimination des métaux lourds. L'histidine est importante pour maintenir l'intégrité de la myéline, qui protège les nerfs. Trois composés de l'histidine se trouvent dans l'organisme [15].

l'ergothionéine dans les globules rouges du sang et dans le foie, la carnosine : un dipeptide composé de l'histidine et de la bêta-alanine, et l'ansérine (1-méthylcarnosine). Ces deux derniers composés sont des constituants du muscle.

#### **I .2.4. Domaine d'application**

Les acides aminés sont les principaux constituants des enzymes chez les organismes vivants, leur production répond à des besoins alimentaires et thérapeutiques.

Beaucoup d'acides aminés sont utilisés en médecine, particulièrement comme ingrédients dans les infusions comme traitement post opératoire. Le tryptophane peut servir d'indicateur de sommeil, et d'antidépresseur. L'arginine est souvent prescrit lors des traitements des désordres hépatiques.

Ils sont d'importants constituants de nombreuses denrées alimentaires .La L-lysine et le tryptophane sont les principaux acides aminés ajoutés aux aliments de bétail. L-cystéine agit comme un antioxydant dans les jus de fruit.

##### **I.2.4.1.Application biologique**

La progression importante des infections microbiennes, les pertes économiques dues aux altérations des aliments d'origines microbiennes ne cessent d'augmenter au fil du temps. En plus les intoxications alimentaires ainsi que les contaminations qui en résultent, posent de plus en plus de problèmes de santé publique à l'échelle mondiale.

D'autant plus la résistance des microorganismes aux agents antimicrobiennes chimiques (antibiotiques, conservateurs des aliments...) ne cesse d'augmenter.

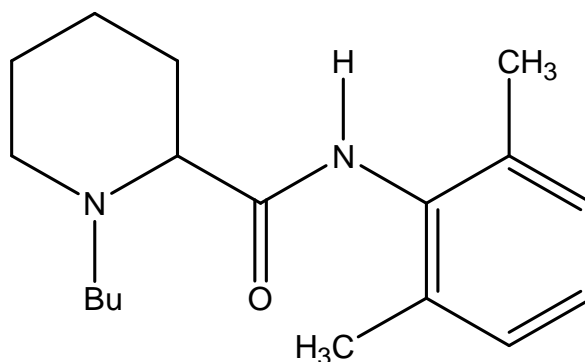
Certain études et recherches bibliographiques effectuant sur des substances biochimiques à base d'acide aminé montrent que ces dernières, ont une activité antibactérienne.

- **Histidine et ses produits dérivés de synthèse**

Une synthèse d'un produit à partir de la fonctionnalisation d'un acide aminé (histidine) qui s'appelle la synthèse de 2-amino-N-(2-aminophenyl)-3-(1H-imidazol- 5yl)propanamide , ainsi que les tests de l'activité antibactérienne et antifongique de se produits se sont montrés positifs sur la plupart des souches. Ceci, nous laisse penser que ce produit possède des propriétés antibactériennes et par conséquent on peut les utilisé dans le domaine biologique [15].

- **Protection et activation**

La bupivacaïne dont la formule est proposée ci-contre est une substance employée comme anesthésique local et dans le traitement du cancer ou de certaines inflammations. Une synthèse à partir de la lysine permet d'obtenir cette substance.



*Figure I.18. Structure chimique de la Bupivacaïne [18].*

#### I.2.4.2. La lutte contre la corrosion

##### A. La corrosion

La corrosion est la mauvaise conscience du métallurgiste, le prix à payer pour ce gaz d'électrons libres qui assure la cohésion métallique et les propriétés attractives des métaux [22]. On estime que la corrosion détruit un quart de la production annuelle mondiale d'acier, ce qui représente environ 150 millions de tonnes par an ou encore 5 tonnes par secondes. Or, la corrosion ne se limite pas à l'acier, mais affecte tous les métaux ainsi que les polymères et céramiques. Elle résulte d'interactions chimiques et / ou physiques entre le matériau et son environnement [23].

La protection des métaux et alliages contre la corrosion peut se faire en suivant plusieurs approches [22]

- optimisation de la sélection des matériaux, dans une offre de nuances toujours

Plus vaste ;

- protection cathodique ou usage d'anodes sacrificielles (protection galvanique, galvanisation) ;
- introduction de barrières de protection : peintures, revêtements organiques ou inorganiques déposés, ou plus simplement ;
- passivation directe du matériau par son environnement.

### **B. Inhibiteurs de corrosion**

Un inhibiteur de corrosion est un composé chimique qui, ajouté à faible concentration au milieu corrosif, ralentit ou stoppe le processus de corrosion d'un métal placé au contact de ce milieu. D'une manière générale, un inhibiteur doit [23]:

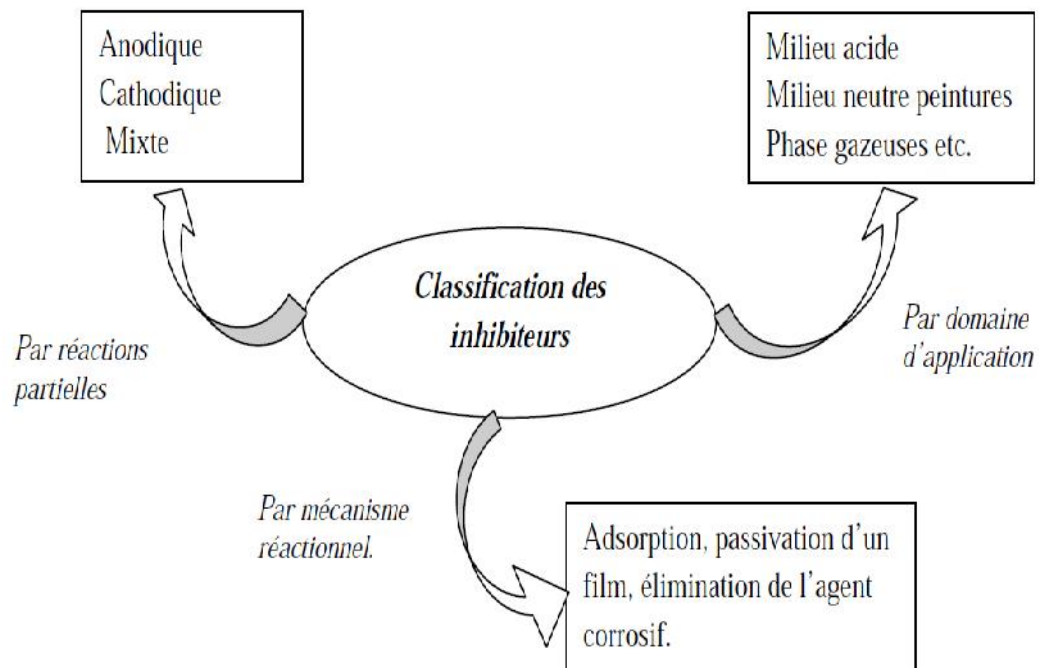
- ✓ Abaisser la vitesse de corrosion d'un métal, sans en affecter les caractéristiques Physicochimiques, en particulier la résistance mécanique,
- ✓ Etre stable en présence des autres constituants du milieu, en particulier vis-à-vis des oxydants.
- ✓ Etre stable aux températures d'utilisations.
- ✓ Etre efficace à faible concentration.
- ✓ Etre compatible avec les normes de non-toxicité. Etre peu onéreux.

### **C. Classes des inhibiteurs**

Souvent les inhibiteurs sont classés selon leur domaine d'application [23]:

1. En milieu aqueux, les inhibiteurs pour milieu acide sont employés, entre autre, pour éviter une attaque électrochimique de l'acier lors du décapage. Dans l'industrie pétrolière, on les ajoute aux fluides de forage. Les inhibiteurs pour milieux neutres servent surtout à protéger des circuits de refroidissement.
2. En milieu organique, de grandes quantités d'inhibiteurs de corrosion sont utilisées dans les lubrifiants pour moteurs et dans l'essence. Ces liquides contiennent souvent des traces d'eau et des espèces ioniques qui peuvent provoquer la corrosion.
3. Enfin, les inhibiteurs pour les phases gazeuses sont généralement employés pour une protection temporaire de différents objets emballés pendant le transport et le stockage: instrument de précision, composants électroniques, machines, etc. Il s'agit le plus souvent

de composés organiques ayant une pression de vapeur élevée, notamment certaines amines.



*Figure. I.19. Classement des inhibiteurs [23].*

#### **D. Autre domaines d'application**

Les inhibiteurs ont plusieurs domaines traditionnels d'application [24] :

- Le traitement des eaux (eaux sanitaires, eaux des procédés industriels, eaux de chaudières, etc.) ;
- L'industrie du pétrole : forage, extraction, raffinage, stockage et transport, dans cette industrie, l'utilisation des inhibiteurs de corrosion est primordiale pour la sauvegarde des installations ;
- Les peintures où les inhibiteurs de corrosion sont des additifs assurant la protection anticorrosion des métaux.
- La protection temporaire des métaux, que ce soit pendant le décapage acide, le nettoyage des installations ou le stockage à l'atmosphère (inhibiteurs volatils, incorporation aux huiles et graisses de protection temporaire) ou pour le traitement des huiles de coupe ;

## II.A. Synthèse des dérivés de l'histidine

L'interaction entre une fonction donneur d'électrons et un cation peut être assimilée à une association entre une base et un acide de Lewis. L'o-phénylène diamine et phényle hydrazine sont des simples polyamines, il se comporte une fonction bidentate qui peut former deux liaisons de coordination avec un autre cation par les deux doublets d'électrons libres des deux atomes d'azote pour (l'o-phénylène diamine et phényle hydrazine) [14].

### II.A.1. Appareillage

- ✓ Evaporateur rotatif (Rota vapeur) de marque Heidolphe.
- ✓ Un agitateur magnétique.
- ✓ Une pompe à vide de marque DREHSCHIEBER.
- ✓ Les points de fusions Tf (°C) sont déterminés à l'aide d'un appareil Digital Melting point Apparatus.
- ✓ Les spectres infrarouges (IR) sont enregistrés sur un appareil FTIR-8400.
- ✓ Un ballon bi colle
- ✓ Réfrigérant
- ✓ thermomètre
- ✓ Cristalliseur

### II.A.2. Les produits utilisés

Les produits utilisés sont présentées dans le Tableau II.A.1.

*Tableau II.A.1. Les produits chimiques utilisés*

Nom	Pureté %	Firme
Acétone	98	Biochem
Ethanol	96	Biochem
Histidine	98	Biochem
Ortho phénylène-diamine	98	Fluka
Phényle hydrazine	98	Biochem

**II.A.3. Synthèse de 2-amino-N-(2-aminophenyle)-3-(1H-imidazole-5yl)propanamide (PN°1).**

A 50 ml d'une solution de (eau- l'éthanol) (50%-50%) comportant 1g de l'histidine est ajoutée à 0,69g de l'o-phénylène diamine, dissous dans un volume de 25 ml d'éthanol.

Le mélange est laissé sous agitation à une température ambiante pendant 5h, puis on laisse le mélange à reposer pendant 5jours. Il se forme d'un précipité de couleur marron. Il est filtré.

**II.A.4. Synthèse de 2-((2-aminophenyle)diazenyl)-3-(1H-imidazole-5yl) propanoïque acide (PN°2).**

A 50 ml d'une solution (eau-éthanol) (50%-50%) comportant 1g de l'histidine est ajoutée à 0.69g de l'o-phénylène diamine dissous dans un volume de 25 ml d'éthanol. La solution obtenue est placée sous agitation magnétique à reflux pendant 6h. Après 5jours on récupère le précipité formé par filtration.

**II.A.5. Synthèse de 3-(1H-imidazole-5-yl)-2-(3-phényltriaz-1-enyl) propanoïque acide (PN°3).**

Ce produit est obtenu par l'addition à une solution de 1g de l'histidine dissout dans un mélange de 50ml de (eau-éthanol) (50%,50%), une solution de 0,69g de phényle hydrazine dissous dans un volume de 25 ml d'éthanol.

Le mélange est laissé sous agitation à reflux pendant un temps d'environ 4h. Le précipité formé il est isolé et filtré.

**II.A.6. Techniques et caractérisation****II.A.6. 1. Le point de fusion**

La connaissance de la température de fusions sert à identifier un corps pur inconnu et à vérifier le degré de pureté d'un corps pur connu. Les points de fusion des produits synthétisés ont été déterminés à l'aide des tubes capillaires à l'aide d'un appareil **Digital Melting Point Apparatus**.

**II.A.6.2. Infra Rouge (IR)**

L'utilisation des méthodes spectroscopiques a été à l'origine de l'un des plus importants et des plus stimulants progrès en chimie et en biochimie moderne. Ces méthodes mesurent l'absorption et l'émission d'énergie de différentes longueurs d'ondes par des molécules ou des atomes.

L'analyse des spectres IR s'est effectuée par comparaison des spectres des produits synthétisés avec ceux des fonctions correspondants. Les spectres infrarouges (**IR**) sont enregistrés sur un appareil, Les spectres infrarouges (**IR**) sont enregistrés sur un appareil FTIR-8400.



## II.B. Application dans l'inhibition de la corrosion

### II.B.1. Conditions et techniques opératoires

Cette partie est consacrée à la description du dispositif de mesures et conditions opératoires utilisées pour l'étude de l'action inhibitrice des réactifs (histidine et diamino-phenylène) et leurs produits dérivés sur la corrosion d'un acier ordinaire. Le milieu corrosif est constitué d'une solution de  $H_2SO_4$  à 0,1 M.

Notons ici, que ces produits inhibiteurs sont solubles en milieux aqueux.

Deux techniques expérimentales, à savoir : la technique gravimétrique et la technique potentiostatique, sont utilisées afin de quantifier la vitesse de corrosion et aussi pour mesurer l'efficacité d'inhibition des produits choisis.

Les expériences sont effectuées au niveau du laboratoire des analyses instrumentales et spectrales de la faculté des sciences et de la technologie de l'université de khemis Miliana.

Avant de procéder à la réalisation expérimentale pour l'étude de la corrosion et son inhibition; la préparation des échantillons (acier ordinaire), des solutions électrolytique ( $H_2SO_4$ ) ainsi que des solutions inhibitrices, s'avèrent nécessaires.

