

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE  
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**

**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**Université de Mohammed Seddik Ben Yahia JIJEL**



**Faculté des sciences et de la Technologie**

**Département de Génie des Procédés**

Projet de fin d'étude

Pour l'obtention de Diplôme de Master en génie de procédés

Option : Génie des procédés de l'environnement

**Thème**

**Peinture anti corrosion à base d'eau (système de  
convertisseurs de rouille: primaire et finition)**

**Présenté par :**

- ✓ **Benayache Hadjer**
- ✓ **Labidi Nesrine**

**Encadré par :**

- ✓ **Dr : F. Belferdi**

**PROMOTION 2018**

## REMERCIEMENT

*Avant tout nous remercions le bon Dieu qui nous a donné le courage et la force pour continuer. Merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite.*

*Au moment de mettre un point final de ce travail nos remerciement vont d'abord à madame Belferdi Fatiha qui a largement contribué à l'élaboration de ce travail, on est très sensible à sa disponibilité, son aide et ses conseils.*

*Nos sincères gratitudees vont tout spécialement à Mr Amimer.M notre encadreur industriel, pour sa disponibilité et ces précieux conseils.*

*Nos vifs remerciements vont également à Mr Isaad .S directeur de l'unité de AS. Peinture pour nous avoir fait l'honneur de nous accueillir au sein de son entreprise.*

*Nous remercions aussi les ingénieurs du l'aboratoire de peinture madame K.boudriche et madame S.Guemraoui.*

*On ne saurait oublier dans ce remerciement nos familles qui nous ont encouragés durant notre cycle de formation. Enfin nous tenons à remercier tous ceux qui de près ou de loin nous ont aidés pour que notre travail voie la lumière.*

## *Dédicaces*

*Je préfère échouer sur quelque chose que j'apprécie  
qu'un succès sur quelque chose que je déteste »*

*George f. Burns.*

*Mes très chers parents*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour,  
L'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu  
pour vous.*

*Rien du monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour  
mon éducation et mon bien être.*

*Ce travail est le fruit de vos sacrifices que vous avez  
consentis pour mon éducation et ma formation.*

*Ma très chère grande mère*

*Qui m'a accompagné par ses prières, sa douceur, puisse  
Dieu lui prêter longue vie et beaucoup de santé et de  
bonheur.*

*Mon cher frère ismaïl*

*Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement,  
l'amour et l'affection que je port vous.*

*Ma très chère sœur nada*

*Aucun dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites, malgré la distance, tu es toujours dans mon cœur, je te remercie pour ton affection  
si Sincère.*

*Mes très chères amies Habiba, Shehla, Naziha et mon  
binôme hadjer.*

*En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de  
tous les moments que nous avons passé ensemble,*

*Je vous dédie*

*Ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de  
bonheur.*

*Je vous promets tous que mon chemin d'apprentissage, de  
succès et même d'échec est qu'au son début, je vais le  
continuer avec tous mon enthousiasme*

*Au final, j'adresse aussi mes sincères remerciements à mon  
mari qui m'a soutenu moralement et qui m'a  
encouragé dans mes études ces dernières mois*

*Success is not final, failure is not fatal : it is the  
courage to continue that counts*

*Wiston Churchill.*

*Nesrine*

*A la mémoire de mon père ...*

*&*

*A la mémoire de mon frère ...*

*A Ma MERE*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.*

*Que ce modeste travail soit l'exaucement De vos vœux tant formulés, le fruit de*

*Vos innombrables sacrifices, bien que je ne Vous en acquitterai jamais assez. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, Bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.*

**A MA GRAND MERE CHÉRIE**

*Qui m'a accompagné par ses prières, sa douceur, puisse  
Dieu lui prêter longue vie et beaucoup de santé et de  
bonheur dans les deux vies.*

**A MES CHÈRES ET ADORABLE FRÈRES ET SOEUR**

*Chaïma , la prunelle de mes yeux, Abd Alwadoud, la  
douce, au cœur si grand, , Abd Arahman le généreux  
Abou Bakr, que j'aime*

*Profondément. , Boualem mon petit frère que j'adore,*

*En témoignage de mon affection fraternelle, de ma  
profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une  
vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu, le tout  
puissant, vous protège et vous garde.*

*A toute ma famille, et mes amis, A mon binôme Nesrine et  
toute sa famille*

*Une spéciale dédicace à la personne qui compte déjà  
énormément pour moi, qui m'a soutenue tout au long de ce  
projet et pour qui je porte beaucoup de tendresse et de  
respect*

**A TOI MERWAN**

**HADJER**

# Sommaire

## Partie théorique

Introduction générale .....	1
-----------------------------	---

## Représentation de la sarl AS des peintures

I. Préambule .....	3
--------------------	---

II Présentation de l'activité actuel.....	3
---	---

## Chapitre 1 : Généralités sur la corrosion

I. Introduction .....	8
-----------------------	---

I.1. mode de corrosion .....	8
------------------------------	---

I.1.1 La corrosion chimique .....	8
-----------------------------------	---

I.1.2 La corrosion bactérienne .....	8
--------------------------------------	---

I.1.3 La corrosion électrochimique .....	9
--	---

I.2 Aspect morphologique de la corrosion .....	9
--	---

I.2.1 Corrosion généralisée .....	9
-----------------------------------	---

I.2.2 Corrosion localisée (zonale) .....	9
--	---

I.2.2.1 La corrosion galvanique (bimétallique).....	9
---	---

I.2.2.2 La corrosion caverneuse (par crevasse) .....	10
--	----

I.2.2.3 La corrosion par piqûre .....	10
---------------------------------------	----

I.2.2.4 La corrosion inter granulaire .....	11
---	----

I.2.2.5 La corrosion sélective .....	11
--------------------------------------	----

I.2.2.6 La corrosion érosion .....	11
------------------------------------	----

I.2.2.7 Corrosion frottement (tribocorrosion).....	12
--	----

I.2.2.8 La corrosion sous contrainte .....	12
--	----

I.2.2.9 Fragilisation par hydrogène .....	13
---	----

I.3 Méthodes de protection contre la corrosion .....	13
I.3.1 Protection par revêtements .....	13
I.3.1.1 Revêtement métallique .....	13
a- Les revêtements anodiques .....	13
b- Les revêtements cathodiques .....	14
I.3.1.2 Revêtement inorganiques nonmétalliques .....	14
I.3.1.3 Revêtements organiques .....	14
I.3.2 Protection par inhibiteurs .....	14
I.3.2.1 Définition d'un inhibiteur .....	14
I.3.2.2 Classification des inhibiteurs de corrosion .....	15
I.3.2.2.1 Par domaine d'application .....	15
I.3.2.2.2 Par réaction électrochimique partielle .....	15
I.3.2.2.2.1 Les inhibiteurs anodiques .....	15
I.3.2.2.2.2 Les inhibiteurs cathodiques .....	16
I.3.2.2.2.3 Les inhibiteurs mixtes .....	16
I.3.2.2.6 Par mécanisme réactionnel.....	16
I.3.3 Préparation de surface avant traitement .....	17
a)Dégraissage .....	17
b) Décapage mécanique manuel .....	17
c)Décapage mécanique .....	17
d) Décapage par projection d'abrasif .....	18
I.4 Effet de La corrosion du fer .....	18
I.5 Le mécanisme électrochimique de l'oxydation du fer .....	18

**Chapitre 2 : traitement chimique de la rouille (convertisseur de rouille)**

I. Introduction .....	21
II. Propriétés Convertisseur anti rouille .....	21
II.1. Domaine d'application .....	22
II .2 Conditions d'application .....	22
III. Les tanins .....	23
III.1 définition .....	23
III .1.1 Les tanins hydrolysables .....	23
III .1.2 Tanins condensés.....	24
IV. Acide tannique .....	<b>25</b>
IV.1 définition .....	25
IV.2 Le mécanisme réactionnel « interaction entre les tannins .....	26
IV.3 Les plantes riches en acide tannique.....	<b>27</b>
IV.4 Extraction d'acide tannique.....	29
IV.5 Formulation d'une Solution de l'acide Tannique .....	29
IV.5.1 Préparation d'une solution de l'acide Tannique .....	<b>29</b>
IV.5.2 Préparation d'un litre de solution tannique10 .....	30
IV.5.3 Matériels nécessaires .....	31
IV.5.4 Dilution de la solution mère de l'acide tannique .....	32
IV.5.5 Formulation d'un convertisseur de rouille.....	32
IV.5.6 Mode d'application .....	33

### **Chapitre III : Généralité sur les peintures**

I. Introduction .....	35
II. Composition d'une peinture .....	35
II.1. Les liants.....	35

II.2 Pigments .....	35
II.2.1 Propriétés générales des pigments .....	35
a- Couleur .....	35
b- Effet mécanique .....	35
c- Effet de protection .....	36
d- résistance à la corrosion .....	36
II.3 Matières de charges .....	36
II.4 Solvant .....	36
II.5 Additifs .....	36
III. Procédés de fabrication de la peinture .....	36
III.1 Phase d'empattage .....	36
III.2. Phase de broyage .....	37
III.3 Phase de dilution .....	37
III.4. Phase de mise en teinte .....	38
III.5 Phase de la filtration.....	38
III.6 Phase de conditionnement et étiquetage.....	38
IV. Caractéristiques physiques de la peinture .....	38
1-Finesse .....	38
2-Viscosité .....	39
3-Densité .....	39
4-Adhérence .....	39
5-Épaisseur du film .....	39
6-Brillance.....	40
7-Résistance à la corrosion .....	41
V. Système de peintures Anticorrosion .....	41
V.1 Convertisseur de rouille .....	41

V.2 Couche de primaire .....	41
V.3 Couche de finition .....	41
VI. Les différents systèmes de peintures anticorrosion .....	42
VI .1 Les résines acryliques .....	42

## **Partie expérimentale**

I. Extraction de l'acide tannique à partir des glande de chêne.....	44
I.1 Macération .....	44
I.2 Filtration .....	45
I.3 Evaporation .....	45
I.4 Caractérisation .....	46
a - Masse obtenue .....	46
b- point de fusion .....	46
c- Rendement de l'extraction .....	46
I.5 Caractérisation par chromatographie sur couche mince (CCM).....	47
II. Formulation d'une Solution de l'acide Tannique .....	49
II.1 Appareillage .....	49
II.2 Préparation de la solution de l'acide tannique à 10% .....	49
II.2.1 Le choix de la concentration optimale de l'acide tannique pour la Formation de complexe de tannâtes de fer .....	50
II.3 Immersion des plaques métallique dans la solution d'acide tannique. 50	
III. Application de la solution d'acide tannique avec décapage sur les plaques métallique .....	51
III.1 Le choix de la concentration optimal d'éthanol.....	53
II.2 Immersion des plaques métallique dans la solution d'acide tannique avec éthanol .....	54
IV. Revêtement organique .....	55

IV.1 Système peinture Alkyde phase eau .....	55
IV.2 Système de peinture Acrylique.....	57
a) Peintures primaires .....	57
b) Peintures de finition .....	57
V. Test accéléré au brouillard salin .....	59
VI. Conclusion .....	62

# Liste des figures

## Chapitre 1 : Généralité sur la corrosion

Figure. I.1 : Corrosion généralisée.....	9
Figure. I.2 : Corrosion galvanique .....	10
Figure. I.3 : Aspect et mécanisme d'attaque de la corrosion caverneuse.....	10
Figure. I.4 : principe de corrosion par piqûre .....	10
Figure. I.5 : Corrosion au niveau des joints de grains d'une structure métallique.....	11
Figure. I.6 : Mécanisme de la corrosion sélective.....	11
Figure. I.7 : Aspect et mécanisme de la corrosion-érosion.....	12
Figure. I.8 : La tribocorrosion.....	12
Figure. I.9 : La corrosion sous contrainte.....	13
Figure. I.10 : La fragilisation par hydrogène d'une pièce métallique.....	13
Figure. I.11 : Classement des inhibiteurs de corrosion.....	15
Figure. I.12 : Diagramme d'Evans montrant le déplacement du potentielle de corrosion dû à la présence d'un inhibiteur anodique, cathodique ou mixte.....	16
Figure. I.13 : Effet de la corrosion du fer.....	18
Figure. I.14 : Phénomène électrochimique de la corrosion de l'acier.....	19

## Chapitre II : convertisseur de rouille

Figure. II.1 : Une pièce d'acier rouillé avant et après l'application d'un convertisseur de rouille.....	1
Figure. II.2 : structure des tanins hydrolysables.....	24
Figure. II.3 : structure des tanins condensés.....	25
Figure. II.4 : la structure moléculaire de l'acide tannique.....	26
Figure. II.5 : Les tannâtes de fer mono complexe (a) et bis complexe (b).....	27
Figure. II.6: phénomène d'extraction.....	29

## Chapitre III : Généralité sur les peinture

Figure. III.1 : Disperseur (empattage).....	37
Figure .III.2: Broyeur.....	37

Figure. III.3 : Jauge de finesse North.....	38
Figure. III.4 : viscosimètre.....	39
Figure. III.5 : pycnomètre.....	39
Figure. III.6 : jauge d'épaisseur magnétique.....	40
Figure. III.7: Brillance mètre.....	40

### **Partie expérimentale**

Figure. IV. 1: broyage des noix de gland de chêne.....	44
Figure. IV. 2 : Filtration.....	45
Figure. IV. 3 : Décantation.....	45
Figure. IV.4 : rota vapeur.....	45
Figure. IV.5 : protocole d'extraction.....	46
Figure. IV.6: plaques CCM des extraits.....	48
Figure. IV.7 : Dissolution de l'acide tannique.....	50
Figure. IV.8: plaque immergé dans la solution acide tannique.....	51
Figure. IV.9 : Décapage d'une plaque métallique.....	52
Figure. IV.10 : Plaque immergé dans la solution finale.....	52
Figure. IV.11: Deux couches finition.....	57
Figure. IV.12 : couche primaire.....	59
Figure. IV.13 : couche finition.....	59
Figure .IV.14 : brouillard salin.....	60

## *Liste des tableaux*

### **Chapitre II : convertisseur de rouille**

Tableau. II.1 : Les plantes riches en acide tannique .....	28
Tableau. II.2 : constituants d'un convertisseur de rouille.....	32

### **Chapitre IV : partit expérimental, discussions et résultats**

Tableau. IV.1 : résultats obtenus des deux extraits.....	47
Tableau .IV.2 : Les résultats de la chromatographie sur couche mince des extraits.....	48
Tableau. IV.3 : Les différentes concentrations de la solution d'acide tannique.....	50
Tableau. IV.4: résultats d'immersion des plaques métallique dans la solution d'acide tannique. ....	51
Tableau. IV.5 : résultat de formation des tannât de fer par la solution acide tannique..	52
Tableau. IV.6 : Les différentes concentrations de la solution d'acide tannique.....	54
Tableau. IV.7: résultat de formation des tannât de fer par la solution final.....	54
Tableau. IV.8 : les formulations de la peinture antirouille.....	56
Tableau. IV.9: les résultats des contrôles des différentes formules.....	56
Tableau. IV .10 : formules de système acrylique.....	57
Tableau IV.11 : les paramètres qui caractérise les formules de système acrylique.....	58
Tableau. IV.12 : les normes de brouillard salin pour quelque paramètre .....	60
Tableau. IV.13 : paramètres de teste brouillard salin.....	61



*Partie*  
*Théorique*

*Introduction  
générale*

## **Introduction générale**

La corrosion est le phénomène le plus répandu dans la nature, il est l'origine de la majorité de défaillance des équipements et structures métalliques sous l'action d'agents atmosphériques ou des réactifs chimiques.

De nos jours la corrosion a pris une importance considérable étant donnée l'utilisation grandissante d'appareillages métalliques de plus en plus coûteux. Du point de vue économique, le remplacement du matériel corrodé constitue pour l'industrie une charge financière très élevée à laquelle il faut ajouter le manque à gagner correspondant à l'arrêt nécessaire des installations pour effectuer les réparations. De plus les surfaces corrodées devenues plus rugueuses rendent les opérations de nettoyage et de désinfection plus difficiles et moins efficaces. D'une manière générale, si la corrosion se développe, c'est que les conditions de conservation ne conviennent pas.

