

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة غرداية

N° d'enregistrement

Université de Ghardaïa



كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم هندسة الطرائق

Département de Génie des procédés

Mémoire de fin d'étude, en vue de l'obtention du diplôme

Master

Domaine: Sciences et Technologie.

Filière: Génie des procédés.

Spécialité: Génie chimique.

Thème

**Extraction et l'effet inhibiteur du datura
stramonium**

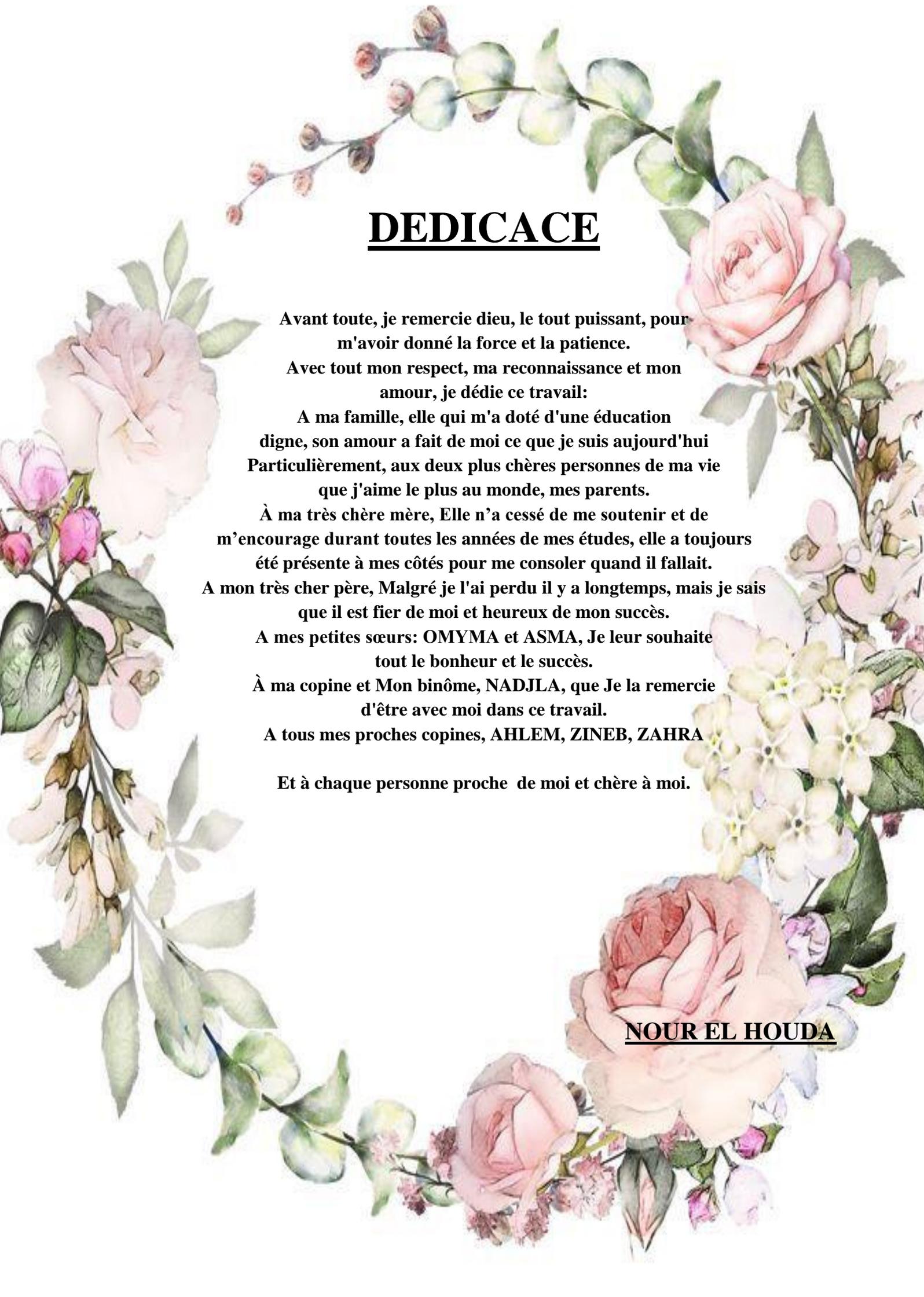
Présenté par :

HAMZA Nour El houda
HAIMOUD Nadjla Leila

Devant le jury composé de:

Khaled MANSOURI	MCB	Université de Ghardaïa	Encadreur
Youcef ADAMOUC	MAA	Université de Ghardaïa	Examinateur
Med Saleh AGGOUN	MAA	Université de Ghardaïa	Examinateur

Année universitaire: 2021/2022.



DEDICACE

**Avant toute, je remercie dieu, le tout puissant, pour
m'avoir donné la force et la patience.**

**Avec tout mon respect, ma reconnaissance et mon
amour, je dédie ce travail:**

**A ma famille, elle qui m'a doté d'une éducation
digne, son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui
Particulièrement, aux deux plus chères personnes de ma vie
que j'aime le plus au monde, mes parents.**

**À ma très chère mère, Elle n'a cessé de me soutenir et de
m'encourager durant toutes les années de mes études, elle a toujours
été présente à mes côtés pour me consoler quand il fallait.**

**A mon très cher père, Malgré je l'ai perdu il y a longtemps, mais je sais
que il est fier de moi et heureux de mon succès.**

**A mes petites sœurs: OMYMA et ASMA, Je leur souhaite
tout le bonheur et le succès.**

**À ma copine et Mon binôme, NADJLA, que Je la remercie
d'être avec moi dans ce travail.**

A tous mes proches copines, AHLEM, ZINEB, ZAHRA

Et à chaque personne proche de moi et chère à moi.

NOUR EL HOUDA



DEDICACE

**Merci ALLAH de me donner la capacité, la force, la bonne santé et ce que je suis
aujourd'hui.**

Je dédie ce mémoire :

**A mes très chères parents ma mère et mon père pour leur amour, leur soutien et leur
encouragement. Aucune dédicace ne peut exprimer l'amour, l'appréciation et le respect
que j'ai pour vous.**

**A ma sœur FERYELLE, mon frère ABD ELKOUROS et Le mari de ma sœur
LAKHDAR**

pour leur soutien moral et leur encouragement.

A ma nièce HIBA qui a contribué à me donner de l'énergie positive et de la joie.

**A mon amie et binôme NOUR EL HOUDA qui m'a aidée dans ce travail, et qui est
devenue**

une des meilleures amies pour sa sincérité tout au long des années universitaires.

**A tous ceux qui ont contribué à ma formation à tous les niveaux d'enseignement et aux
encadrants de toutes mes formations.**

A toute ma famille que Dieu vous accorde joie, bonheur et santé.

A tous ceux qui me sont proches et chers.

NADJLA LEILA

REMERCIEMENTS

Après avoir rendu grâce à Dieu le tout puissant et le Miséricordieux nous tenons à remercier Vivement tous ceux qui, de près ou de loin ont participé à la rédaction de ce Mémoire.

A notre directeur de thèse, Mr MANSOURI Khaled, nous exprimons nos sincères remerciements pour avoir dirigé notre thèse avec beaucoup de patience et parce que vous n'avez cessé de croire en nous, et nous tenons à vous remercier pour votre encadrement, votre présence, votre aide, votre gentillesse, votre rigueur scientifique, vos conseils, encouragement et soutien pour nous dans les moments difficiles qui nous ont permis de réussir.

Nous exprimons nos remerciements à tous les responsables au niveau universitaire et au niveau de Faculté et en particulier à la responsable du département de Génie des procédés Mme HELLALI Naima pour ses efforts et son soutien, et aussi aux enseignants du département de Génie Des Procédés.

À l'université de Ghardaïa pour les efforts et les informations qui nous ont données durant notre étude.

On remercie également tous nos amis et la promotion du Master génie chimique 2021/2022.

Enfin, on tient à exprimer nos gratitudes éternelles à nos familles, parents, frères, tous par leur nom, pour leur patience et leur soutien illimité au cours de nos années scolaires dans les difficiles.

Liste des Tableaux

N° de Tableau	Titre des Tableau	N° de Page
Chapitre I		
Tableau01	Différentes classification de datura stramonium	11
Tableau02	Différentes nomenclateurs de datura stramonium	14
Chapitre II		
Tableau01	Les principaux facteurs de la corrosion	21
Chapitre IV		
Tableau01	Caractéristique de l'inhibiteur.	44
Tableau02	les compositions chimiques de l'acier au carbone X70.	51/52
Tableau03	Matériels et produits utilisé.	55/56
Tableau04	Mesure de surface d'acier X70 avant et après la corrosion.	57
Tableau05	Les résultats d'acier X70 après 20 minutes d'immersion.	59
Tableau06	Résultat de la perte de masse d'acier X70.	59
Tableau07	Résultat de la vitesse de corrosion d'acier X70.	60
Tableau08	Résultat de rendement de la corrosion.	61

Liste des Figures

N° de Figure	Titre des figures	N° de Page
Chapitre I		
Figure01	Datura stramonium.	09
Figure02	Différentes partie de datura stramonium.	10
Figure03	Structure chimique de corrosion.	12
Figure04	Structure chimique de la mescaline.	12
Figure05	Structure chimique de la caféine.	14
Figure06	Montage de hydro- distillation.	15
Chapitre II		
Figure01	Exemple de corrosion chimique.	22
Figure02	Corrosion uniforme et corrosion localisée.	23
Figure03	la corrosion uniforme dans une pipe de transport.	23
Figure04	Corrosion par piqures.	24
Figure05	Corrosion galvanique.	24
Figure06	Corrosion-érosion.	25
Figure07	Corrosion caverneuse.	25
Figure08	Corrosion sélective.	26
Figure09	Corrosion sous contrainte d'un assemblage en acier allié soudé.	26
Figure10	Corrosion inter granulaire dans un tube d'aluminium.	27
Chapitre III		
Figure01	Schéma de classement des inhibiteurs de corrosion.	32
Figure02	Cellule électrochimique à trois électrodes.	38
Figure03	Electrode de travail	38
Figure04	Electrode de référence travail.	39
Figure05	Electrode d'auxiliaire travail.	39

Liste des Figures

Chapitre IV		
Figure01	Grphe des différences de masse en fonction de pourcentage d'inhibiteur.	60
Figure02	Grphe de la vitesse de corrosion d'acier X70 après 20 minutes d'immersion en	61
Figure03	Grphe de rendement en fonction des pourcentages d'inhibiteurs.	62

Liste des photos

Chapitre I		
Photo01	Plante de datura stramonium.	11
Chapitre IV		
Photo 01	Préparation d'une solution de HCl 1M.	44
Photo 02	L'étape de l'obtention des graines de DATURA STRAMONIUM.	45
Photo 03	L'étape de nettoyage et de tamisage.	46
Photo 04	L'étape de séchage naturelle à l'aire libre.	46
Photo 05	Nettoyage d'échantillon.	47
Photo 06	Séchage artificiel d'échantillon dans l'étuve.	47
Photo 07	Peser les échantillons dans la balance électrique.	48
Photo 08	Chauffage de l'eau distillée dans un Agitateur Magnétique Chauffant.	48
Photo 09	Montage à reflux.	49
Photo 10	L'extrait obtenu de montage à reflux.	49
Photo 11	Filtration d'extrait de DAYURA STRAMONIUM.	50
Photo 12	Les essais de la perte de masse à partir de ces milieux différents.	51
Photo 13	Scie à ruban.	52
Photo 14	Fraiseuse.	53
Photo 15	Polisseuse à chaude.	53
Photo 16	Polisseuse à froid.	54
Photo 17	Polissage manuelle.	55
Photo 18	L'acier X70 après le polissage manuel.	55
Photo 19	Pied à coulisse.	57
Photo 20	L'échantillon dans un milieu corrosif.	58
Photo 21	L'échantillon avec l'inhibiteur (après 20 minutes d'immersion).	58

Liste des Abréviations

Abréviation	
Ph	Potentiel hydrogène.
CSCM	Corrosion sous contrainte mécanique.
NACE	la Nomenclature statistique des Activités économiques dans la Communauté.
PNB	Produit national brut.
SCE	Courant stationnaire.
SIE	La spectroscopie d'impédance électrochimique.
WE	Electrode de Travail.
CE	Contre électrodes
RE	Electrode de référence.
HCl	Acide chlorhydrique.
St	stem (Tige)
Lf	leaf (Feuilles)
Fl	flower (Fleurs)
Fr	Fruit (Fruite)
Sd	Seed (Grains)
Nomenclateur	
M	Molarité.
°C	Degré Celsius.
Min	Minutes.
Cm	Centimètre.
Mm	Millimètre.

Liste des Abréviations

G	Gramme.
Δm	Différence de masse.
P	Pression.
m_1	Masse 1.
m_2	Masse 2.
S	Surface.
T	Temps.
V_0	la valeur de la vitesse de corrosion en absence de l'inhibiteur.
V	la valeur de la vitesse de corrosion en présence de l'inhibiteur
D	Densité.
P	pureté
M	Masse molaire.
C	Concentration.
L	Litre.
Mol	Mole.
V	Volume.
H	Heurs.
ml	Millilitre.

Liste des Abréviations

L	Longueur.
D	Largeur.
H	Hauteur.
V	Vitesse de corrosion.
R	Rendement.
D	Densité de l'acier

Résumé/الملخص/Abstract

Résumé:

Dans se travaille nous avons étudié l'efficacité de l'effet inhibitrice d'un extrait des grains d'un plante médicinale, cette plante c'est été le datura stramonium.

L'extraction des grains est faite par la méthode de Rectification (Distillation avec Reflux), L'extrait est utilisé comme inhibiteurs de corrosion d'acier X70.

L'étude a été réalisé dans un milieu corrosif d'HCl 1 M, les mesures ont été réalisées par la méthode de la perte de masse, selon la méthode que nous avons utilisé, l'ensemble des résultats montrent que l'extrait des grains de datura stramonium à un effet inhibitrice.

Les mots clé : inhibiteur, Distillation avec Reflux, corrosion, la perte de masse et extrait de datura stramonium.

الملخص:

درسنا في هذا العمل فعالية التأثير التثبيطي لمستخلص بذور نبات طبي، وكان هذا النبات datura stramonium يتم استخلاص الحبوب بطريقة التصحيح (التقطير بالارتجاع)، ويستخدم المستخلص كمثبطات تآكل لصلب X70.

أجريت الدراسة في وسط تآكل قدره 1 مولار من حمض الهيدروكلوريك، وأجريت القياسات بطريقة فقدان الكتلة وفقاً للطريقة التي استخدمناها، وأظهرت جميع النتائج أن مستخلص حبيبات datura stramonium له تأثير مثبط.

الكلمات المفتاحية: المانع، التقطير بالارتجاع، التآكل، فقدان الكتلة وخالصة datura stramonium.

Abstract:

In this work we studied the effectiveness of the inhibitory effect of an extract of the seeds of a medicinal plant, this plant was datura stramonium.

The extraction of the grains is done by the Rectification method (Distillation with Reflux), the extract is used as corrosion inhibitors of X70 steel.

The study was carried out in a corrosive medium of 1 M HCl, the measurements were carried out by the mass loss method, according to the method we used, and all the results show that the extract of the grains of datura stramonium has an inhibitory effect.

Key words: inhibitor, Distillation with Reflux, corrosion, the mass loss and datura stramonium extract.