### II.B.2. Préparation des échantillons

Le matériau utilisé dans notre travail est fourni par EIMS de Miliana, constitué d'un acier ordinaire, de nuance européenne EN10209, DC06EK.

La composition chimique de ce métal est donnée dans le tableau (II.B.1), suivant :

*Tableau II.B.1. Composition chimique de l'acier ordinaire [14].*

Elément	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	Fe
Pourcentages %	0.042	0.01	0.22	0.009	0.005	0.029	-	Balance

Notons ici que ce métal possède d'excellentes caractéristiques mécaniques.

Une fois le métal est découpé en petites plaquettes de dimensions (2×2×0,15) cm, comme le montre la figure (II.B.1). La préparation des surfaces des échantillons est effectuée avec du papier abrasif de granulométrie décroissante : 400, 600, 800,1000 et 1200 mesh afin d'obtenir une surface lisse, ayant un aspect d'un miroir.

Ensuite, les échantillons sont lavés avec de l'eau distillée, rincés avec de l'acétone, séchés pour quelques secondes et sont immergés immédiatement dans la solution corrosive.

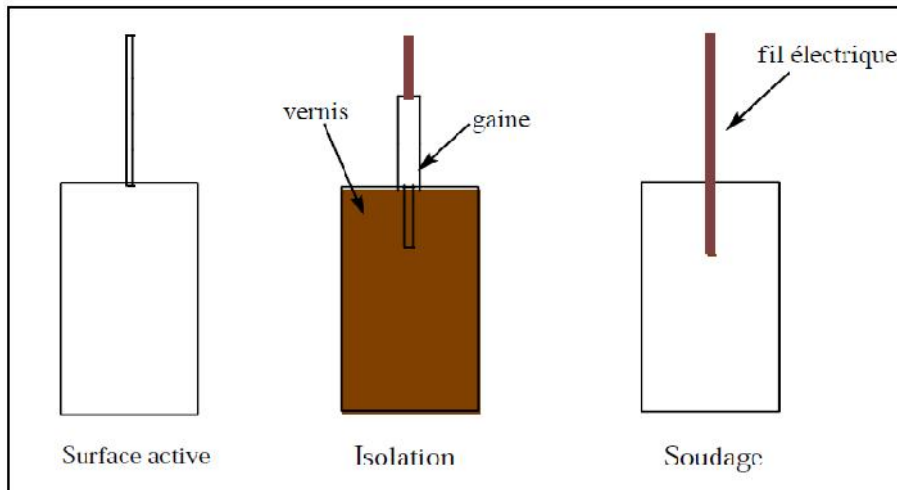


**Figure II.B.1.** Image photographique d'un échantillon en plaquette d'acier ordinaire.

Pour les mesures électrochimiques (potentiostatiques), l'une des faces du métal est soudée à un fil conducteur électrique pour permettre sa connexion au potentiostat.

L'échantillon est couvert d'une couche isolante à l'exception de la face à exposer au milieu.

(Voir la figure II .B.2)



**Figure II.B.2.** Préparation des échantillons en acier **DC06EK**, pour les mesures Potentiostatiques [15].

Les inhibiteurs sont dissous, pour des concentrations déterminées, dans des solutions de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.1M.

Quelques propriétés physico-chimiques et structures des inhibiteurs utilisés sont données sur le tableau II.B.2 ci-dessous.

Tableau II.B.2. Quelques propriétés physico-chimiques de l'acide aminé utilisé [14].

Nom	Abrév.	Masse molaire (g/mol)	point de fusion	Structure
<i>Histidine</i>	<i>his</i>	155,16	287C°	
<i>Ortho phenelen diaimin</i>	<i>Ophd</i>	108,14	103-104C°	
<i>2-amino-N-(2-aminophenyle)-3-(1H-imidazole-5yl)propanamide .</i>	<i>PN°1</i>	254	230-256C°	
<i>2-((2-aminophenyle) diazenyl)-3-(1H-imidazole-5yl) propanoïque acide.</i>	<i>PN°2</i>	259	260C°	
<i>3-(1H-imidazole-5-yl)-2-(3-phényltriaz-1-enyl) propanoïque acide.</i>	<i>PN°3</i>	259	146-162C°	

### II.B.3. Conditions et protocoles expérimentaux

- **Conditions opératoires**

Les paramètres opératoires utilisés pour les mesures, par différentes techniques, gravimétrique et potentiostatique, dans le milieu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1M, en absence et en présence des produits inhibiteurs sont résumés dans le tableau II.B.3.

*Tableau II.B.3. Conditions et paramètres opératoires[14].*

Méthodes	Paramètres	Moyen – valeurs
<b>Gravimétrie</b>	Température	30 °C et plus
	Surface exposée	8 cm <sup>2</sup>
	Aération	Naturelle
	Temps d'immersion	3 heures
<b>Potentiostatique :</b>  <b>Méthode de Tafel et méthode de de résistance de polarisation (Rp)</b>	Température	30 °C
	Surface exposée	1 cm <sup>2</sup>
	Temps de stabilisation du potentielle de corrosion (OCP)	30 min
	Aération	Naturelle
	E - Ecorr	± 20 mV/ Ecorr.....pour la méthode de Rp ± 150mV/ Ecorr..... pour la méthode de tafel
	Vitesse de balayage	0,2 mV/s .....pour la Rp 0,5 mV/s .....pour tafel

### II.B.4. Technique gravimétrique

Cette technique consiste à mesurer la perte de masse et d'évaluer La vitesse de corrosion ( $V_{\text{corr}}$ ), exprimée en (g/cm<sup>2</sup>.j), est donnée par la l'équation suivante [20] :

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

Où :

$V_{\text{corr}}$  : vitesse de corrosion

$m$  : la perte de masse en mg. Où :  $m = m_0 - m_1$

$m_0$  (mg) : la masse de l'échantillon avant l'immersion

$m_1$  (mg) : la masse de l'échantillon après l'immersion.

$S$  : la surface exposée en  $\text{cm}^2$ .

$t$  : le temps d'exposition dans la solution en jour.

#### II.B.4. 1. Efficacité inhibitrice par gravimétrie

L'efficacité inhibitrice (E%) des composés étudiés est calculée en utilisant la relation suivante [20] :

$$\text{IE}(\%) = \frac{V_0 - V_{\text{inh}}}{V_0} \cdot 100 \quad \dots\dots\dots (\text{II.B.2.})$$

$V_0$  et  $V_{\text{inh}}$  représentent respectivement les valeurs de la vitesse de corrosion en absence et en présence de l'inhibiteur.

#### II.B.4. 2. Protocole expérimental

Après polissage, on pèse l'échantillon ensuite on l'introduit dans une solution  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.1M, contenant différentes concentrations en produit inhibiteur. La durée d'immersion est 3 heures.

Une fois la durée est achevée, l'échantillon est retiré de la solution, nettoyé avec de l'eau afin d'éliminer les produits de corrosion déposés à la surface. Après rinçage à l'eau distillée et séchage à l'étuve, l'échantillon est repesé et on note sa nouvelle masse.

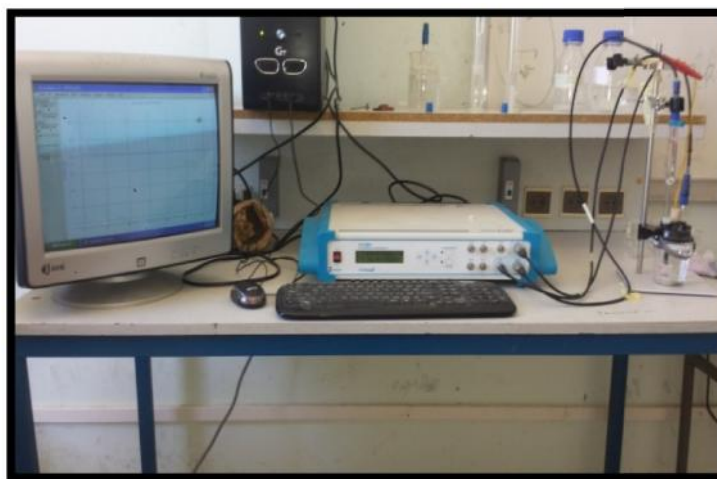


*Figure II.B.3. Image photographie Des échantillons dans Le bain Marie.*

## II.B.5. Technique Potentiostatique

Les mesures électrochimiques ont été réalisées au moyen d'une chaîne qui comprend:

- Une cellule électrochimique classique en verre pyrex de 100 ml. Elle est munie d'une double paroi à circulation d'eau permettant une régulation thermostatique. Un couvercle à cinq orifices facilite l'introduction des trois électrodes; les deux autres étant prévus pour l'entrée et la sortie de gaz de barbotage.
- Un Potentiostat/Galvanostat (voir figure II.B.4), type: VoltaLab21, PGP201 compact, qui peut être utilisé en autonome (touches de fonctions en façade) ou bien piloté par le logiciel VoltaMaster4.
- Un ordinateur qui pilote l'ensemble et effectue l'acquisition et le traitement des données.

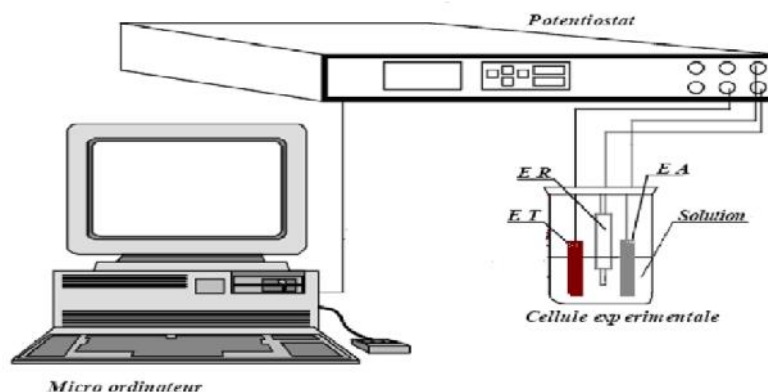


*Figure II.B.4. Image photographique du potentiostat/Galvanostat voltalab21 utilisé.*

### II.B.5.1. Description et principe de fonctionnement de l'appareillage

L'électrode de travail (acier), l'électrode de référence ECS (calomel saturé) et l'électrode auxiliaire (platine) sont immergées dans une solution électrolytique et connectées au potentiostat/galvanostat: voltalab21, qui est une source de courant dont le rôle principal est de maintenir le potentiel constant entre l'électrode de travail et l'électrode de référence au moyen d'un amplificateur. L'ensemble est lié à un micro-ordinateur muni de logiciel voltamaster4, permettant le tracé des courbes:  $E=f(I)$  et  $E=f(\log i)$ , et détermine ainsi plusieurs paramètres de corrosion (vitesse, résistance, etc.) [20].

L'électrode de référence doit être placée de manière à ne pas avoir une chute ohmique importante entre l'électrode de travail et cette dernière.



*ER* : électrode de référence

*ET* : électrode du travail

*EA* : électrode auxiliaire

*Figure II.B.5. Schéma simplifié du dispositif des mesures électrochimiques.*

### II.B.5.2. Détermination du courant de corrosion ( $I_{\text{corr}}$ ) par la méthode de Tafel

Cette méthode n'est possible que pour une polarisation d'activation pure. Lorsque la polarisation est forte, seule processus anodique intervient,  $i = i_a$ , on a une droite de Tafel anodique. Aux fortes surtensions, seule processus cathodique intervient,  $i = i_c$ , on a une droite de Tafel cathodique; on détermine graphiquement la valeur de  $i_{\text{corr}}$  en extrapolant les droites de Tafel soit anodique, soit cathodique jusqu'au potentiel de corrosion ( $E_{\text{corr}}$ ).

En pratique, on réalise une mesure potentiodynamique avec une variation du potentiel de  $\pm 250\text{mV}$  ou  $\pm 250\text{mV}$  par rapport au potentiel de corrosion, à une vitesse de  $0,5\text{mV/s}$  et nous mesurons la densité de courant en fonction de potentiel [20].

### II.B.5.3. Détermination de la résistance de polarisation ( $R_p$ )

Cette méthode consiste à écarter légèrement le métal de son potentiel de corrosion. Une polarisation de quelques milli volts autour du potentiel de corrosion suffit pour déterminer la résistance de polarisation d'une électrode. La vitesse de balayage du potentiel à laquelle est effectuée la perturbation aura aussi une grande influence. C'est pourquoi, il faut qu'elle soit la plus faible possible pour permettre aux réactions d'atteindre instantanément un état d'équilibre.

Concrètement pour calculer une  $R_p$ , nous effectuons une mesure potentiodynamique avec une variation du potentiel de  $\pm 20\text{mV}$  ou  $\pm 10\text{mV}$  par rapport au potentiel de corrosion, à une vitesse de  $0,2\text{mV/s}$  et nous mesurons la densité de courant résultant [20].

#### II.B.5.4. L'efficacité inhibitrice par la méthode de $R_p$ et de Tafel

Quelque soit le type de mécanisme par le quel 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).

Par la méthode de Tafel : le taux de l'efficacité d'inhibition peut être évalué en utilisant la relation suivante [20]:

$$IE(\%) = \left[ 1 - \frac{i_{corr\ inh}}{i_{corr}} \right] \cdot 100 \dots\dots\dots (II.B.3)$$

$i_{corr}$  et  $i_{corr\ inh}$  représente respectivement les densités des courants de corrosion en l'absence et en présence d'inhibiteur.