Pour freiner la corrosion, et pour la ralentir, un traitement de surface est signalé indispensable pour réussir un système de protection, car sans cette préparation, la surface ne serait pas adéquate pour assurer l'aspect de décoration souhaité et garantir l'effet de protection.

Face à ce fléau, La peinture antirouille est souvent utilisée pour protéger les métaux ferreux contre la rouille et empêcher toute corrosion futur, néanmoins cette méthode nécessite une série de traitement de la surface avant l'appliquer, dans le but d'avoir une peinture efficace et durable. Aujourd'hui, le convertisseur de rouille est disponible à l'étranger comme une solution alternatif pour surmonter les points faibles de la peinture antirouille. Ce produit s'applique directement sur les surfaces rouillées ce qui permet de réduire les couts économiques, élimine les difficultés de traitement de surface, et conduit à une neutralisation complète de rouille sous forme des complexes organométalliques adhérents, protecteur, résistant et insoluble à l'eau pour arrêter définitivement la rouille et empêche toute corrosion futur.

Une méthode de protection des métaux est la mise en place d'un revêtement protecteur pour séparer complètement le métal et le milieu corrosif, est l'étape qui suit tout traitement de surface.

La peinture antirouille est souvent utilisée pour protéger ses métaux ferreux contre la rouille et empêcher toute corrosion future. Pour cela il existe plusieurs systèmes organiques plus économique et fiable pour assurer et garantir une protection contre le phénomène de corrosion.

La réalisation de ce travail s'appuie sur deux parties à développer

- La première partie, est consacrée à une synthèse bibliographique relative au mécanisme de corrosion atmosphérique du fer, ainsi que sur les moyens de lutte contre ce phénomène. Nous allons aussi présenter dans cette partie des généralités sur la peinture.

La seconde partie, repose sur l'ensemble des expériences et les différents traitements appliqués, et enfin une analyse des résultats pour rendre compte de l'efficacité de ce nouveau système de traitement et protection contre la corrosion.

## *Introduction générale*

---

### **Références :**

[1] Mémoire de Master, Université Ibn Tofail –Faculté des sciences/, Kénitra  
Maroc.2017

[2] F. Bourabia et F. Djema, *conception d'une peinture anticorrosion en polyuréthane bi-composant*, mémoire d'ingénieur d'état; Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, 2009

# *Chapitre I*

## **I. Introduction :**

La corrosion est le phénomène suivant lequel les métaux ont tendance, sous l'action d'agents atmosphériques ou de réactifs chimiques, à retourner à leur état original, plus stable par rapport au milieu considéré, et ainsi à subir une détérioration de leurs propriétés. Le problème de la corrosion a pris de nos jours une importance considérable, étant donnée l'utilisation de plus grande des métaux et alliages dans la vie moderne [1].

D'une manière générale, la corrosion est définie comme une interaction physicochimique entre un métal et son environnement conduisant à une modification des propriétés du métal, une dégradation significative de la fonction du métal et de son environnement [2].

### **I.1. Modes de corrosion :**

La corrosion d'un métal ou d'un alliage peut se développer selon différents processus qui caractérisent chacun un type de corrosion.

D'une façon générale, la corrosion est classée en trois types: corrosion chimique (sèche), corrosion électrochimique et corrosion bactérienne.

#### **I.1.1 La corrosion chimique :**

C'est la réaction entre le métal et une phase gazeuse ou Liquide. Si cette corrosion se produit à haute température elle est alors appelée «corrosion sèche» ou corrosion à haute Température. Au cours de la corrosion chimique, l'oxydation du métal et la réduction de l'oxydant se fait en une seule action, c'est-à-dire les atomes du métal forment directement des liaisons chimiques avec l'oxydant qui arrache les électrons de valence des atomes métalliques [3].

#### **I.1.2 La corrosion bactérienne :**

Elle résulte de l'action de bactéries ou de produits provenant de l'activité bactérienne tels que des acides organiques ou des gaz [4].

#### **I.1.3 La corrosion électrochimique :**

Est le résultat de l'attaque d'un métal par un électrolyte. Elle a lieu dans des solutions aqueuses ou dans des sels fondus. Ces derniers sont susceptibles de conduire le courant par déplacement d'ions, les courants ioniques mis en jeu donnent au phénomène de la corrosion un aspect particulier. [5]

## I.2. Aspect morphologique de la corrosion :

La corrosion peut être divisée, d'un point de vue aspect morphologique, en deux grandes classes: corrosion généralisée et corrosion localisée appelée encore corrosion «zonale».

### I.2.1 Corrosion généralisée :

La corrosion généralisée ou uniforme est une corrosion progressant approximativement à la même vitesse sur la totalité de la surface d'un métal donné en contact avec un milieu environnant corrosif. C'est la forme de corrosion la plus simple [6].

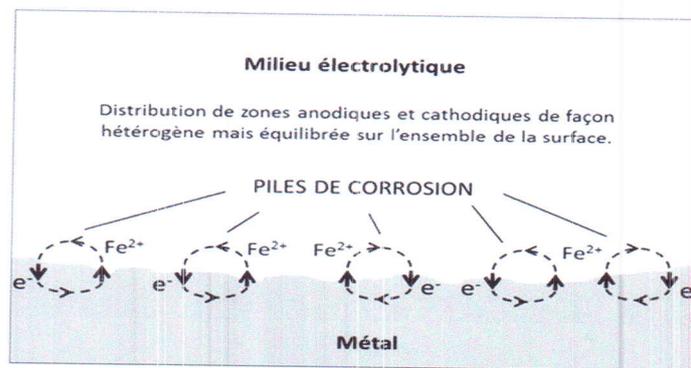


Figure. I.1 : Corrosion généralisée

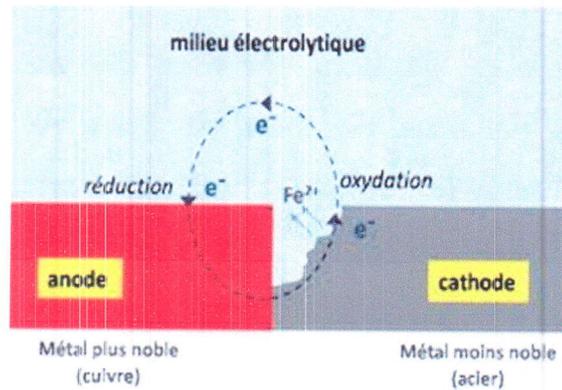
### I.2.2 Corrosion localisée (zonale) :

Ce mode de corrosion est le mode le plus fréquent et le plus ennuyeux car il vise uniquement certaines zones bien distinguées du matériau [6].

On distingue plusieurs types, à savoir:

#### I.2.2.1 La corrosion galvanique (bimétallique):

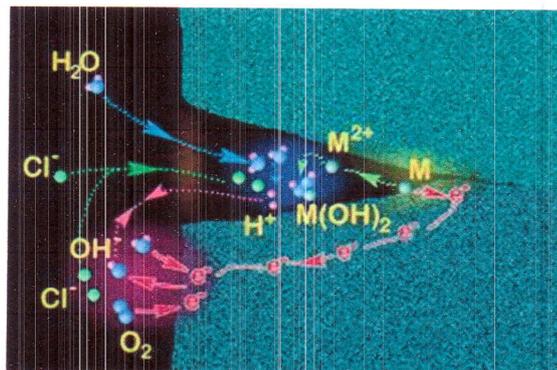
La corrosion galvanique ou bimétallique peut se définir simplement par l'effet résultant du contact de deux métaux ou alliages différents dans un environnement corrosif conducteur. Ce contact conduit à la formation d'une pile électrochimique entre les deux métaux ou alliage. Le métal le moins résistant, moins noble, se dégrade et sa dégradation s'intensifie avec le temps [6].



**Figure. I.2 : Corrosion galvanique résultante d'un assemblage de deux métaux différents**

### I.2.2.2 La corrosion caverneuse (par crevasse) :

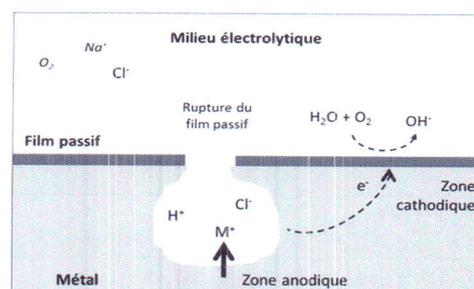
Ce type de corrosion est observé lorsqu'il y a une filtration d'une solution entre deux parties d'un assemblage.[5]



**Figure .I.3 : Aspect et mécanisme d'attaque de la corrosion caverneuse**

### I.2.2.3 La corrosion par piqûre :

C'est la forme la plus destructive, elle est produite par certains anions, notamment le chlorure, sur les métaux protégés par un film d'oxyde mince. Elle introduit des cavités de quelques dizaines de micromètres de diamètre à l'intérieur du matériau à partir d'une ouverture de faible surface. Les aciers inoxydables sont particulièrement sensibles à cette forme de corrosion [5].



### Figure. I.4 : principe de corrosion par piqûre

#### I.2.2.4 La corrosion inter granulaire :

La corrosion inter granulaire est une attaque sélective aux joints de grains ou à leur voisinage immédiat, alors que le reste du matériau n'est pas attaqué. L'alliage se désagrège et perd toutes ses propriétés mécaniques [6].

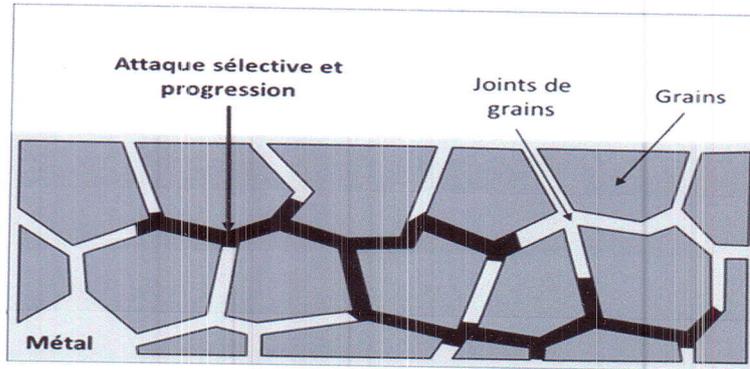


Figure. I.5 : Corrosion au niveau des joints de grains d'une structure métallique

#### I.2.2.5 La corrosion sélective :

Elle est due à l'oxydation d'un composant de l'alliage, conduisant à la formation d'une structure métallique poreuse son mécanisme est représenté dans ( la figure I.6 ) [5].

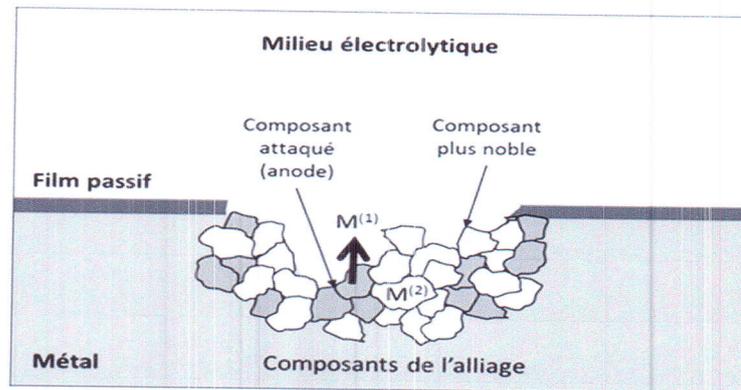


Figure. I.6 : Mécanisme de la corrosion sélective

#### I.2.2.6 La corrosion érosion :

Elle est due à l'action conjointe d'une réaction électrochimique et d'un enlèvement mécanique de matière. Elle a lieu, souvent, sur des métaux exposés à un écoulement rapide d'un fluide (air, eau, etc.) son mécanisme est représenté dans ( la figure I.7) [5].

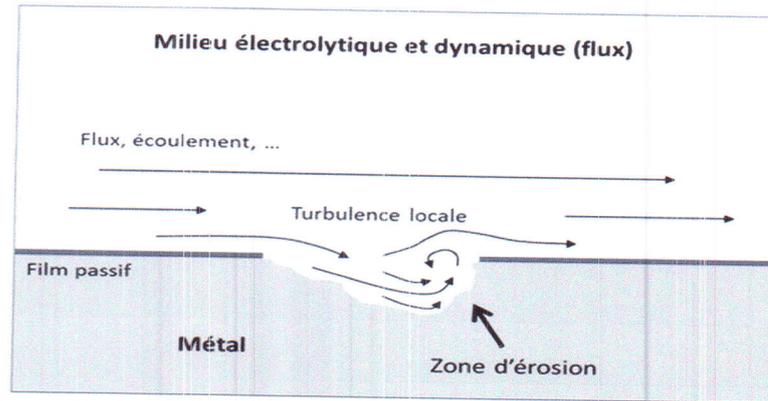


Figure. I.7 : Aspect et mécanisme de la corrosion-érosion

### I.2.2.7 Corrosion frottement (tribocorrosion) :

La corrosion frottement concerne les dommages provoqués par la corrosion au niveau du contact de deux surfaces métalliques en mouvement relatif l'une par rapport à l'autre. Elle se produit essentiellement lorsque l'interface est soumise à des vibrations (mouvement relatif répété de deux surfaces en contact) et à des charges de compression.

En présence d'un mouvement de frottement continu en milieu corrosif, on utilise de préférence le vocable de tribocorrosion [6].

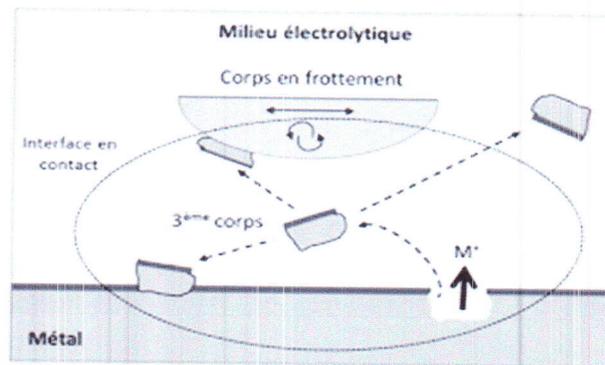


Figure .I.8 : La tribocorrosion

### I.2.2.8 La corrosion sous contrainte :

Ce type de corrosion correspond à une fissuration du métal qui résulte d'une action commune d'une contrainte mécanique et d'une réaction électrochimique [5].

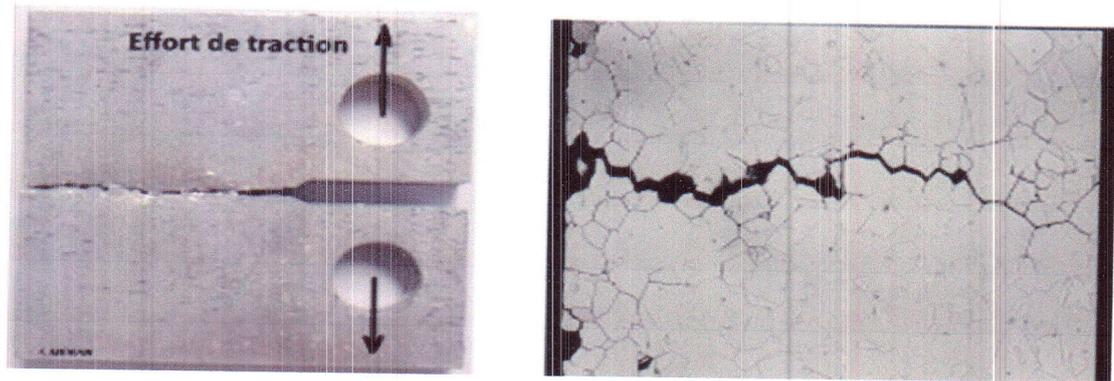


Figure. I.9 : La corrosion sous contrainte

### I.2.2.9 Fragilisation par hydrogène :

La présence d'hydrogène dans un réseau métallique génère de très fortes pressions à l'intérieur du métal pouvant aboutir à une rupture différée. Ces atomes d'hydrogène ont pour origine : l'atmosphère environnante, les procédés d'électrolyse et la Corrosion électrochimique [6].