Table des matières

Introduction Générale	
PARTIE 01 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
Chapitre I : Fondamentaux sur les plantes	PAGE
I.1. Généralité sur les plantes médicinales.	05
I.1.1. Historique des plantes médicinales.	05
I.1.2. Définition des plantes médicinales.	05/06
I.1.3. origine des plantes médicinales.	06
I.1.4. Principes actifs des plantes.	06
I.1.4.1. Métabolite secondaires.	06
I.1.5. Séchage des plantes médicinales.	06/07
I.1.6. Mode de préparation des plantes médicinales.	07
I.1.7. Les avantages et les inconvénients des plantes médicinales.	07
I.1.7.1. Les avantages.	07/08
I.1.7.2. Les inconvénients.	08
I.1.8. Domain d'applications des plantes médicinales.	08
I.2. Généralité sur le Datura Stramonium.	08
I.2.1. Etymologie.	08
I.2.2. Définition de la plante Datura Stramonium.	08
I.2.3. Description botanique.	09/10
I.2.4. Origine et Habitat.	10
I.2.5. Principaux caractères d'identification.	10
I.2.6. Classifications (position dans la systématique).	11
I.2.7. La composition chimique de la plante Datura Stramonium.	12/13
I.2.8. La toxicité de la plante Datura Stramonium.	13

Table des matières

I.2.9. L'utilisation de la plante Datura.	13/14
I.2.10. Différentes nomenclatures.	14
I.3. Généralité sur l'extraction.	14
I.3.1. Définition de l'extraction.	14
I.3.2. Techniques d'extraction.	14
I.3.2.1. Extraction par hydro-distillation.	14/15
I.3.2.2. Extraction par solvants.	15
I.3.2.3. L'hydro diffusion.	15
I.3.2.4. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau.	15
I.3.2.5. Extraction par micro-ondes.	16
I.3.2.6. L'extraction par des fluides supercritiques.	16
Bibliographie.	17/19
Chapitre II : Généralité sur la corrosion.	
II.1. Généralité sur la corrosion.	21
II.2. Définition de la corrosion.	21
II.3. Les facteurs de corrosion	21
II.4. Les différents types de la corrosion.	22
II.4.1. Corrosion chimique.	22
II.4.2. Corrosion électrochimique.	22
II.4.3. Corrosion biochimique.	23
II.5. Les différentes formes de corrosion.	23
II.5.1. la corrosion généralisée.	23
II.5.2. La corrosion localisée.	24
II.5.3. La corrosion par piqûres.	24

Table des matières

II.5.4. La corrosion galvanique.	24
II.5.5. Corrosion avec érosion.	25
II.5.6. Corrosion caverneuse.	25
II.5.7. Corrosion sélective.	25/26
II.5.8. Corrosion filiforme.	26
II.5.9. Corrosion sous contrainte mécanique.	26
II.5.10. Corrosion inter granulaire.	26/27
II.5.11. Fragilisation par l'hydrogène.	27
II.6. Les Réactions de corrosion.	27
II.7. Importance économique de la corrosion:	27/28
Bibliographie.	29
Chapitre III : Inhibition de la corrosion.	
III.1. Définition d'un inhibiteur.	31
III.2. Propriété des inhibiteurs.	31
III.3. Domaines d'utilisations.	31
III.4. Les classes d'inhibiteurs de la corrosion.	31/32
III.4.1. selon la formulation des produits.	32/33
III.4.2. Par réaction électrochimique.	33
III.4.3. Par mécanisme réactionnel.	33/34
III.4.4. Selon le domaine d'application.	34
III.5. Mode d'action d'un inhibiteur	35
III.6. Facteurs influents sur le taux de corrosion.	35
III.6.1. la température.	35
III.6.2. Les sels contenus dans la solution.	35

Table des matières

III.6.3. Influence du PH.	35
III.6.4. Influence de la teneur en CO ₂ .	35
III.7. Structure moléculaire des inhibiteurs.	36
III.8. Méthodes d'étude des inhibiteurs de corrosion.	36
III.8.1. La méthode de la perte de masse.	36/37
III.8.2. Méthode électrochimique.	37
III.8.2.1. Méthode stationnaire (courbes de polarisation).	37
III.8.2.2. Méthode transitoire (la spectroscopie d'impédance électrochimique).	37
III.8.3. Principe de mesure électrochimique.	38
III.8.3.1. Electrode de travail.	38
III.8.3.2. Electrode de référence.	38/39
III.8.3.3. Electrode auxiliaire (ou contre électrode).	39
Bibliographie.	40
PARTIE 02: ETUDE EXPERIMENTALE.	
Chapitre IV : Méthodes et Procédure expérimentales.	
IV.1. Introduction.	43
IV.2. Procédure expérimentales.	43
IV.3. méthode de la perte de masse.	43
IV.3.1. Les conditions expérimentales de la méthode de la perte de masse.	43
IV.3.1.1. Le milieu corrosif.	43/44
IV.3.1.2. La solution inhibitrice.	44/51
IV.3.1.3. Matériau.	51/52
IV.3.1.4. Préparation d'échantillon et polissage.	52/55
IV.3.1.5. Matériels et produits utilisé.	55/56

Table des matières

IV.3.1.6. Mode opératoire.	56/58
IV.4. Résultat et discussion.	58/62
IV.4.1. Etude de l'efficacité inhibitrice.	58/59
IV.4.2. Les résultats de notre étude sur l'inhibiteur.	59/62
Bibliographie.	63
Conclusion.	65
Recommandation.	67



INTRODUCTION
GÉNÉRALE

Introduction Générale

Introduction Générale:

La corrosion est l'un des principaux problèmes rencontrés par les métaux, et ce problème a pris une grande importance de la part des chercheurs, des scientifiques et des professionnels, et cela est dû à la multiplicité des facteurs qui provoquent la corrosion. La difficulté que rencontrent les chercheurs pour étudier la corrosion est due à la multiplicité de ses types.

La corrosion affecte tous les domaines de l'économie, et le coût de l'érosion est estimé à environ 4 % du PNB qu'il perd indirectement des matières premières et de l'énergie cela rend l'utilisation de mesures protection coûteuses (revêtement, protection cathodique). [1].

Plusieurs études ont montré qu'il ne élimine pas le problème de corrosion, mais plutôt qu'il l'inhibait grâce à des inhibiteurs. Dans notre étude, nous avons testé l'effet inhibiteur d'une plante médicinale appelée « DATURA STRAMONUIM », afin qu'elle ait un effet ou non.

Le travail contient quatre chapitres : le chapitre 01 comprendre des généralités sur les plantes médicinales, le DATURA STRAMONIUM et l'extraction.

Dans le chapitre 02 nous avons étudié la corrosion : définition, les facteurs, les différents types de corrosion, formes de corrosion et réactions de corrosion.

Dans le chapitre 03 Nous avons parlé des inhibiteurs de corrosion en général, nous avons touché les classes d'inhibiteurs de corrosion et les méthodes d'étude des inhibiteurs de corrosion : méthode de perte de masse, la méthode de tafel et les méthodes électro chimiques.

Dernièrement, le chapitre 04 inclus la partie expérimentale Dans notre expérience nous avons utilisé la méthode de perte de masse qui est la plus simple technique pour calculer la vitesse de corrosion et l'efficacité de l'inhibiteur «Extrait de DATURA STRAMONIUM» sur l'acier X70 dans le milieu acide HCl 1M.



PARTIE01:

ETUDE

BIBLIOGRAPHIQ

III



CHAPITRE I:
FONDAMENTAUX
SUR LES PLANTES

I.1. Généralité sur les plantes médicinales:**I.1.1. Historique des plants médicinaux:**

Depuis un temps anciens, les plantes sont utilisées comme une source principale de nourriture par l'homme. En suite elle est développé pour les utiliser comme médicaments et remèdes à fin de soigner les différentes maladies et cela remonte à leur fins thérapeutiques. Malgré tous les efforts des chimistes, mais jusqu'à maintenant, les plantes sont encore destinées à la santé humaine. Dans les pays développés, plus de 25% des médicaments à une source directement ou indirectement des plantes. Avec l'avènement de l'Islam, La botanique a connu un grand essor. Les médecins de la civilisation musulmane, parmi lesquels Abou Ali Ibn Sina, qui nous a laissé un matériel thérapeutique important et cela revenant à leurs travaux, leurs techniques, leurs observations cliniques et leurs expérimentations à dégager les propriétés des plantes [2,3].

I.1.2. Définition des plantes médicinales:

On dite plante ou organisme vivante toute plante s'identifie par des caractéristique morphologiques, à l'origine de la distribution botanique, aussi biochimique, relié à des systèmes de biosynthèses inédites, représentant l'intérêt de l'utilisation des plantes médicinales [4].

Une plante médicinale c'est tout plant contient un ou plusieurs principes actifs, ce dernier valable à prévenir, calmer ou traiter des maladies, Donc en peut dit que les plantes ayants de propriétés curatives [2].

Ces plantes médicinales peuvent pareillement avoir des différentes usages (alimentaires, condimentaires ou hygiéniques). De plus, en dit par un autre terme, les plantes médicinales regroupent l'ensemble des plantes dont au moins un de leurs organes sont utilisés pour leurs traits thérapeutiques. Cette organe peut être des feuilles, de la tige, de l'écorce ou encore des racines qui sont utilisée à des fins curatives [4].

Les plantes médicinales Ce sont des plantes utilisées en médecine traditionnelle [5] et possède une ou des substances pouvant être utilisées à des fins thérapeutiques ou qui sont des précurseurs dans la synthèse de drogues utiles (médicaments) [2].

D'après la Pharmacopée française, les plantes médicinales "sont des drogues végétales au sens de européenne pharmacopée dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses"[4]. L'expression "drogues végétale" signifier un plant ou une partie de plant Utilisé, dans la plupart des cas sous la forme desséchée ou à l'état frais. Une drogue

végétale ou plus généralement, drogue, est une matière première naturelle employée à la fabrication des médicaments [3].

I.1.3. Origine des plantes médicinales:

On distingue deux origines des plantes médicinales, la première c'est été les plantes cultivées et la deuxième c'est les plantes sauvages (spontanées) ou dit "de cueillette"[4].

Les plantes cultivées assurant une quantité suffisante de la matière première et ce dernier a une homogénéité d'aspect et des compositions chimiques. Donc c'est important d'effectuer la culture des plantes dans des meilleures conditions possibles avec prendre en prévenant les races chimiques [4].

En ce qui concerne Les plantes spontanées, bien qu'il représente 60 à 70 % des drogues, mais elle est difficile à cultivée, en plus la inégalité de la valeur médicinale, cela remonte à la varient selon l'origine, le site et les conditions de croissance [4].

I.1.4. Principes actifs des plantes:

I.1.4.1. métabolites secondaires:

Les métabolites secondaires sont des éléments ayant une répartition limitée dans l'organisme de la plante. Ils sont des moyens de défense contre les agressions extérieures. Elle dispose d'un très grand nombre de produits, plus de 200 000 structures spécifiques. Ces molécules elles représentent une grande source potentielle d'agents-thérapeutiques, Et cela remonte à être sélectionnées au cours de développement pour l'interaction qu'elles ont avec un récepteur d'un autre organisme.

Les métabolites secondaires sont classer selon leurs origines biosynthétiques et leurs caractéristiques chimiques en trois groupes majeurs : les alcaloïdes, les composés phénoliques(ou polyphénols) et les terpénoïdes [6].

I.1.5. Séchage des plantes médicinales:

Le bute principale de séchage des plantes c'est pour ne perdent pas leurs qualités médicinales, il faut faire le séchage juste après la récolte. On protège le lieu de séchage, de la poussière, l'humidité, la pluie. Il y a deux conditions pour le processus de séchage, un lieu d'ombres ou dans un endroit protégé contre les rayons solaires, et il doit être appliqué avec la séparation de chaque plante ou une partie de plante. Le séchage dépend de l'air, la teneur en eau de la plante, la température, et de sa structure des tissus. L'intervalle idéal de la température est de [30°C à 40°C], pour les parties grosses des plantes elle doit être plus

élevée. On peut dire que le séchage est terminé, Lorsque les racines, tiges et feuilles se brisent facilement sous la pression du doigt, et que les fruits sont durs [2].

I.1.6. Modes de préparation des plantes médicinales:

Pour une extraction des substances qu'ayant une action spécifique, il faut élaborer des modes ou des méthodologies qui permettent d'effectuer cette opération.

Ces différentes modes sont:

Décoction: elle est basée sur l'ébullition d'une plante ou partie de la Plante, le temps d'ébullition varie selon la plante ou la partie de la plante, Puis laisse la plante macérer pendant un temps et filtré à l'aide d'un papier spécial ou d'une toile à trame fine.

Infusion: l'infusion est le mode de préparation la plus simple, elle consiste à verser de l'eau bouillante sur une quantité déterminée de plante ou partie de plante dans un pot non métallique pendant 10 min à 1 heures. On effectuera le filtrage avant toute l'utilisation.

Macération: quelques herbes ne doivent pas être attachées d'eau Bouillante, parce que la chaleur d'eau leur ferait perdre leurs vertus thérapeutiques. Le principe de cette mode est base sur la macération à froid, l'on place la quantité indiquée de chaque plante dans de l'eau froide pendant 8 à 12 heures, on la réchauffe quelque peu et on conserve la quantité nécessitée pour la journée dans une bouteille thermos que l'on a auparavant rincée à l'eau très chaude.

Jus frais de plantes médicinales: Le jus de fruits est préparé à l'aide d'une centrifugeuse de ménage, qui broie les plantes et les presse en même temps. Remplis dans de petites bouteilles que l'on referme bien, ils se conservent plusieurs mois, lorsqu'on les conserve au réfrigérateur.

Poudre: Elle s'obtient à l'aide d'un broyage de plantes desséchées ou de parties actives à l'aide de moulin ou du mortier. La poudre obtenue servir à la préparation des extrais, ou être délayées dans l'eau ou être mélangée à une nourriture [2].

I.1.7. Les avantages et les inconvénients des plantes médicinales:

I.1.7.1. Les avantages:

L'un des principaux avantages des plantes médicinales, c'est que très peu ou rare de provoquent un effet indésirable. De plus, scientifiquement, est commencer à accepter et mieux compris l'action synergique des nombreux types des constituants.

Plusieurs plantes posséder des effets pratiquement immédiats sur le métabolisme, contrairement à les médicaments synthétisé, qui ayant une action plus direct et plus

spectaculaire et cela remonte à leur formule à être assimilés par l'organisme directement. Et aussi la facilité dans l'assurance de composition exacte et des conditions de conservation [3].

I.1.7.2. Les inconvénients:

Cependant tous les différentes utilisations des plantes dans la coté médicinale, il y a des plantes toxique qui ne sont utilisé sous des formes bien contrôler, et commercialisées strictement dans les pharmacies [3].

I.1.8. Domaine d'applications des plantes médicinales:

Comme nous savons que les herbes à un effet thérapeutique sans des effets secondaires défavorables, et c'est ce qui a fait l'intérêt d'utilisation des plantes médicinales ascendante dans les pays développés comme dans les pays en voie de développement.

- Utilisation en médecines comme un médicament pour l'être humain, par exemple, réduisaient le risque de différentes maladies chronique comme l'asthme, le diabète, le cancer et la dépression chronique.
- Une action antibiotique, une action sur la circulation sanguine et le système nerveux...etc.
- Dans l'alimentation: les boissons, colorants et les composés aromatiques...etc.
- Dans la cosmétique : les produits de beauté, parfums et produits d'hygiène...etc. [3].

I.2. Généralité sur Le Datura Stramonium:

I.2.1. Etymologie:

Il y a deux partie, la premier c'est Le mot datura qui dériver par trois mots, du mot tatorah chez les arabes, de dhatura chez les hindoustanis et tat ou tatula chez les perses qui signifie du piquant, où transformé par les arabes en datura. Concernons la deuxième partie, il est peut être dérivé du mot struma ou stroma qui signifie enflure. C'est le mot stramonium, l'ancien nom générique [7].

I.2.2. Définition de la plante Datura Stramonium:

Le datura stramoine est l'une des plantes annuelle, d'origine Américaine. Cette Solanacée pousse en culture mais aussi dans des habitats perturbés comme les bords de routes ou les berges, Bien qu'il soit capable de se développer sur des sols humides, il préfère les endroits secs et ensoleillés [8].



Figure01: Datura Stramonium [9,10].

I.2.3. Description botanique:

Datura stramonium est une plante à port puissant allant plus de 1mètre de hauteur. C'est une plante annuelle, vigoureuse, herbacée, glabre et dégageant une odeur désagréable [7]. En générale, Dans une plante il y a deux parties: **partie aérienne** et **partie souterraine**.

✚ **Partie aérienne:**

Tige: ronde, glabres, rigides, ramifiées, en tous sens (division dichotomique jusqu'au sommet de la plante) [7,11].

Feuille: faiblement pétiolées 2 à 6 cm, contour triangulaire, ovales, la couler vert-foncée, sinuées-dentées, découpée à fond en lobes inégaux pointus et marquées par des nervures saillantes à la face inférieure, la feuille âgée est pratiquement glabre [7,11].