Par la méthode de résistance de polarisation linéaire : l'efficacité d'inhibition  $IE(\%)$  peut être calculée par [24-44]:

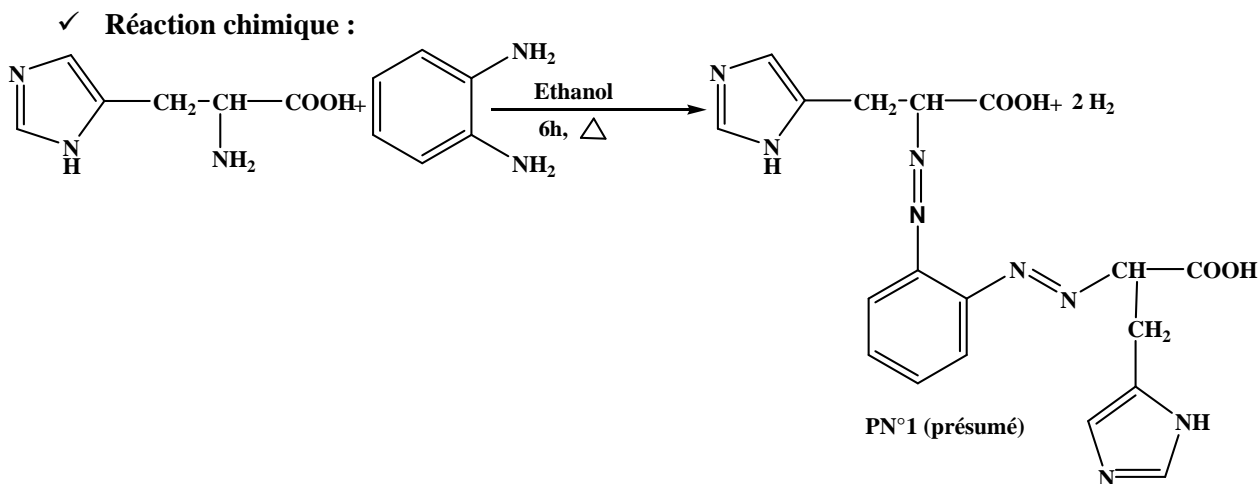
$$IE(\%) = \left[ 1 - \frac{R_{p0}}{R_{p\ inh}} \right] \cdot 100 \dots\dots\dots (II.B.4)$$

Où  $R_{p0}$  et  $R_{p\ (inh)}$  représentent les résistances de polarisation en absence et en présence de l'inhibiteur respectivement.



### III.A. Synthèse des dérivés de l'histidine

#### III.A.1. Synthèse de 2-{2-[1-Carboxy-2-(3H-imidazol-4-yl)-ethylazo]-phenylazo}-3-(3H-imidazol-4-yl)-l'acide propanoïque (PN°1).



*Figure III.A.1. Synthèse de 2-{2-[1-Carboxy-2-(3H-imidazol-4-yl)-ethylazo]-phenylazo}-3-(3H-imidazol-4-yl)l'acide propanoïque. (PN°1).*

#### ✓ Caractérisation de la molécule obtenue

La forme : poudre.

La couleur : Rose.

La formule brute : C<sub>18</sub> H<sub>18</sub> N<sub>8</sub> O<sub>4</sub> (présumée).

La masse moléculaire : M = 410 g/mol.

Le rendement : 57.98%

Température de fusion : T<sub>f</sub> = 260°C.

#### ✓ Analyse par IR

Sur le spectre IR du PN°1, on voit apparaître des bandes de 341.12cm<sup>-1</sup>, 2808.45cm<sup>-1</sup>, 1577.82cm<sup>-1</sup>, 1525.7cm<sup>-1</sup>, 1450.52cm<sup>-1</sup> qui correspondent aux (NH), (OH), (C=O), (C=C), (N=N) successivement. Ce spectre est illustré sur la figure III.A.2.

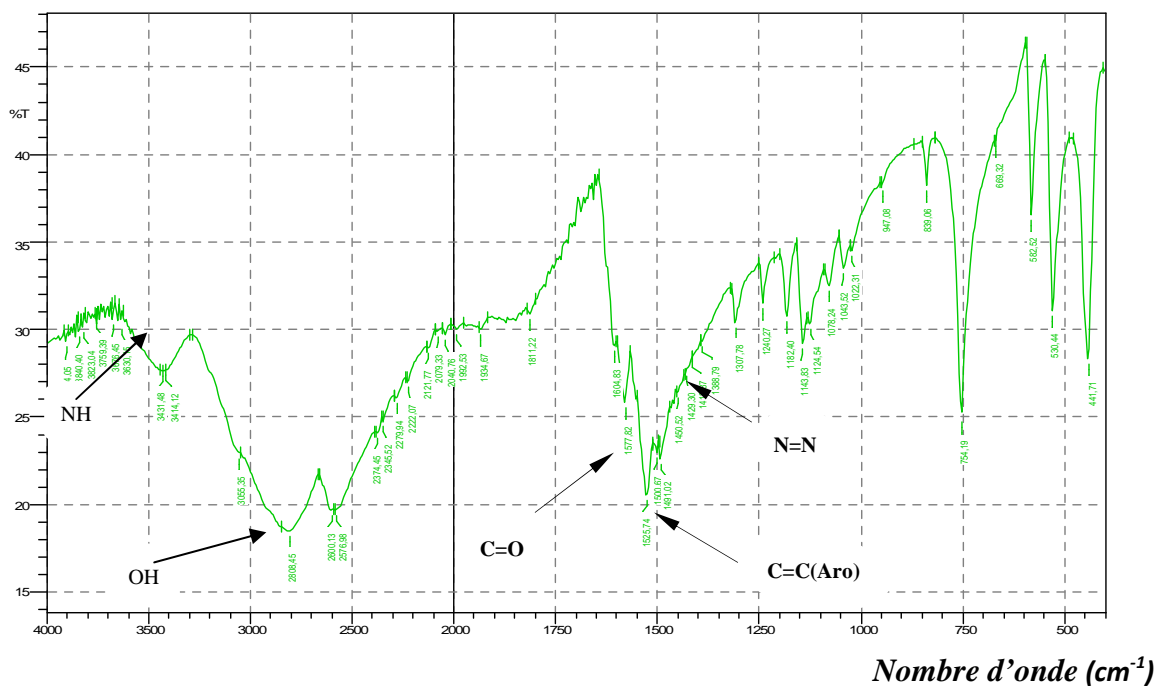


Figure III.A.2 .Spectre infrarouge de 2-((2-aminophenyl)diazenyl)-3-(1H-imidazole-5-yl) propanoïque acide (PN°1)

III.A.2.Synthèse de 2-amino-n-(2-aminophenyle)-3-(1H imidazole 5-yl) propanamide (PN°2)

✓ Réaction chimique :

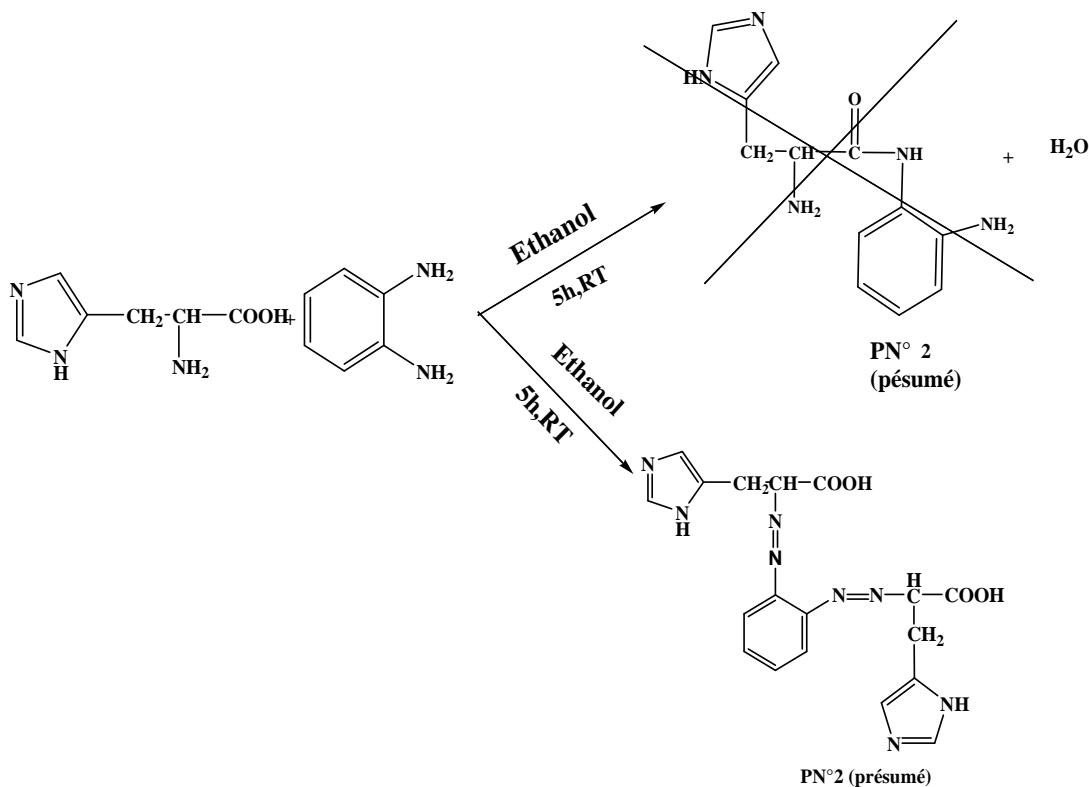


Figure III.A.3. Synthèse de 2-[[1-Carboxy-2-(3H-imidazol-4-yl)-éthylazo]-phénylazo]-3-(3H-imidazol-4-yl)-l'acide propanoïque (PN°2).

✓ **Caractérisation des molécules obtenue**

La forme : poudre.

La couleur : Vert

La formule brute :  $C_{18}H_{18}N_8O_4$  (présumée).

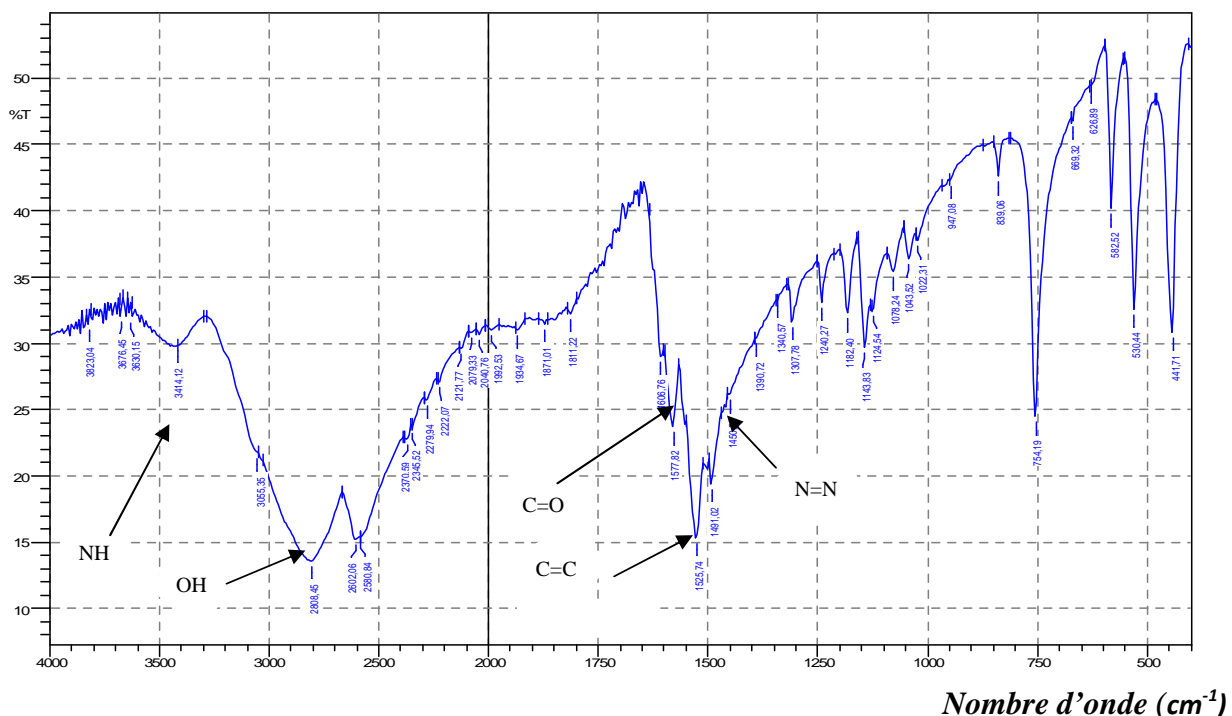
La masse moléculaire :  $M=410$  g/mol.

Le rendement :  $R=28.99\%$

Température de fusion :  $T_f=230-256^\circ\text{C}$ .

✓ **Analyse par IR**

*Trans*

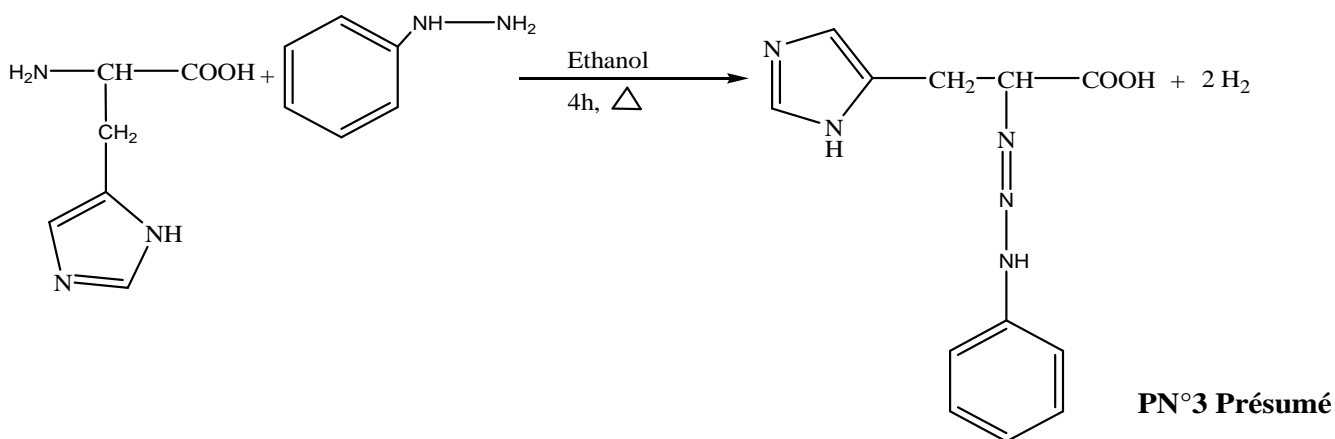


**Figure III.A.4.** Synthèse de l'acide 2-{2-[1-Carboxy-2-(3H-imidazol-4-yl)-ethylazo]-phenylazo}-3-(3H-imidazol-4-yl)-propanoïque (**PN<sup>2</sup>**).

Ce spectre indique que les mêmes fonctions données par le spectre d'IR du produit **N<sup>1</sup>** sont données par le produit **N<sup>2</sup>** avec les mêmes nombres d'ondes.