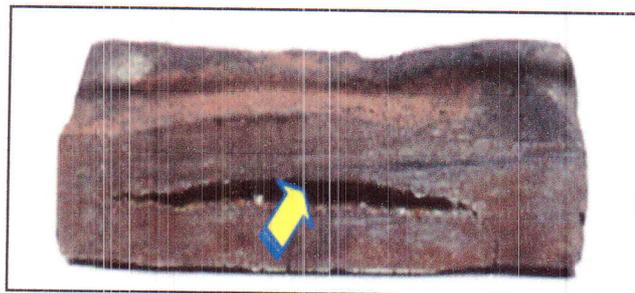


Figure. I.10 : La fragilisation par hydrogène d'une pièce métallique

## I.3 Méthodes de protection contre la corrosion :

### I.3.1 Protection par revêtements :

#### I.3.1.1 Revêtement métallique :

On les emploie couramment pour protéger l'acier, notamment contre la corrosion atmosphérique. On peut aussi les appliquer sur d'autres substrats comme le cuivre ou le laiton, comme c'est le cas par exemple pour les revêtements de chrome sur les robinets. D'une manière générale, on distinguera deux types de revêtements métalliques :

#### a- Les revêtements anodiques :

Le métal protecteur est moins noble que le métal à protéger. C'est le cas du procédé de galvanisation. En cas de défaut du revêtement, il y a formation d'une pile locale et ce dernier se corrode en protégeant cathodiquement le métal de base. La protection reste donc

assurée tant qu'une quantité suffisante de revêtement est présente. Plus que l'absence de défaut, c'est donc l'épaisseur qui est un élément important de ce type de revêtement. En général, elle est comprise entre 100 et 200  $\mu\text{m}$  [6].

#### **b- Les revêtements cathodiques :**

Le métal protecteur est plus noble que le métal à protéger. C'est le cas par exemple d'un revêtement de nickel ou de cuivre sur de l'acier. En cas de défaut du revêtement, la pile de corrosion qui se forme peut conduire à une perforation rapide du métal de base, aggravée par le rapport "petite surface anodique" sur "grande surface cathodique". Dans ce cas, la continuité du revêtement est donc le facteur primordial [6].

#### **I.3.1.2 Revêtement inorganiques non métalliques**

Il s'agit des couches obtenues par conversion chimique de surface et des couches étrangères au substrat.

Les couches de conversion sont obtenues par une réaction du métal avec un milieu choisi, tandis que les couches étrangères au substrat sont fabriquées par des procédés de déposition qui n'impliquent pas une réaction du substrat, la composition chimique dans ce cas est indépendante de celle du substrat [6].

#### **I.3.1.3 Revêtements organiques :**

Les revêtements organiques forment une barrière plus au moins imperméable entre le métal et le milieu électrolytique [6].

Ils sont classés en trois familles:

- Les revêtements en bitume (protection des structures enterrées).
- Les revêtements polymériques,
- Les peintures et vernis.

#### **I.3.2 Protection par inhibiteurs :**

##### **I.3.2.1 Définition d'un inhibiteur :**

Un inhibiteur est une substance chimique que l'on ajoute en petite quantité au milieu pour diminuer la vitesse de corrosion du matériau métallique à protéger. Leur domaine d'utilisation recouvre les milieux acides, la vapeur, et les eaux de refroidissement

D'une manière générale un inhibiteur de corrosion doit abaisser la vitesse de corrosion d'un métal sans affecter les caractéristiques physico-chimiques, en particulier la résistance mécanique de ce dernier [6].

### 1.3.2.2 Classification des inhibiteurs de corrosion :

Les inhibiteurs peuvent être classés de plusieurs façons :

- Par domaine d'application,
- Par réaction partielle,
- Par mécanisme réactionnel.

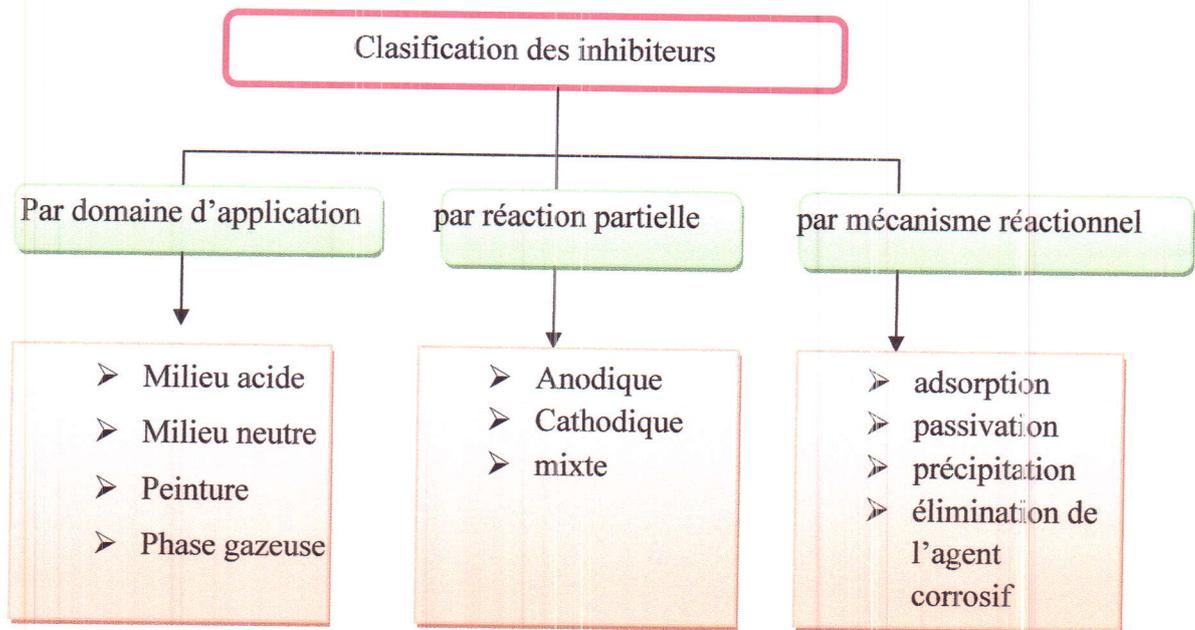


Figure .I.11 : Classement des inhibiteurs de corrosion

#### I.3.2.2.1 Par domaine d'application :

Dans la classification relative au domaine d'application, on peut distinguer les Inhibiteurs de corrosion utilisés en milieux aqueux, organiques ou gazeux. Ceux utilisés en milieux aqueux sont choisis en fonction du pH du milieu : en milieu acide, ils sont utilisés afin d'éviter l'attaque chimique de l'acier lors d'une opération de décapage ou de détartrage et en milieu neutre/alcalin, ils sont souvent utilisés pour protéger les conduites des circuits de refroidissement [6].

#### I.3.2.2.2 Par réaction électrochimique partielle:

D'après leur influence sur la vitesse des réactions électrochimiques partielles, on différencie trois types d'inhibiteur:

### I.3.2.2.2.1 Les inhibiteurs anodiques :

Ils ont une action sur la diminution du courant sur la partie anodique de la surface du métal. Si ce blocage n'est que partiel, il peut entraîner localement une augmentation de la densité de courant sur ces surfaces. Il peut conduire à un processus de corrosion localisé, plus intense qu'en l'absence d'inhibiteur, d'où l'importance de la teneur en élément actif au droit de l'acier [6].

### I.3.2.2.2.2 Les inhibiteurs cathodiques :

Ils induisent une augmentation de la surtension cathodique, et réduisent donc le courant de corrosion. Si ces inhibiteurs ne stoppent jamais complètement la réaction de corrosion, ils ne présentent pas par contre le danger de corrosion localisée.

Ces inhibiteurs précipitent souvent des sels ou hydroxydes, du fait de l'accumulation d'ions OH sur les cathodes [6].

### I.3.2.2.2.3 Les inhibiteurs mixtes :

Ils ont à la fois les propriétés des inhibiteurs anodiques et cathodiques.

Le Diagramme d'Evans montrant le déplacement du potentielle de corrosion dû à la présence d'un inhibiteur anodique, cathodique ou mixte.

Un inhibiteur anodique diminue la densité de courant partiel anodique et déplace le potentiel de corrosion dans le sens positif. Un inhibiteur cathodique diminue la densité de courant cathodique et déplace le potentiel de corrosion dans le sens négatif. Un inhibiteur mixte diminue la vitesse des deux réactions mais il influe peu sur le potentiel de corrosion [6].

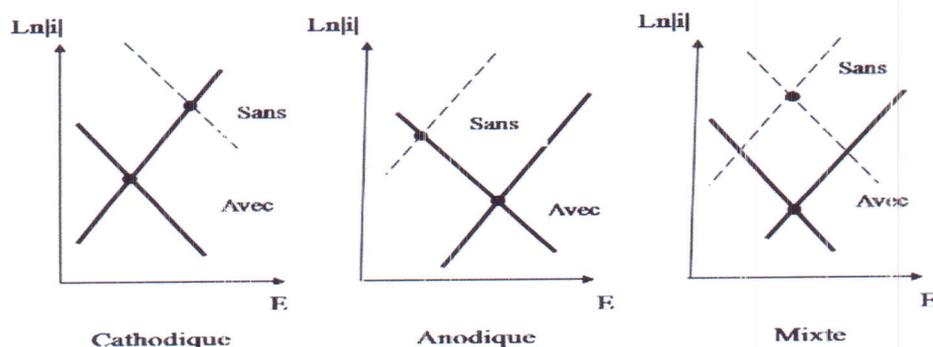


Figure. I.12 : Diagramme d'Evans montrant le déplacement du potentielle de corrosion dû à la présence d'un inhibiteur anodique, cathodique ou mixte.

### 1.3.2.2.6 Par mécanisme réactionnel

D'après le mécanisme réactionnel, on distingue l'inhibition:

- Par adsorption, par passivation,
- Par précipitation d'un film,

- Par élimination de l'agent corrosif.

La corrosion peut ralentir suite à l'adsorption d'un inhibiteur à la surface du métal. Le degré d'inhibition dépend alors de l'équilibre entre espèces dissoutes et adsorbées, exprimé par une isotherme d'adsorption. Ce mécanisme est particulièrement important en milieu acide.

Certains inhibiteurs oxydants provoquent une passivation spontanée du métal diminuant ainsi la vitesse de corrosion.

D'autres inhibiteurs provoquent la formation de films superficiels par précipitation de sels minéraux ou de complexes peu solubles. Ces films réduisent l'accessibilité de la surface vis-à-vis de l'oxygène et, en plus, ils bloquent partiellement la dissolution anodique. L'inhibiteur par élimination de l'agent corrosif n'est que dans des systèmes fermés. Elle se pratique notamment dans les circuits d'eau chaude fermés des centrales thermique [6].

### 1.3.3 Préparation de surface avant traitement :

Nous pouvons retarder le processus de la corrosion pendant un certain temps à l'aide de revêtements ou de transformations chimiques de la surface du métal sans jamais l'éviter complètement. Cependant, on pourrait augmenter la durabilité et l'efficacité d'un système anticorrosion appliqué sur de l'acier en prenant en compte les éléments suivants :

- ✓ Définition du système par rapport à l'environnement.
- ✓ Respect des épaisseurs nominales et des conditions de mise en œuvre des produits.

La préparation de surface est un élément essentiel de la protection anticorrosion, la négliger conduit à de graves désordres. Elle a pour objectif d'éliminer «les polluants» (graisse, sel, calamine, oxydes, etc.) du support: Les différentes méthodes sont les suivantes :

#### a) Dégraissage :

Obligatoire lorsque la surface à peindre est souillée par des corps gras. Le procédé le plus utilisé est le dégraissage aux solvants. Les détergents alcalins sont aussi utilisés à froid ou à chaud par aspersion ou trempage.

**B) Décapage mécanique manuel :**

Brossage, grattage des surfaces pour éliminer la rouille et la calamine non adhérentes. Il doit être réservé à des travaux simples ne demandant pas des performances élevées.

**C) Décapage mécanique :**

Consiste à éliminer les oxydes et la calamine non adhérents à l'aide d'un outil mécanique (ponceuse, pistolet à aiguilles, etc.) plus efficace que le décapage manuel pour obtenir une protection anticorrosion de haut niveau.

**D) Décapage par projection d'abrasif :**

Sablage, grenailage : méthode très utilisée chaque fois qu'elle est possible. Elle permet d'obtenir le meilleur résultat avec le plus de reproductibilité.

**I.4 Effet de La corrosion du fer :**

Le fer réagit avec le dioxygène et l'eau pour former de la rouille rougeâtre qui constitue une couche poreuse. Cette dernière laisse passer l'eau et l'air qui peuvent continuer à réagir avec le fer tant que celui-ci n'a pas été transformé complètement en rouille.

Un objet en fer se corrode donc en profondeur et peut même disparaître complètement. Le fer doit donc être protégé d'une couche de peinture ou de vernis qui l'isole de l'eau et de l'air afin d'empêcher la transformation chimique qui le transforme en rouille [7].

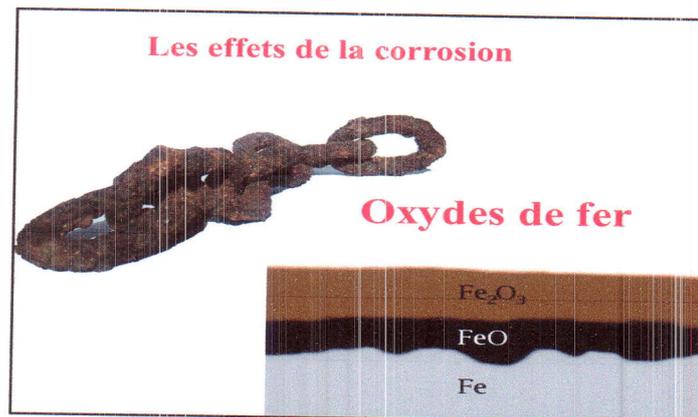


Figure .I.13 : Effet de la corrosion du fer

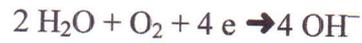
**I.5 Le mécanisme électrochimique de l'oxydation du fer :**

La rouille est une réaction d'oxydation-réduction impliquant la molécule de fer, l'oxygène de l'air et l'eau. Il faut donc que ces trois éléments soient en contact pour déclencher le processus de la corrosion. Une goutte d'eau posée sur un morceau de fer libre

est le lieu idéal pour que cette réaction ait lieu. La molécule de fer métallique s'oxyde en ion ferreux selon la réaction d'oxydation :



L'eau en contact avec l'oxygène de l'air donne une réaction de réduction en formant des ions  $\text{OH}^{-}$  :



Finalement, les ions  $\text{Fe}^{2+}$  et  $\text{OH}^{-}$  en suspension vont s'équilibrer électriquement et former l'hydroxyde de fer  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  et éventuellement d'autres combinaisons, comme  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  et  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

La rouille est finalement un matériau complexe, composé de multiples formes de molécules basées sur le fer

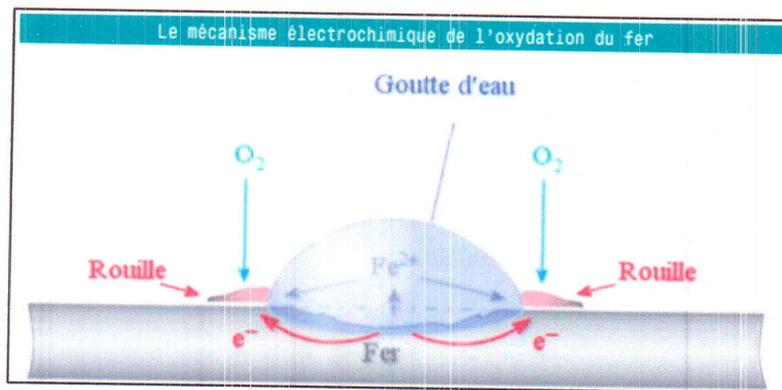


Figure .I.14 : Phénomène électrochimique de la corrosion de l'acier

## Références :

- [1] D. Landolt; *"Traité des Matériaux Corrosion et Chimie de Surfaces des Métaux"*, 1993.
- [2] F. Schreiber; *Prog. in Surf. Sci.*, 65, 151, 2000.
- [3] W. Harzllah; *Préparation et Caractérisation de Dépôts Composites Electrodéposés en Présence d'Inhibiteurs Organiques*, Mémoire de magister, Université Mohamed Khider de Biskra, 2006.
- [4] O. Benali; *Etude de l'inhibition de la corrosion du cuivre et d'aciers au carbone par des composés organiques soufrés en milieux acides*, thèse de doctorat, Université Tlemcen, 2007.
- [5] W. CHAIB et A. MESSAOUDI ; *Etude de l'effet inhibiteur de quelques composés azotiques contre la corrosion d'aluminium dans un milieu HCl 1M*, Mémoire de Master Académique, Université Kasdi Merbah-Ouargla, 2016.
- [6] H. BENSABRA ; *Cours de Corrosion et Protection des Métaux*, Université de JIJEL 2016.
- [7] Les métaux dans la vie quotidienne, *La corrosion des métaux [en ligne] disponible à l'adresse* <<<https://physique-chimie-college.fr/cours-3eme-chimie/la-corrosion-des-metaux/#prettyPhoto>>>
- [8] *antirouille à eau corrosion*, [en ligne] disponible à l'adresse <<[file:///C:/Users/ACER/Downloads/2014\\_antirouille\\_a\\_eau\\_corrosion.pdf](file:///C:/Users/ACER/Downloads/2014_antirouille_a_eau_corrosion.pdf)>>

# *Chapitre II*

### I. Définition :

Un convertisseur de rouille est un produit destiné à être appliqué sur des éléments en fer ou en alliage ferreux et qui transforme la rouille dont ils sont atteints en un composé plus résistant et formant une barrière protectrice. Il est composé d'acide tannique qui agit chimiquement par polymérisation au contact de la rouille et la transforme en un complexe organométallique qui s'appelle le tannâtes de fer. Ce complexe est un composé résistant, protecteur, non corrosif et insoluble qui remplace toutes techniques de prétraitement mécanique ou chimique du substrat métallique comme le décapage, grattage et le brossage [1].