Fleur: à la bifurcation des branches, s'élèvent solitairement des fleurs tubuleuses, en forme trompette (large de 6 à 10 cm), solitaire à l'aisselle des feuilles ou par deux, à calice tubuleux «4-6 cm», vert très pâle ou violacé, à 5 sépales plissés anguleuses, évasée en entonnoir «6-12 cm», terminé par 5 lobes [7,11].

Fruit: capsule dressée de la taille d'une noix ovale «5 cm», de couler vert, couverte d'épines robustes. Le fruit mûr est de consistance sèche, d'une couleur marron, s'ouvre au sommet par quatre valves et est divisée intérieurement en quatre loges [7,11].

Graine: sont noire, jaune ou marron, de 3 mm de long sur 1 mm de diamètre, réniformes aplaties dont la surface est verruqueuse et finement réticulée ou ponctuée, il y a une conservation de sa faculté germinative en terre très longue (jusqu'à un siècle) [7,10].

✚ Partie souterraine:

Racine: d'une couleur blanchâtre, fusiforme, ramifiée, distribuant plusieurs fibres très long et épais [7,11].

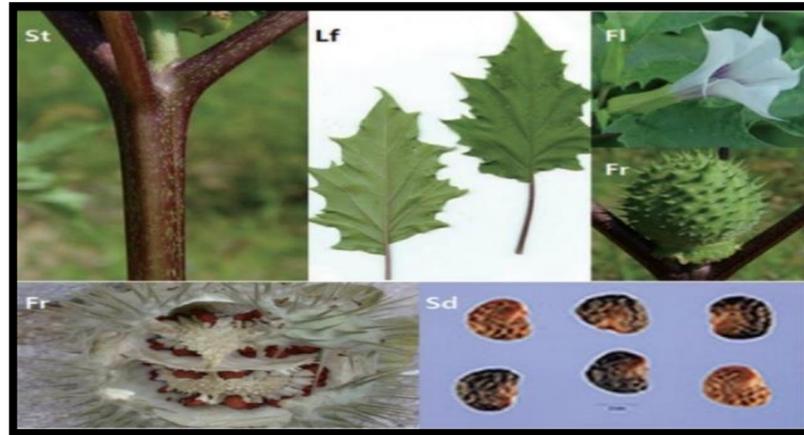


Figure02: Différents parties de datura stramonium [12].

St: stem (Tige); Lf: leaf (Feuilles); Fl: flower (Fleures); Fr: Fruit (Fruite); Sd: Seed (Grains)

I.2.4. Origine et Habitat:

En tant que tous les différentes opinions sur L'origine de plante datura stramonium, mais Il est courant que cette plante est originaire de la zone tropicale de l'Amérique centrale et du sud. Elle a écarté l'Europe à travers l'Espagne, elle s'est propagé ensuite en Afrique du nord et le long de la méditerranée, mais aujourd'hui, à une distribution mondiale, excepté les régions de climat dur, trouve généralement aux bords des chemins et des routes, le long des rives, dans les décombres [9].

Elle est adaptée à toutes les régions dont le climat est totalement chaud et tempéré, par exemple les régions d'Europe et d'Afrique du sud. En fonction du climat, on en retrouve partout de façon variable d'une année à l'autre [7].

I.2.5. Principaux caractères d'identifications:

Pour découvrir la plante datura on cite 4 caractères d'identifications suivantes:

- Longues tiges.
- Des fleurs blanches.
- Fruits verts couvert d'épines.
- Feuilles nauséabondes [13].



Photo 01: Plante de Datura Stramonium.

I.2.6. Classifications (position dans la systématique):

Tableau01: Différents classification de Datura Stramonium [13,7].

Règne: Plantae.
Sous règne: Tracheobionta.
Embranchement: Spermatophyta.
Sous embranchement: Magnoliophyta.
Genre: Datura.
Ordre: Solanales.
Famille: Solanaceae.
Classe: Magnoliopsida.
Sous classe: Asteridae.
Groupe: Euastéridées I.
Espèce: Datura stramonium L.

I.2.7. La composition chimique de la plante Datura Stramonium:**➤ Acide amine et protéine:**

Des études montrent qu'une grande quantité d'acide glutamique se forme aussi des quantités des acides aminés Arginine, Aspartique et Leucine et d'une petite quantité d'acide amine Tryptophane [13].

➤ Les alcaloïdes:

Les alcaloïdes (dérivés des acides aminés) sont des composants chimiques organiques hétérocycliques azotés basiques qui ont une activité pharmacologique. L'alcaloïde c'est l'une des trois groupes de classifications des métabolites secondaires qui est trouvé dans les plantes (les végétaux). On distingue 3 types des alcaloïdes : [15]

- **Les alcaloïdes vrais:** qui présentent au moins un hétérocycle. Exemple: cocaïne $C_{17}H_{21}NO_4$.



Figure03: Structure chimique de cocaïne [16].

- **Les proto-alcaloïdes:** exemple: la mescaline $C_{11}H_{17}NO_3$.

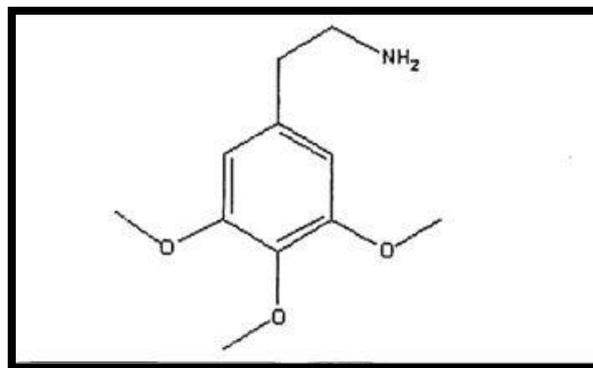


Figure04: Structure chimique de la mescaline [17].

- **Les pseudos alcaloïdes:** qui ne sont pas des dérivés d'acides aminés, exemple: la caféine $C_8H_{10}N_4O_2$.

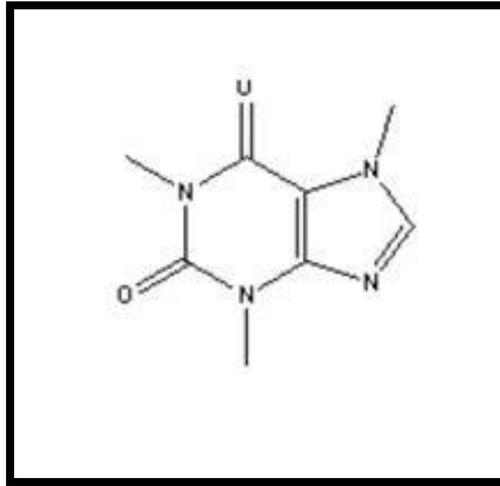


Figure05: Structure chimique de la caféine [15].

➤ **Les tanins:**

Les tanins sont des éléments évidemment phénoliques et des métabolites secondaires qui sont placés dans toutes les parties des plantes c.-à-d. racines, tiges, feuilles et fruits. Les tanins sont considérés comme des armes chimiques pour éliminer divers parasites [13,15].

➤ **Les métaux:**

Datura se compose des éléments métalliques toxiques qui sont: cadmium, mercure et sélénium. Aussi des grandes quantités de chrome, magnésium et fer [13].

➤ **Lectine:**

Les lectines sont des protéines combinées avec les glucides. Datura est riche des lectines [13].

1.2.8. La toxicité de la plante Datura Stramonium:

Datura est une plante toxique dans toutes ses parties soit aux hommes ou les animaux malgré que les graines comportent les plus grandes quantités de toxines [14].

La présence d'alcaloïdes tropaniques douée des propriétés anticholinergiques est l'une des raisons de la toxicité de Datura, Parmi les alcaloïdes toxiques sont: la hyoscyamine et l'atropine pour les deux tiers et la scopolamine pour la tierce restante [18].

1.2.9. L'utilisation de la plante Datura Stramonium:

Dans les temps anciens, le datura était utilisé pour les hallucinations et ils l'appelaient piège à souris et herbe du diable [14].

Médicalement, les feuilles de datura sont utilisées pour soulager les maux de tête, la goutte et les rhumatismes, en utilisant des vapeurs et en inhalant la fumée des feuilles en feu, elles aident à soulager la bronchite et l'asthme [9].

I.2.10. Différents nomenclateurs:

Tableau02: Différents nomenclateurs de Datura Stramonium.

Pays	Nomenclateurs
Algeria	Sikrane chedjret el jinna ou djahanama [14].
Tunisie	Sak el ghoul l [14].
France	Stramoine/ Datura/ Pomme épineuse/ Pomme du diable/ Herbe à la taupe/Herbe
USA	Jimson weed /Jamestown weed/ Trumpet plant/ Angel's trumpet/ Loco weed/
Allemagne	Dornapfel/ Stechapel / Hexenkraut/ Igelmus [13].
Angleterre	Hedje/ Devills apple/ Thorn apple [14]/ Hognuit/ Apple peru [13].
Italie	Noce spinosa/Stramonio commune/ Floribunda/ Noce puzza/ Noce Del
Inde	Datura [19].

I.3. Généralité sur l'extraction:

I.3.1. Définition de d'extraction:

L'extraction c'est une méthode chimique (ou opération unitaire) qui permet la séparation, il y a deux catégories de l'extraction: extraction liquide-liquide et extraction solide-liquide.

Ils existent plusieurs techniques d'extraction des plantes que elles sont fondées sur la solubilité, la volatilité, l'expression et l'entraînement à la vapeur [20]. Le choix de techniques d'extraction fait selon les caractéristiques de plante, la partie de plante étudiée [21]

I.3.2. Techniques d'extraction:

I.3.2.1. Extraction par hydro-distillation:

L'hydro-distillation c'est une méthode traditionnelle qui est utilisé pour extraire les huiles essentielles .Le mélange qui contient l'eau et la plante est chauffée cela entraîne l'évaporation des huiles essentielles puis la condensation afin de donner le produit afin de donner un produit fini [22].

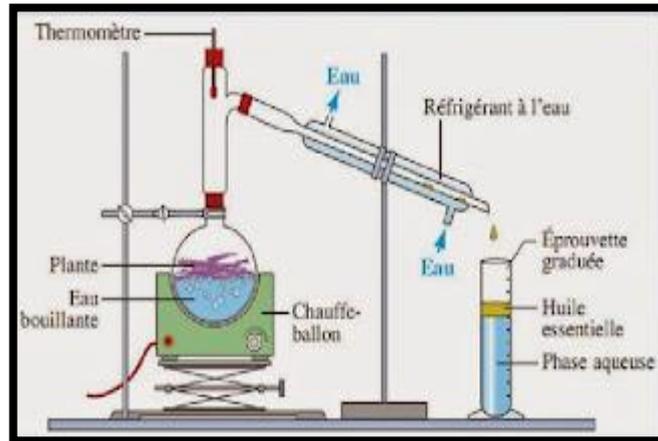


Figure06: Montage de Hydro-distillation [23].

I.3.2.2. Extraction par solvants:

Extraction par solvants se fait en plaçant le solvant volatil et la plante dans un extracteur Soxhlet, le solvant va se capter les molécules aromatiques par l'action de lavages progressif. Ensuite, il est envoyé au concentrateur.

Le produit obtenu est appelé concrète, puis elle est fermentée avec de l'alcool absolu, filtrée et glacée pour obtenir de la cire végétale [21].

Le choix de solvants organique est très important. Pour qu'il ne réagisse pas chimiquement avec l'extrait, les solvants qui sont utilisés dans l'extraction sont : l'éthanol, méthanol, éther de pétrole et l'hexane [20].

I.3.2.3. L'hydro diffusion:

L'hydro-diffusion c'est une technique qui permet le flux de vapeur d'eau qui passe sur les matières végétales vers le bas, par contre la distillation traditionnelle, et les avantages de cette technique sont l'amélioration quantitative et qualitative de l'huile extraite et l'économie énergétique [24].

I.3.2.4. Extraction par entrainement à la vapeur d'eau:

Généralement les huiles essentielles sont extraites par l'entrainement à la vapeur comme les huiles essentielles d'orange, citron, mandarine et cédrat [25].

Dans cette méthode la plante ne mélange pas avec l'eau. Les plantes sont placées dans un réservoir métal inerte avec un tamis au fond au travers de laquelle passe la vapeur d'eau afin de former de vapeur d'eau chargée ce dernier va refroidi. La dernière étape consiste à séparer les huiles essentiels et l'eau [21].

I.3.2.5. Extraction par micro-ondes:

Le processus se fait par le mettre du matériel végétal dans un réacteur micro-ondes sans le mélanger avec de l'eau ou le solvant organique. L'eau qu'il contient dans la plante est chauffé pour permettre l'extraction des huiles essentielles, suivie d'un refroidissement pour condenser le distillat qui est séparé par la décantation [20].

I.3.2.6. L'extraction par des fluides supercritiques:

L'extraction par les fluides supercritiques c'est une technique de traitement des matières aromatiques végétales et naturelles utilisant le CO₂ à l'état critique, le CO₂ est un bon solvant car il a la viscosité d'un gaz et la densité d'un liquide.

L'extrait est séparé du CO₂ par réduction de pression, ce qui rend l'extrait insoluble dans CO₂ ensuite, le dioxyde de carbone est liquéfié pour être réutilisé [21]. Le CO₂ est important dans l'industrie qu'il est utilisé dans les industries alimentaires, pharmaceutiques et l'industrie de bière aussi dans l'industrie de textile qui remplace l'eau par les fluides supercritique CO₂ [26].

Bibliographie

- [1] Dieter Landolt, Corrosion et chimie de surfaces des métaux, 2003, 2,543.
- [2] DAOUDI Khaoula et CHERGUI Hadjira, Contribution à l'étude de la phytochimie des extraits de quelques plantes médicinales d'Algérie, Master Académique, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA, 2020.
- [3] BENKHERBACHE Zouwyna Raniya et BENKHERBACHE Amira, Punica granatum L. un arbre historique, évolutions thérapeutique récentes et activités biologiques, Master Académique, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA, 2021.
- [4] KERFAL Imane et ALLAOUA Fatiha, Plantes médicinales utilisées dans le traitement des maladies bucco- dentaires dans la région de M'Sila (Algérie), Master Académique, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA, 2019.
- [5] AISSAOUI Ibtissem et BELAID Khaoula, Contribution à l'étude phytochimique de Quatre Plantes médicinales (A. herba Alba Asso, A. compestris L, Juniperus phoenicea et Rosmarinus officinalis) de la région d'oued Souf, Mémoire de Master, Université Echahid Hamma Lakhdar- EL OUED, 2020.
- [6] BENBOUABDELLAH Dyhia et DJENNAD Yasmine, CONTRIBUTION À UNE ENQUÊTE ETHNOBOTANIQUE DES PLANTES MÉDICINALES DANS LA RÉGION DE TIZI – OUZOU ET À L'ETUDE DE Bupleurum spinosum, MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES, Université Mouloud Mammeri Faculté de Médecine Tizi Ouzou, 2020.
- [7] GHEDJATI Nadhra, Toxicité aigüe et subaigüe des alcaloïdes naturels et synthétiques des graines du Datura stramonium, Magister en Biologie. Université Ferhat Abbas Sétif 1,2014.
- [8] Fredon bretagne. Reconnaître et surveiller les plantes invasives en bretagne. Datura Stramonium. Disponible sur:<www.fredon-bretagne.com >. Consulté le: 16/02/2022.
- [9] BEN BORDI Asma et HEZLA Maroua, Contribution à l'étude d'une plante toxique la Stramoine (Datura stramonium L.) dans la Wilaya D'El OUED, MEMOIRE DE FIN D'ETUDE. Université ECHAHID HAMMA LAKHDAR d'El OUED, 2016.
- [10] Felidj Menel, Effet du stress hydrique sur la production des alcaloïdes tropaniques chez Datura stramonium cultivé en plein champ, MEMOIRE DE MAGISTER, UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA,2005.
- [11] Belabassi Ouarda, Etude de l'effet de polyploïdisation sur la teneur en hyoscyamine des chevelus racinaires de Datura Stramonium, Ecole doctorale de Biotechniques végétales, Ecole national de supérieur Agronomique El-Harrach Alger, 2012.