### III.A.3. Synthèse de 3-(1 H-imidazole-5-yl)-2(3-phényltriaz-1-enyl) acide propanoïque (PN°3)

✓ Réaction chimique :



**Figure III.A.5.** Synthèse de 3-(1 H-imidazole-5-yl)-2(3-phényltriaz-1-enyl) l'acide propanoïque (PN°3).

✓ Caractérisation des molécules obtenues

La forme : poudre

La couleur : Rouge brique.

La formule brute : C<sub>12</sub> H<sub>13</sub> N<sub>5</sub> O<sub>2</sub> (prémumée).

La masse moléculaire : M=259 g/mol.

Le rendement : R= 2.31%

Température de fusion : T<sub>f</sub>=146-162 °C.

✓ Analyse par IR

Le spectre IR du Produit N°3 présente des bandes caractéristiques pour la fonction NH à 3309,96 cm<sup>-1</sup> et la fonction OH à 3014,84 cm<sup>-1</sup>. Le pic à 1637,62 cm<sup>-1</sup> est dû au stretching de la fonction OH et les bandes de transitions à 1637,62 cm<sup>-1</sup>, 1458,23 et 1415,80 sont affectées aux modes stretching de C=O, C=C (aromatique) et N=N (1415,80) successivement. Le spectre ci-dessous donne ces résultats.

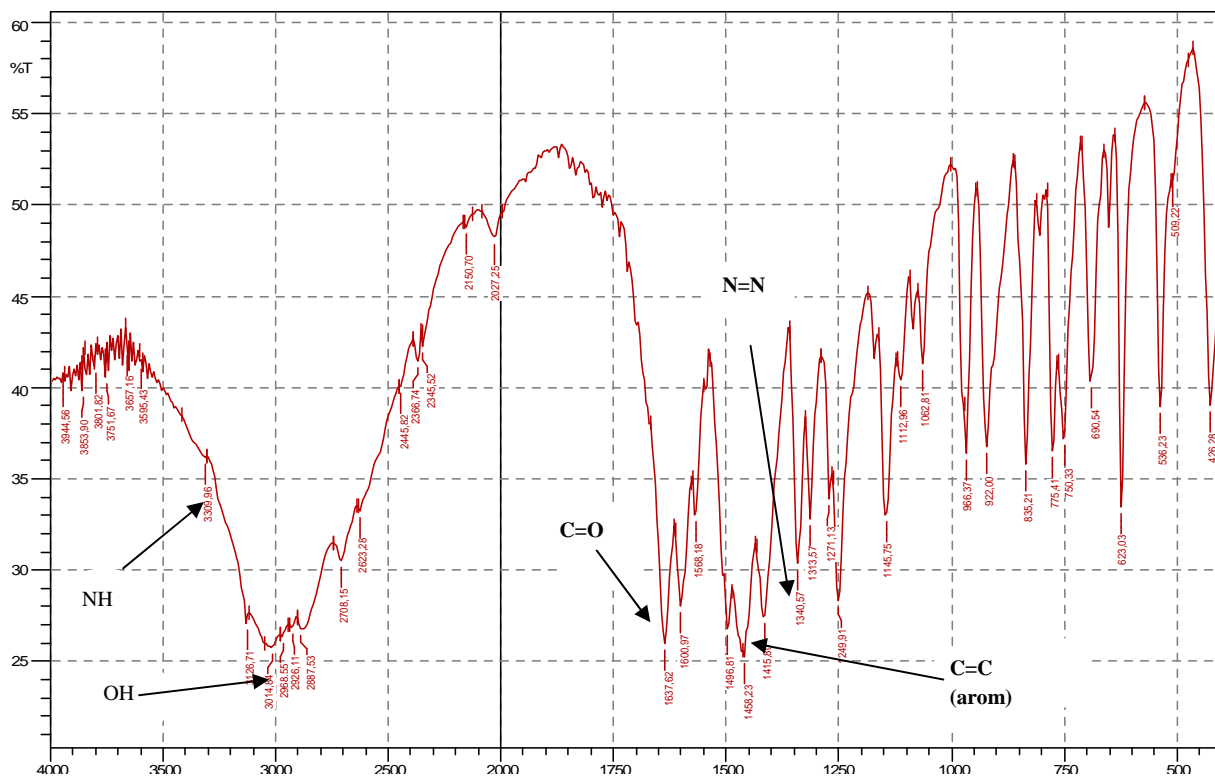


Figure III.A.6. Spectre infrarouge de 2-amino-N-(2-aminophenyle)-3-(1H-imidazole -5yl)propanamide. (PN°3).

### III.A.4. Propriétés physiques et analytiques des produits synthétisés

Tous les produits synthétisés sont solide et stable à température ambiante. Leurs points de fusion sont entre 146-260°C.

Les propriétés analytiques et physiques des produits synthétisés sont regroupées dans le tableau (III.1).

Tableau III.A.1. Propriétés analytiques et physiques du produit synthétisé

Produits	Couleur	Point de fusion	Rendement%
PN°1	Rose	230-256 C°	57.98
PN°2	Vert	260 C°	28.99
PN°3	Rouge brique	146-162 C°	2.31

Le point de fusion est la température à laquelle un corps passe de l'état solide à l'état liquide. Il s'agit d'une propriété physique caractéristique de la matière. Cette mesure est un critère de pureté très répandu au laboratoire. Les résultats de la mesure des points de fusion ci-dessus montrent que les produits synthétisés ont des valeurs nettement différentes à celle des produits de départ. Ce ci peut être expliqué par la présence des impuretés ou bien le produit N°1 et N°2 sont des isomères. L'identification de ce produit (PN°2) demande la séparation qui nécessite une quantité suffisante.

➤ **Test de solubilités**

La solubilité des produits synthétisés dans différents solvants est donnée par le tableau III.2.

*Tableau III.A.2. Solubilité des produits synthétisés.*

Produits Solvants	Solubilité <sup>1</sup>		
	PN°1	PN°2	PN°3
Acétone	Soluble	Soluble	Soluble
Acétate d'éthyle	Insoluble	Insoluble	Soluble
Ethanol	Soluble	Soluble	Soluble
Eau	Soluble	Soluble	Peu-soluble
Hexane	Insoluble	Insoluble	Peu-soluble

Le tableau suivant illustre les principales bandes d'absorption des produits synthétisés

*Tableau III.A.3. Principales bandes de transmittance IR (en  $\text{cm}^{-1}$ ) des produits synthétisés.*

Produits Fonction	PN°1	PN°2	PN°3
N-H	341,12	/	3309,96
O-H	2808,45	/	3014,84
C=C Aro	1525,74	/	1637,62
N=N	1450,52	/	1458,23
C=O	1517,82	/	1415,80

### III .B.1. Introduction

Les tests de l'inhibition de la corrosion de l'acier DC06EK, immergé dans une solution de  $H_2SO_4$  0.1M en présence et en absence des inhibiteurs, sont réalisés par méthode de perte de poids et des méthodes potentiodynamiques. Les résultats, ainsi obtenus, sont présentés sous forme des tableaux et des graphes ensuite commentés.

### III .B.2. Mesures gravimétriques

#### III.B.2.1. Sans Inhibiteur

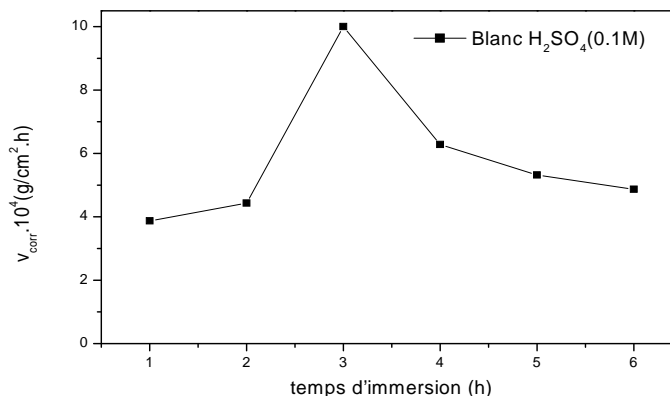
##### ❖ Effet du temps d'immersion

Le tableau (III.B.1) présente les valeurs de la vitesse de corrosion  $V_{\text{corr}}$ , avant et après immersion de l'acier au carbone DC06EK dans la solution  $H_2SO_4$  (0,1 M) pendant une durée qui s'étale de 1 à 6 heures.

**Tableau III.B.1.** Vitesse de corrosion et perte du poids en fonction du temps d'immersion de l'acier DC06EK, mis dans une solution  $H_2SO_4$  (0,1 M).

temps d'immersion (heures)	Technique gravimétrique sans inhibiteur	
	m (g)	$V_{\text{corr}} \cdot 10^4$ (g/cm <sup>2</sup> .h)
1	0,0031	3,87
2	0,0071	4,43
3	0,0240	<b>9,8</b>
4	0,0201	6,28
5	0,0213	5,32
6	0,0116	4,87

La courbe de figure (III.B.1), traduit les résultats de la vitesse de corrosion, donnés sur le tableau III.B.1



**Figure III.B.1.** Vitesse de corrosion en fonction du temps d'immersion de l'acier DC06EK dans la solution  $H_2SO_4$  (0,1 M) (sans inhibiteur).

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que :

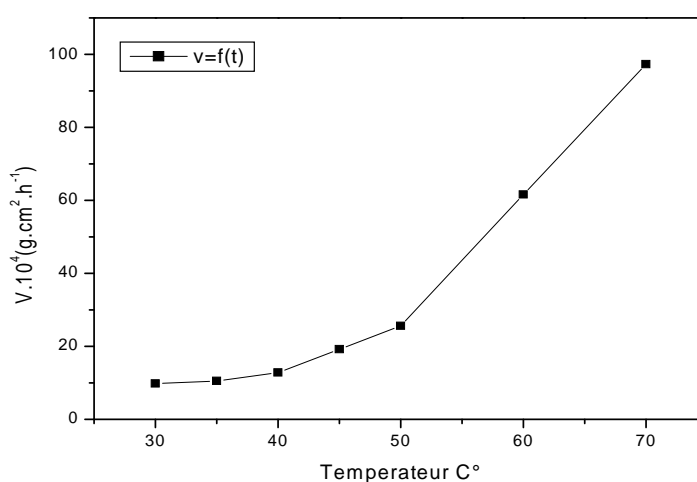
La vitesse de corrosion prend une valeur élevée durant 3 heures d'immersion, ensuite elle commence à diminuer. Nous estimons que l'acier a subi une attaque active dès les 3 premières heures, ensuite il se passive par diminution de vitesse. Cette diminution est peut être expliquée par le dépôt des produits de corrosion qui ralentissent le phénomène de corrosion.

#### ❖ Effet de la température :

. Le tableau (III.B.2) et la figure( III.B.2) présentent les valeurs de la variation la de vitesse de corrosion après l'immersion de l'acier DC06EK dans la solution de  $H_2SO_4$  0.1 M, à une température de 30°C et pendant une durée de 3h d'immersion.

**Tableau III.B .2.** Variation de la vitesse de corrosion en fonction de la Température de l'acier DC06EK dans la solution  $H_2SO_4$  0.1 M, Temps d'immersion =3h,  $S= 8\text{ cm}^2$

Température	Technique gravimétrique 0 ppm
	$v_{\text{corr}} 10^4 (\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1})$
30 C°	9,8
35 C°	10,5
40 C°	12,8
45 C°	19,2
50 C°	25,6
60 C°	61,6
70 C°	97.3



**Figure III.B.2.** Vitesse de la corrosion en fonction de la température de l'acier DC06EK dans la solution de  $H_2SO_4$  0.1M.



Nous remarquons que les valeurs de vitesse de corrosion augmentent en fonction de la température. Cette augmentation est remarquable à partir de 45 °C.

### III .B.2.2. Action des inhibiteurs

Etant donné que la vitesse de corrosion demeure importante durant toute la période d'immersion, ce qui provoque un endommagement du métal, la protection de ce dernier par application d'un inhibiteur est indispensable.

Dans ce sens, on a utilisé l'histidine et ses produits dérivés de synthèse et ortho phénylène diamine comme des produits inhibiteurs de corrosion avec des concentrations allant de 0 à 400 ppm et pour un temps d'immersion est fixé à 3 heures.

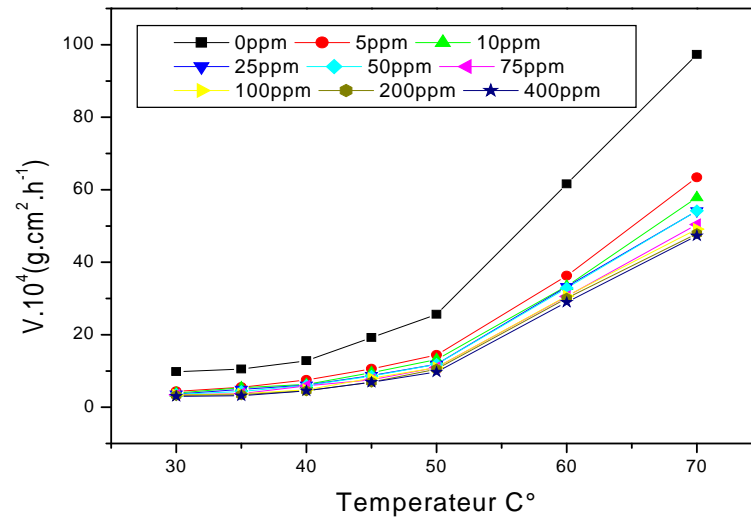
#### III .B.2.2.1. Action de l'Histidine

##### ➤ Effets de concentration et de Température

Les effets de température et de la concentration de l'histidine sur la vitesse de corrosion, est étudié dans un intervalle de 30 à 70 °C et pour des concentrations allant de 5 à 400 ppm. Les résultats obtenus sont données sur la figure (III.B.3) et sur le tableau (III.B.3).