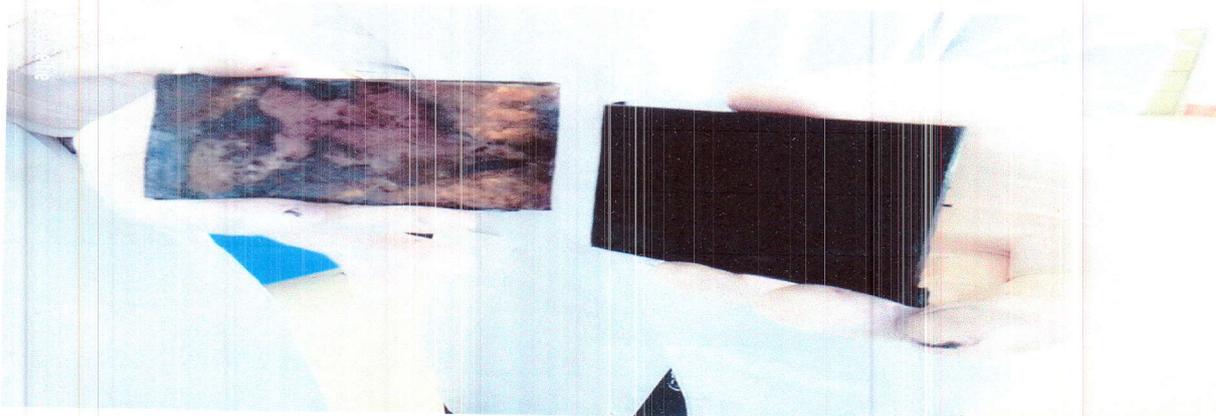


Figure .II.1 : Une pièce d'acier rouillé avant et après l'application d'un convertisseur de rouille.

### II. Propriétés du Convertisseur anti rouille :

Grâce à sa matière active de l'acide tannique riche en groupements réactifs le convertisseur de rouille est un produit très efficace contre la corrosion des métaux ferreux car il réagit avec la rouille, la neutralise et la transforme en un complexe stable de couleur bleu-noir.

Voici quelques propriétés essentielles qui le distinguent :

- Stoppe immédiatement la rouille, tout en supprimant les profondes couches de rouille.
- Empêche la formation d'une nouvelle corrosion.
- Le composé formé (tannâtes de fer) donne une adhérence à la couche protectrice de finition.
- Très fluide et pénètre dans tous les pores.

- supprime la porosité empêchant l'humidité et l'oxygène de pénétrer
- Avec le convertisseur de rouille, il n'est pas nécessaire d'appliquer une couche primaire de peinture.
- S'applique facilement même pour les endroits difficilement accessibles.
- un convertisseur de rouille garantit une durée maximale de protection avant toute Application de peinture et protège efficacement contre la corrosion. Ainsi Sa coloration noire permet de visualiser que la conversion de la rouille est totale.
- Excellent rendement qui le rend très économique [2].

### II.1. Domaine d'application :

Le convertisseur de rouille est généralement utilisé partout où la rouille constitue un problème comme dans la construction, l'industrie, les piscines, le secteur agricole, le transport, etc.....Autrement dit ce produit est idéal pour toutes les surfaces métalliques telles que le fer, la fonte, l'acier [2].

### II.2 Conditions d'application :

Pour avoir des résultats étonnants il faut tout d'abord avant l'application du convertisseur de rouille sur les surfaces en fer, s'assurer qu'elles sont exemptées de salissures, accrétions d'huiles et de graisse et surtout enlever la rouille friable. En fait, la surface doit être propre et raisonnablement sèche. Concernant les objets composites c'est-à-dire formé de différents matériaux, s'assurer que le convertisseur de rouille touche uniquement le fer car l'acide tannique qui est l'agent convertissant peut causer des taches permanentes sur des matériaux comme le bois, le cuire, le papier, l'os, etc [2].

- a- **Acier peu oxydé :** Pour les surfaces non rouillées ou peu oxydées, éliminer les sels solubles puis dégraisser. En suite procéder à rinçage avant toute application du convertisseur de rouille
- b- **Acier très oxydé :** Pour les surfaces très oxydées éliminé les parties non adhérentes par une brosse métallique Les supports doivent être propres. Puis on applique on toute sécurité le neutralisant. De préférence dans ce cas d'utiliser deux couches pour de fortes épaisseurs [2].

### III. Les tanins :

#### III.1 définition :

Les tanins sont des molécules naturelles végétales poly phénoliques, dérivés de l'acide tannique. Ces molécules sont utilisées par les Hommes à cause de capacité naturelle à précipiter les alcaloïdes et la gélatine, et aussi grâce à leur aptitude à se combiner à des macromolécules (protéines). Elles servent principalement au tannage des peaux, de manière à rendre le cuir imputrescible (l'imputrescible est la capacité de certain matériaux ou composés de ne pas se putré [2]).

Les tanins sont très répandus dans le règne végétal, ils sont localisés dans les écorces, le bois, les racines, les feuilles, les fruits et les galles où ils jouent le rôle d'armes chimiques défensives contre certains parasites.

Du point de vue chimique, ils ont tous en commun des groupements (-OH) phénoliques, et ils sont réactifs vis -à- vis des protéines en milieu acide et se colorent en bleu-noir avec les sels de fer.

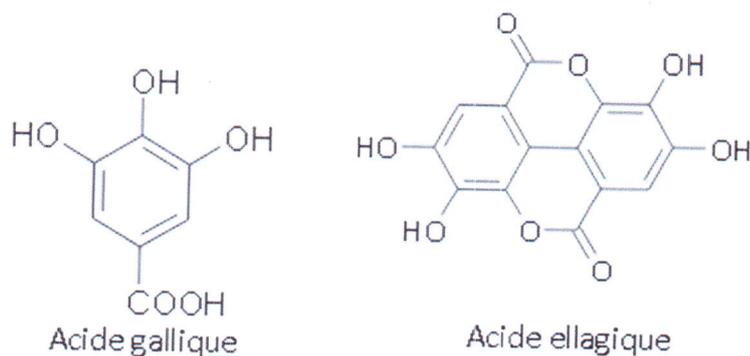
Les tanins sont divisés en deux groupes chimiquement et biologiquement distincts :

- les tanins condensés ou pro anthocyanidines (thé, raisins, canneberges, etc),
- les tanins hydrolysables : ellagitanins (framboises, fraises, grenades) et gallotanins [3].

#### III .1.1 Les tanins hydrolysables :

Les tanins hydrolysables, comme leur nom l'indique, sont caractérisés par le fait qu'ils s'hydrolysent facilement en milieux acides et alcalins [4].

Ils libèrent alors une partie non phénolique (souvent du glucose ou de l'acide quinique) et une partie phénolique constituée principalement de l'acide gallique (cas des gallotanins), ou de l'acide éllagique qui est un dimère de l'acide gallique (cas des éllagitanins) [5]. Un exemple des gallotanins et des ellagitanins sont représentés dans la Figure 2 . Les ellagitanins se trouvent dans le bois de chêne, châtaigner ou dans les fruits comme les fraises. Pour les gallotanins, ils sont présents dans les gosses de tara et les feuilles de sumac (Figure.II.2) [6].



**Figure.II.2 : structure des tanins hydrolysable**

### III .1.2 Tanins condensés (pyrocatéchique ou proanthocyanidols):

Ils diffèrent des tanins hydrolysables par :

- ✓ Une structure voisine à celle des flavonoïdes.
- ✓ Absence de partie osidique.
- ✓ Non hydrolysables,

En milieu acide fort et à chaud ils se polymérisent en donnant des précipités insolubles rouges bruns appelés phlobaphènes.

Ils sont formés de 2 à plusieurs unités de flavan-3-ols (catéchol ou épicatechol) et/ou de flavan-3,4-diols (proanthocyanidol) liés entre elles par des liaisons C-C [7] (Figure.II.3 )

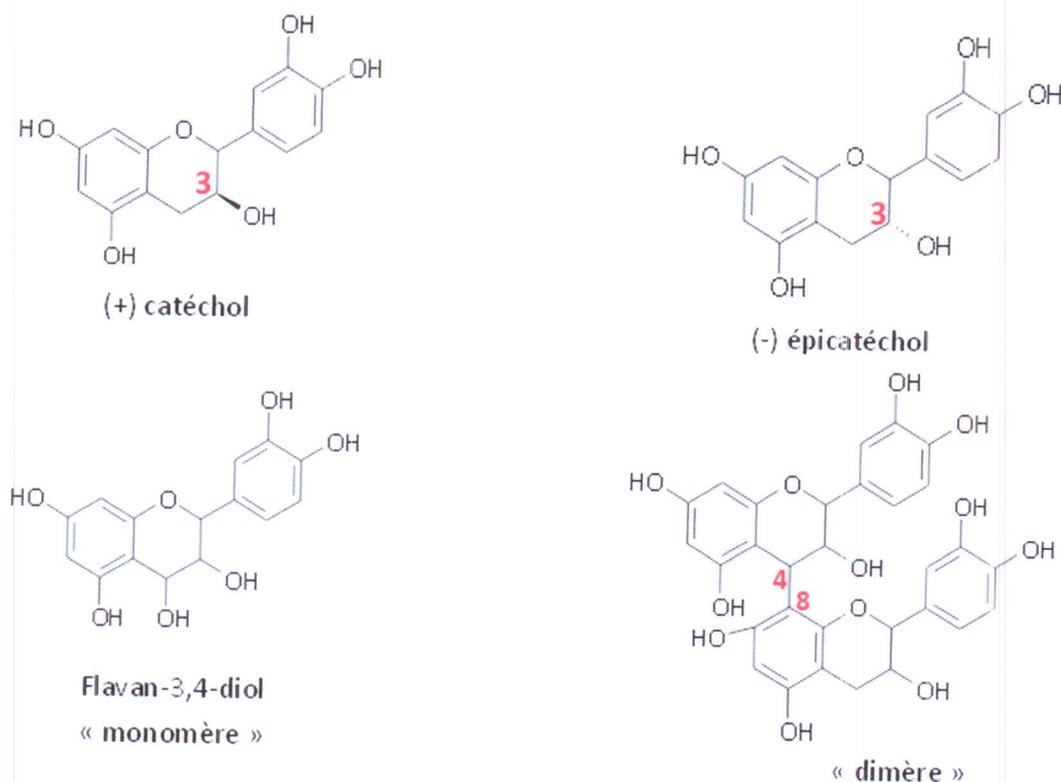


Figure.II.3 : structure des tanins condensés

#### IV. Acide tannique :

##### IV.1 définition :

L'acide tannique est une molécule poly phénol, obtenus par extraction au solvant depuis des sources naturelles. Il est présent dans les noix de galle, l'écorce et d'autres parties des plantes. Cette molécule qui appartient à la famille des tannins à un rôle antioxydant et elle est aussi généralement utilisée pour passer la corrosion du fer empêchant ainsi, toute corrosion future. L'acide tannique est commercialisé en tant qu'un convertisseur de rouille dont la substance n'est pas un acide au sens de l'industrie chimique. Le nom commun «acide tannique» a été adopté pour distinguer la substance commerciale d'autres tanins tels que les tanins condensés. D'autre part ils résultent de l'estérification entre des acides avec des fonctions alcooliques du glucose [2].

En effet, l'acide tannique est un glucoside que les acides décomposent en un sucre particulier et en acide gallique, aussi que la montre l'équation suivante:

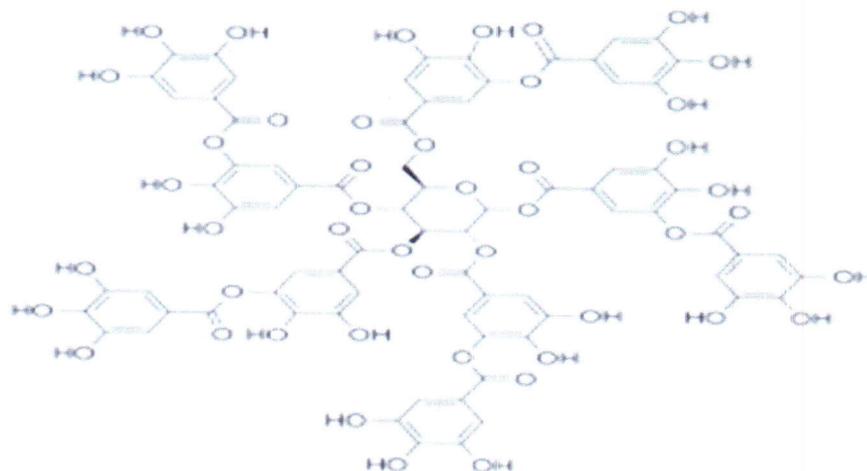


Figure .II.4 : structure moléculaire de l'acide tannique

**Propriétés chimique :**

- Formule brute :



- Acide faible : Pka  $10^2$

**Propriétés physique :**

- T fusion : 210 C

**IV.2 Le mécanisme réactionnel « interaction entre les tannins le fer (II) et le fer(III) :**

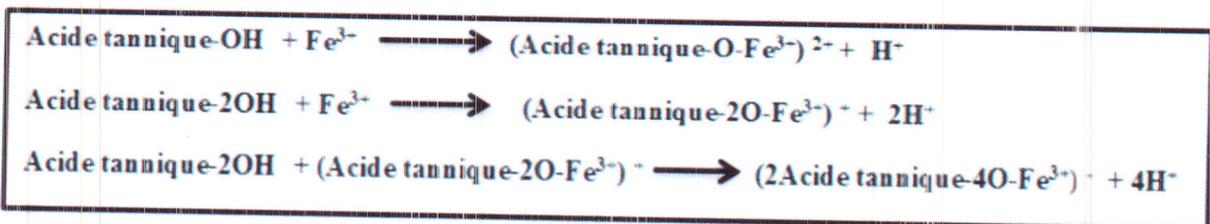
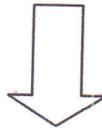
L'acide tannique réagit avec l'ion  $\text{Fe}^{3+}$  et forme un tannate de fer insoluble qui a la couleur bleu/noir. En fait, le fer forme un complexe avec les groupes phénoliques de l'acide tannique.

Connaissant le contact du fer avec des agents corrosifs il forme une couche jaunâtre appelée la rouille. D'abord, le fer s'oxyde en  $\text{Fe}^{2+}$  puis, ce dernier subit une deuxième oxydation formant l'ion  $\text{Fe}^{3+}$ .

Des études montrent qu'en présence de l'acide tannique, la rouille devient une couche de revêtement bleu-noir très résistant surtout à l'eau et l'oxygène, du coup la corrosion s'arrête définitivement. D'autre part, cet acide combiné avec les ions de fer

forment des complexes organométalliques très stables et insolubles. En définitif l'action de l'acide tannique rend le soucie de corrosion un moyens de protection efficace.