Bibliographie

- [12] SMAHI Majda et NOUFEL Ahlam, Induction des chevelus racinaires chez *Datura* sp, En vue de production de métabolites secondaires d'intérêt pharmaceutique, Mémoire de Master, UNIVERSITE DE MOHAMED BOUDIAF-M'SIL, 2020.
- [13] Mahdeb Nadia, تأثير على كبد ومخ الجرذان : دراسة سمية نبتة ال stramonium *Datura* : Doctorat en Sciences. Université Ferhat Abbas Sétif, 2012.
- [14] Boukhari Marwa et Kadri Amina, Etude des effets toxiques du *Datura Stramonium* L sur le foie des souris. Mémoire de Master, Université Mohamed El Bachir El Ibrahim B.B.A, 2018.
- [15] Henintsoa RAKOTOARIVELO, Contribution à l'étude phytochimique de *Datura stramonium* Linné (Solanaceae), Mémoire de Recherche pour l'obtention du Certificat d'Aptitude Pédagogique de l'Ecole Normale « C.A.P. EN », Université de Fianarantosa Ecole Normale Supérieur, 2011.
- [16] Peter Hermes Furian. 2020. Istock. Disponible sur :<
<https://www.istockphoto.com/fr/vectoriel/la-coca%C3%AFne-aussi-connue-sous-le-nom-de-coke-structure-chimique-et-formule-gm1275812329-375816505>>. Consulté le: 16/02/2022.
- [17] Pascal KINTZ, Mescaline: the religious peyote cactus, 2004,19.
- [18] Fiala sara, Kadoum salima et Bouhbila lamia, Etude de la toxicité de deux plantes spontanées de la wilaya de Jijel : *Datura stramonium*, et *Datura meteloides*, Mémoire De fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'études supérieures en Biologie. Université de Jijel Faculté des sciences, 2008.
- [19] Sanjita et al, PHYTOCONSTITUENTS AND THERAPEUTIC POTENTIALS OF *DATURA STRAMONIUM* LINN. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 2012,2 (3).4-7.
- [20] Atrous Leila et Sahbi Quissem, L'extraction des composés actifs d'une plante médicinale, Mémoire de Master, UNIVERSITE LARBI BEN M'HIDI (OUM EL BOUAGHI),2020.
- [21] Nahdi Khadidja et Cherifi Dounia, Extraction et caractérisation d'huile essentielle de fenouil vulgare, Mémoire de Master, UNIVERSITE LARBI BEN MHIDI OUM EL BOUAGHI, 2020.
- [22] Azhari Nour, Mohamed Shukri Matnor et Abdurahman Nour, Microwave Assisterd Hydro-distillation Extraction Of Essential Oil, 2011,180.
- [23] Ilyass Zinezine. 2017. Extraction, Séparation et identification des espèces chimiques (tronc commun bac international) cours p.c. Disponible sur :<

Bibliographie

<https://dorossinet.blogspot.com/2016/11/extraction-separationeidentification.html>

>.Consulté le: 19/02/2022.

- [24] BOUKHRIS Meryem ALAOUI, Activités larvicides des extraits de plantes sur les larves de moustiques vecteurs de maladies parasitaires, Faculté des sciences et techniques Fès, Master sciences et techniques, 2009.
- [25] Fabrice Barfeau, les huiles Essentiels Découvrir les bienfaits et les vertus d'une médecine ancestrales, 2009,33.
- [26] Alan G Sharpe et Catherine E Housecroft, Chimie Inorganique, Chapitre 9 milieux non-aqueux, Boeck Université, 2010, 256, 1042.



CHAPITRE II:
GENERALITE SUR
LA CORROSION

II.1. Généralité sur la corrosion:

II.2. Définition de la corrosion:

La corrosion est définie de différentes façons, mais l'interprétation usuelle du terme est «une attaque sur un matériau métallique par réaction avec son environnement» [1], cette réaction est une réaction physico-chimique [2], cela est accompagné avec une perte de ses propriétés et conduit souvent à une dégradation fonctionnelle du métal lui-même [2]. Cette définition admet que la corrosion c'est un phénomène nuisible [3].

La corrosion c'est un phénomène naturel très complexe [4], à cause de sa forme globale, la corrosion est vue comme une réaction spontanée d'échange d'électron à l'interface Métal/Environnement [2], c'est seulement un retour à l'état d'oxyde naturel qui se produit sous l'influence de l'environnement immédiat tel que le sol, l'atmosphère, l'eau ou d'autres fluides [4].

Comme nous savons que la corrosion elle n'a pas une limitation juste à l'acier, mais affecte tous les métaux ainsi que les polymères et céramiques, voici quelques exemples de phénomène de corrosion [3].

- Transformation de l'acier en rouille.
- Fissuration d'un laiton en présence d'ammoniaque.
- Attaque d'un verre minéral par une solution alcaline.
- Attaque d'un tuyau en nylon par un acide oxydant.
- Gonflement du polyéthylène en contact avec un solvant.

II.3. Les facteurs de corrosion:

Il y a un grand nombre de facteurs concernant le phénomène de corrosion qui a une relation les uns avec les autres, ces facteurs peuvent être d'origine interne ou externe, comme le montre le tableau suivant: [4]

Tableau01: Les principaux facteurs de la corrosion [4].

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

II.4. Les différents types de la corrosion:

Le type de la corrosion est établi par le mode d'action du milieu corrosif. On distingue trois types de corrosion:

Chimique, électrochimique et biologique, dont l'importance est très inégale suivant la nature du matériau [5].

II.4.1. Corrosion chimique:

La corrosion chimique c'est l'un des réactions hétérogène avec sans passage d'un courant électrique, se déroule à l'interface métal/fluide et peut être causée par les agents atmosphérique comme l'oxygène, l'humidité anhydride carbonique...etc. par exemple, l'oxydation de l'acier ordinaire à haute température par l'oxygène de l'air c'est une corrosion chimique [2,4].

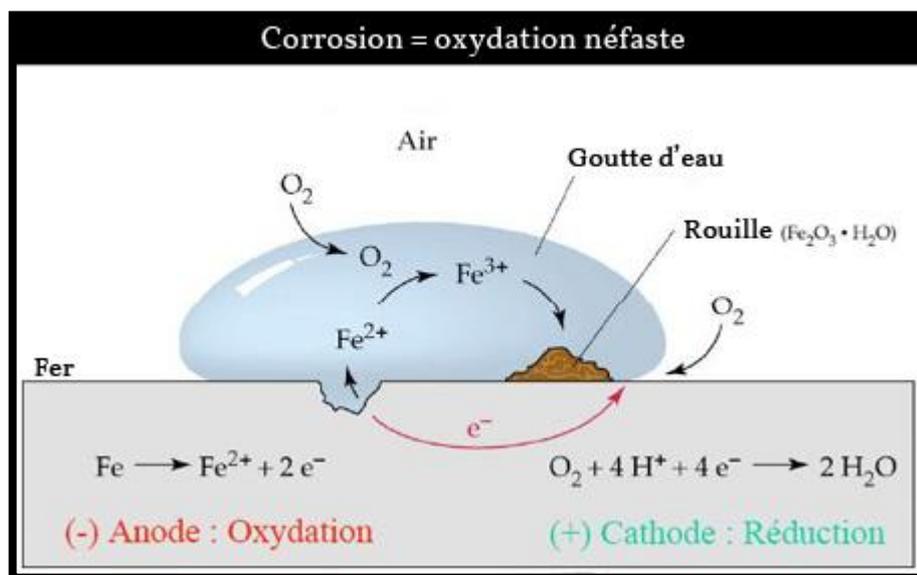


Figure01: exemple de corrosion chimique [2].

II.4.2. Corrosion électrochimique:

On dit corrosion électrochimique ou corrosion humide, est le type le plus courant et le plus important en corrosion. Pour la réalisation de la corrosion électrochimique, elle est besoin de L'existence de l'hétérogénéité dans l'un des constituants de couple formé par le métal et le réactif et cela conduisant à la formation d'une pile électrochimique, c'est-à-dire des anodes et des cathodes et elle sont sur la même partie de la structure métallique. La corrosion de la partie anodique suiviez par un passage d'un courant dans l'électrolyte (courant qui va de l'anode vers la cathode) [2, 4,5].

II.4.3. Corrosion bio-chimique:

Cette forme d'attaque est identifiée par certaines caractéristiques, selon que les microorganismes ont un effet sur le procédé de corrosion, d'une ou plusieurs façons, par:

- ❖ L'action directe sur le taux de réaction anodique ou cathodique.
- ❖ La création des milieux corrosifs.
- ❖ La croissance et la multiplication des micro-organismes, qui favorisent la création des cellules électrolytiques à la surface [2,5].

II.5. Les différentes formes de corrosion:

Il existe de nombreuses formes de corrosion et elles peuvent être identifiées par les propriétés physiques des métaux qu'ils sont classées en deux grands groupes: la corrosion généralisée (Uniforme) et la corrosion localisée [2].

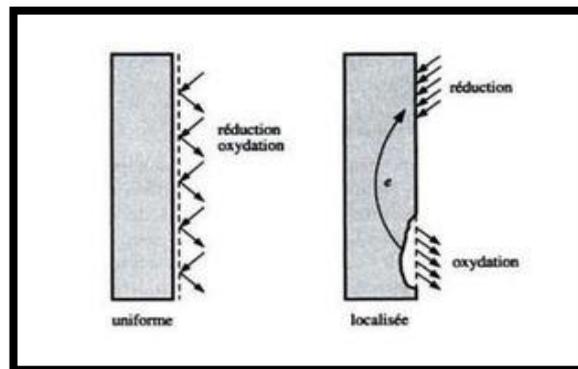


Figure02: Corrosion uniforme et corrosion localisée [6].

II.5.1. La corrosion généralisée:

La corrosion généralisée ou uniforme c'est un phénomène qui permet la formation des produits de corrosion à la surface du matériau [7]. La surface soit à la fois cathode et anode et pour cela est appelé corrosion uniforme [6].

Cette forme ne présente pas un grand danger par rapport aux autres formes car l'épaisseur diminue par unité de temps ou la perte de poids par unité de surface [2].

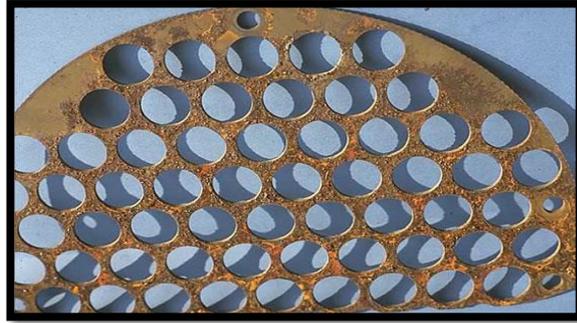


Figure03: la corrosion uniforme dans une pipe de transport [8].

II.5.2. La corrosion localisée:

La corrosion localisée est un phénomène qui se produit à un endroit anodique spécifique de la surface du métal ou de la structure contrairement à la corrosion uniforme où la corrosion localisée sépare les endroits anodique et cathodique [2].

II.5.3. La corrosion par piqûres:

Cette forme de corrosion concerne principalement les matériaux à l'état passif si bien que l'attaque se fait sur des zones de très petit diamètre, la corrosion progresse rapidement en profondeur alors que la surface reste intacte, la rendant imperceptible dans la structure. Parmi les solutions agressives pour cette forme de corrosion sont : les chlorures, les bromures, les hypochlorites et les thiosulfates [9].



Figure04 : corrosion par piqûres [8].

II.5.4. La corrosion galvanique:

C'est le couplage de deux métaux ou alliages différents qui sont immergés dans une solution électrolytique pour qu'un courant électronique se crée entre eux [9].



Figure05: corrosion galvanique [8].

II.5.5. La corrosion avec érosion:

Lorsque le mouvement relatif du fluide corrosif et de la surface métallique entraîne cette forme de corrosion, appelée corrosion avec érosion. Tous les métaux et alliages sont sensibles à cette forme de corrosion, en particulier les métaux tendres (cuivre, plomb...) Ou des métaux qui résistent à la corrosion en ayant un film superficiel (aciers inoxydables, aluminium) [9].

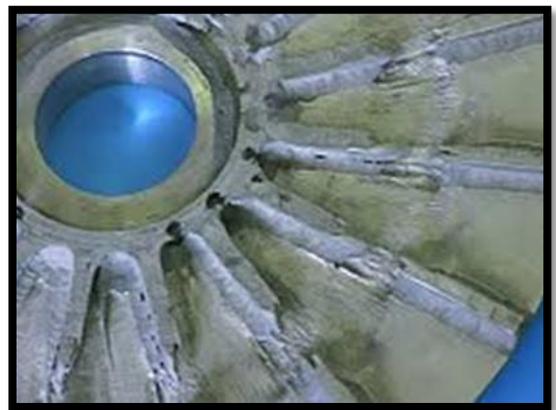


Figure06: corrosion-érosion [8].

II.5.6. Corrosion caverneuse:

Cette corrosion se produit en présence de petites quantités de solution stagnante dans les fissures et les trous ou sous les dépôts et les joints comme la poussière, le sable et la tartre pour que se créent des zones dans lesquelles le liquide ne se renouvelle que difficilement [9].



Figure07: corrosion cavernouse [8].

II.5.7. La corrosion sélective:

Cette corrosion se produit par dissolution sélective d'un des éléments de l'alliage si l'alliage est homogène ou polyphasé [9]. Pour que le métal devienne poreux, ce qui perd de sa résistance [2].

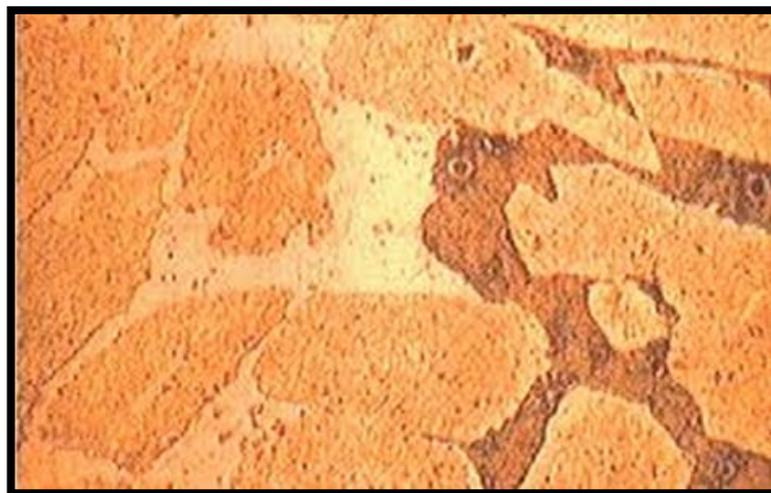


Figure08: corrosion sélective [8].

II.5.8. Corrosion filiforme:

Cette corrosion se traduit par crevasse sous les membranes de protection et d'isolation pour qu'il se développe sous le vernis ou le vernis des tôles exposées en atmosphère humide [9].

II.5.9. Corrosion sous contrainte mécanique:

Ce phénomène est considéré comme le processus de développement de la fissure sous l'action collecté des contraintes mécaniques et de l'environnement corrosif, qui conduit à la

rupture complète de la pièce. La CSCM est non plus agressive pour les métaux et les alliages en l'absence d'eau ou de vapeur et les pertes de masses est très faibles [9].



Figure09: Corrosion sous contrainte d'un assemblage en acier allié soudé (contraintes liées au soudage) [8].

II.5.10. La corrosion inter granulaire:

Ce type de corrosion résulte de la présence d'impuretés dans le joint ou d'un enrichissement local dans l'un des composants. Par exemple, lorsqu'une quantité de fer dans l'aluminium se sépare au niveau des grains du joint, ce qui entraîne une corrosion inter granulaire [9].



Figure10: Corrosion inter granulaire dans un tube d'aluminium [8].

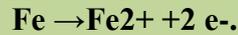
II.5.11. Fragilisation par l'hydrogène:

Le métal se détériore significativement en présence d'hydrogène qu'il en rompt des parties ou sa structure en raison d'une diminution catastrophique de ses propriétés mécaniques [9].

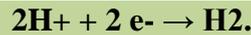
II.6. Les Réactions de corrosion:

La réaction d'oxydo-réduction se compose de deux réactions : réaction d'oxydation et réaction de réduction.