**Tableau III.B.3.** Évolution de la vitesse de corrosion de l'acier DC06EK immergé pendant une 3 heure, en milieu  $H_2SO_4 0.1M$ , en fonction de la concentration de l'histidine et pour différentes températures

Concentration (ppm)	Vitesse de corrosion évaluée par gravimétrie pour Histidine $V. 10^4(g/cm^2.h^1)$						
	30 C°	35 C°	40 C°	45 C°	50 C°	60 C°	70 C°
0	9,8	10,5	12,8	19,2	25,6	61,6	97,3
5	4,37	5,54	7,5	10,58	14,4	36,25	63,40
10	3,89	5,40	6,29	9,52	13,18	33,41	57,85
25	3,60	4,91	6,08	8,75	11,87	33,25	54,17
50	3,54	4,37	6,03	8,56	11,86	32,87	54,18
75	3,40	3,75	5,87	7,58	10,97	30,57	50,42
100	3,38	3,67	4,83	7,99	10,93	30,66	49,13
200	3,25	3,45	4,54	6,93	10,51	30,06	47,90
400	3,00	3,16	4,55	6,91	9,74	28,98	47,31

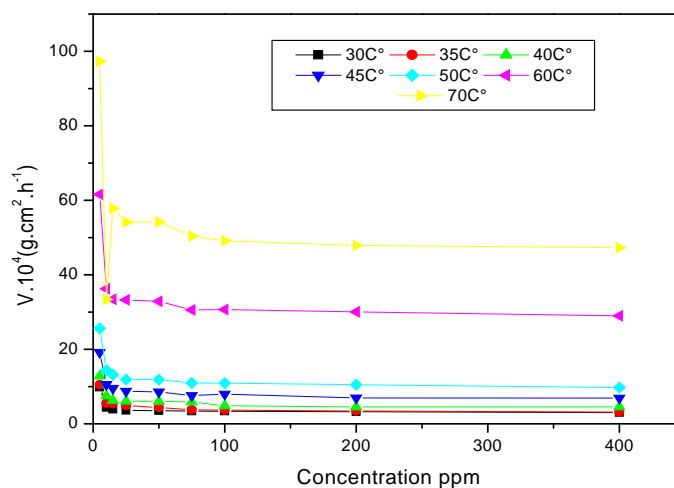


**Figure III.B.3.** Vitesse de corrosion de l'acier DC06EK dans la solution de  $H_2SO_4$  0.1 M. en fonction de température de l'histidine.

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que :

La figure III.B.3, montre que la vitesse de corrosion diminue après application de l'inhibiteur *l'histidine* et sur tout l'intervalle de température.

D'autre part, les résultats illustrés sur la figure III.B.4, montrent que pour chaque concentration, la vitesse de corrosion augmente en fonction de la température.



**Figure III.B.4.** Vitesse de corrosion de l'acier DC06EK dans la solution de  $H_2SO_4$  0.1 M. en fonction de concentration de l'histidine.

En ce qui concerne l'efficacité d'inhibition, les résultats du calcul en fonction de la concentration en inhibiteur et pour différentes températures sont consignés dans le tableau (III.B.4), ci-dessous.

**Tableau III.B.4.** Évolution de l'efficacité de corrosion de l'acier DC06EK immergé, en milieu  $H_2SO_4$  0.1M, en fonction de la concentration de l'**histidine** et pour différentes température.

Concentration (ppm)	Efficacité de corrosion évaluée par gravimétrie IE%						
	<i>(Histidine)</i>						
	30 C°	35 C°	40 C°	45 C°	50 C°	60 C°	70 C°
0	-	-	-	-	-	-	-
5	55.40	47.23	41.40	44.89	43.75	41.16	34.84
10	60.28	48.57	50.85	50.41	48.51	45.76	40.54
<b>25</b>	<b>63.26</b>	<b>53.23</b>	<b>52.5</b>	<b>54.42</b>	<b>53.63</b>	<b>46.03</b>	<b>44.33</b>
50	63.87	58.38	52.87	55.40	53.64	46.64	44.32
75	65.30	64.28	54.14	60.52	57.14	50.38	48.18
100	65.51	64.90	62.26	61,50	57.30	50,22	49.13
200	66.83	67.14	64.53	63.93	58.94	51.20	50.77
400	69.38	69.90	64.45	64.01	61.95	52.96	51.38

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que :

Ce tableau montre que 25 ppm en histidine est peut être considérée comme concentration optimale où le taux d'inhibition dépasse les 60 % à 30°C. Ce taux est satisfaisant en tenant compte de l'agressivité du milieu  $H_2SO_4$  (0,1 M).

Pour des concentrations supérieures à 25 ppm, le taux d'inhibition atteint une certaine saturation, comme le montre la figure (III.B.5).

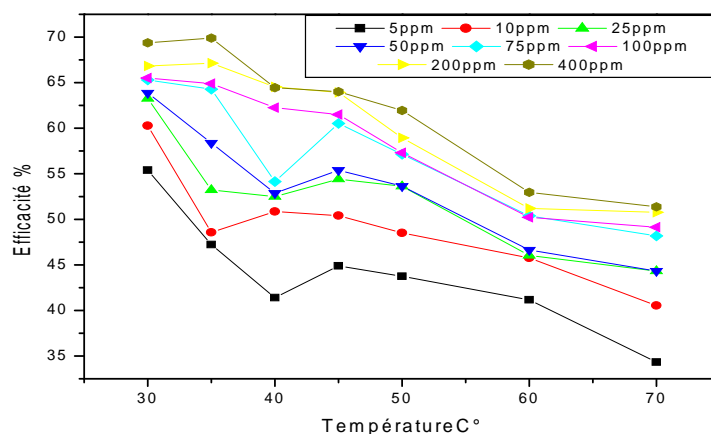


Figure III.B.5. L'efficacité d'inhibition de l'histidine en fonction de la température.

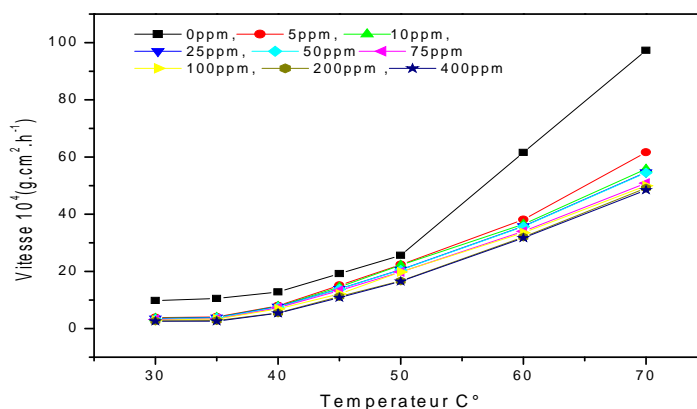
### III .B.2.2.2. Action de l'ortho phénylène diamine

#### ➤ Effets de concentration et de Température

Les résultats obtenus, par l'emploi de l'ortho phénylène diamine comme inhibiteur de corrosion de l'acier DC06EK, en milieu,  $H_2SO_4 0.1M$ , sont résumés dans le tableau (III.B.5) et illustré sur la figure (III.B.6), ci-dessous.

Tableau III.B.5. Évolution de la vitesse de corrosion de l'acier DC06EK immergé en milieu  $H_2SO_4 0.1M$ , en fonction de la concentration de l'o-phénylène diamine et pour différentes températures

Concentration (ppm)	Vitesse de corrosion évaluée par gravimétrie (pour l'o-phénylène diamine)						
	$V. 10^4(g/cm^2.h^{-1})$						
	30 C°	35 C°	40 C°	45 C°	50 C°	60 C°	70 C°
0	9.8	10.5	12.8	19.2	25.6	61,6	97,3
5	3.83	4,09	7.96	15.12	22.37	38.1	61,66
10	3.62	3.93	7.80	14.54	22.19	36.5	55,77
25	3.50	3.85	7.67	13.91	20.61	35.8	54,66
50	3.29	3.77	7.50	13.83	20.5	35,7	54,50
75	3.20	3.42	7.29	13.29	19.8	34.0	50,86
100	2.96	3.37	6.9	12.12	19.8	33,55	49,93
200	2.66	2.82	5.5	11.23	16.66	32.0	49,13
400	2.60	2.58	5.37	10.83	16.54	31,69	48,45



**Figure.III.B.6.** Vitesse de corrosion en fonction de la température en présence de l'ortho phénylène diamine de l'acier DC06EK dans la solution de  $H_2SO_4$  0.1M

Les résultats du tableau (III.B.5) et de la figure (III.B.6), montrent qu'après l'ajout de l'inhibiteur à base d'ortho phénylène diamine, la vitesse de corrosion diminue quelque soit la concentration de l'inhibiteur utilisée. Par contre cette vitesse augmente en fonction de la température. En ce qui concerne l'efficacité d'inhibition, les résultats du calcul en fonction de la concentration en inhibiteur (ortho phénylène diamine) et pour différentes températures sont donnés dans le tableau (III.B.6).

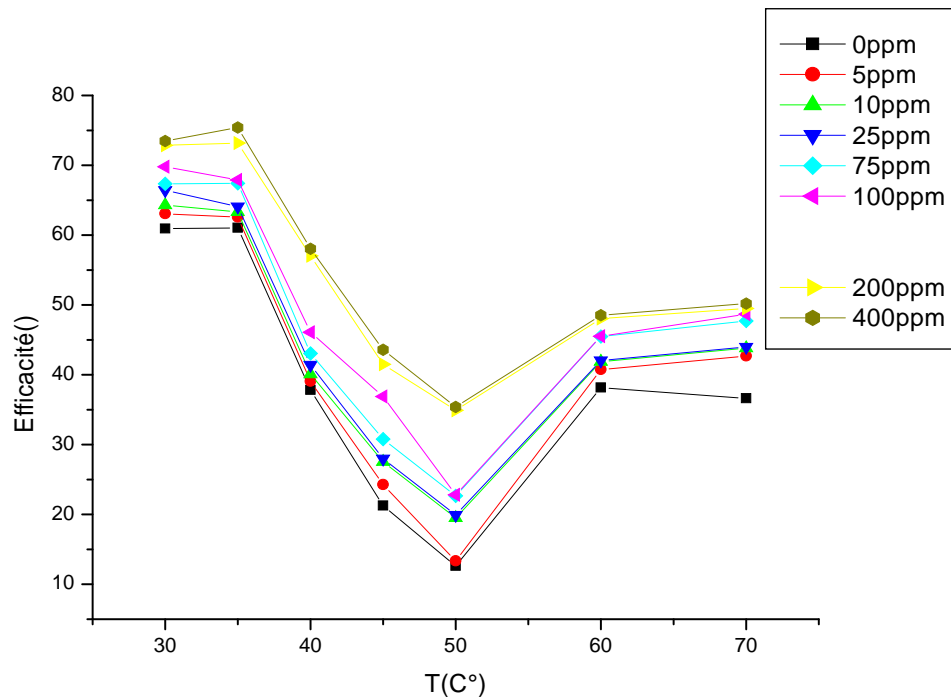
**Tableau III.B.6.** Évolution de l'Efficacité de corrosion de l'acier DC06EK immergé en milieu  $H_2SO_4$  0.1M, en fonction de la concentration de l'o-phénylène diamine et pour différentes températures.

Concentration (ppm)	Efficacité de corrosion évaluée par gravimétrie (l'o-phénylène diamine)						
	IE%						
	30 C°	35 C°	40 C°	45 C°	50 C°	60 C°	70 C°
0	-	-	-	-	-	-	-
5	60.92	61,04	37.81	21.25	12.62	38,15	36.62
10	63.06	62.57	39.06	24.27	13.33	40,74	42.68
25	64.29	63.33	40.08	27.55	19.51	41,88	43.82
50	66.42	64.09	41.41	27.99	19.92	42,04	43.98
75	67.35	67.42	43.05	30.78	22.66	45,47	47.72
100	69.79	67.90	46.09	36.88	22.81	45,52	48.68
200	72.86	73.19	57.03	41.51	34.92	48,05	49.50
400	73.47	75.42	58.05	43.59	35.39	48.54	50,20

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que :

Ce tableau montre des taux d'inhibitions satisfaisant et nous estimons que la concentration optimale est autour de 5 ppm où le taux d'inhibition dépasse les 60 % à des températures de 30 et 35°C.

Pour des concentrations élevées (voir figure III.B.7), l'efficacité inhibitrice atteint une certaine saturation à partir de 100 ppm.



*Figure III.B.7. Évolution de l'efficacité de corrosion de l'acier DC06EK immergé en milieu  $H_2SO_4$  0.1M, en fonction de la température et pour différentes concentrations en ortho phénylène diamine.*

### III .B.2.2.3 Action de plusieurs inhibiteurs

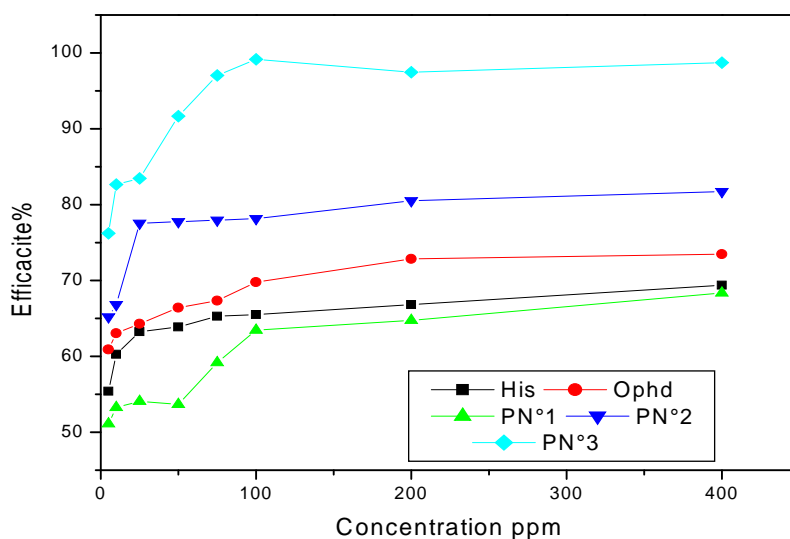
Dans cette partie, nous allons comparer les efficacités obtenus par Cinq (05) produits Inhibiteurs vis à vis de la corrosion de l'acier DC06EK au contact d'un milieu  $H_2SO_4$  à 0.1M.

Notons ici, que les résultats sont obtenus après trois heures d'immersion de l'acier dans le milieu acide et sous une température de 30 °C.