Chimiquement Pour neutraliser une seule composante de la rouille on a besoin Juste de deux molécules de l'acide tannique qui lui sacrifié quatre protons pour former quatre liaisons ioniques avec des ions ferriques.



Et Voilà un schéma qui illustre comment une solution aqueuse d'acide tannique réagit avec les composants de la rouille qui sont présents à la surface du substrat, et formant un mélange de complexe de mono et bis (voir la figure) qui nomme les tannâtes de fer ou les tannâtes ferriques qui apparaissent en couleur bleu foncée.

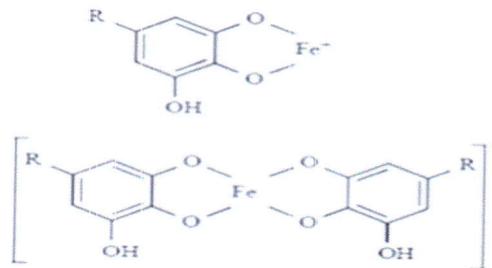


Figure. II.4 : Les tannâtes de fer mono complexe (a) et bis complexe (b).

### IV.3 Les plantes riches en acide tannique :

Les plantes riches en acide tannique se répartissent au sein de différentes familles botaniques telles que les plantes ligneuses (comme le noisetier, le chêne, ou le châtaignier) ou les plantes fourragères et notamment les légumineuses (comme le Sulla, le lotier pédonculé, le lotier corniculé, le sainfoin). On peut aussi trouver des tanins dans les fruits comme les glands ou les marrons d'Inde.

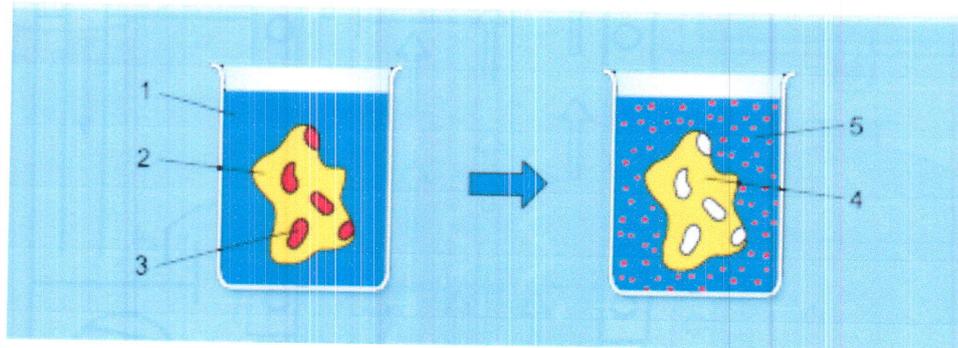
Voici ci --dessous quelque plantes qui contient les tanins :

**Tableau II.1 : Les plantes riches en acide tannique**

Nom de la plante	Image	Propriétés
les galles du chêne		Toute région Algérienne 30 à 70%
l'Acacia mollissima		C'est la principale source mondiale d'écorce à tanin ; Son écorce contient jusqu'à 40% d'un excellent tanin,
grenade Punica granatumL		Riche en tanins
Oudneya africana		Sahara algérien Riche en tanins
Helianthemum lippii		Sahara Algérien Riche en tanins

#### IV.4 Extraction d'acide tannique :

L'acide tannique est extrait à partir de différentes plantes par extraction solide-liquide. L'extraction solide-liquide est une technique d'extraction par solvant qui consiste à extraire une espèce chimique se trouvant dans un solide pour la transférer dans un solvant choisi judicieusement [9]. Cette technique utilise un moyen d'extraction pour séparer sélectivement un ou plusieurs composés d'un mélange sur la base de propriétés chimiques ou physiques. Le moyen d'extraction est pas ou peu miscible avec les composants principaux du mélange alors que le composé à extraire possède plus d'affinité avec le moyen d'extraction qu'avec les composants principaux du mélange. [8]. La macération, l'infusion et la décoction sont des méthodes d'extraction solide-liquide.



*Extraction schématique, avant extraction (à gauche) et après extraction (à droite):  
1 solvant, 2 matière à extraire (phase stationnaire avec soluté),  
3 soluté, 4 phase stationnaire lavée, 5 solvant avec soluté dissous*

**Figure. II.6: phénomène d'extraction**

**Références :**

- [1] *Convertisseur de rouille* [en ligne], disponible à l'adresse : <<[https://fr.wikipedia.org/wiki/Convertisseur\\_de\\_rouille](https://fr.wikipedia.org/wiki/Convertisseur_de_rouille)>>
- [2] Mémoire de Master, Université Ibn Tofail –Faculté des sciences/, Kénitra Maroc.2017
- [3] Richardin P., Capderou C., Flieder F., Bonnassies S., Raison D..*Analyse de quelques tannins végétaux utilisés pour la fabrication des cuirs*, pp : 162-171. 1988.
- [4] Quideau S. *Chemistry and Biology of an underestimated class of bioactive plant polyphenols Ellagitannins*. World Scientific Publishing, pp.1-367. 2009.
- [5] Radhia A. *Méthodes d'étude des composés phénoliques*. Rapport de Master, option biochimie et physiologie expérimentale, de l'université Ferhat Abbas de Sétif, en Algérie 2010.
- [6] Stevanovic T. and Perrin D, *Chimie du bois*. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes, vol. (p: 179-180.). ISBN 978-2-88074-799-2 2009.
- [7] Dr Sahraoui, *les tanins* [en ligne], disponible à l'adresse : <<[file:///C:/Users/ACER/Downloads/Documents/pharm3an\\_pharmacognosie19-tanins\\_2.pdf](file:///C:/Users/ACER/Downloads/Documents/pharm3an_pharmacognosie19-tanins_2.pdf)>>
- [8] BINNIE, N.E., L. SELWYN, C. SCHLICHTING et D.A. RENNIE-BISAILLION. « Corrosion Protection of Outdoor Iron Artifacts Using Commercial Rust Converters », **Journal of the International Institute for Conservation – Canadian Group**, n° 20 ( 1995 ), p. 26-40.

# *Chapitre III*

**I. Introduction :**

Au cours des dernières années l'industrie des peintures et vernis a marqué des progrès techniques spectaculaires.

En effet grâce au développement de nouvelles matières premières, l'industrie des peintures touchent pratiquement tout le reste de l'activité industrielle les revêtements intéressant le bâtiment; l'automobile; la marine; les ouvrages métalliques....la peinture en effet protège (anticorrosion); signale (bande routières) et décore tous les matériaux [1].

**II. Composition d'une peinture :**

La peinture est le résultat d'un mélange complexe de matières premières : les liants, les pigments, les charges, les solvants et les additifs

**II.1. Les liants :**

Ils constituent l'essentiel des peintures ou des vernis. Ce sont des substances macromoléculaires naturelles ou synthétiques, sous forme d'un liquide visqueux ou solide. Ils ont l'aptitude de former après séchage un film mince appelé filmogène. Le liant assure:

- L'adhérence au support
- Le lien entre tous les composants de la peinture
- La durabilité du film [1].

**II.2 Pigments :**

Les pigments sont des substances minérales ou organiques, généralement présentes sous forme de fines particules, pratiquement insolubles dans les milieux de suspension. Utilisées pour leurs propriétés optiques, protectrices ou décoratives [1].

**II.2.1 Propriétés générales des pigments :****a- Couleur :**

Les pigments sont blancs, noirs ou colorés, leur combinaison permet de réaliser une infinie variété de teintes des plus foncées aux plus claires.

**b- Effet mécanique :**

Si les grains des pigments occupent tous les vides existant entre les grosses particules le pigment jouera le rôle dans la résistance mécanique de la peinture (résistance à l'abrasion) et par fois joue en rôle utile dans l'adhérence.

**c- Effet de protection :**

Les pigments sont des bons isolants du courant électrique; ils protègent contre les effets des rayonnements du solier. Certains pigments protègent les métaux des corrosions et parfois ils jouent le rôle d'ignifugeant.

**d- La résistance à la corrosion :**

Il s'agit de la résistance propre de pigment, surtout du rôle actif qu'il joue dans la tenue de revêtement. C'est le cas du rôle anticorrosion bien connu du minium de plomb ou du chromate de zinc dans la protection du fer[1].

**II.3 Matières de charges :**

Les matières de charges sont des substances en poudre, pratiquement insolubles dans les milieux de suspension, souvent blanches ou faiblement colorées. Utilisées pour des raisons économiques et techniques particulières (consistance, imperméabilité, résistance).

**II.4 Solvant :**

Composés organiques liquides, simples ou mixtes, volatils dans des conditions normales de séchage qui serve à rendre la peinture assez fluide pour s'étaler facilement, ayant la propriété de dissoudre totalement le liant, même à forte concentration.

**II.5 Additifs**

Les additifs sont des substances souvent incorporées à faible dose dans un vernis, peintures pour y développer certaines qualités propres à améliorer soit les conditions de fabrication et/ou de conservation et/ou d'application, soit certaines propriétés spécifiques. Parmi les substances utilisées : siccatifs, agent mouillant, agent anti déposant, agent d'étalement.etc [1].

**III. Procédés de fabrication de la peinture :**

La fabrication d'une peinture passe par trois phases essentielles: empattage, broyage et dilution suivies des phases complémentaires telles que la phase de mise à la teinte; contrôle de conformité; et conditionnement.

**III.1 Phase d'empattage :**

Cette opération recherche la formation d'une pate homogène. Elle se déroule dans des cuves fixes ou mobiles, sous une agitation à grande vitesse avec introduction des charges et des quantités des pigments et de certains additifs.

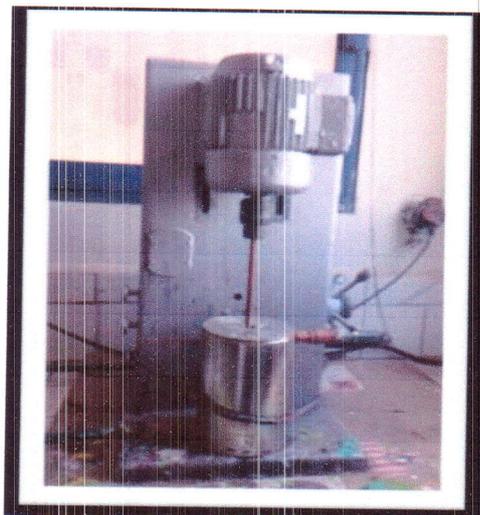


**Figure. III.1 :Disperseur (empattage)**

### **III.2. Phase de broyage :**

La pate résultante de l'opération d'empattage présente encore des agglomérats de pigments insuffisamment incorporés au liant. Le broyage doit remédier à cet état de choses en soumettant la pate à un laminage ou à un roulage intense qui favorisera la pénétration intime du liant dans le pigment.

Cette opération peut être réalisée sous deux formes différentes qui concourent au même but ; soit par laminage ; soit broyage par boulets ; billes de verre ou de sable [1].



**Figure .III.2:Broyeur**

### III.3 Phase de dilution

Ajout à la phase précédente les compléments en résines, solvants et additifs pour la stabilisation de la dispersion et pour favoriser certaines propriétés particulières comme l'étalement, le séchage, la résistivité et la viscosité.

### III.4. Phase de mise en teinte

C'est la phase finale du procédé, elle est prise en charge par des coloristes qui vont contrôler la teinte et la corriger éventuellement.

### III.5 Phase de la filtration

Cette opération consiste à subir le produit final à la filtration pour éliminer les impuretés éventuelles comme les grumeaux.

### III.6 Phase de conditionnement et étiquetage

Après le contrôle de qualité dans le laboratoire; le produit final subit une dernière étape tel que le conditionnement et l'étiquetage; puis il est envoyé aux stokes [1].

## IV. Caractéristiques physiques de la peinture :

Parmi les caractéristiques physiques d'un système de peintures et qui influencent sur les propriétés désirées, nous citons:

### 1-Finesse

Cette méthode consiste à déterminer la finesse après broyage des peintures à l'aide d'une jauge de finesse North .

On étale à l'aide d'une raclette dans une rainure de profondeur décroissante un prélèvement du produit et l'on relève le premier point où l'écrasement se fait sur la graine de la peinture.

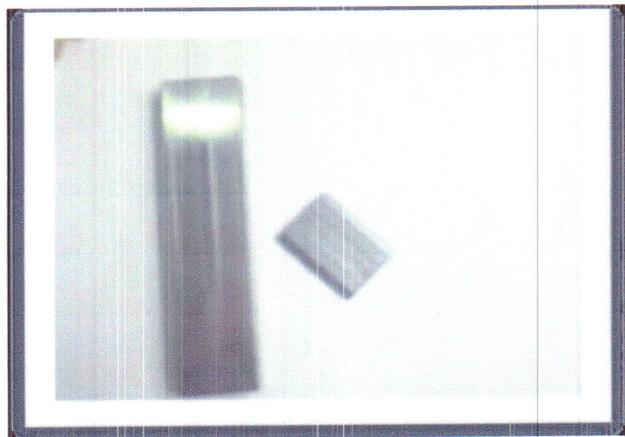


Figure. III.3 :Jauge de finesse North

**2-Viscosité :**

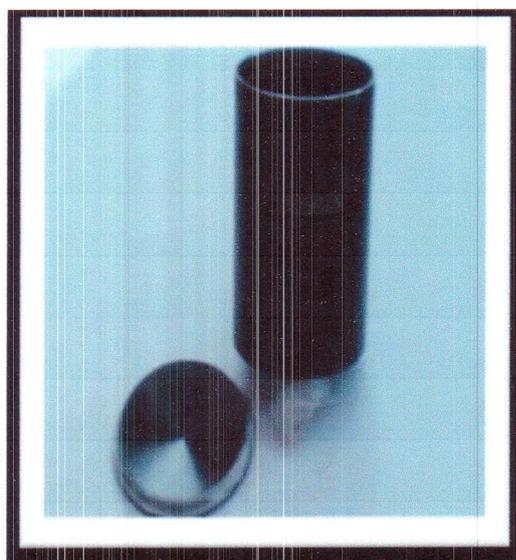
Cette méthode consiste à mesurer la viscosité en secondes au moyen d'une coupe consistométrique.



**Figure. III.4 : viscosimètre**

**3-Densité :**

Cette méthode consiste à déterminer la densité des peintures ; vernis et diluants au moyen d'un pycnomètre.



**Figure. III.5 : pycnomètre**

**4-Adhérence :**

Cette méthode permet de déterminer le comportement d'un film de peinture ou de vernis après incision en quadrillage ; elle consiste à déterminer le degré d'adhérence d'un film sec de peinture ou de vernis selon une notation de 0 à 5.

### 5-Épaisseur du film

Cette méthode consiste à mesurer l'épaisseur d'un film sec de peinture ou de vernis au moyen d'une jauge d'épaisseur magnétique.

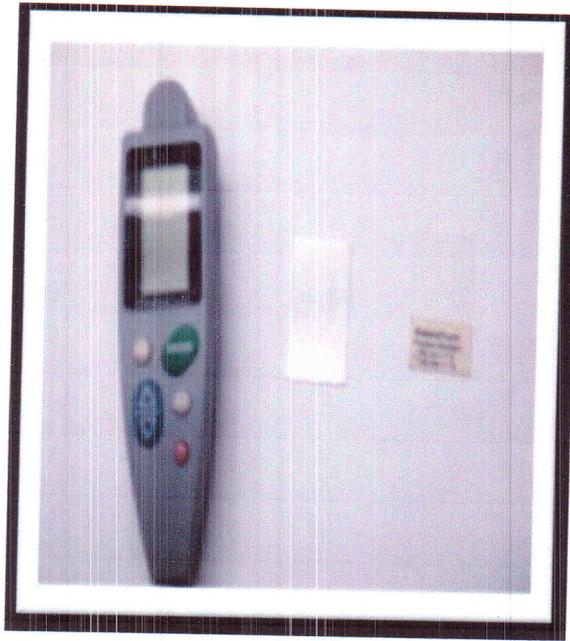


Figure. III.6 : jauge d'épaisseur magnétique

### 6-Brillance

Cette méthode permet de déterminer la réflexion spéculaire (brillant) d'un film de peinture ou de vernis à des angles d'incidence ou de réflexion variable à l'aide de Brillance mètre.