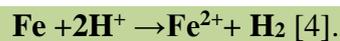
-Réaction d'oxydation ou réaction anodique:



-Réaction de réduction ou réaction cathodique:



-Réaction globale:



II.7. Importance économique de la corrosion:

Pendant des années, les professionnels dans le domaine de la corrosion ont fait de grands progrès dans le développement des technologies de pointe, employant des pratiques de gestion efficaces et cela pour la sensibilisation du public sur la nécessité critique pour le contrôle de la corrosion dans le monde entier.

L'étude des coûts de la corrosion des Etats-Unis a déterminé que le domaine de la corrosion nécessite encore de vastes changements dans la gestion de l'industrie et des politiques gouvernementales, où était Très peu d'étude à consacrées dans l'évaluation du cout de la corrosion, la plus aboutie est certainement celle menée par la NACE en 2001.

En général, les coûts de corrosion s'élèvent à environ 2 - 4% du PNB et environ 25% des coûts sont évitables lorsque des mesures de lutte contre la corrosion sont adoptées [1].

Bibliographie

- [1] DERFOUF-TALBI Houaria, Etude de l'inhibition de la corrosion de l'acier au carbone (XC38) par l'extrait aqueux de plantes sahariennes dans le milieu acide chlorhydrique 1M, Thèse de Doctorat, UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID – TLEMCEM, 2019.
- [2] Messaouda BENZARGOUN et Nadjat TOUBAN, Etude de L'effet inhibiteur sur l'extrait de plante CalotropisProcera (Krnaka) la corrosion de L'acier X70 en milieu acide HCl 1M, Mémoire de Master, Université de GHARDAIA, 2020.
- [3] Dieter Landolt, Corrosion et chimie de surfaces des métaux, 2003, 1,543.
- [4] Haimer Siham, La synthèse d'un inhibiteur de corrosion et l'étude de son effet sur l'acier X42 dans un milieu aqueux, Mémoire de Master, Université Mohamed Khider de Biskra, 2019.
- [5] Hamani Malika, Etude de l'efficacité de l'inhibition de corrosion d'un acier au carbone dans HCl 1 Mémoire de Master, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA, 2019.
- [6] KIR Imane, Etude de l'influence du traitement thermique sur la dissolution anodique d'un acier au carbone en milieu aqueux, Mémoire de Master, Université de EL OUED, 2014.
- [7] Isabelle Aubert et Christine Blanc, couplage (mécanique-microstructure-corrosion), 2018, 138.
- [8] Hadjer Amraoui et Harrouz Keltoum, Etude d'inhibition de la corrosion d'un acier X52 par 1, 3,7 triméthylxanthine dans un milieu acide, Mémoire de master, UNIVERSITE KASDI MERBEH OUARGLA, 2009.
- [9] Gérard Béranger et Sylvain Audisio, Anticorrosion et durabilité dans le bâtiment, le génie civil et les ouvrages industriels. Presses polytechniques et Universitaires Romandes, 2010, 41-61, 730.



CHAPITRE III:
INHIBITION DE LA
CORROSION

III.1. Définition d'un inhibiteur:

L'inhibiteur est une matière qui réduit la corrosion quand il est ajouté à l'environnement en faible concentration. L'inhibition consiste à retarder les réactions des électrodes comme le transfert de charge ou le transport de masse.

L'inhibiteur dépend des ajouts en petites quantités à l'environnement corrosif pour réduire le taux de corrosion des métaux (diminution de la vitesse de corrosion), ces produits chimiques sont appelés inhibiteurs de corrosion [1].

III.2. Propriété des inhibiteurs:

- ✓ Un inhibiteur de corrosion doit abaisser la vitesse de corrosion du métal tout en conservant les caractéristiques physico-chimiques de ce dernier.
- ✓ En plus de sa stabilisation en présence des autres constituants du milieu mais aussi, il ne doit pas influencer sur la stabilité des espèces contenues dans ce milieu.
- ✓ Il peut être utilisé en vue d'une protection permanente ou plus couramment en vue d'une protection temporaire, c'est-à-dire, pendant une période où la pièce est particulièrement sensible à la corrosion (stockage, décapage, nettoyage,...) ou encore lorsque la pièce est soumise à des usinages très sévères comme le perçage, taraudage, forage, filetage [2].

III.3. Domaines d'utilisations:

Il Ya plusieurs domaines ou conditions d'application des inhibiteurs lequel:

- Soit comme protection permanente.
- Soit comme protection temporaire pendant une période où la pièce ou l'installation est particulièrement sensible à la corrosion (stockage, décapage, nettoyage).
- Un inhibiteur peut être combiné à un autre moyen de protection: protection supplémentaire d'un alliage à haute résistance à la corrosion, addition à un revêtement de surface tel que peinture, graisse, huile, etc. [3].

III.4. les classes d'inhibiteurs de la corrosion :

Les inhibiteurs de la corrosion sont généralement classes en fonction de la formulation des produits (inhibiteurs organiques, inhibiteurs minéraux, inhibiteur passivant), de la réaction électrochimique (inhibiteurs anodiques, inhibiteurs cathodiques et inhibiteurs mixtes), du mécanisme réactionnel (adsorption, formation d'un film) [1,4].

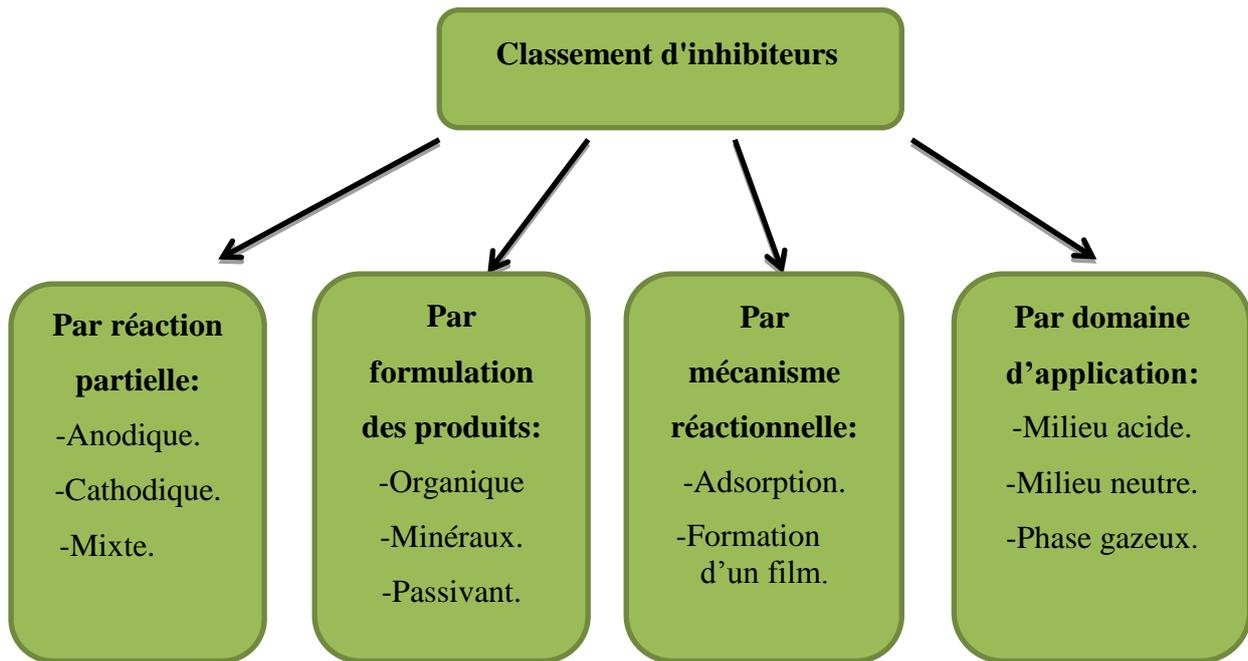


Figure01: Schéma de Classement des inhibiteurs de corrosion.

III.4.1. selon la formulation des produits:

- Les inhibiteurs organiques:

Généralement, Les inhibiteurs organiques sont utilisés en milieu acide, Ils sont largement utilisés dans les milieux neutres et alcalins pourtant des raisons de leur écotoxicité. Les inhibiteurs organiques sont généralement composés de sous-produits de l'industrie pétrolière.

Ils incluent deux parties, la partie hydrophobe, qui est constituée d'une ou plusieurs chaînes hydrocarbonées, et la partie hydrophile, qui est constituée d'un ou plusieurs groupements fonctionnels : amine (-NH₂), carboxyle (-COOH) et leurs dérivés, hydroxyle (-OH), mercapto (-SH), phosphonate (-PO₃H₂), sulfonate (-SO₃H) [4].

- Les inhibiteurs minéraux:

Les inhibiteurs minéraux sont également utilisés en milieu neutre et alcalin et rarement en milieu acide, Leur désagrégation produit des produits (anion ou cation) qui sont des inhibiteurs de corrosion efficaces. Les anions inhibiteurs comme les phosphates, les molybdates, les nitrates, les nitrites, les silicates ... et les cations inhibiteurs comme les ions Ca²⁺ et Zn²⁺.

Les inhibiteurs minéraux ne sont pas largement utilisés en raison de leur toxicité, ils sont utilisés sur certains systèmes en circuit fermé [4].

- inhibiteur passivant:

Les ions CrO_2^- et NO_2^- des inhibiteurs de passivation sont adsorbés sur les parties métalliques non oxydées. Ils contribuent à la formation d'un oxyde là où il n'est pas présent et conduisent à une passivation globale de la surface. Il renforce également la couche d'oxyde qui s'éteint à la surface de la plupart des matériaux [1].

III.4.2. Par réaction électrochimique:

- Les inhibiteurs anodiques:

Les inhibiteurs anodiques sont de très nombreuses substances inorganiques telles que les chromates, ortho-phosphates, silicates...

Leur méthode consiste à former un film protecteur négatif sur l'anode en augmentant la valeur du potentiel de corrosion du matériau [1].

Par conséquent, ce type d'inhibiteur doit être utilisé en quantité suffisante pour éviter d'augmenter la corrosion sur les zones non protégées [4].

- Les inhibiteurs cathodiques:

Les inhibiteurs cathodiques réduisent la réaction cathodique par adsorption de composés chimiques ou en créant une couche barrière de diffusion par dépôt ou par polymérisation [5].

Les inhibiteurs cathodiques sont plus sûrs que les inhibiteurs anodiques car ils ne sont pas susceptibles d'améliorer la corrosion localisée [1].

- Les inhibiteurs mixtes:

Les réactions anodiques et cathodiques de corrosion sont ralenties par l'action de nombreux inhibiteurs et composés organiques. Leur efficacité est liée à leur capacité à absorber et recouvrir la surface métallique [5].

III.4.3. Par mécanisme réactionnel:

- **Par adsorption des molécules inhibitrices à la surface métallique:**

L'adsorption est un phénomène de surface universel, car toute surface est constituée d'atomes qui ne saturent pas toutes leurs liaisons chimiques. Cette surface a donc tendance à combler ce vide en capturant les atomes et les molécules proches.

On distingue deux types d'adsorption : la physisorption (l'adsorption physique) et la chimisorption (l'adsorption chimique). la physisorption repose sur trois forces sont distinguer:

- Les forces de dispersion (forces de Van Der Waals).

-Les forces polaires, causée par la présence d'un champ électrique.

- Les liaisons hydrogène dues aux groupements hydroxyle ou amine.

Au contraire, l'adsorption chimique consiste en l'accumulation d'électrons entre la partie polaire de la molécule et la surface métallique, ce qui conduit à la formation de liaisons chimiques plus stables car basées sur des énergies de liaison plus élevées. La grande majorité des électrons proviennent de multiples non doubles de molécules inhibitrices telles que O, N, S, P, etc... (Tous ces atomes se distinguent des autres par leur électronégativité élevée.) L'adsorption chimique s'accompagne d'une modification profonde de la distribution de charge électronique des molécules adsorbées. La chimisorption est souvent un mécanisme irréversible. La corrosion peut être ralentie en absorbant un inhibiteur à la surface du métal. Cette adsorption peut être sur toute la surface un composant monocouche ou quelques sites tensioactifs. Le degré d'inhibition dépend alors de l'équilibre entre les espèces solubles et adsorbants [6].

• **Par formation d'un film intégrant les produits de dissolution du substrat:**

Ce type d'inhibition, également appelé inhibition « interphase », traduit la formation d'un film 3D entre le substrat érodé et les molécules inhibitrices. . Ainsi, les inhibiteurs d'interphase sont non seulement absorbés à l'interface métal/oxyde et oxyde/électrolyte, mais sont également incorporés dans les couches barrières (en formant des complexes par exemple) ; Ainsi ces molécules inhibitrices d'interphase conduisent à des réseaux homogènes et denses qui présentent en effet une faible porosité et une bonne stabilité [6].

III.4.4. Selon le domaine d'application:

Dans la classification liée au domaine d'application, on peut distinguer les inhibiteurs de corrosion utilisés en milieu aqueux, organique ou gazeux. Ceux utilisés en milieu aqueux sont sélectionnés en fonction du pH du milieu : en milieu acide, ils sont utilisés pour éviter l'attaque chimique de l'acier lors du processus de décapage ou de décalaminage et en milieu neutre/alcalin, ils sont souvent utilisés pour protéger les canalisations de circuits frigorifiques. Les inhibiteurs utilisés dans les milieux organiques sont incorporés dans les lubrifiants pour moteurs, dans l'essence ou les peintures. Les inhibiteurs de phase gazeuse sont utilisés pour protéger les objets métalliques pendant le transport et le stockage. Pour cela, des composés organiques à haute pression de vapeur sont souvent utilisés [4].

III.5. Mode d'action d'un inhibiteur:

Généralement, un inhibiteur protège la surface d'un métal de la corrosion en formant une couche protectrice. La nature et la composition de cette couche dépendent du milieu corrosif et du métal à protéger. En général, l'inhibiteur se lie à la surface métallique via son groupe portant l'atome hétérogène, tandis que la partie non polaire bloque partiellement la surface du métal actif. Ce phénomène est particulièrement dans les solutions acides [1].

III.6. Facteurs influents sur le taux de corrosion:

Dans une solution aqueuse, Les facteurs qui influent sur le taux de corrosion sont:

III.6.1. La température:

Quand on a un système fermé, où l'oxygène est mis en prison dans la solution, le taux de corrosion augmente avec l'augmentation de la température. Par contre dans un système ouvert le taux de corrosion uniforme d'un acier ou du fer augmente avec l'augmentation de la température jusqu'à 80°C. Aux températures élevées, le taux de corrosion diminue à cause de la réduction de l'oxygène dans l'eau [1].

III.6.2. Les sels contenus dans la solution:

La présence de certains sels dans la solution tels que les sulfates, les chlorures, etc..., augmenter le taux de corrosion, est ce dernier augmente avec l'augmentation de la concentration des sels jusqu'à des valeurs de concentrations relativement élevées où le taux de corrosion diminue à cause de la réduction de l'oxygène [1].

III.6.3. Influence du pH:

Dans les milieux très acides à savoir d'un dessous de PH=4.5, la vitesse de corrosion augmente très rapidement, avec un PH compris entre 4.5 et 8.5 la vitesse de corrosion est pratiquement indépendante de ce dernier. D'autre part, la vitesse de corrosion diminue considérablement dans les milieux très alcalins (à partir d'un PH =8.5 jusqu'à 12). Donc en conclure que avec l'augmentation de PH la vitesse est plus diminuée [1].

III.6.4. Influence de la teneur en CO₂:

La vitesse de corrosion par CO₂ dépend de la teneur en CO₂ c'est à dire de la pression partielle de CO₂ dans les gaz associés. On a la relation suivant:

" $P_{CO_2} = P_{totale} * \text{pourcentage molaire de } CO_2$ On admet généralement"

On destine 3 cas de corrosion selon la pression partielle de CO₂:

- $P_{CO_2} < 0.5 \text{ bar} =$ pas de corrosion.
- $0.5 \text{ bar} < P_{CO_2} < 2 \text{ bar} =$ corrosion possible.
- $P_{CO_2} > 2 \text{ bars} =$ Corrosion rapide [1].