Les valeurs de l'efficacité d'inhibition sont résumées dans le tableau (III.B.7) suivant :

**Tableau III.B.7.** Comparaison entre les efficacités d'inhibition des Cinq produits utilisés sur L'acier DC06EK, en milieu  $H_2SO_4 0.1M$ , a  $30C^\circ$

Concentration (ppm)	IE%				
	Histidine	Ortho phényle diamine	Produit N°1	Produit N°2	Produit N°3
0	-	-	-	-	-
5	55.40	60.92	51.12	65.20	76,22
10	60.28	63.06	53.26	66.83	82,65
25	63.26	64.29	54.08	77.55	83,46
50	63.87	66.42	53.67	77.75	91,67
75	65.30	67.35	59.18	77.95	97,04
100	65.51	69.79	63.46	78.16	99,15
200	66.83	72.86	64,75	80.51	97,45
400	69.38	73.47	68.36	81.73	98,72



**Figure III.B.8.** Évolution de l'efficacité de corrosion de l'acier DC06EK immergé en milieu  $H_2SO_4 0.1M$ , en fonction de la concentration des Cinq inhibiteurs.

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que :

Il ressort des résultats du tableau III.B.7 et de la figure III.B.8, qu'une concentration de 100 ppm de chaque produit inhibiteur est suffisante pour protéger 60 % de la surface métallique ou encore plus.

Aussi, l'inhibiteur PN°3, s'avère très efficace par rapport aux autres produits inhibiteurs, avec une valeur de 99,15% obtenue à 100 ppm.

D'autre part, la comparaison entre les résultats du tableau III.B.7, montre un classement décroissant, en termes d'efficacité d'inhibition, comme suit :

$$PN^{\circ}3 > PN^{\circ}2 > O Ph d O His O PN^{\circ}1$$

### III.B.2.3. Mesures électrochimiques

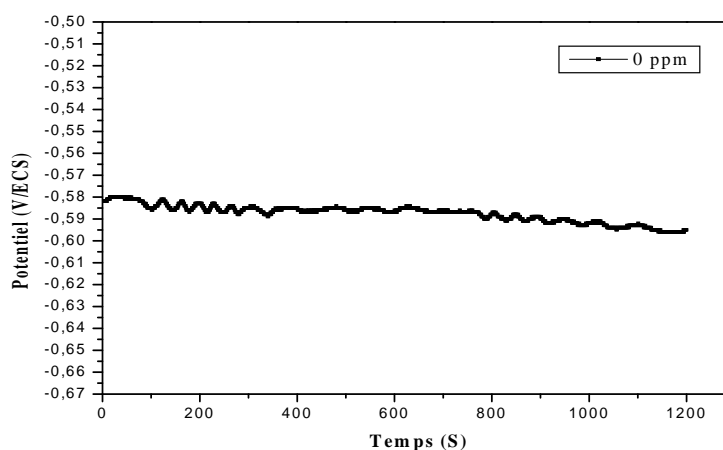
#### III.B.2.3.1. Sans inhibiteur

L'évaluation de l'efficacité inhibitrice, déterminée par la méthode gravimétrique, ne permet pas l'approche des mécanismes mis en jeu lors de la corrosion. Cependant, les techniques électrochimiques constituent une méthode plus complète pour l'étude du phénomène de corrosion et de son inhibition.

#### ❖ Comportement de l'électrode à l'abandon

Le comportement de l'électrode à l'abandon est représenté par le chronopotentiogramme de la figure (III.B.9). Cette figure montre l'évolution temporelle du potentiel de corrosion libre de l'électrode de travail DC06EK en contact d'une solution de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1M durant 30 minutes d'immersion.





**Figure.III.B.9.** Chronopotentiogramme de l'acier DC06EK dans une solution Aérée de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1M Sans inhibiteur.

La courbe du chronopotentiométrie de l'acier DC06EK, immergé dans une solution de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1 M, montre que la stabilité du potentiel de corrosion à l'abandon, commence dès les 15 premières minutes.

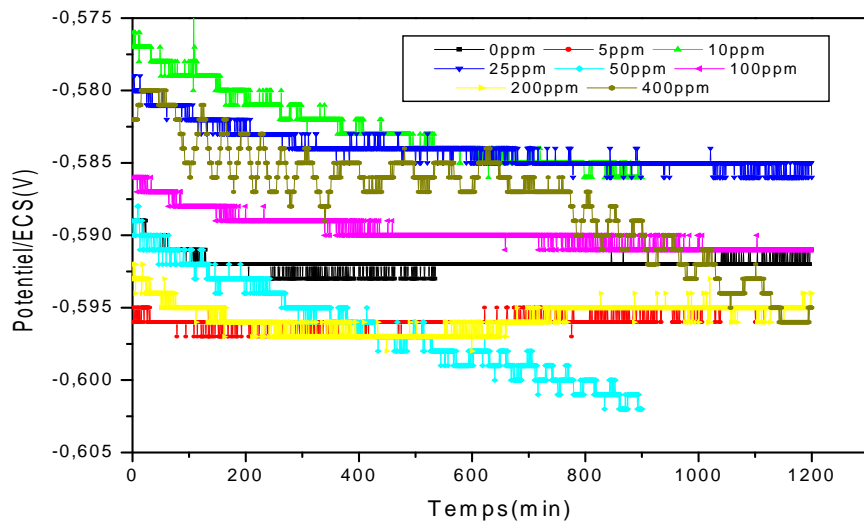
Dans la suite de cette étude, une durée de 20 à 30 minutes d'immersion est choisie pour la stabilisation du potentiel.

### III.B.2.3.2. Action des inhibiteurs

#### III.B.2.3.2.1. Action de l'histidine (par potentiomètre)

##### A. Comportement de l'acier à l'OCP en présence de l'histidine

La figure III.B.10. montre les courbes de l'évolution du potentiel à l'abandon en fonction du temps d'immersion, sans et avec différentes concentrations en inhibiteur (his).

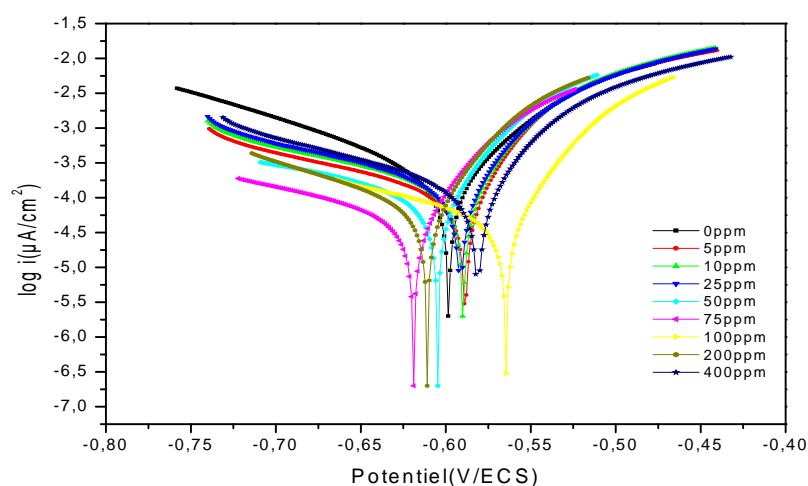


**Figure III.B.10.** Chronopotentiogrammes de l'acier DC06EK dans une solution de  $H_2SO_4$  0.1M contenant différentes concentrations en produit inhibiteur (histidine)

La figure (III.B.10) montre que les courbes de l'OCP (Open Circuit Potentiel) obtenues après ajout de l'inhibitrice histidine, changent de part et d'autre par rapport à la courbe obtenue sans inhibiteur. Ceci peut nous donner une idée sur l'action mixte de l'inhibiteur, avec une tendance anodique.

### B. Méthode de Tafel (histidine)

La figure (III.B.11), présente les courbes de polarisation semi-logarithmique de l'acier DC06EK au contact du milieu  $H_2SO_4$  0.1M, sans et avec addition de différentes concentration en inhibiteur (histidine).



**Figure III.B.11.** Courbes de polarisation de Tafel relatives à l'acier DC06EK dans  $H_2SO_4$  0.1M, Sans et avec addition de différentes concentrations de histidine

Les paramètres électrochimiques tirés de ces courbes ainsi que l'efficacité inhibitrice sont donnés dans le tableau (III.B.8.).

**Tableau III .B.8.** Paramètres électrochimiques obtenus à partir des courbes de Tafel pour l'acier DC06EK dans  $H_2SO_4$  0.1M sans et avec addition de différentes concentrations de histidine.

Conc. histidine (ppm)	E (i=0) (mV/ECS)	$i_{corr}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	Ba (mV)	Bc (mV)	E%
0	-600,4	0,1836	57,2	-111,2	–
5	-583,2	0,1258	44,9	-153,8	31,48
10	-593,6	0.1166	46,8	-180,8	36,45
25	-621	0.0851	40	-168,8	53,64
50	-613,2	0,0712	39,1	-133	61,22
75	-591	0.0673	33,8	-124,7	63,32
100	-592	0.0651	42,5	-179,9	64,57
200	-607,2	0.0628	42,6	-188,4	65,79
400	-567,2	0.0603	35,9	-161,7	67,16

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que :

Le tableau (III.B.8.) montre que les valeurs de potentiel de corrosion ( $E_{\text{corr}}$ ) changent très peu vers des valeurs cathodiques. Ceci nous laisse penser d'une action mixte à tendance cathodique de l'inhibiteur

Les valeurs de l'efficacité d'inhibition, calculées à partir des courants de corrosion montrent un taux de 61,22 %, pour une concentration de 50 ppm.

### C. Méthode de résistance de polarisation (histidine)

Une autre méthode potentiostatique est utilisée afin d'évaluer l'efficacité d'inhibition de (his) en se basant sur la mesure de la résistance de polarisation ( $R_p$ ).

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau (III.B.9).

**Tableau III.B.9.** Les valeurs du  $R_p$  et de l'efficacité d'inhibition, Sans et avec addition de Différentes concentrations en produit inhibiteur (histidine).

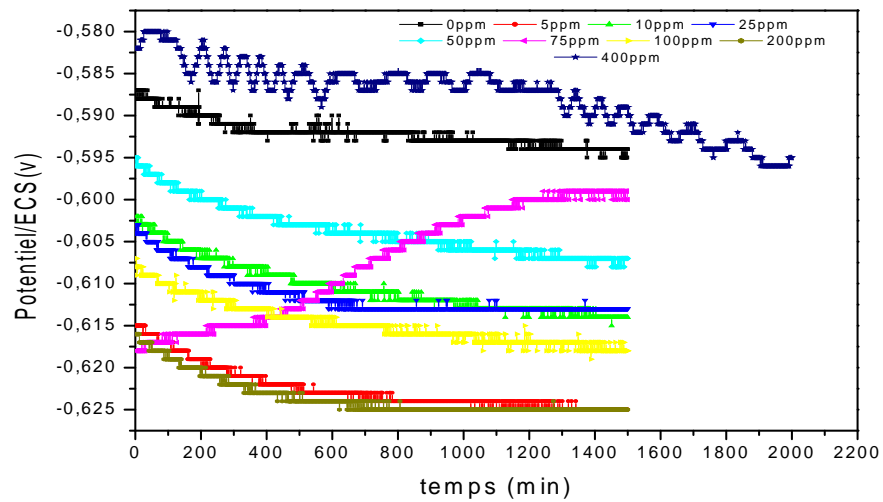
Conc.Inhib. (ppm)	0	5	10	25	50	75	100	200	400
$R_p$ (Ohm.cm <sup>2</sup> )	79,34	144,49	165,15	216,18	232,87	237,40	242,19	261,12	279,18
Efficacité inhibitrice	-	45,07	51,96	<b>63,30</b>	65,93	66,58	67,24	69,63	71,58

Les résultats du tableau(III.B.9.), montrent qu'une concentration de 25ppm de Produit ( his) peut assurer une protection d'environ **63,30 %** du métal dans un milieu de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1M.

### III.B.2.3.2.2. Action de l'ortho phénylène diamine (par potentiomètre)

#### A. Comportement de l'acier à l'OCP en présence de (o ph d)

Dans les mêmes conditions opératoires citées ci-dessus, nous allons procéder à tester un autre inhibiteur (o ph d). Les résultats graphiques obtenus sont présentés sur la figure III.B.12

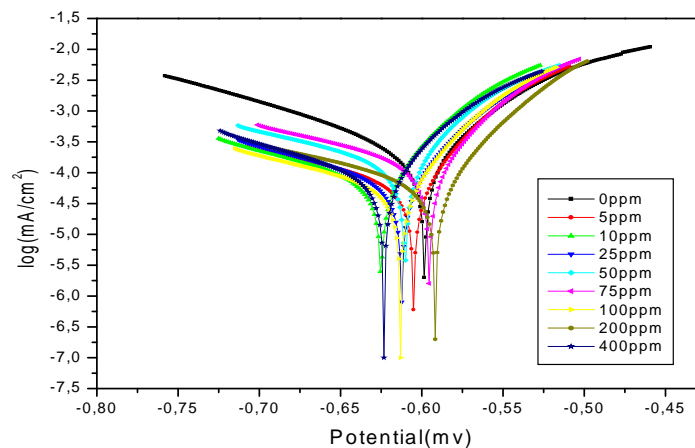


**Figure III.B.12.** Chronopotentiogrammes de l'acier DC06EK dans une solution de  $H_2SO_4$  0.1M contenant différentes concentrations en produit inhibiteur (o ph d).

Nous remarquons sur la figure (III.B.12) que les courbes de l'OCP changent dans la région cathodique. Ceci peut nous donner une idée sur l'action légèrement cathodique de l'ortho phénylène diamine.

### B. Méthode de TAFEL (avec o ph d)

La figure (III.B.13), représente les courbes de polarisation semi-logarithmiques de l'acier DC06EK au contact du milieu  $H_2SO_4$  0.1M, sans et avec addition de différentes concentrations en inhibiteur.



**Figure III.B.13.** Courbes de polarisation de Tafel relatives à l'acier DC06EK dans  $H_2SO_4$  0.1M sans et avec addition de différentes concentrations de (o ph d).