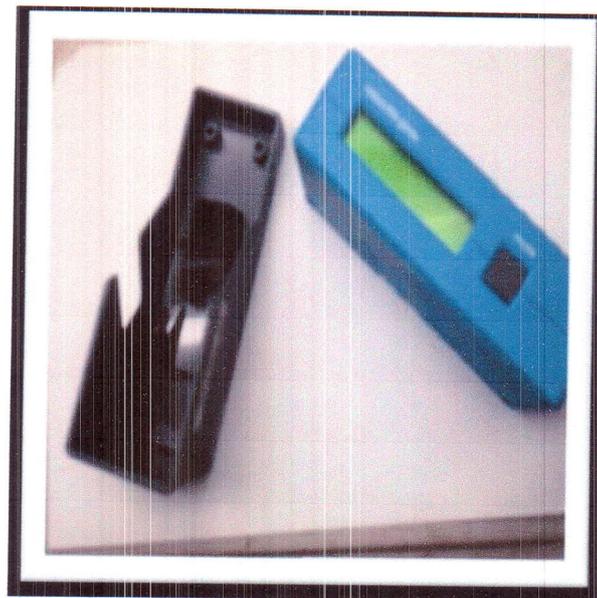


Figure. III.7: Brillance mètre

### **7-Résistance à la corrosion**

Le test du brouillard salin consiste à vaporiser une solution d'eau et de sel (Na Cl) sur les pièces jusqu'à apparition de la rouille rouge.

### **V. Système de peintures Anticorrosion :**

Les utilisateurs de peintures songent trop souvent à n'appliquer qu'une seule couche de peinture, et cela pour des raisons de méconnaissance ou pour des raisons d'économie. En réalité un système de peintures est composé de deux à trois peintures différentes, même parfois de produits différents est nécessaire si non obligatoire, pour obtenir des propriétés et l'effet désiré.

Un système de peinture s'applique dans un ordre déterminé tout en respectant les délais de recouvrement qui se compose de :

#### **V.1 Convertisseur de rouille :**

Un convertisseur de rouille est un produit destiné à être appliqué sur des éléments en fer ou en alliage ferreux et qui transforme la rouille dont ils sont atteints en un composé plus résistant et formant une barrière protectrice [2].

#### **V.2 Couche de primaire :**

Avant de peindre un ouvrage métallique intérieur ou extérieur, il faut s'assurer que le support est bien apte à recevoir une peinture d'accrochage. On utilise pour cela un primaire anticorrosion de protection au préalable. Cet apprêt antirouille doit avoir un film assez liquide pour s'appliquer en faible épaisseur afin de créer les conditions d'accroche favorables pour garantir la parfaite adhérence de la peinture de finition définitive [3].

#### **V.3 Couche de finition :**

Les couches de finitions donnent l'aspect et la couleur désirés, tout en ayant les propriétés nécessaires pour résister aux conditions d'expositions spécifiques (contraintes mécaniques et conditions atmosphériques). Pour ce faire, il faut veiller à ce qu'il y ait une bonne compatibilité entre les différentes couches du système pour éviter tout risque de détrempe et de mauvaise adhérence inter couches. Elles apportent de l'épaisseur au système et le renforcent [1].

### **VI. Les différents systèmes de peintures anticorrosion :**

La nature du liant détermine les propriétés anticorrosion de la peinture, et le choix est fait en fonction des qualités requises.

Parmi les principaux liants utilisés dans les peintures anticorrosion nous citons :

#### VI.1 Les résines acryliques :

Sont des substances macromoléculaires obtenues par synthèse. Ces résines synthétiques résultent de la polymérisation ou de la copolymérisation de divers monomères acryliques ou méthacryliques, avec souvent d'autres monomères pouvant être différents. Elles se divisent en 4 groupes principaux. Les résines thermoplastiques, les résines thermoréticulables, les résines acryliques hydroxylées et les résines pour peintures à haut extrait sec.

Elles peuvent être solubles dans des solvants ou se retrouver sous forme de dispersions aqueuses selon les différents types de résines rencontrées. D'une façon générale, ces résines se caractérisent par une très bonne résistance au soleil, aux ultraviolets et au jaunissement. Elles offrent une excellente transparence et une grande tenue face aux intempéries [3].

#### VI.2 Les résines alkydes :

Les résines **alkydes** ou utilisées comme liants dans le domaine des peintures et vernis. Ce sont des polyesters saturés tridimensionnels modifiés (améliorés) par addition d'acides gras à longues chaînes (sous la forme de triglycérides) et d'autres ingrédients (tels la colophane, pour augmenter la flexibilité, et les résines aminoplastes). Le terme « alkyde » provient de la contraction des mots alcohol et acid.

**Références :**

[1] F. Bourabia et F. Djema, *conception d'une peinture anticorrosion en polyuréthane bi-composant*, mémoire d'ingénieur d'état; Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene , 2009.

[2] Mémoire de Master, Université Ibn Tofail , Maroc.2017

[3] Peindre avec primaire antirouille ou anticorrosion [en ligne] disponible à l'adresse <<<http://www.metaltop.fr/content/65-conseil-primaire-antirouille>>>

# *Chapitre IV*

*Partie*  
*Expérimentale*

**Objectif :**

Ce chapitre Nous permettra de présenter l'aspect expérimental, et d'étudier en premier lieu :

- Le traitement chimique convenable par les convertisseurs de rouilles et d'optimiser la concentration de la solution de l'acide tannique qui est notre cas d'étude, et voir son influence sur les performances de métal.
- En seconde partie nous nous intéresserons aux moyens de protection, pour cela nous allons présenter et faire comparaison entre deux systèmes de revêtement anticorrosion en émulsion, un ensemble de formules développées, et tester leurs efficacités de fournir une protection dans un milieu agressif.

Le test accéléré de corrosion alternatif au brouillard salin évalue la performance de la résistance à la corrosion des métaux et les systèmes de revêtement préconisé.

**I. Extraction de l'acide tannique à partir des noix et des coquilles de gland de chêne :**

La macération est une opération qui consiste à laisser le matériau végétal en contact prolongé avec un solvant pour extraire les principes actifs.

Nous avons suivi le procédé de macération pour l'extraction de l'acide tannique à partir des coquilles et des noix des glands de chêne broyée selon le mode opératoire suivant:

**I.1 Macération :**

Une quantité de 30 g de poudre végétale à été introduite dans un ballon contenant 200 ml de méthanol. L'ensemble a subi une agitation pendant 24 h à température ambiante et a l'abri de la lumière.



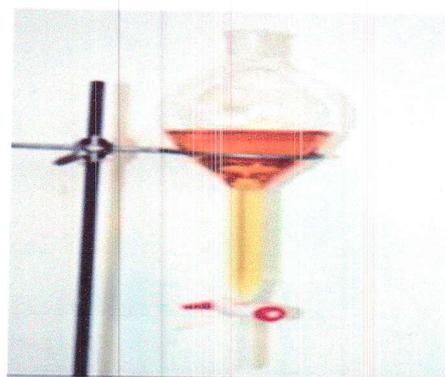
**Figure .IV.1:** broyage des noix de gland de chêne

### I.2 Filtration :

Après macération, la solution obtenue est filtrée à l'aide du papier filtre. Le filtrat ainsi obtenu a été extrait avec 50 ml de cyclohexane pour la dilapidation. Le mélange a été par la suite décanté pour recueillir la phase méthanoïque.



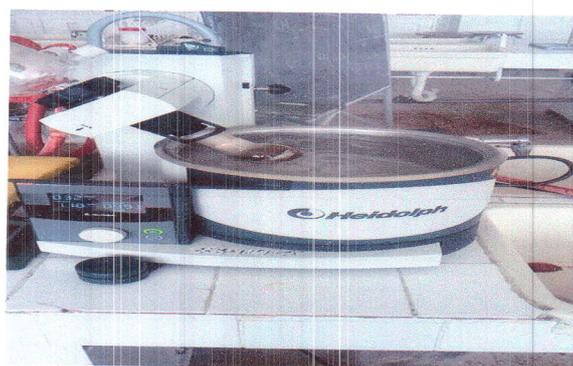
**Figure. IV. 2 : Filtration des noix et des coquille glande de chêne.**



**Figure. IV. 3 : Décantation.**

### I.3 Evaporation :

La phase organique a été évaporée à l'aide d'un rota vapeur puis séchée dans l'étuve à faible température 64.5 °C jusqu'à une totale évaporation.



**Figure. IV. 4 : rota vapeur**

Après l'évaporation totale des deux extraits secs, les extraits ont été récupérés puis pesés.

Le protocole expérimental est résumé dans le schéma suivant :

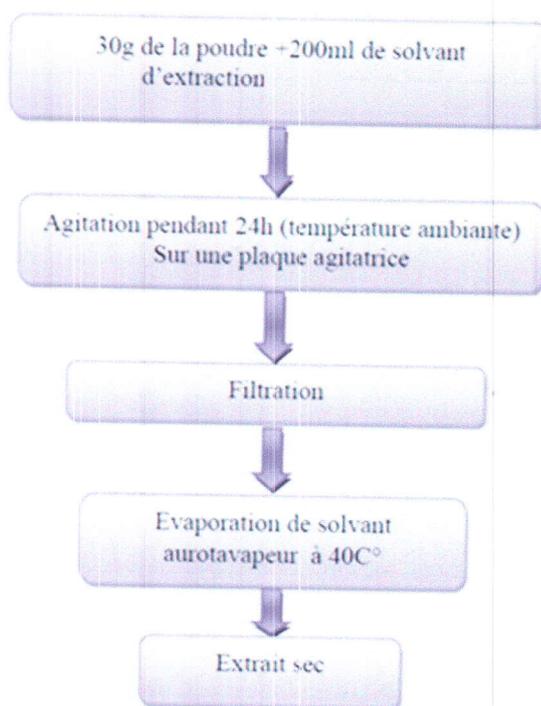


Figure. IV.5 : Protocole d'extraction

#### I.4 Caractérisation :

##### a- point de fusion :

- Pour l'extrait de la noix de gland de chêne : 210 C°, (Litt 210 C°)
- Pour l'extrait de la coquille de gland de chêne : 212 C° (Litt 210 C°)

##### • Calcule de :

##### a- la Masse obtenue :

- Pour l'extrait de la noix de gland de chêne : 0.4 g
- Pour l'extrait de la coquille de gland de chêne : 0.07 g
- 

##### b- le Rendement de l'extraction:

Le rendement de l'extraction de l'acide tannique est calculé par la formule suivante :

$$R (\%) = (M_{\text{ext}}/M_{\text{éch}}) \times 100$$

- R est le rendement en %
- $M_{\text{ext}}$  est la masse de l'extrait après évaporation du solvant en mg

- $M_{\text{éch}}$  est la masse sèche de l'échantillon végétal en mg

Les résultats obtenus des deux extraits sont reportés dans le tableau suivant :

**Tableau IV. 1 : Résultats obtenus des deux extraits**

Désignation	Masse végétale de départ	masse de l'extrait	rendement	Point de fusion
noix de chêne	30 g	0.4 g	13%	210 C°
coquilles de chêne	30 g	0.07 g	2%	212 C°

D'après les résultats obtenus, nous avons constaté que les noix de chêne donnent le meilleur rendement d'extraction avec un point de fusion plus proche que celui de la littérature.

### I.5 Caractérisation par chromatographie sur couche mince (CCM) :

La chromatographie sur couche mince est une technique de séparation. Elle est couramment utilisée pour séparer des composants ou de purification. Elle repose principalement les deux phénomènes d'adsorption : la phase mobile est un solvant ou un mélange de solvant, qui progresse le long d'une phase stationnaire fixée sur une plaque de verre ou sur une plaque d'aluminium ou de plastique.

- **Rapport frontal** : Le rapport frontal ( $R_f$ ) ou facteur de rétention d'un composé est le rapport de la distance ligne de dépôt-composé sur la distance ligne de dépôt-front de solvant. Il est compris entre 0 et 1, et est caractéristique du composé, du matériau de la plaque et du système d'éluant.
- **Calcul de  $R_f$  (rapport frontal) :**

$$R_f = d_i/d_s$$

$d_i$  : distance parcourue par le composé mesurée au centre de la tache

$d_s$  : distance parcourue par le front du solvant

Nous avons réalisé une chromatographie sur couche mince des deux extraits avec l'acide tannique commercial (pour comparaison). Pour cela nous avons utilisé plusieurs

systèmes de dilution de polarité différente, et nous avons trouvé que l'acétate d'éthyle est le meilleur solvant.

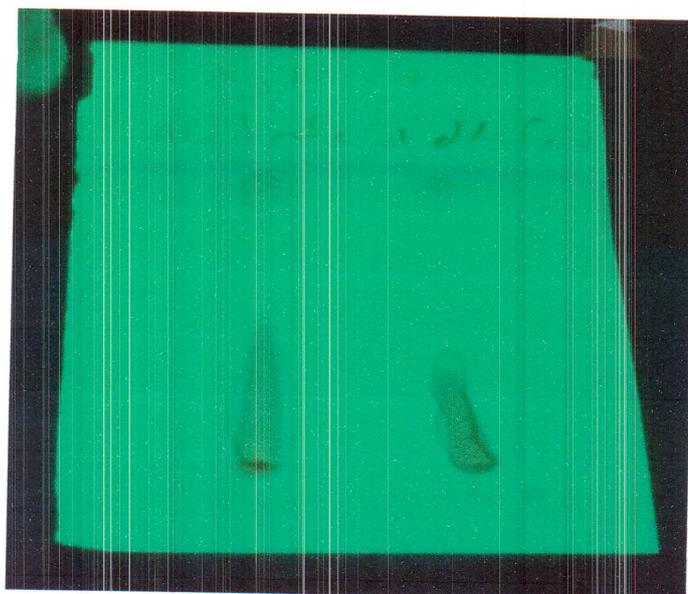
Les résultats de la chromatographie sur couche mince de nos extraits sont résumés dans le tableau ci-dessous. Il s'agit des informations sur les rapports frontaux ( $R_f$ ), leur comportement à la lumière UV (à 254 nm et à l'œil nu) et leur coloration après révélation.

**Tableau IV. 2 : Les résultats de la chromatographie sur couche mince des extraits**

	Nombre de taches	$R_f$	Couleur de taches
Extrait de noix de chêne	2	0.16	Marron
		0.90	Marron
Extrait de coquilles de chêne	3	0.27	Marron
		0.87	Marron
		0.90	
L'acide tannique	2	0.16	Marron
		0.90	Marron

La CCM obtenue après révélation montre clairement que l'extrait des noix de chêne présente les mêmes taches dont les mêmes rapports frontaux que celles de l'acide tannique commercial. Par contre l'extrait des coquilles présentes trois taches dont deux sont similaires à celles de l'acide tannique commercial.

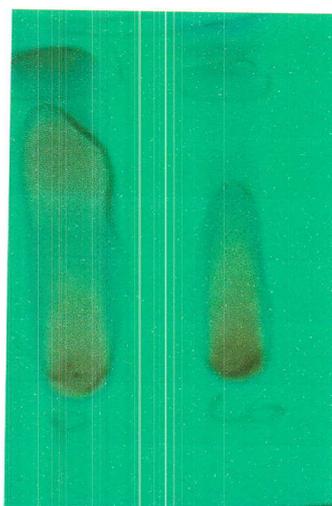
Les résultats obtenus montrent clairement que l'extrait des noix de chêne contient un seul produit qui est l'acide tannique, par contre l'extrait des coquilles de chêne contient l'acide tannique avec d'autres impuretés.



**Figure. IV.5 : CCM de l'extrait des noix de chêne et l'acide tannique commercial**

1 : l'extrait des noix de chêne

2 : l'acide tannique



**Figure. IV. 6 : CCM de l'extrait des noix et de coquilles de chêne.**

1 : l'extrait des noix de chêne

2 : l'extrait des coquilles de chêne

## II. Formulation d'une Solution de l'acide Tannique :

### II.1 Préparation d'une solution de l'acide Tannique :

L'acide tannique se présente sous forme d'une poudre légère. Sa couleur va du brun au brun doré, selon le degré de raffinement du produit et le fabricant. Comme il n'a pas de composition fixe, sa qualité varie considérablement d'une marque de commerce à l'autre.