III.7. Structure moléculaire des inhibiteurs:

Pour une solution acide, Il existe de nombreux inhibiteurs on trouve un grand nombre de substances organiques différentes, notamment des molécules aromatiques et des macromolécules à chaînes linéaires ou branchées. L'absorption des inhibiteurs sur les sites actifs de la surface métallique se produit sans déformation de mécanisme des réactions électrochimiques partielles. Son rôle est de bloquer les sites et réduisent la vitesse de la corrosion anodique, cathodique, ou mixte en relation avec le pourcentage des sites actifs recouverts par l'inhibiteur. Leur efficacité dépend, entre autre, de leur structure moléculaire et de leur concentration [7].

III.8. Méthodes d'étude des inhibiteurs de corrosion:

III.8.1. La méthode de la perte de masse:

La méthode de la perte de masse est une méthode quantitative le plus ancienne et la plus simple de mesure de la corrosion, et qui se base sur la construction réelle du système, elle donne des informations très utiles à des prix assez bas et sans perturbation des systèmes.

➤ Le principe:

Son principe est l'immersion de l'échantillon à étudier dans le milieu corrosif considéré (après sa pesé) pendant une durée bien définie.

➤ Le but:

Le but de cette méthode est l'évaluation de la vitesse de corrosion qui se définit comme une perte de poids par unité de surface et de temps et qui est exprimé en (g/cm²/an) [8].

La vitesse de corrosion exprimée par la formule suivant:

$$V \text{ (g/cm}^2\text{.min)} = (m_0 - m) / (S \times t) \quad [9].$$

$$V \text{ (mm/ans)} = 5256000 * (m_0 - m) / S * t * d \quad [9].$$

m₀ et **m**: représente la masse d'échantillon avant et après l'immersion dans le milieu corrosif.

S: surface de l'échantillon exposé au milieu corrosif en [cm²].

t: temps d'immersion en [min].

d: la densité de l'acier en [g/cm³].

La relation suivante exprime le rendement inhibiteur d'un composé organique:

$$R = [1 - (V / V_0)] \times 100 \quad [9].$$

V₀: la valeur de la vitesse de corrosion en absence de l'inhibiteur.

V: la valeur de la vitesse de corrosion en présence de l'inhibiteur.

III.8.2. Méthode électrochimique:

Les techniques électrochimiques constituent une méthode Plus complets car ils étudient la base du phénomène de corrosion, le processus électrochimique. L'aspect quantitatif de ces techniques (courbes de polarisation à vitesse de balayage modérée, spectroscopie d'impédance électrochimique, etc.) Il donne accès aux taux de réaction et aux valeurs des paramètres physiques décrivant l'état du système (capacité double couche, résistance de transfert de charge, capacité film, ...) [4].

III.8.2.1. Méthode stationnaire (courbes de polarisation):

Les courbes de courant et de tension stationnaires ont permis l'estimation de la vitesse de corrosion et de comprendre la composition du film inhibiteur. En effet, la présence du film formé sur ces courbes se distingue par la stabilité du courant sur une large gamme de surtensions appliquées.

Les courbes de polarisation sont déterminées en appliquant une tension entre une électrode de travail et une électrode de référence (SCE). Un courant stationnaire est généré après un certain temps. Il est mesuré entre une électrode de travail et une contre-électrode (ou électrode supplémentaire). D'un point de vue cinétique, deux modes de contrôle doivent être distingués en fonction de l'étape de réaction spécifique :

- le transport de charges à l'interface métal/électrolyte (activation),
- le transport de masse de l'espèce électro-active ou des produits de réaction (diffusion). [6].

III.8.2.2. Méthode transitoire (la spectroscopie d'impédance électrochimique):

La spectrométrie d'impédance électrochimique est largement utilisée pour étudier la corrosion des matériaux non revêtus ou pour mesurer la force protectrice des revêtements organiques. Pour les métaux non revêtus, de nombreux travaux ont été consacrés à ce sujet [10].

Le principe de SIE consiste à installer une modulation de potentiel sinusoïdale de faible amplitude sur la tension d'électrode et à observer la réponse du courant à différentes fréquences du signal perturbateur. La réponse en courant est également sinusoïdale, superposée à un courant constant néanmoins déphasé d'un angle ϕ par rapport à la tension. Au contraire, un courant peut être imposé et le potentiel enregistré [1].

III.8.3. Principe de mesure électrochimique:

Dans une étude des processus électrochimiques, il est très important la présence d'un appareillage capable de contrôler et mesurer les potentiels et/ou les courants électriques sur une interface électrochimique. On utilise une cellule électrochimique à trois électrodes: Électrode de travail, électrode de référence et électrode auxiliaire (ou contre électrode) [11].

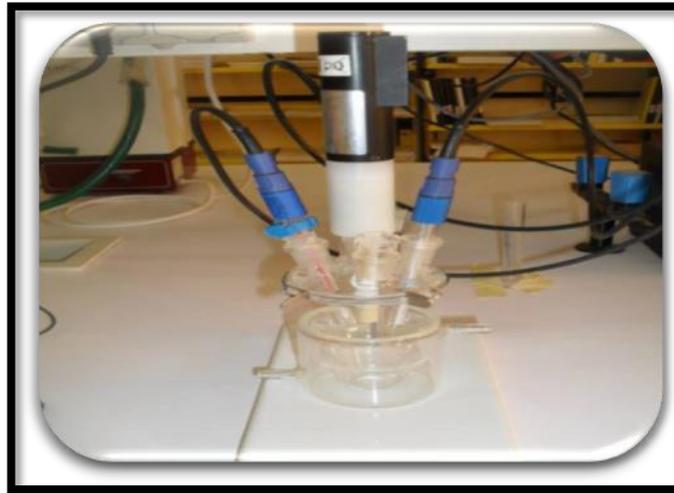


Figure02: Cellule électrochimique à trois électrodes [12].

III.8.3.1. Electrode de travail:

C'est le cœur de tous les systèmes électrochimiques, c'est-à-dire, celle dont la surface sert de site pour la réaction de transfert d'électrons [11].



Figure03: Electrode de travail [12].

III.8.3.2. Electrode de référence:

C'est le deuxième composant-clé de la cellule électrochimique, elle possède un potentiel spécifique et constant, ce qui permet d'imposer un potentiel précisément défini à l'électrode de travail. C'est important, parce que le potentiostat ne permet de contrôler que la

différence de potentiel imposé entre deux électrodes. Aussi, dans toutes les mesures électrochimiques, il est indispensable de mentionner la nature de l'électrode de référence utilisée [13]



Figure04: Electrode de référence travail [12].

III.8.3.3. électrode auxiliaire (ou contre électrode):

Grâce à l'électrode auxiliaire, elle est possible d'assurer le passage du courant dans la cellule électrochimique. Généralement, Elle est en platine ou en carbone. Le potentiostat c'est L'instrument qui contrôler la cellule électrochimique. Ce dernier, est un appareil dont le rôle est d'imposer une différence de potentiel constante entre l'électrode de Travail (WE) et l'électrode de référence (RE) tout en fournissant la puissance nécessaire à la cellule. Elle est aussi fonctionner en galvano-stat ou, au lieu d'imposer un potentiel, il impose un courant I entre l'électrode CE et l'électrode WE [13].



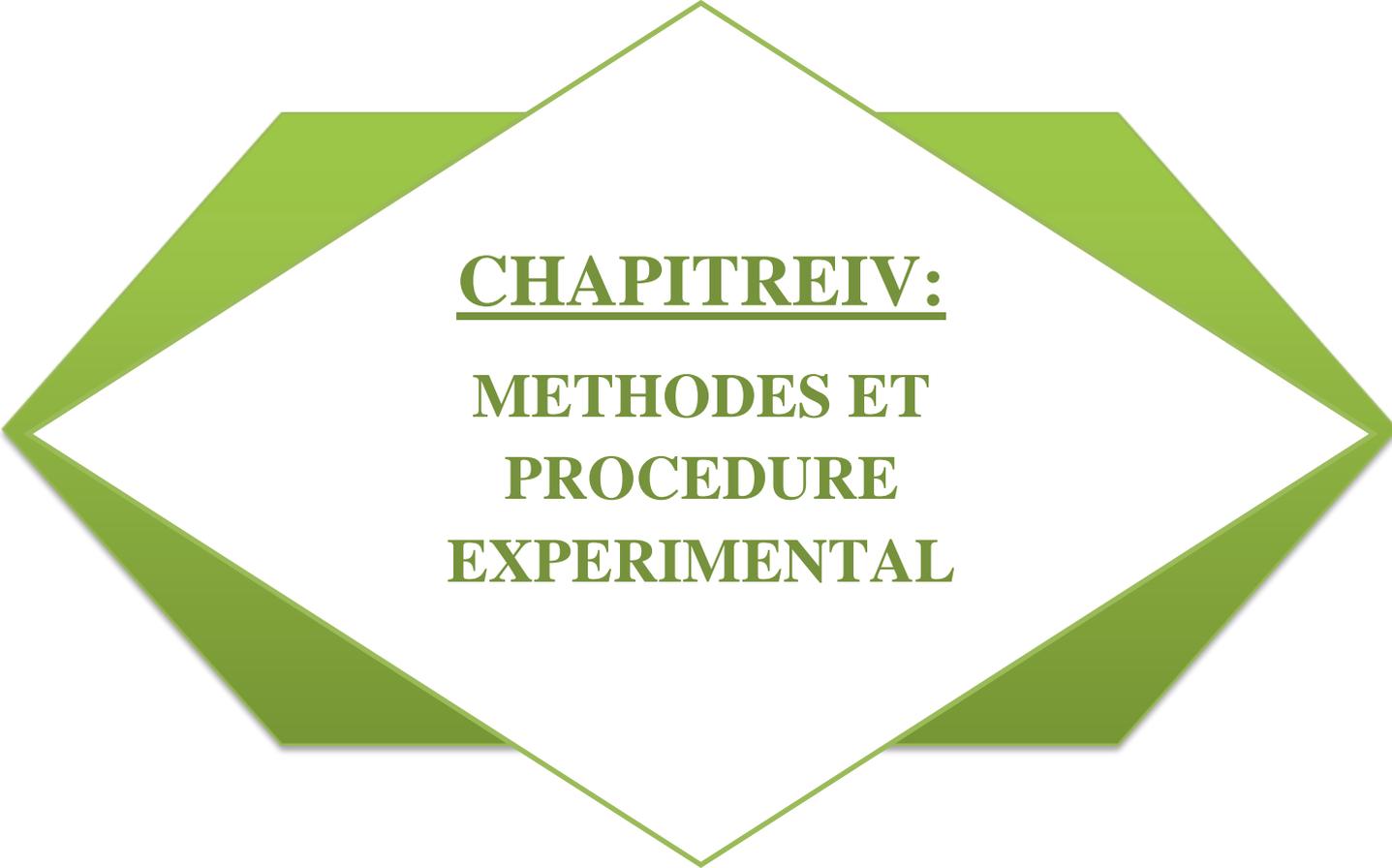
Figure05: Electrode d'auxiliaire travail [12].

Bibliographie

- [1] Kamassi Heythem, Etude l'efficacité de prpyltriphenylphosphonium bromide 98% contre la corrosion de l'acier X60 dans un milieu d'acide sulfurique (H₂SO₄) 1M, Mémoire de Master, Université de GHARDAIA, 2019.
- [2] D. Nadir et R. Rabah. Introduction à la corrosion et aux inhibiteurs de corrosion, Edition : 1.03.4278,2004, 6-7.
- [3] E. Heitz, Proc. 4th European Symposium on Corrosion Inhibitors, Ann, Univ. Ferrara, Italy, N.S., Sez. V, Suppl. 6, 432 (1975).
- [4] Mezhoud Bilel, Synthèse des inhibiteurs contre la corrosion des aciers, Mémoire de Magister, Université de MENTOURI-CONSTANTINE, 2011.
- [5] ROPITAL François, Corrosion et dégradation des matériaux métalliques, 2009,108.
- [6] Benarioua Mokhtar, Inhibition de la corrosion d'un acier ordinaire par les chromates et les molybdates, Mémoire de Magistère, Université de HADJ LAKHDAR BATNA, 2013.
- [7] M. LEBRINI, Synthèses et études physicochimiques de nouveaux thiazoles inhibiteurs de corrosion de l'acier en milieu acide, Thèse de doctorat, UNIVERSITE SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LILLE, Novembre 2005.
- [8] A. Fouchet, croissance et caractérisations de films minces de zno et zno dopé cobalt préparés par ablation laser pulsé, thèse de doctorat, université de Caen, 2006.
- [9] Khaled Mansouri, Naima Hellali, Oumelkheir Rahim et Ahmed Tabchouche, Electrochemical and gravimeter study on corrosion inhibition by (methoxymethyl) triphenylphosphonium chloride in acid media H₂SO₄ 0.5M,2022,2,9.
- [10] BERNARD NORMAND, Prévention et lutte contre la corrosion, 2004,132.
- [11] F. Gouin, A. Moreau, J. Guicheux, N. Passuti, D. Heymann, Physiopathologie l'ostéolyse tumorale, Masson Paris 208(1999).
- [12] I. KIR, « Etude de l'influence de traitement thermique sur la Dissolution anodique d'un acier au carbone en milieu aqueux », Mémoire de Master, université d'El OUED, 2014.
- [13] M. Castel, partage d'expérience université de Montpellier 2(2005).



PARTIE02:
ETUDE
EXPEREMENTAL
LE



CHAPITRE IV:
METHODES ET
PROCEDURE
EXPERIMENTAL

IV.1. Introduction:

La corrosion des métaux est analysée par des différentes méthodes qui sont utilisées dans l'étude. La technique de « perte de masse » est l'une des méthodes d'analyse la plus simple et classique pour tester l'effet d'inhibiteur (pouvoir inhibitrice).

IV.2. Procédure expérimentale:

Notre partie pratique et les essais ont été réalisés au sein du laboratoire de l'université de Ghardaïa dans des bonnes conditions et par matériel étalonnés pour obtenir des bons résultats.

IV.3. Méthode de la perte de masse:

La perte de masse est la méthode de mesure la vitesse de corrosion la plus simple et ancienne. Ce processus est réalisé en immergeant l'échantillon (acier X70) avec une surface (S) dans un milieu corrosif pendant une certaine période de temps (t), qu'il est évalué visuellement. L'échantillon est pesé avant et après immersion pour déterminer la perte de masse (Δm). [1]

L'avantage de cette méthode est c'est une application simple, sans avoir besoin d'un appareillage important.

IV.3.1. Les conditions expérimentales de la méthode de la perte de masse:**IV.3.1.1. Le milieu corrosif :**

Pour notre étude, on a utilisé l'acide chlorhydrique comme un milieu corrosif, l'HCl à une concentration de 1M, qui a été préparé à partir de l'acide d'une bouteille commerciale, Dans un premier temps, on les informations sur le flacon comme la densité **d**, la pureté **p** et la **masse molaire** de HCl.

- On utilise la loi suivante pour calculer la concentration mère :

$$C = \frac{10 \times p \times d}{M}$$

C: la concentration de HCl (mol/l).

P: pourcentage (37%).

d: la densité (1.2g/mol).

M: la masse molaire (36.46g/mol).

$\Rightarrow C = 10 \times 1,176 \times 37 / 36$

$$C_1=12,0866 \text{ mol/l.}$$

-On calcule le volume de HCl par la loi de dilution:

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

$$V_1 = C_2 \cdot V_2 / C_1 = 1 \cdot 12,0866$$

$$V_1=82,7\text{ml.}$$

-Alors on prend un volume $V_1=82,7\text{ml}$ de HCl dans une fiole de 1000 ml et on ajoute l'eau distillé jusqu'à 1000 ml pour obtenu une solution 1M d'HCl.

