

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa

Faculté des Sciences et Technologies

Département des Sciences et de la technologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du

diplôme de MASTER

Domaine: Sciences et Technologies

Filière : génie des procédés

Spécialité : génie chimie

Par: BENSAHA Abdeljalil

SABROU Abdel basset

N° d'ordre

N° de série

Thème

Etude d'inhibition de la corrosion du fer en milieu acide par l'extrait de *periploca*

Soutenu publiquement le:17/09/2020

Devant le jury :

Président	Mme: Kerroumia MOULAY	MAA	Univ Ghardaïa
Examineur	M^r: Mouhamed Saleh AGOUN	MAA	Univ Ghardaïa
examineur	M^r:Salaheddine BENCHIEKH	MCB	Univ Ghardaïa
Encadreur	M^r: Khaled MANSOURI	MCB	Univ Ghardaïa

Année universitaire : 2019/2020

REMERCIEMENT

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce travail.

J'exprime toute ma gratitude au M.MANSOURI KHALED pour sa disponibilité, sa patience et ses conseils.

Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury qui ont accepté d'examiner mon travail, et de l'enrichir par leurs propositions.

Je tiens également à remercier toutes personnes ayant participé de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

Abdeljalil

REMERCIEMENT

*En premier lieu, nous tenons à remercier Dieu,
notre*

*Créateur pour nous avoir donné la force pour
accomplir Ce travail.*

Nous tenons à remercier

*Notre encadreur M.MANSOURI KHALED
docteur à l'université de GHRDAIA pour son
grand soutien et ses*

Conseils considérables.

*Nous remercions également tous les professeurs
du*

Département et laboratoire

De génie des procédés.

*Que toute personne ayant participé de près ou de
loin à La réalisation de ce travail.*

Abdelbasset

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

*A Mon cher père qui n'a cessé de m'aider avec
son indéfectible soutien*

*A la lumière de mes jours, la source de mes
efforts, la flamme de mon cœur, mon soutien, ma
Vie et mon bonheur ; maman que j'adore.*

*A mes frères : Abdelhamid, Djameleddine,
Saffouane, Mouaad, Abderrahmen.*

A mes deux sœurs.

A tous mes amis.

A mon cher pays « l'Algérie ».

GALI

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

*A ceux qui m'ont poussé à continuer mes
études.*

*A ma mère qui m'a donné tout le courage et
le soutien pour continuer*

*À mon cher père, qui ne cesse de m'orienter
et me donner l'espoir et la volonté de faire le
maximum pour réussir.*

*A tous mes frères : abde rezzak ,abde djabbar
,elhachemi ,abdeghani*

A toutes mes sœurs.

A toute ma famille.

AbdelBasset

Liste des figures

Figure I-1 La nature des paramètres dus à la corrosion.....	6
Figure I-2 Mécanisme de la corrosion atmosphérique : exemple de la corrosion d'un collecteur d'échappement.....	7
Figure I-3: Corrosion uniforme.....	8
Figure I-4: Corrosion localisée	9
Figure I-5: Représentation schématisée d'une pile de corrosion.....	10
Figure I.6 :Corrosion sous-contrainte	10
Figure I-7 :Corrosion cavernueuse	11
Figure I-8 :Corrosion par piqûres	11
Figure I-9 :Corrosion au niveau des joints de grains d'une structure métallique:.....	12
Figure I-10 : Corrosion érosion	13
Figure I-11:Exemple de structures cristallines des aciers.....	17
Figure I-12: L'acier doux.....	18
Figure I-13: Diagramme de Pourbaix du fer.....	23
Figure I-14 Dispositif Expérimental de la technique de masse perdue.	24
Figure II-1: Les différents processus se déroulant à l'interface lors de la corrosion d'un métal en milieu liquide.....	33
Figure II.2. Classement des inhibiteurs de corrosion.....	34
Figure II5: Représentation schématisée des modes d'adsorption de molécules organiques Inhibitrices sur une surface métallique.....	40
Figure II-6 <i>Periploca laevigata</i> Act. (www.sahara-nature.com).....	44
Figure III-1: la forme et les dimensions de plaquettes.....	50
Figure III -2 :Une polisseuse mécanique	51