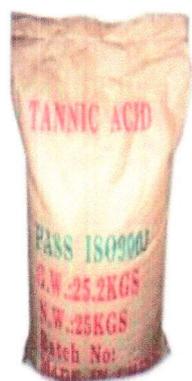
L'acide tannique sous forme de poudre extraite de diverses plantes supérieures.

La préparation des solutions est l'un des actes majeurs de la chimie, elle demande beaucoup de précaution. Comme tout produit chimique concentré, l'acide tannique constitue un risque pour la santé et de ce fait il est recommandé d'éviter l'inhalation de la poudre et tout contact avec la peau. Porter un masque anti poussières durant la pesée ou la préparation de la poudre sèche. Pour des raisons pratiques, il est recommandé de préparer une solution d'acide tannique à 10 % et d'en utiliser au besoin, soit telle ou diluée. Pour réduire le risque de moisissure, conserver la solution à 10 % au réfrigérateur.

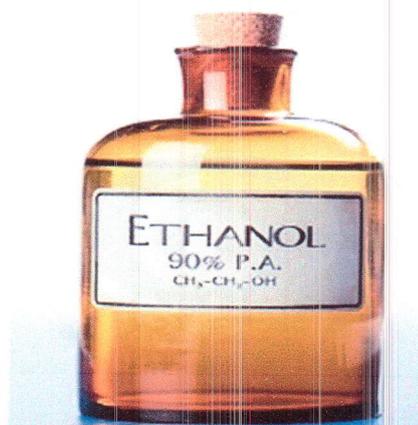
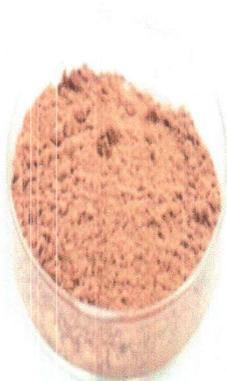
### II.2 Préparation d'un litre de solution tannique10 :

Pour la Préparation d'un litre de solution d'acide tannique il faut:

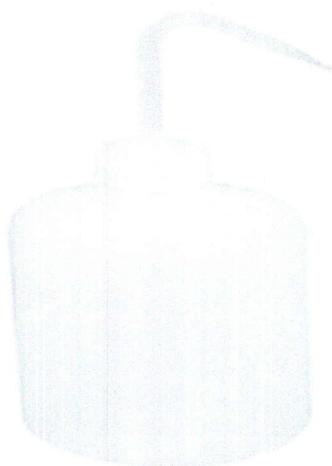
- 100 g d'acide tannique;
- 900 ml d'eau dé ionisée ou distillée;
- 50 ml d'éthanol.
- 2 à 3 gouttes d'acide phosphorique.[8]



Acide tannique



Ethanol



L'eau distillée

- **Remarques concernant les ingrédients :**

- Utiliser de l'eau distillée. En effet, l'eau du robinet peut contenir des ions chlorure et autres sels dissous qui favorisent la corrosion du fer.
- L'éthanol sert d'agent mouillant qui accroît la pénétration de la solution dans les couches de corrosion poreuses d'une surface de fer corrodé. Ce qui assure la transformation idéale de la rouille.



Ce mécanisme de précipitation de complexe de phosphate de fer est proposé par (Afidah A. Rahim et Jain Kassim, 2)

### II.3 Matériels nécessaires :

1. une balance.
2. un récipient en verre à l'épreuve de la chaleur, d'une capacité d'au moins 1,5 litre.
3. une cuillère ou une tige à mélanger;
4. un compte-gouttes.
5. du papier indicateur de pH.

6. un appareil de mesure gradué en millilitres (ex: un cylindre gradué).
7. des gants.
8. un masque anti-poussières.
9. une plaque chauffante

#### ❖ Mélange de la solution

- Mesurer et mélanger 800 ml d'eau dé ionisée ou distillée et 50 ml d'éthanol
- Dans un récipient en verre. Les récipients en plastique sont à éviter, car ils ne peuvent être chauffés.
- Enfiler des gants et mettre un masque anti-poussière. Peser en suite l'acide tannique.
- En remuant constamment le liquide, verser progressivement 100 g d'acide tannique à la solution d'eau et d'éthanol. La solution peut être chauffée au bain-marie pour faciliter la dissolution sur une plaque chauffante. Lorsque l'acide tannique est dissous, ajouter suffisamment d'eau désionisée ou distillée (environ 100 ml) pour obtenir un volume total de 1 litre[8].

#### II.4 Dilution de la solution mère de l'acide tannique :

Pour obtenir un revêtement uniforme de tannâtes de fer, il est préférable d'appliquer plusieurs couches d'une solution diluée d'acide tannique plutôt qu'une seule couche d'acide concentré. La solution d'acide tannique à 10 % susmentionnée est trop concentrée pour donner de bons résultats. Dans la plupart des cas, il faut la ramener à 2 ou 3 %. Pour une dilution facile, mélanger la solution à 10 % à parts égales avec de l'eau distillée, ce qui produit une solution à 5 %. Au besoin, diluer de nouveau la solution à 5 % de la même façon. Il en résultera une solution à 2,5 %.

#### II.5 Formulation d'un convertisseur de rouille :

Une formule typique d'un convertisseur de rouille contient une solution aqueuse de l'acide tannique, lequel réagit avec la rouille pour former un tannâtes ferrique de couleur bleu/ noir et un liant à l'eau qui consolide la surface corrodée. Généralement un convertisseur de rouille est constitué par :

Tableau. II.2 : constituants d'un convertisseur de rouille

Les ingrédients	Leur rôle principal	La quantité
Acide tannique	Former un complexe organométallique le tannâtes de fer	5-15%
Agent mouillant	Pour assuré la pénétration de la solution dans les couches de corrosion les plus profondes et dans tous les interstices d'une surface de fer corrodé. Ce qui assure la transformation idéale de la rouille.	0-15%
Solvant (l'eau)	Rentre le filmogène assez fluide pour s'étaler facilement sur le support . Dissoudre le liant et de le mettre sous une forme liquide	Balance

Des fois en ajoutant un agent de coalescence qui sert à bien liée entre les composants d'un convertisseur de rouille.

### II.6 Mode d'application :

Le stabilisateur de rouille est un liquide et pour avoir une grande homogénéité il faut Agiter vigoureusement le produit avant utilisation et transvaser si besoin la quantité nécessaire dans un récipient en plastique. Concernant l'outil d'Application, le convertisseur est appliqué tout simplement avec un pinceau à poils durs, au rouleau ou éventuellement en pulvérisation, au pistolet à peinture, pour avoir un traitement régulière sur la surface à traiter [8].

### III. Application :

#### III.1 Dillution d'une solution de l'acide tannique :

##### a- Appareillage :

- Balance de précision
- Plaque chauffante
- Agitateur magnétique
- Bêchers
- Papier filtre

#### III.2 Préparation de la solution de l'acide tannique à 10% :

1 g d'acide tannique a été dissout dans 9 ml d'eau distillé. La solution a été chauffée à 60 C° sous agitation continue (80 tour/min) jusqu'à la dissolution complète de la poudre. La solution a été refroidie à température ambiante.

Quatre solutions ont été préparées à différentes concentration (10%, 5%, 2.5%, 1.25%)

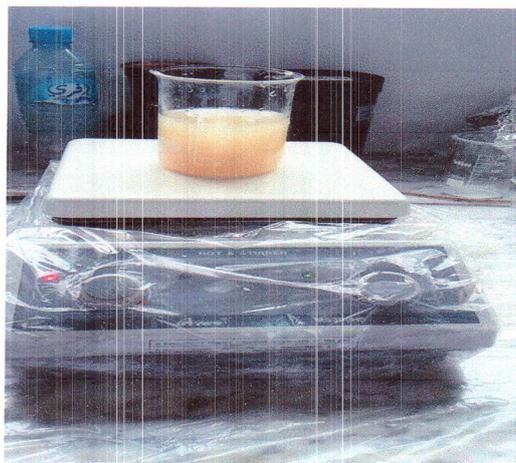


Figure. IV. 7 : Dissolution de l'acide tannique

#### III.2.1 Le choix de la concentration optimale de l'acide tannique pour la Formation de complexe de tannâtes de fer

Dans cette partie, nous avons choisi d'étudier la concentration optimale de l'acide tannique en gardant les autres facteurs constants, afin de produire une solution qui réagit efficacement avec la rouille, et tout cela dans le but de former le tannâtes de fer qui protège mieux les pièces métallique ferrique.

**Tableau IV. 3: Les différentes concentrations de la solution d'acide tannique :**

<b>Solution d'acide tannique en (%)</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>2.5</b>	<b>1.25</b>
<b>Volume d'eau distillé en ml</b>	<b>9</b>	<b>9.5</b>	<b>9.75</b>	<b>9.875</b>

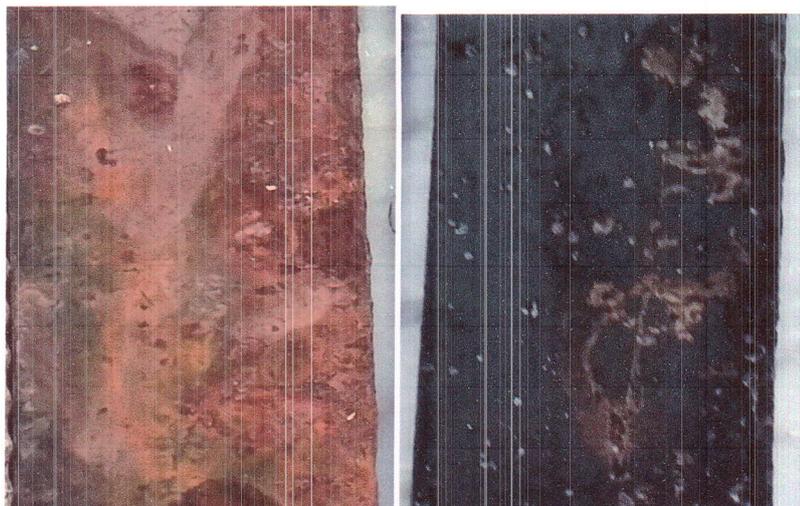
Cette expérience se fait par deux méthodes différentes l'une avec une immersion des plaques ferriques dans la solution préparée jusqu'à obtention de résultat souhaité, et l'autre par pulvérisation de la solution sur la plaque avec un faible décapage à l'aide d'une brosse métallique.

### **III.3 Immersion des plaques métallique dans la solution d'acide tannique :**

Après immersion des plaques métalliques rouillées, dans des solutions d'acide tannique à différentes concentrations, on a remarqué la formation d'un film bleu-noir sur les tâches rouillées, ce qui prouve la formation du tannâtes de fer mais a des moments différent. Le résultat le plus accélérer a été obtenu avec une concentration de 10 % de l'acide tannique.

**Tableau IV. 4 : résultats d'immersion des plaques métallique dans la solution d'acide tannique**

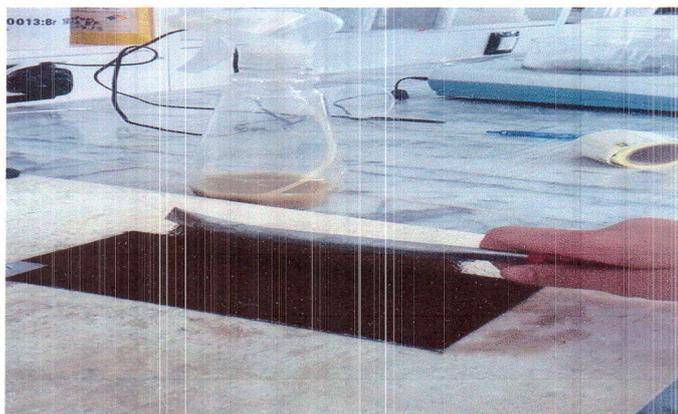
Concentration de l'acide tannique en (%)	10	5	2.5	1.25
Temps nécessaire pour le traitement	1 heure	3 heures	6 heures	12 heures



**Figure. IV. 8 : plaque immergé dans la solution acide tannique concentration 10%  
Avant et après traitement**

#### **IV. Application de la solution d'acide tannique avec décapage sur les plaques métallique :**

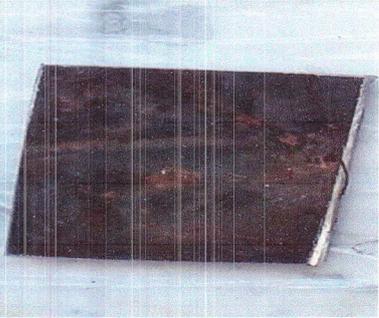
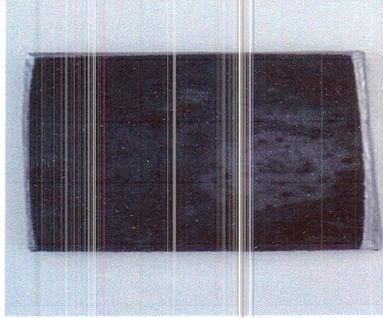
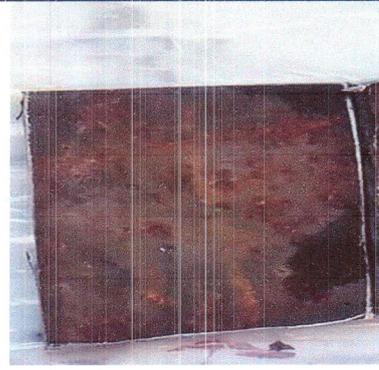
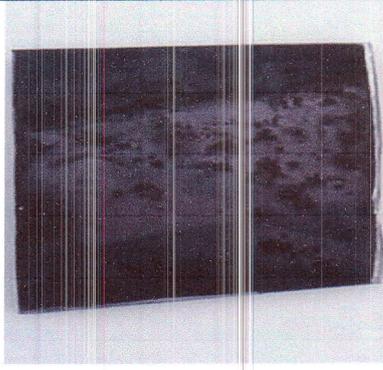
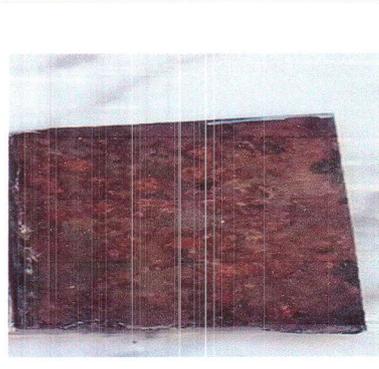
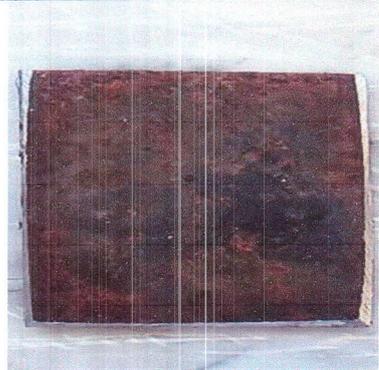
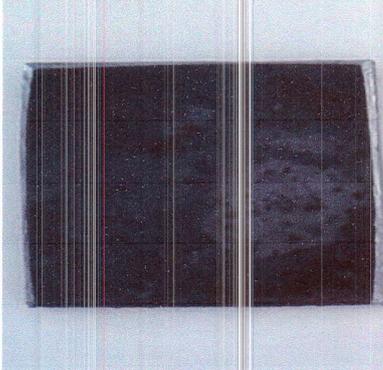
Après pulvérisation de la solution d'acide tannique, on a remarqué une mauvaise répartition des tannâtes de fer sur la surface. qui explique que tous les revêtements n'ont pas pu adhérer sur les surface, et ils ont pu facilement être grattés.



**Figure. IV.9 : Décapage d'une plaque métallique**

Ce phénomène est du à l'acide tannique qui est un composé organique qui possède une taille moléculaire grande se qui donne une mauvaise répartition des tannâtes de fer sur la surface.

**Tableau IV. 5: résultat de formation des tannât de fer par la solution acide tannique à différentes concentrations**

Concentration solution d'acide tannique en (%)	Plaques avant traitement	Plaques après traitement
10		
5		
2.5		
1.25		

Pour avoir un aspect lisse de revêtement nous avons ajouté de l'éthanol qui va jouer le rôle d'un agent mouillant et favorise l'écoulement de la solution et augmente la finesse de revêtement par dissolution du tannates de fer. Il sert aussi à donner une émulsion entre les deux éléments, afin d'avoir une répartition uniforme de la couche protectrice.