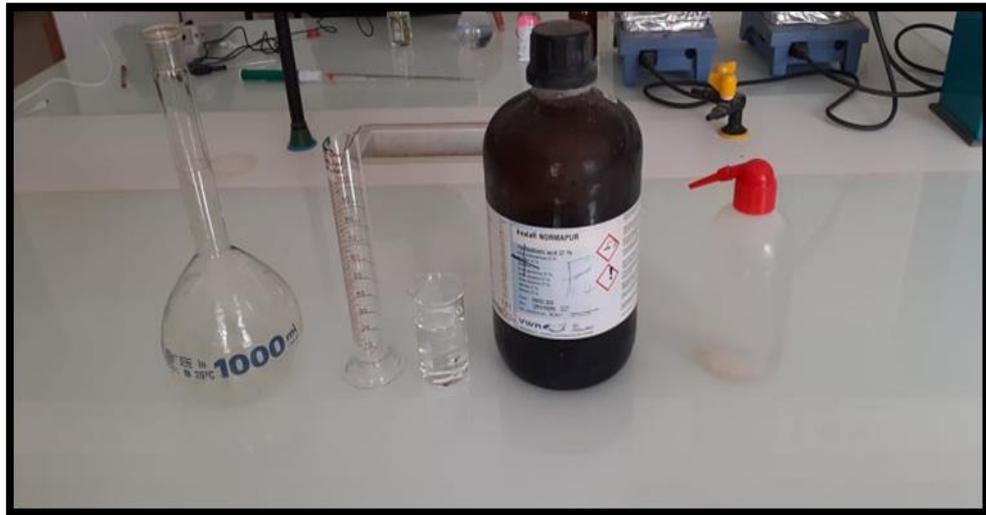


Photo 01: Préparation d'une solution de HCl 1M.

IV.3.1.2. La solution inhibitrice:

- L'inhibiteur utilisé:

Dans ce travaille ont utilisé un extrait des grains d'un plante médicinale comme une solution inhibitrice, cette plante est le DATURA STRAMONIUM.

Tableau01: Caractéristiques de l'inhibiteur.

Etat initial	Apparence	Etat physique	couleur	Stockage	L'odeur
Des grains	Un extrait (liquide)	liquide	Marron claire	Stoker à temperatur e ambient	à une odeur

- Préparation de solution inhibitrice:

Pour la préparation de la solution inhibitrice il y a deux parties, la première partie c'est l'obtention des grains de la plante et la deuxième partie c'est la préparation d'extrait des grains du plant.

❖ **L'obtention des grains:** L'application de cette partie était en dehors du laboratoire Universitaire, et pour cela, on a quatre étapes, laquelle:

Etape01: collecter d'échantillon.

On à collecter la plante de datura stramonium Dimanche le 06/03/2022 dans les régions de Ghardaïa aux niveaux de METLILI EL JADIDA (NUMIRATTE).

Etape02: nettoyage d'échantillon.

Un jour après avoir collecté l'échantillon On enlever leur graines, tamisé avec un tamis et nettoyer par l'eau refroidi.



Photo 02: l'étape de l'obtention des graines de datura stramonium.

- ✓ Le tamisage à pour éliminer le sable et les impuretés.
- ✓ Le nettoyage pour bien éliminer les importée et le sable, l'utilisation de l'eau refroidi dans le nettoyage a pour but d'éviter l'obtention d'un extrait.



Photo 03: l'étape de nettoyage et de tamisage.

Etape03: le séchage naturel d'échantillon.

Après le nettoyage il revient le sécher. Pour notre cas, on a posés notre échantillon de sécher à l'air libre sur un papier absorbant pendant 30h avec remuant de temps en temps.



Photo 04: l'étape de séchage naturelle a l'air libre.

Etape04: le séchage artificiel d'échantillon.

Après le séchage naturel on a nettoyé l'échantillon avec l'eau refroidir une deuxième fois et met sur un papier absorbant Pour éliminer l'excès d'eau, après ça on faire un séchage artificiel dans une étuve au niveau de laboratoire universitaire pendant 1h.



Photo 05: Nettoyage d'échantillon.



Photo 06: séchage artificiel d'échantillon dans l'étuve.

Au final on obtient un échantillon (les grains de *datura stramonium*) prêt pour l'utilisation dans les opérations à faire.

❖ **La préparation d'extrait des grains de la plante:**

L'application de cette partie était au niveau de laboratoire universitaire.

➤ Rectification (Distillation Avec Reflux):

La rectification est assimilée à une distillation répétée et concerne les mélanges à séparer dont les différences de volatilité sont faibles. Par comparaison à une simple

distillation, dans la rectification on ne prélève pas la totalité du distillat, car après condensation, une partie retourne dans l'appareil effectuant l'opération. Du point de vue de sa méthode d'exécution, la rectification peut être réalisée en continu ou en discontinu [2].

- ✚ Avant de faire le montage, on pèse 150 g des graines de Datura dans une balance électrique puis on chauffe l'eau distillée dans un agitateur magnétique chauffant.

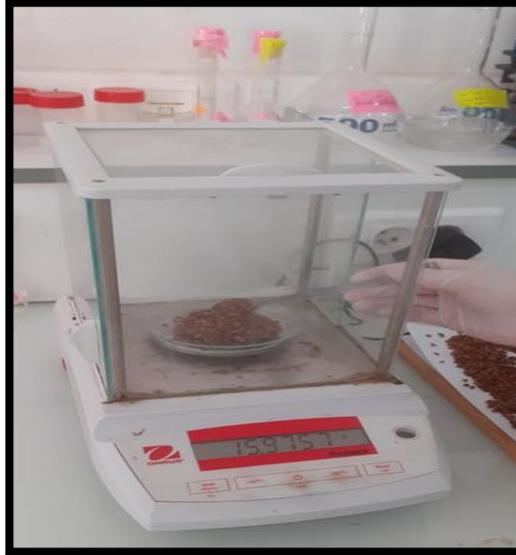


Photo 07: Peser les échantillons dans la balance électrique.

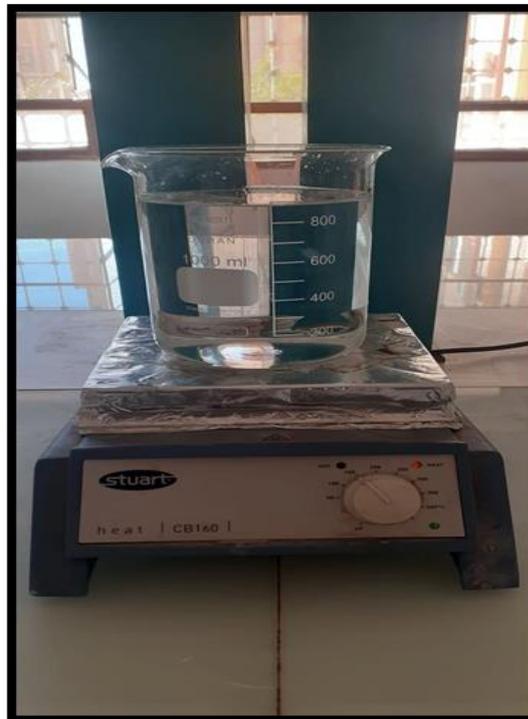


Photo 08: Chauffage de l'eau distillée dans un Agitateur Magnétique Chauffant.

✚ On a ajouté 2/3 de l'eau dans une fiole de 1000 ml et puis on lance le montage à reflux.

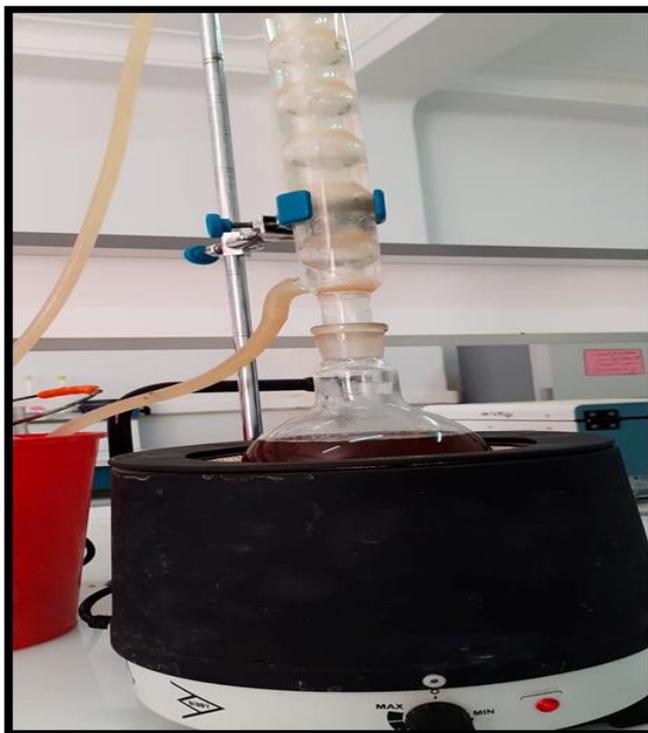


Photo 09: Montage à reflux.

✚ Après la fin de l'opération, on récupère l'extrait du ballon et on le met dans un flacon en verre.



Photo 10: L'extrait obtenu de montage à reflux.

➤ Filtration:

La filtration est une opération dont le but est de séparer une phase continue (liquide ou gazeuse) des matières solides ou liquides (phase dispersée) qui y sont présentes en suspension [2].

✚ Après avoir obtenu l'extrait de montage à reflux, on le filtre pour éviter les impuretés.

Remarque: nous avons filtré notre extrait plusieurs fois (6 fois)



Photo 11: Filtration d'extrait de Datura.

Comme nous l'avons mentionné précédemment, On a préparé tout d'abord une quantité suffisante de la solution HCl (1L) et la quantité de solution inhibitrice. Notre étude consiste à préparer 10 milieux corrosifs déferrant:

- ✓ Le milieu1: contient 100% de solution HCl.
- ✓ Le milieu2: contient 90% de solution HCl et 10% de solution inhibitrice.
- ✓ Le milieu3: contient 80% de solution HCl et 20% de solution inhibitrice.
- ✓ Le milieu4: contient 70% de solution HCl et 30% de solution inhibitrice.
- ✓ Le milieu5: contient 60% de solution HCl et 40% de solution inhibitrice.
- ✓ Le milieu6: contient 50% de solution HCl et 50% de solution inhibitrice.
- ✓ Le milieu7: contient 40% de solution HCl et 60% de solution inhibitrice.
- ✓ Le milieu8: contient 30% de solution HCl et 70% de solution inhibitrice.
- ✓ Le milieu9: contient 20% de solution HCl et 80% de solution inhibitrice.
- ✓ Le milieu10: contient 73% de solution inhibitrice.

Remarque: dans notre cas la quantité de solution inhibitrice il ne suffisait pas de terminer le teste, donc il fallait se éliminé le milieu qu'il contient 10% de solution HCl et 90% de solution inhibitrice, et ça pour obtient un milieu contient 100% de solution inhibitrice.

- On a utilisé des béchers de 100ml pour faciliter la manipulation, c'est à dire:

$$100\text{ml} \longleftrightarrow 100\%$$

- Donc pour le milieux1: 100% de la solution c'est-à-dire on prendre 100ml de ce dernier.

De même on prépare les autres milieux.

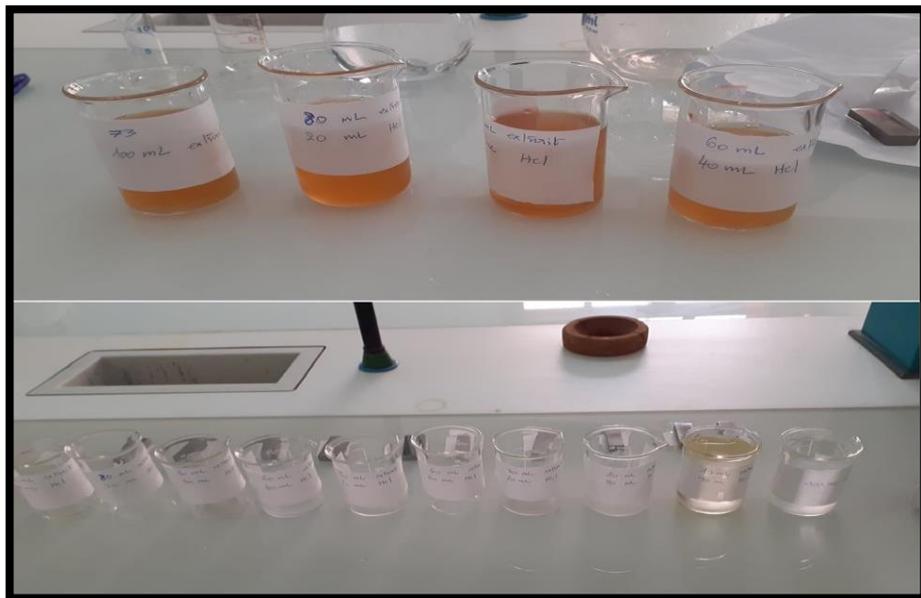


Photo 12: Les essais de la perte de masse à partir de ces milieux différents.

IV.3.1.3. Matériau:

Le matériau que nous avons testé est l'acier au carbone (X70), les compositions chimiques de l'acier au carbone X70 sont présentées dans le tableau suivant:

Tableau02: les compositions chimiques de l'acier au carbone X70.

Désignation	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
Maximum sur produit	0.070	0.372	1.675	0.0092	0.0026	0.089	0.014	0.037

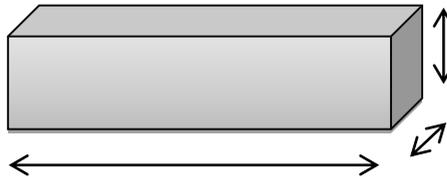
Désignation	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	Sn	Ca
Maximum sur produit	0.0337	0.0072	0.032	0.0562	0.0274	0.0027	0.0025	0.003

Désignation	B	N	Fe	Cu+Ni+Cr+Mo	Nb+V+Ti	CE _{pcm}
Maximum sur produit	0.0003	0.0034	97.5	0.172	0.0863	00.176

IV.3.1.4. Préparation d'échantillon et polissage:

Le matériau utilisé dans notre travail est un acier faiblement allié, de désignation X70 utilisé dans la fabrication des tubes dans l'entreprise d'ALFAPIPE (Bou-Noura, Ghardaïa). Les morceaux d'acier utilisés dans notre essai, ont été coupés des tubes formés à partir de la bobine.

Les échantillons utilisés ont été découpés sous forme cubique de différentes dimensions $L \times D \times H$.



L: c'est la longueur d'échantillon d'acier.

D: c'est la largeur d'échantillon d'acier.

H: c'est la hauteur d'échantillon d'acier.

Afin d'obtenir les normes requis pour notre échantillon, ces morceaux sont passés par 4 étapes, la réalisation de ces étapes a été au niveau de l'entreprise d'ALFAPIPE, ces étapes sont:

- Découpage: Son rôle est de découper la plaque métallique en petits morceaux.



Photo 13: scie à ruban.

- Fraisage: Son rôle est d'éliminer la surface indésirable.



Photo 14: Fraiseuse.

- Polissage à chaud: c'est l'un des étapes de finition, son rôle est d'éliminer l'épaisseur en excès des morceaux métallique



Photo 15: Polisseuse à chaud.

➤ Polissage à froid: c'est l'un des étapes de finition, son rôle est de lisser les morceaux métalliques.



Photo 16: Polisseuse à froid.

- Les dimensions des morceaux arrivés d'ALFAPIPE:

Largeur: 1,5 cm.

Longueur: 4,2cm.

Hauteur: 0,8cm.

Ensuite, nous avons vu que les échantillons besoin d'être polies, donc on utilise les papiers verre (800, 1000, 1200,2000) pour le polissage manuelle sur notre morceaux d'acier X70 afin d'obtenir des morceaux claires comme un miroir et pour avoir un bonne résultat. Ensuite, les échantillons aussi rincée avec l'eau distillée et l'acétone.

Remarque: On utilise un peu d'eau distillé dans les papiers verre et on a essuyé les morceaux avec du coton imbibé d'acétone entre chaque numéro de papier.



Photo 17: Polissage manuelle d'acier X70.