Les paramètres électrochimiques tirés de ces courbes ainsi que l'efficacité inhibitrice sont donnés dans le tableau(III.B.10)

**Tableau III.B.10.** Paramètres électrochimiques obtenus à partir des courbes de Tafel, sans et avec addition de différentes concentrations en (o ph d)

Conc. Inhib. (ppm)	E (i=0)(mV/ECS)	$i_{corr}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	Ba (mV)	Bc (mV)	E%
0	-600,4	0.1836	57,2	-111,2	–
5	-594	0,0636	41,3	-163,6	65,35
10	-614,7	0,0565	39,7	-122,4	69,22
25	-607,2	0,0579	38,8	-150,6	68,46
50	<b>-615,5</b>	<b>0,0528</b>	<b>39,4</b>	<b>-155,5</b>	<b>71,24</b>
75	-625,5	0.0500	42,5	-126,3	72,74
100	-627,2	0.0493	41,6	-148,4	73,11
200	-612,6	0.0441	41,9	-135,6	75,99
400	-597,5	0.0426	43,8	-155,5	76,79

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que :

Le tableau (III.B.10) montre que le potentiel de corrosion ( $E_{corr}$ ) se déplace vers des valeurs plus négatives, après l'ajout de produit (o ph d). Ceci, confirme l'action cathodique de l'o ph d. En ce qui le taux de protection du métal, il s'avère que o ph d est, plus au moins, efficace à des faibles concentrations.

### C. Méthode de résistance de polarisation linéaire (avec o ph d)

Les résultats de  $R_p$  et de l'efficacité d'inhibition sont donnés sur le tableau III.B.11.

**Tableau III.B.11.** Les valeurs du  $R_p$  et de l'efficacité d'inhibition, sans et avec addition de différentes concentrations en produit (o ph d.)

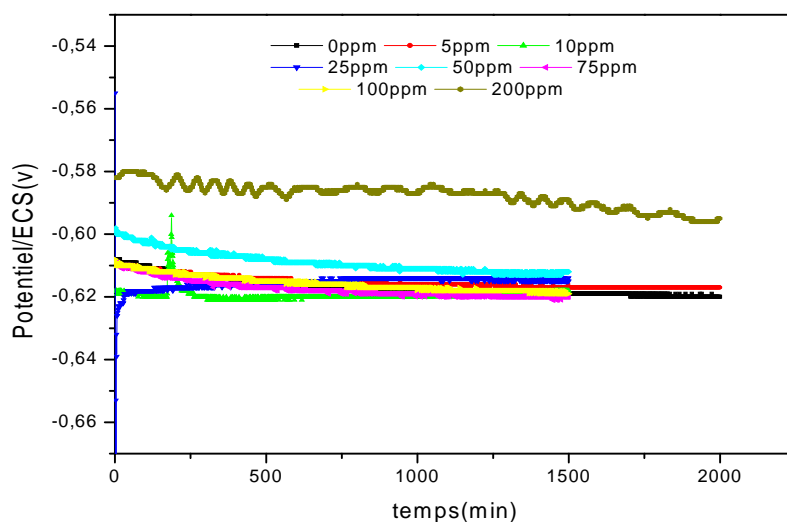
Conc. Inhib. (ppm)	0	5	10	25	50	75	100	200	400
$R_p$ (Ohm.cm <sup>2</sup> )	79,34	198.39	224,26	230	<b>250</b>	258.03	281.65	301.21	311.13
Efficacité inhibitrice	-	60,01	64,62	65,50	<b>68,28</b>	68,52	71,83	73,66	74,50

Les résultats du tableau III.B.11, montrent qu'une concentration de 50 ppm d'o ph d peut assurer une protection d'environ 70 %. Ce résultat confirme celui trouvé précédemment (par la technique de Tafel).

### III.B.2.3.2.3 .Action du produit PN<sup>2</sup>(par potentiomètre)

#### A. Comportement de l'acier à l'OCP en présence de (PN<sup>2</sup>)

Dans les mêmes conditions opératoires citées ci-dessus, nous allons procéder à tester un autre inhibiteur PN<sup>2</sup>. Les résultats graphiques obtenus sont présentés sur la figure(III.B.14) ci-dessous.

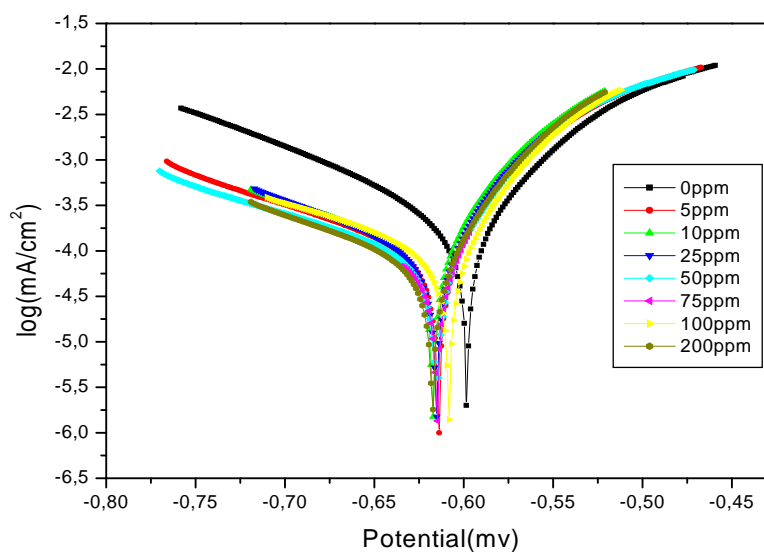


*Figure.III.B.14.. Chronopotentiogrammes de l'acier DC06EK dans une solution de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1M contenant différentes concentrations en produit inhibiteur PN<sup>2</sup>.*

Nous remarquons sur la figure (III.B.14.) que les courbes de l'OCP se sont déplacées vers des régions plus négatives, ce qu'il nous permet de qualifier le produit (PN<sup>2</sup>) d'un inhibiteur cathodique.

#### B. Méthode de TAFEL (avec PN<sup>2</sup>)

La figure (III.B.15), représente les courbes de polarisation semi-logarithmiques de l'acier DC06EK au contact du milieu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1M, sans et avec addition de différentes concentrations en inhibiteur.



**Figure III.B.15.** Courbes de polarisation de Tafel relatives à l'acier DC06EK dans  $H_2SO_4$  0.1M Sans et avec addition de différentes concentrations de  $PN^{\circ}2$

Les paramètres électrochimiques tirés de ces courbes ainsi que l'efficacité inhibitrice sont donnés dans le tableau(III.B.12).

**Tableau III.B.12.** Paramètres électrochimiques obtenus à partir des courbes de Tafel, Sans et avec addition de différentes concentrations en  $PN^{\circ}2$ .

Conc. Inhib. (ppm)	E (i=0) (mV/ECS)	$i_{corr}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	Ba (mV)	Bc (mV)	E%
0	-600,4	0,1836	57,2	-111,2	–
5	-616,3	0.0819	43,2	-146,1	55,38
10	-617,5	0,0757	42,2	-157,2	58,76
25	-610,5	0.0600	43,7	-167,9	67,27
50	-619,6	0.0547	42,8	-137,9	70,21
75	-619,7	0.0509	40,8	-137,5	72,25
100	-617,6	0.0474	42,3	-131,5	74,14
200	-617,2	0.0414	42,8	-135,7	77,42



D'après les résultats obtenus, nous remarquons que :

Le tableau (III.B.12) montre que les valeurs de potentiel de corrosion ( $E_{\text{corr}}$ ) changent vers des valeurs plus négatives. Ceci confirme l'action cathodique du  $\text{PN}^{\circ 2}$

Les valeurs de l'efficacité d'inhibition, calculées à partir des courants de corrosion, extraits des courbes de polarisation, oscillent entre 55,38 et 77,42 % et une concentration de **50 ppm** est suffisante pour donner une protection de **70,21 %**. Ce résultat semble d'être intéressant

### C. Méthode de résistance de polarisation linéaire (avec $\text{PN}^{\circ 2}$ )

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau (III.B.13).

**Tableau III.B.13.** Les valeurs du  $R_p$  et efficacité d'inhibition, sans et avec addition de différentes concentrations en  $\text{PN}^{\circ 2}$ .

Conc. Inhib. (ppm)	0	5	10	25	50	75	100	200
$R_p$ ( $\text{Ohm.cm}^2$ )	79,34	176,62	204,24	230,24	248,79	291,47	312,23	331,68
Efficacité inhibitrice E(%)	-	55,07	61,15	65,54	68,11	72,78	74,59	76,08

Les résultats du tableau (III.B.13), se concordent avec ceux obtenus par la technique de Tafel et par la technique de gravimétrie.

#### III.B.2.4. Etude comparative

Dans cette partie, nous allons comparer, les résultats obtenus par les trois techniques et pour les produits inhibiteurs suivants : Histidine, O ph d et  $\text{PN}^{\circ 2}$ .

La limitation aux produits suscités, revient à la disponibilité des résultats obtenus par les différentes techniques de mesures.

Le tableau (III.B.14), présente une comparaison entre les valeurs de l'efficacité d'inhibition obtenues par les différentes techniques et pour les trois produits inhibiteurs choisis.

**Tableau III.B.14.** Comparaison entre les valeurs de l'efficacité inhibitrice, Obtenues par les trois techniques et pour trois inhibiteurs.

Concentration (ppm)	E(%)								
	His			O ph d			PN°2		
	Méthodes de Tafel	Méthodes de $R_p$	méthodes gravim	Méthodes de Tafel	Méthodes de $R_p$	méthodes gravimé	Méthodes de Tafel	Méthodes de $R_p$	méthodes gravimé
<b>0</b>	---	---	---	---	---	---	---	---	-
<b>5</b>	31,48	45.07	55.40	65,35	60.01	60.92	55.38	55.07	65.20
<b>10</b>	36,45	51.96	60.28	69,22	64.62	63.06	58.76	61.15	66.83
<b>25</b>	53,64	63.30	<b>63.26</b>	68,46	65.56	64.29	67,27	65.54	77.55
<b>50</b>	61,22	65.30	63.87	<b>71,24</b>	68.28	66.42	70,21	68.11	77.75
<b>75</b>	63,32	66.58	65.30	72,74	68.52	67.35	72,25	72.78	77.95
<b>100</b>	64,57	67.24	65.51	73,11	71.83	69.79	74,14	74.59	78.16
<b>200</b>	65,79	69.63	66.83	75,99	73.66	72.86	77,42	76.08	80.51
<b>400</b>	67,16	71.58	69.38	76,79	74.56	73.47	---	---	81.73

Les courbes des figures III.B.16, III.B.17et III.B.18, présentent la variation de l'efficacité d'inhibition en fonction la concentration de chaque inhibiteur et pour les différentes méthodes de mesures.

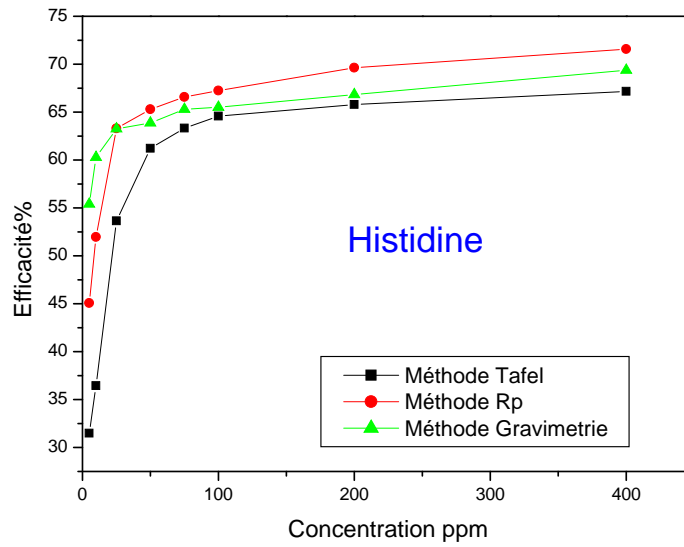


Figure III.B.16. La variation de l'efficacité d'inhibition en fonction de la concentration de L'histidine pour les différentes méthodes de mesures

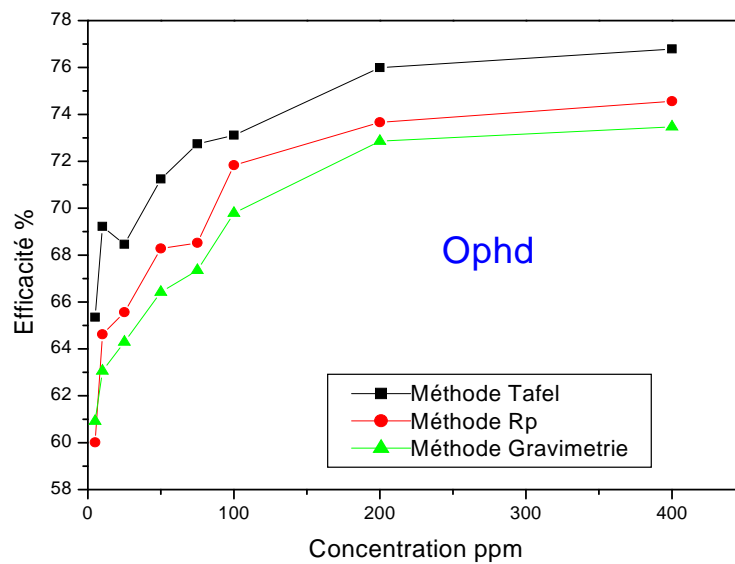
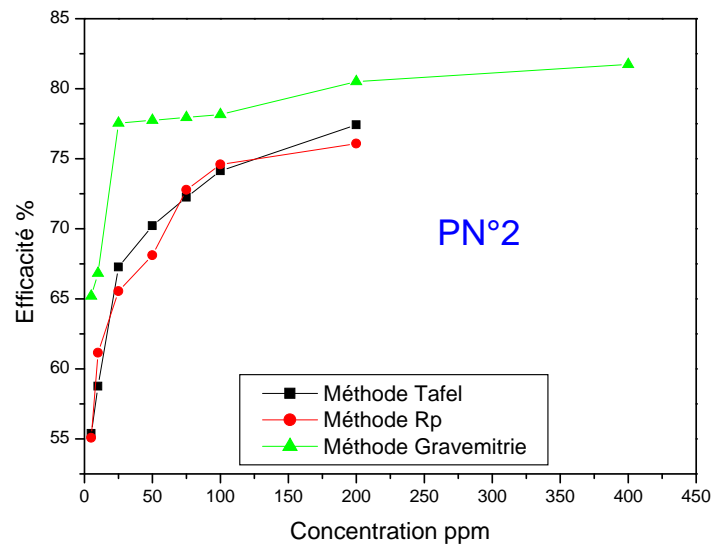


Figure III.B.17. La variation de l'efficacité d'inhibition en fonction de la concentration de L'ophd pour les différentes méthodes de mesures



*Figure III.B.18. La variation de l'efficacité d'inhibition en fonction de la concentration de PN<sup>2</sup> pour les différentes méthodes de mesures*

Cette comparaison montre que la l'efficacité inhibitrice maximale des trois produits (l'his,Ophd et le PN<sup>2</sup> ) est obtenue respectivement par les méthodes de Rp, de Tafel et de gravimétrie.