L'ajout de l'acide phosphorique est nécessaire, car il permet la pénétration à l'intérieur des plaques rouillées à l'aide de sa faible taille moléculaire et qui règle le PH de la solution.

Le but de l'étape suivante est de montrer comment la réaction de conversion sera affectée par l'ajout de l'éthanol et de l'acide phosphorique, et de trouver la concentration optimale de l'éthanol ajouté pour former une solution efficace pour la protection contre la rouille.

#### IV.1 Le choix de la concentration optimal d'éthanol :

Le but de cette étape est de trouver la concentration optimale de l'éthanol qu'il faut ajouter pour la formation d'une solution efficace pour le traitement de la rouille.

**Tableau IV.6 : Les différentes concentrations de l'éthanol dans la solution d'acide tannique**

<b>Concentration de l'éthanol en (%)</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>2.5</b>	<b>1.25</b>
--	----------	----------	------------	-------------

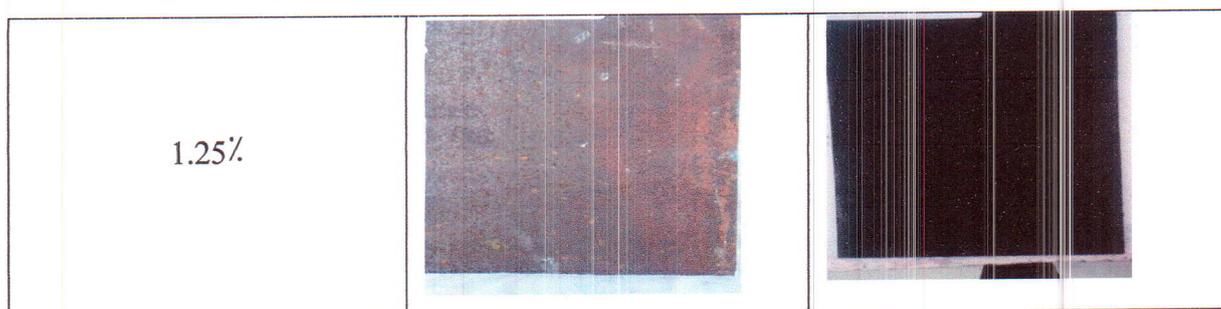
IV.2 Immersion des plaques métallique dans la solution d'acide tannique avec éthanol :



Figure. IV.10 : Plaque immergé dans la solution final à 3%  
Avant et après traitement

Tableau IV.7 : résultat de formation des tannât de fer par la solution d'acide tannique et L'éthanol

Concentration d'acide tannique en (%)	Plaques avant traitement	Plaques après traitement
5%		
3%		
2.5%		



- **Discussion**

Toutes les plaques testées par décapage ou immergées dans les solutions avec différentes concentrations de l'éthanol et l'acide phosphorique sont couvertes avec succès pour toute concentration supérieure à 1.25%, formant des couches plus épaisses de couleur bleu/noir foncé, cela montre que la solution d'acide tannique avec l'éthanol peut modifier le film protecteur, de telle manière que les acides peuvent réagir ensemble et former des complexes qui seront étalés uniformément sur la surface, de plus on remarque que l'adhérence du revêtement à augmenter encore plus, en raison de la formation des complexes du tannate de fer dans les pores les plus profonds de la rouille.

#### V. Revêtement organique :

Il s'agit principalement des peintures et des matières plastiques. Elles doivent posséder un certain nombre de qualités, imperméabilité à l'eau, grande adhérence et stabilité chimique.

Dans notre étude les systèmes de protection qu'on va proposer sont :

##### V.1 Système peinture Alkyde phase eau :

Comme déjà expliqué précédemment (chapitre peinture), une peinture est composée de Liant, Charge, Solvant, Pigment et Additifs.

Dans cette étape, nous avons préparé une série de formules (tableau 8), dans lesquelles nous avons fait varier le taux de liant ainsi que les taux de solvant et de charge dont le système de peinture proposé est un primaire et finition en même temps appliqué en deux couches.

**Tableau IV. 8 : les formulations de la peinture anticorrosion.**

Désignation	Formule1(%)	Formule 2(%)	Formule3 (%)
Liant (résine acrylique)	25	0	0
Liant (résine Alkyde)	25	58	65
Charge (CaCO <sub>3</sub> )	20	10	10
Agent mouillant	0.6	0.6	0.6
Inhibiteur de corrosion	2.5	2.5	2.5
Anti mousse	0.4	0.4	0.4
Agent de Coalescence	0.3	0.13	1
Agent de conservation	0.15	0.15	0.15
Régulateur de PH	0.2	0.2	0.2
Agent rhéologie	0.3	0.3	0.13
Pigment	8	12	14
Eau	17.55	15.92	13.22
Total	100	100	100

Ces formules sont caractérisées par les paramètres suivant :

**Tableau IV. 9 : Résultats des contrôles des différentes formules:**

Désignation	Formule1(%)	Formule 2(%)	Formule3 (%)
Viscosité (Poise)	200	150	170
Densité	1.5	1.20	1.18
PH	8	8	8
Séchage au touché (min)	10	0.6	0.6
Séchage sec	2.5	2.5	2.5
Brillance (%)	25	65	70
Aspect	Mate	Satiné	Brillant
Adhérence	---	+++	---

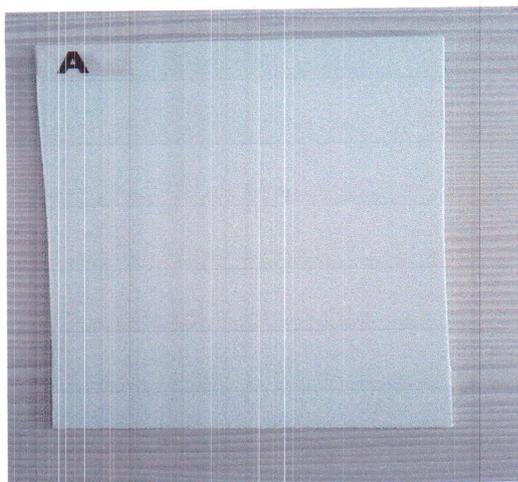


Figure. IV.11: Deux couches finition

### V.2 Système de peinture Acrylique :

Dans cette étape, il est nécessaire d'appliquer successivement deux types de peinture

#### a) Peintures primaires :

Elles sont le plus souvent à base d'inhibiteurs de corrosions, introduites en très petite quantité dans la peinture primaire.

Dans notre procédé nous avons utilisé un primaire anticorrosion acrylique à base de phosphate de zinc. Elle assure une très bonne protection d'une part à cause de leur adhérence et de leur imperméabilité, d'autre part grâce à l'action électrochimique du zinc qui exerce une protection cathodique.

#### b) Peintures de finition :

La peinture de finition sert à protéger la peinture primaire, destinée plus particulièrement à éviter la corrosion, et à donner aux structures métalliques un aspect agréable

Tableau IV. 10 : formules de système acrylique

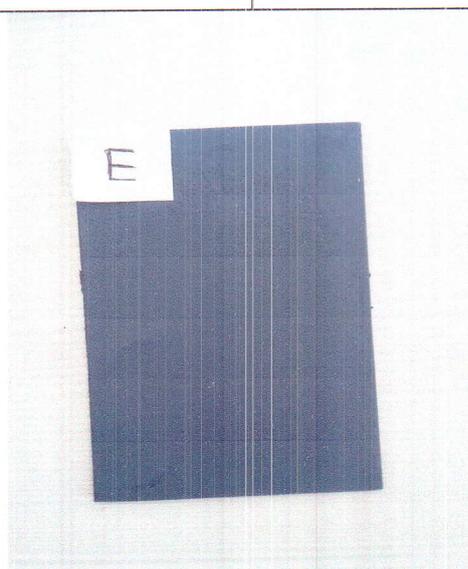
Désignation	Formule (%)	Formule (%)
	D'une peinture primaire	D'une peinture finition
Liant (acrylique)	28.2	/
Liant (alkyde)	/	58
Charge (CaCO <sub>3</sub> )	35	20
Agent mouillant	0.4	0.6
Inhibiteur de corrosion	3	/

Anti mousse	0.4	0.5
Agent Coalescence	2.5	0.3
Agent de conservation	/	0.15
Agent rhéologie	1.5	0.3
Pigment	4	5
Régulateur de PH	/	0.3
Eau	25	14.85
Total	100	100

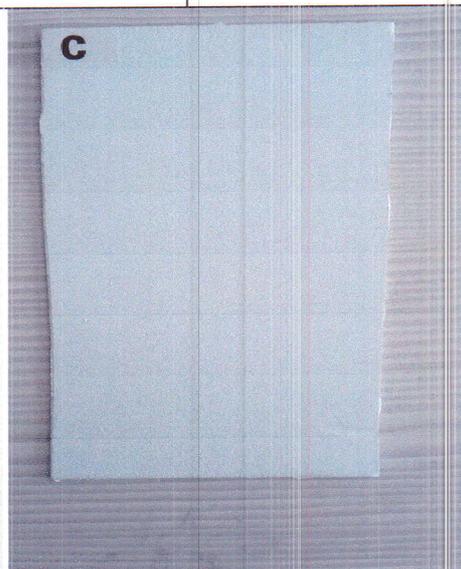
Ces formules sont caractérisées par les paramètres suivant :

**Tableau IV. 11 : les paramètres qui caractérisent les formules de système acrylique**

Désignation	Formule (%)	
	D'une peinture primaire	D'une peinture finition
Viscosité (Poise)	140	170
Densité	1.35	1.18
PH	8	8
Séchage au touché (min)	10	20
Séchage (min)	30	45
Brillance (%)	25	70
Aspect	Mate	Brillant
Adhérence	Bonne	Bonne



**Figure. IV. 12 : Couche primaire**

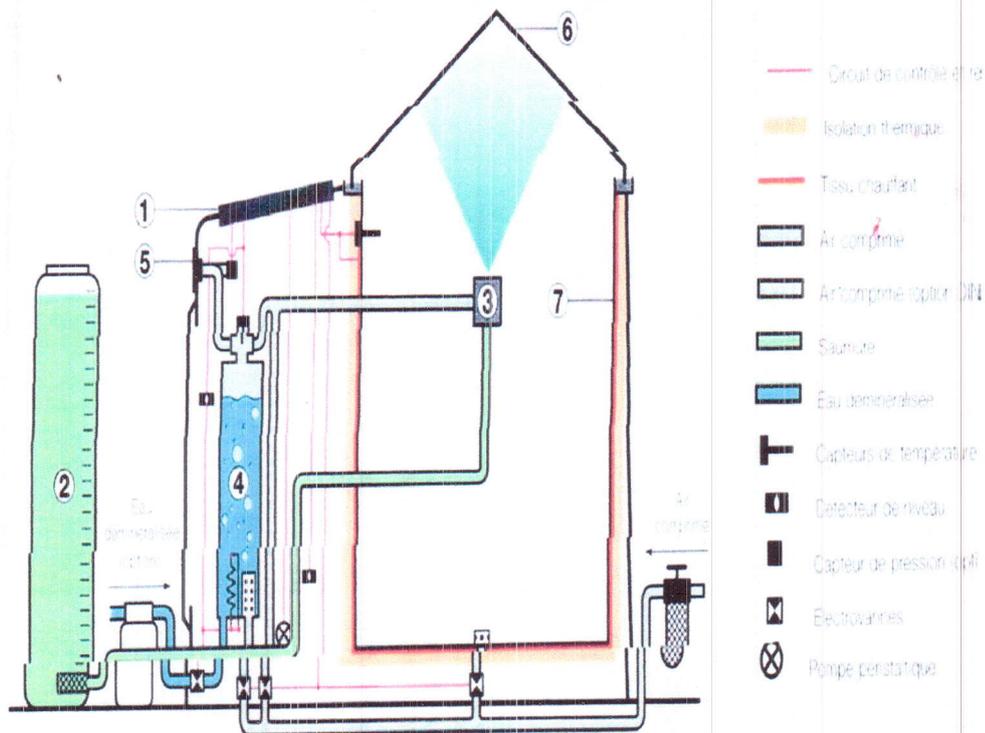


**Figure. IV. 13: Couche finition**

**VI. Test accéléré au brouillard salin :**

Les tests de corrosion accélérée sont essentiels pour le développement et la qualification de nouveaux matériaux, revêtements et traitements de surface. Ainsi, les nouveaux traitements de protection et matériaux doivent être soumis à des essais d'exposition à long terme pour pouvoir établir leurs aptitudes en corrosion et donc leurs applicabilités.

Le brouillard salin suivant la procédure ASTM B117 est l'un des tests accélérés de corrosion, les plus communément utilisés.



**Figure. IV.14 : brouillard salin**

Lors d'un test au brouillard salin avec une solution de Na Cl selon la norme ASTM B117, les paramètres sont fixés de la façon suivante :

**Tableau IV.12 : les normes de brouillard salin pour quelque paramètre.**

Paramètre	Valeur
pH	de 6,5 à 7,2

Concentration en Na Cl de la solution	50 ± 5 g/l
Température intérieure de la chambre	35 °C ± 2 °C
Pression atmosphérique	de 0,7 à 1,4 bar
Débit de solution recueillie (condensats)	de 1 à 2 ml/h

Les résultats après test au brouillard salin sont consignés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau IV. 13 : paramètres de test au brouillard salin**

Désignation	Système Alkyde	Système acrylique phase eau	Témoin (système acrylique sans convertisseur)
Test au brouillard salin (h)	160	340	200

- **Discussion :**

Sur la base des essais réalisés, et au suivi régulier des trois systèmes de revêtement effectué les résultats montrent que, les deux systèmes ont donné une bonne adhérence .

Les tests aux propriétés anticorrosion dans le brouillard salin, révèlent que :

- pour le système alkyde formule 2 on a remarqué, après 160 heures une dégradation du film de peinture, ainsi une présence d'éléments de corrosion au niveau du métal, qui se traduit à l'échelle moléculaire par la destruction du réseau métallique suivant une réaction d'oxydation.

Le système anticorrosion à base des liants Alkyde peut être employé en atmosphère moyennement agressive.

- Le test au brouillard salin pour le système acrylique en phase aqueuse a montré une efficacité et une bonne résistance aux milieux agressifs, car après 340

heures on remarque une attaque sur la couche protectrice du métal, qui explique la bonne tenue aux propriétés anticorrosion.

- Le teste au brouillard salin pour le système acrylique sur des plaques rouillées non traité a montré une faible protection par rapport aux plaque traités.

Le système anticorrosion à base de liant acrylique, a montré une efficacité plus grande contre la corrosion, et l'action du liant se traduit de façon dominante sur les propriétés mécaniques qui conservent le mécanisme anticorrosion.

### Conclusion :

La rouille est le produit indésirable de la corrosion de fer et ses dérivés, car elle provoque des pertes économiques très importantes, de ce fait plusieurs méthodes de protection utilisées pour alléger ce cout.

Ce travail de mémoire de fin d'étude consiste à formuler un convertisseur de rouille composé principalement d'une molécule organique qui est l'acide tannique.

Les résultats de l'extraction de l'acide tannique que nous avons réalisé à partir de noix et coquille de gland de chêne ont montré que les noix de gland de chêne contiennent une quantité importante d'acide tannique par rapport aux coquilles.

Après des séries des expériences , il est ressortit que la rouille peut réagir efficacement avec l'acide tannique pour former une couche protectrice de tannâtes de fer, néanmoins la couche former peut réussir à empêcher la formation d'une nouvelle couche de rouille. Mais, malheureusement l'acide tannique seul n'a aucun influence significatif sur l'adhérence du film sur les matériaux, d'où la nécessité d'introduire un solvant pour diminuer la surface superficielle et augmenter la perméabilité de produit sur les profonds couches de la rouille afin d'avoir une conversion totale et uniforme de la rouille.

Notre choix s'est porté sur l'éthanol comme solvant, et après plusieurs tests nous avons trouvé que la meilleure concentration pour une bonne formulation était 2.5% pour l'éthanol.

D'après les résultats obtenus après traitement des plaques métalliques, nous avons constaté qu'il faut renforcer la protection par un système de peinture. Notre choix s'est porté sur le système acrylique car il donne des résultats satisfaisants.

Le domaine de corrosion reste toujours un sujet d'actualité, et les recherches scientifiques ont encore un but de minimiser le cout et le temps de l'opération