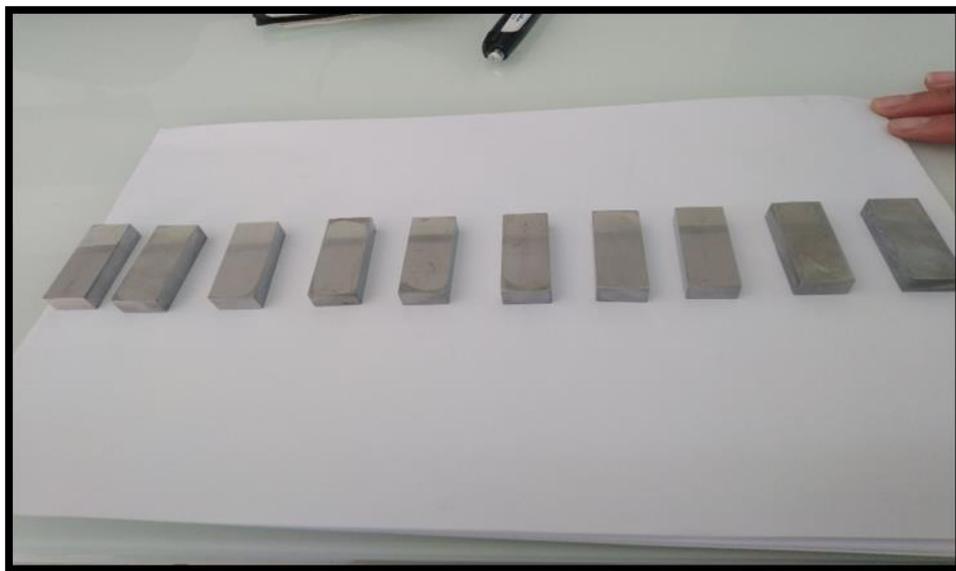


Photo 18: L'acier X70 après le polissage manuel.

IV.3.1.5. Matériels et produits utilisés:

Tableau03: matériels et produits utilisée.

Matériels.	Produits.
Tamis.	L'eau distille.
Agitateur Magnétique Chauffant.	Acide chlorhydrique(HCl) 1M.
Balance électrique.	Acétone.
Montage d'hydro distillation (chauffe ballon, condenseur,..).	
Béchers de 100ml	
Fioles.	

Entonnoirs en verre.	
Eprouvette graduée.	
Papier verre (800,1000, 1200, 2000).	
Coton, Corde et des stylos.	
Auto Power-off Digital Caliper (Pied à coulisse).	
Papier filtre.	
Fiole jaugée de1000ml.	
Acier X70.	

IV.3.1.6. Mode opératoire:

Dans notre travaille, l'échantillon utilisé c'est des morceaux d'acier et pour être utilisable, il faut être traité avant de commencer les tests, donc appris le découpage des échantillons il y a deux étapes de traitement à faire, la premier consiste à enlever la couche des précipitées sur la surface de métal par du papier abrasif à finesse de 800, 1000, 1200,2000 cette opération exige de l'eau distillée pour éviter toute élévation brusque de température résulté de frottement, qui implique la modification de la structure des échantillons. La deuxième, consiste de nettoyer les échantillons par l'acétone, c'est à dire, on a essuyé les morceaux avec du coton imbibé d'acétone entre chaque numéro de papier et ça pour obtient un morceau d'acier comme un miroir.

Après le traitement d'échantillon on a mesuré les grandeurs suivante:

- ✓ La masse des échantillons qui a été préparer (avant le testé).
- ✓ les dimensions d'échantillons L, H, D, à l'aide d'un "Pied à coulisse", à partir de ces dimensions on a calculé la surface d'échantillons par la relation suivant:

$$S = (L+H+D)*2$$



Photo 19: Pied à coulisse.

Ensuite, plonge l'échantillon en milieu corrosif (mélange d'extrait de plante et l'HCl diluée) qui a été fixée avec une filme de corde en plastique pendant un temps d'immersion définie (20min). Et puis retire et on le met sur une quantité de coton pour sécher et enfin pèse et enregistré le poids après la corrosion.

Tableau04: Mesure de surface d'acier X70 avant et après la corrosion

Langueur (mm)	Largeur (mm)	Hauteur (mm)	S1 (mm ²)	Langueur (mm)	Largeur (mm)	Hauteur (mm)	S2 (mm ²)
42,42	15,07	8,4	131,78	42,28	15,04	8,28	131,2
42,44	15,38	8,41	132,46	42,27	15,26	8,32	131,7
42,66	15,22	8,27	132,3	42,51	15,11	8,14	131,52
42,33	15,44	8,37	132,28	42,02	15,29	8,12	130,86
42,53	15,07	8,37	131,94	42,51	14,95	8,27	131,46
42,53	15,1	8,39	132,04	42,42	14,8	7,66	129,76
42,6	14,9	7,98	130,96	41,29	14,78	7,98	130,1
42,12	14,89	8,13	130,28	42,88	14,7	7,79	128,74
42,61	14,79	8,04	130,88	42,59	14,52	7,93	130,08
42,44	14,97	7,97	130,76	42,37	14,87	7,76	130

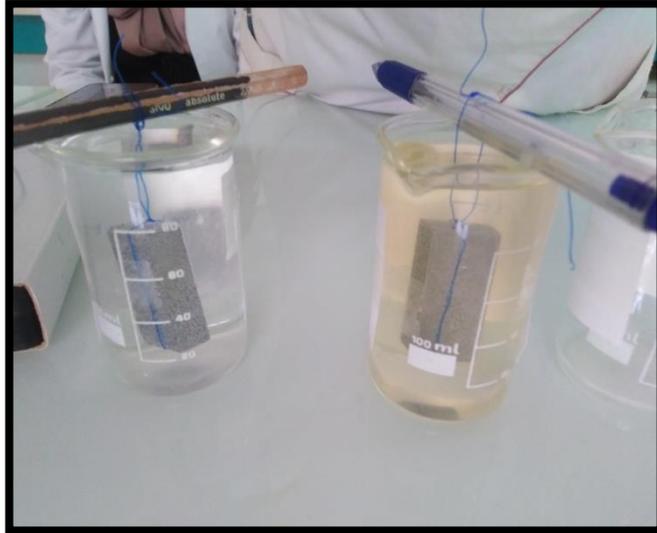


Photo 20: L'échantillon dans un milieu corrosif.

IV.4. Résultats et discussion:

IV.4.1. Etude de l'efficacité inhibitrice:

Après 20min d'immersion des échantillons on enlève ce dernier, Figure... représente l'échantillon après l'immersion.



Photo 21: L'échantillon avec l'inhibiteur (après 20min d'immersion).

❖ Interpretation:

Après 20min on enlève les échantillons, On observe que les échantillons immergés à un haut pourcentage de solution d'HCl comme le milieu qu'il contient 100%, 90% et 80% de solution d'HCl, sont corrodés plus que les milieux de 60,50,40 et 30 de solution d'HCl.

Après ces résultats, nous concluons que, quand on a augmenté le pourcentage de solution inhibitrice la corrosion et diminuer. Donc la solution inhibitrice et diminuer la corrosion des échantillons.

IV.4.2. Les résultats de notre étude sur l'inhibiteur:

Tableau05: Les résultats d'acier X70 après 20 minutes d'immersion en présence de HCl 1M et d'inhibiteur.

Pourcentage %	m1(g)	m2(g)	$\Delta m = m1 -$	S1 (mm ²)	S2 (mm ²)	V (mm/an)	R%
0	42.204	42.2005	0.0035	131.78	131.2	88,64378 13	0
10	42.8379	42.8357	0.0022	132.46	131.7	55,43290 805	37.46554 216
20	42.3781	42.3772	0.0009	132.3	131.52	22,70452 381	74.38678 328
30	41.9278	41.926	0.0018	132.28	130.86	45,41591 321	48.76582 142
40	41.9883	41.987	0.0013	131.94	131.46	32,88490 602	62.90218 498
50	38.9505	38.9495	0.001	132.04	129.76	25,27692 366	71.48483 144
60	40.3752	40.375	0.0002	130.96	130.1	5,097075 443	94.24993 455
70	39.2932	39.2922	0.001	130.28	128.74	25,61839 883	71.09960 963
80	39.3033	39.3015	0.0018	130.88	130.08	45,90171 913	48.21777 855
100(73ml)	39.6939	39.6927	0.0012	130.76	130	30,62922 912	65.44683 826

➤ Etude sur la perte de masse:

Tableau06: Résultat de la perte de masse d'acier X70.

Δm (g)	0,0035	0,0022	0,0009	0,0018	0,0013	0,001	0,0002	0,001	0,001	0,0012
Pourcentage %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	100 (73 ml)

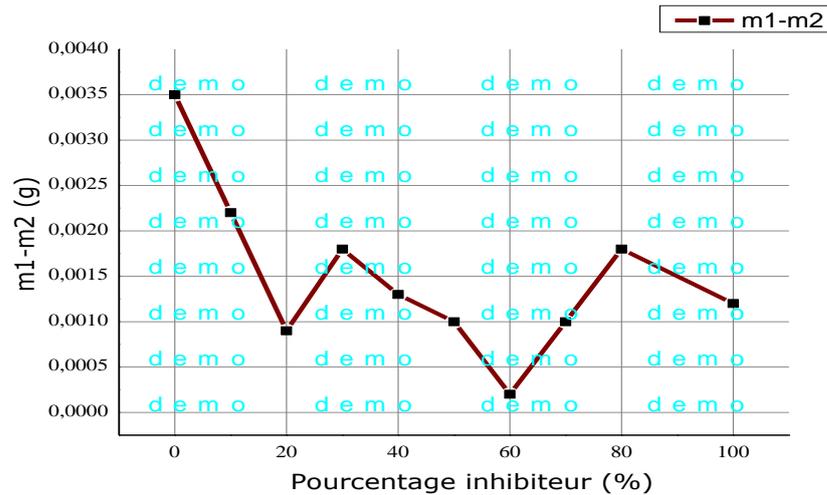


Figure 01: Graphe des différences de masse en fonction de pourcentages d’inhibiteur.

❖ Interprétation:

Le graphe (Figure23) présente la différence de masse en fonction de pourcentage d’inhibiteur.

-On remarque la diminution de masse au maximum dans l’intervalle de pourcentage (0% ,20%) et petite augmentation entre 20% et 40%.

-Après on observe une diminution jusqu’ à 60%, puis on a une augmentation jusqu’à 80%.

➤ Etude sur la vitesse de corrosion:

Tableau07: Résultat de la vitesse de corrosion d’acier X70.

Vitesse (mm/an)	88,643781 3	55,432908 05	22,704523 81	45,415913 21	32,884906 02
Pourcentage inhibiteur (%)	0	10	20	30	40
Vitesse (mm/an)	25,276923 66	5,0970754 43	25,618398 83	45,901719 13	30,629229 12
Pourcentage inhibiteur (%)	50	60	70	80	100 (73ml)

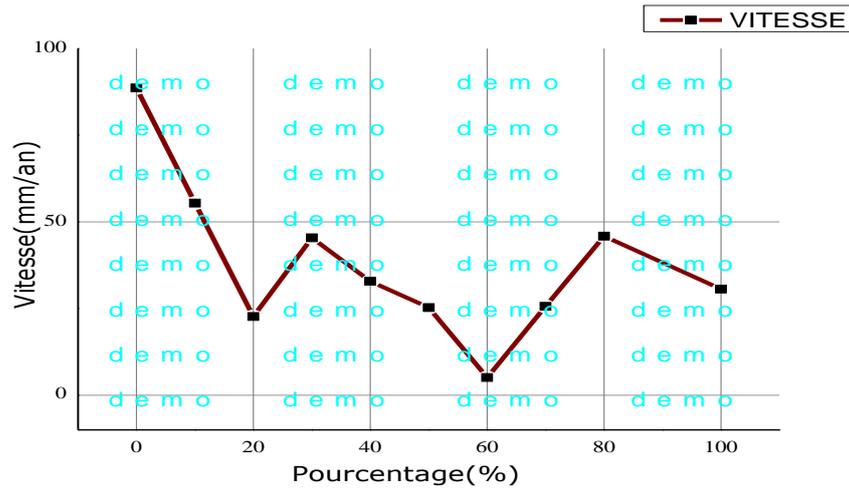


Figure 02: Graphe de la vitesse de corrosion d’acier X70 après 20 minutes d’immersion en présence de HCl 1M et d’inhibiteur.

❖ Interprétation:

Ce graphe (Figure24) figuré la variation de vitesse de corrosion d’acier X70 dans le milieu corrosif en présence l’inhibiteur.

-En 0%, on observe une grande vitesse de corrosion car il y a une perte de masse maximale sur l’acier X70 immergé dans l’acide chlorhydrique (0% d’inhibiteur).

-En 60%, il y a une vitesse minimale après cette valeur la vitesse augment.

➤ Etude sur le rendement de la corrosion:

Tableau08: Résultat de rendement de la corrosion.

Rendement %	0	37,46554216	74,38678328	48,76582142	62,90218498
Pourcentage %	0	10	20	30	40
Rendement %	71,48483144	94,24993455	71,09960963	48,21777855	65,44683826
Pourcentage %	50	60	70	80	100 (73ml)

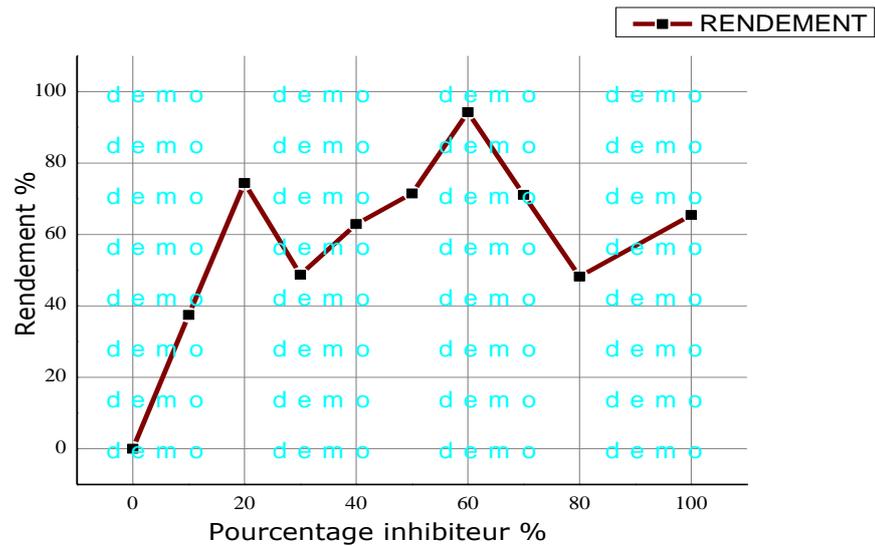


Figure 03: Graphe de rendement en fonction des pourcentages d'inhibiteur.

❖ Interprétation:

Ce graphe représente le rendement d'inhibition en fonction du pourcentage d'inhibiteur.

-Dans l'intervalle (0%,20%) le rendement est augmenté puis il y a une diminution entre 20% et 40%.

-On remarque que le rendement maximal est dans la valeur 60% comme on le voit dans les résultats du graphe de la vitesse de corrosion.

Ces résultats expriment que notre inhibiteur est un bon au pourcentage 60%.

Bibliographie

- [1] Yousfi Hanane et Bourahla Souaad, Etude des inhibiteurs de corrosion pour protéger l'acier ordinaire en milieu agressif, Mémoire de Master, Université Mouhamed El Bachir El Ibrahimi De Bordj Bou Arréridj, 2020.
- [2] BEN SAHA KHADIDJA, Synthèse des (methoxy carbonyl méthyl) diphenyl phosphine, Mémoire de Master, Université de Ghardaïa, 2018.



**CONCLUSION
GÉNÉRALE**

Conclusion Générale

Conclusion Générale:

Les inhibiteurs sont considérés comme une solution au problème de corrosion, qui à son tour diminue la vitesse de corrosion qu'ils ne sont pas cher et efficaces d'après notre expérience étudiée.

Nous avons travaillé de l'effet inhibiteur du «DATURA STRAMONIUM» sur la corrosion d'acier X70. L'étude a été accomplie dans un milieu de acide chlorhydrique HCl 1M et la méthode appliquée est la méthode de perte de masse Ce qu'on a fait au Laboratoire de recherche de l'Université de GHARDAIA.

D'après les résultats que nous avons obtenus, nous avons conclu que la vitesse de corrosion est diminuée en présence d'inhibiteur «Extrait de DATURA STRAMONIUM» et un bon inhibiteur dans le pourcentage de l'extrait 60% de rendement 94,249%.



RECOMMENDATION

Recommandation

Recommandation:

Les résultats de notre étude sur la plante de DATURA STRAMONUIM par la méthode de la perte de masse, montre que il y a un pouvoir inhibitrice, donc en recommande les chercheurs ou les étudiantes pour faire les autres méthodes pour bien comprendre la protection et le mécanisme.