Les courbes des figures III.B.19, III.B.20 et III.B.21, montrent les valeurs de l'efficacité d'inhibition obtenus par les différents inhibiteurs et par chaque technique de mesure.

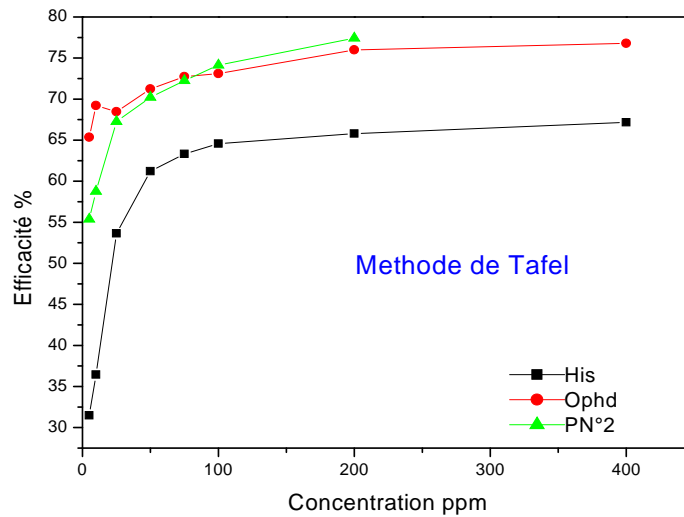


Figure III.B.19. La variation de l'efficacité d'inhibition en fonction de la concentration des trois produits utilisés (His, Ophd, PN²) sur l'acier DC06EK en milieu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1M par la méthode de Tafel.

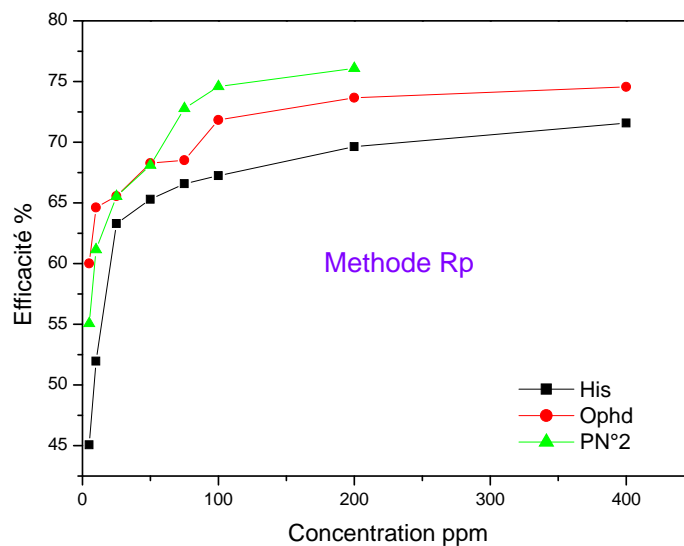
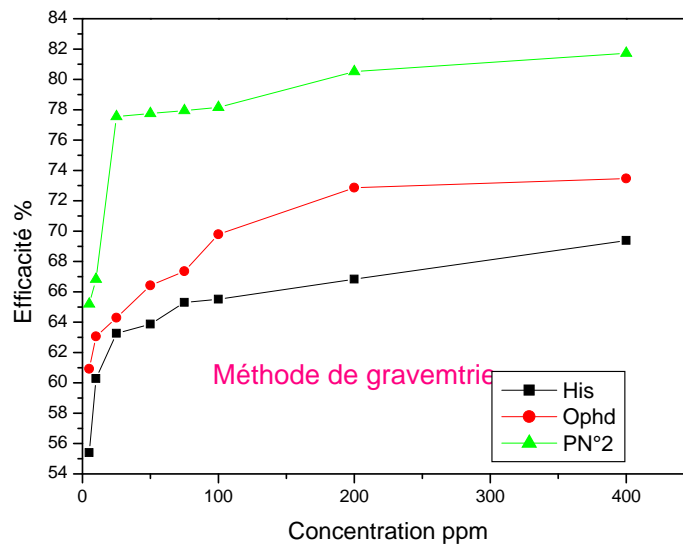


Figure III.B.20. La variation de l'efficacité d'inhibition en fonction de la concentration des trois produits utilisés (His, Ophd, PN²) sur l'acier DC06EK en milieu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1M par la méthode de Rp.



**Figure III.B.21.** La variation de l'efficacité d'inhibition en fonction de la concentration du trois produits utilisés (**His**, **Ophd**, **PN°2**) sur l'acier DC06EK en milieu  $H_2SO_4$  0.1M obtenus, nous remarquons que :

Cette comparaison montre que le meilleur inhibiteur par la méthode de Tafel est l'Ophd et par la méthode de Rp est l'histidine alors que, le produit synthétisé PN°2 est le meilleur inhibiteur par la méthode gravimétrique.

## **Conclusion générale**

Au cours de ce travail, nous avons étudié le comportement inhibiteur de corrosion de l'histidine, de l'ortho-phenylène diamine et de leurs dérivés issus de la fonctionnalisation.

Dans une première partie, un certain nombre de concepts théoriques, nécessaires à cette étude, a été présenté et portant sur la connaissance des acides aminés et les méthodes de protection surtout l'utilisation des inhibiteurs.

Dans la seconde partie, on a présenté le matériel et les méthodes servant à la synthèse, à la caractérisation et à l'étude anticorrosive des produits synthétisés. Les résultats ainsi obtenus ont été traités et commentés.

Pour l'obtention des dérivés de l'histidine, nous avons réalisé une synthèse organique par la réaction entre l'histidine et l'o-phenylène diamine et une autre réaction entre l'histidine et phényle -hydrazine. Les produits synthétisés ont un rendement acceptable (+25%), sauf le produit N°3 qui a enregistré un rendement plus faible (3%). Le test de solubilité, la détermination du point de fusion et l'analyse IR, ont été effectués sur les produits synthétisés.

Les résultats obtenus lors de l'étude de la corrosion de l'acier DC06EK en milieu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1 M en fonction de la température, montrent que la vitesse de corrosion augmente avec l'augmentation de la température. Toutefois, on a assisté à une diminution remarquable de la vitesse de corrosion après l'ajout des substances inhibitrices (histidine, l'o-phenylène diamine, PN°1, PN°2 et PN°3).

Dans ce contexte, les valeurs d'efficacité d'inhibition calculées, présentent un taux d'inhibition satisfaisant pour une concentration de 100 ppm de chaque inhibiteur utilisé. Alors que l'inhibiteur PN°3 a présenté un taux de 99,15% à cette concentration.

la comparaison entre les résultats montre un classement décroissant, en termes d'efficacité d'inhibition, comme suit :

$$PN^{\circ}3 > PN^{\circ}2 > O Ph d O His O PN^{\circ}1$$

L'effet de température sur des produits du départ (histidine et l'o-phenylène diamine), a été étudié dans un intervalle de 30 à 70 °C. Cette étude montre que la vitesse de corrosion augmente en fonction de la température et pour n'importe quelle concentration des inhibiteurs.

D'autre part, les résultats potentiodynamiques montrent que le potentiel de corrosion ( $E_{\text{corr}}$ ) se déplace, par rapport au potentiel sans inhibiteur, vers des valeurs plus négatives, après l'ajout des inhibiteurs à base d' o ph d et de PN°2. Ceci nous laisse penser d'une action cathodique des inhibiteurs.

$E_{\text{corr}}$  se déplace, après l'ajout de l'histidine, de part et d'autre par rapport au potentiel sans inhibiteur. Ceci nous laisse penser d'une action mixte de l'histidine.

Les résultats obtenus par la méthode de Tafel et la méthode de résistance de polarisation ( $R_p$ ), montrent la dominance, en terme d'efficacité d'inhibition, du produit PN°3 par rapport à l'histidine et à l'o ph d.

Il est à noter que les trois techniques (gravimétries, Tafel et LRP), donnent des résultats proches, les uns des autres.

Enfin, nous suggérons de poursuivre les investigations sur les dérivés de l'histidine, par des études approfondies concernant la purification et la caractérisation des produits issus de la synthèse à l'aide des méthodes plus performantes comme : la RMN, la DRX et la chromatographie HPLC.



Références bibliographiques

- [1]. I.ICHCHOU .Thèse de Magister en chimie, Université Abou berk belkaid. Algérie ,2011.
- [2]. H .EL BAKOURI, Thèse présenté pour l'obtention du Diplôme d'études supérieures approfondies. Université moha, éd périe, Oujda, Maroc ,2000.
- [3]. M.LEBRINI, Thèse de doctorat, Université de Lille, France, 2005.
- [4]. Bernard, Baroux, © Dunod, ISBN 978-2-10-070546-7, Paris, France, 2014.
- [5]. L. TOUAFRI, Thèse de doctorat, Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Algérie, 2010.
- [6]. C. Fiaud, C. Lemaitre, N. Pébère, Corrosion et anticorrosion, Lavoisier, Paris, France, (2002).
- [7]. Abdelali, F, Thèse de doctorat, Université Mentouri Constantine, Algérie ,2007.
- [8]. ROZENFELD (I.L.), Corrosion Inhibitors, McGraw-Hill, France, (1981).
- [9]. H.UHLIG, Ed. DUNOD, Paris. France,(1970).
- [10] .P.OLAV GARTLAND, Paper n° 83, Nace, Houston, pp. 83 Corr Ocean USA (1998).
- [11] .G. WRANGLLEN, Corrosion and protection of metals, Chap and Hall, London ,Anglotaire,1985
- [12] .S.Tamersit, Mémoire de magister, Université de Batna, Algérie, 2010.
- [13] .G. Moreti, F. guidi, corrosion, sci. 44/9, 1995(2002).
- [14] F, Taieb Errahmani, Mémoire de master, Université de khemis Miliana, Algérie ,2012.
- [15] .C. Fiaud, Technique de l'ingénieur, corr 660 ,Paris, France, (2006).
- [16] .M. A. EL. Gahami, Z. A.Khafagy, A. M. M. Ali, N. M.Ismail, J. Inorg. Organometallicpolymers, 14, N02, June 2004 (@ 2004).
- [17] . N .Alla, Thèse de doctorat, Université de Toulouse, France, 2012.

## Références bibliographiques

---

- [18] D. David, R. Caplain, Méthodes usuelles de caractérisation des surfaces, Société française de métallurgie (1988).
- [19] .Graziella el Khoury, ed, France ,(2008).
- [20] .Michel, s, Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier de Grenoble, France, 2011.
- [21] Mokhtari , R, Mémoire de magistère, Université Mouloud Mammri de Tizi-Ouzou,2012.
- [22] O, Boumediene, Thèse de docteur en chimie, Université Abou berk belkaid. Tlemcen, Algérie, 2013.
- [23] M. A. EL. Gahami, Z. A.Khafagy, A. M. M. Ali, N. M.Ismail, J. Inorg. Organometallicpolymers, 14, N02, June 2004 (@ 2004).
- [24] W. Rossiter et F. Hamilton, Physical methods of chemistry, Electrochemical methods, vol.2, New-York: John Wiley & sons, Inc, 904 p. (1986).
- [25] L.Touafri, A.Kadri, A. Khelifa, N. Aimeur et N. Benbrahim, J. Eng. App. Sci., 3,9, 688(2008).
- [26] .M. Stren et A. L. Geary. J. Electrochem. Soc. 104, 56 (1957).
- [27] .J. Bard et R.Faulkner, Electrochimie, Edition Masson, Paris, France, (1983).
- [28] .V. Levich, Physicochem hydrodynamics, prentice hall, New Jersey, (1962).
- [29] .M.Melouk, N. Zemzem, Mémoire de master, Université de khemis miliana,Algérie , 2013.
- [30] .B. ASSOULI. Thèse de doctorat, Université KENITRA-MAROC) et INSA (Lyon France).N°d'ordre : 021SAL0103, 2002.
- [31] .C. WAGNER and W. TRAUD -Z. Electr., 44, 391 (1938).
- [32] .N. MAMBUNDU , Thèse de doctorat, Paris ,France, 1978
- [33] .Epelboin, C. Gabrielli, M. Keddou, H. Takenouti, Electrochemical Corrosion Testing, ASTM STP 727, 1981.
- [34] .C. Gabrielli, Identification of electrochemical processes by frequency response analysis, Solartron Schulmberger Technical Report 004/83, 1984.

- [35] .Izumi, Y.; Chibata, I.; Itoh, T., *Angew. Chem. Int. Ed. Engl*17, 176, 1978,
- [36] .W. Kanda, M. Nakamura, H. Okawa and S.Kida, *Bull. Chem. Soc. Jpn*, 55 471,1982
- [37] .Balage M, Sinaud S, Prod'Homme M, Dardevet D, Vary TC, Kimball SR, Jefferson LS,Grizard J ,281,E565-574,(2001).
- [38] .S. O. Pember, J. J. Villafranca and S. J. Benkovic, *Biochemistry*, 25, 6611, 1986.
- [39] .C.Boutryetal./*Nutritioncliniqueetmétabolisme*,151–16022,(2008)
- [40] .C.Boutry, C. Bos, D. Tome j.elsevier masson, p182-184, (2008).
- [41] .Rose WC, Haines WJ, Warner DT. *Jbiol*; 193:605–12, Chem1951
- [42] .J.M.Layet, *Micro caractérisationde solides*,CNRS ,1989.
- [43] .A.Manz, N.Pamme, D.Iossifidis. *Bioanalytical chemisry*. Imperial college press. (2004).
- [44] .İ. Dehri , M. Özcan, *Mater. Chem. Phys.*, 98, 316, (2006)