Figure III-3: L'opération de polissage avec du papier abrasif de différentes granulométries....	51
Figure III-4 Montage du principe pour la technique de perte de masse.....	52
Figure III-5 Balance analytique.....	52
Figure III-6 pied à coulisse.....	52
Figure III-7 Eprouvette.....	53
Figure III-8 bécher.....	53
Figure III -9: échantillons de l'acier X70 immergé dans une solution corrosif.....	54
Figure III -10: échantillon après d'émergence Dans une solution.....	54
Figure IV-1: présentation graphique d'évaluation de vitesse de corrosion en fonction de concentration des inhibiteurs.....	58
Figure IV-2: présentation graphique évaluation de vitesse de corrosion en fonction de concentration de l'acide sulfurique.....	59

Liste des tableaux

Tableau (N° I-1). Résume les principaux facteurs de corrosion.....	13
Tableau (N° I-2): Caractéristiques mécanique de l'X70 selon l'API5L.....	18
Tableau (N° II-1). Différence entre adsorption chimique et adsorption physique.....	42
Tableau (N° III -1): le pourcentage des éléments constituant l'acier X70.....	49
Tableau (N° V-1): Paramètres relatifs à l'acier X70 en présence d'inhibiteurs.....	58
Tableau (N° IV -2): Paramètres relatifs à l'acier X70 en solution(d'eau de robinet + l'acide sulfurique).....	59

Liste des abréviations

Ox	l'oxydant
Red	réducteur
Θ	taux de recouvrement
C_{inh}	concentration de l'inhibiteur,
b	coefficient d'adsorption
R	rendement
E	efficacité

Résumé :

L'inhibition de la corrosion est méthode la plus commune de l'acier au doux dans le milieu acide

L'inhibiteur de la corrosion se compose essentiellement de molécule active qui forment une couche protectrice à surface du métal

L'objectif de ce travail est l'étude d'un moyen de lutte contre la corrosion de l'acier (XC70) par l'utilisation d'inhibiteur de corrosion, extrait de *peruploca*, en milieu acide H_2SO_4 .

Cette étude a été réalisée par une méthode expérimentale : la méthode de masse perdue

Nous avons étudié cet inhibiteur en différentes concentrations

(1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%). À

température ambiante, nous avons obtenu la meilleure concentration d'inhibition à 20 %

Mots clés : Corrosion, inhibiteur de corrosion, extrait de *peruploca*, la méthode de masse perdue, solution corrosive (milieu acide H_2SO_4), acier (XC70)

Abstract :

Corrosion inhibition is the most common method of mild steel in acidic medium

The corrosion inhibitor consists mainly of active molecules which form a protective layer on the metal surface

The objective of this work is the study of a means of combating the corrosion of steel (XC70) by the use of corrosion inhibitor, *peruploca* extract, in an acidic medium H_2SO_4 .

This study was carried out by an experimental method: the lost mass method

We have studied this inhibitor in different concentrations (1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%). At

room temperature, we obtained the best inhibition concentration at 20%

Key words: Corrosion, corrosion inhibitor, *peruploca* extract, method of lost mass, corrosive solution (acidic medium H_2SO_4), steel (XC70)

ملخص :

تنبيط التآكل هو الطريقة الأكثر شيوعاً للصلب الطري في الوسط الحمضي

يتكون مثبط التآكل أساساً من جزيء نشط يشكل طبقة واقية على سطح المعدن

الهدف من هذا العمل هو دراسة وسائل مكافحة تآكل الفولاذ

(XC70) عن طريق استخدام مثبط التآكل ، مستخلص البيروبلوكا ، في وسط حمضي

H_2SO_4 .

نفذت هذه الدراسة بطريقة تجريبية: طريقة الكتلة المفقودة

لقد درسنا هذا المانع بتركيز مختلفة جزء . (1%,2%,3%,4%,5%,6%,7%,8%,9%,10%) درجة حرارة الغرفة ،

حصلنا على أفضل تركيز تنبيط عند 20%.

الكلمات المفتاحية: التآكل ، مانع التآكل ، خلاصة البيروبلوكا ، طريقة

الكتلة المفقودة ، محلول تآكل (وسط حمضي H_2SO_4) ، فولاذ (XC70)

Sommaire :

Introduction générale	1
Références.....	3

Chapitre I : Généralités sur la corrosion

I. Introduction :	5
I.1.1. Définition de la corrosion:.....	5
I.1.2. L'origine de la corrosion :	5
I.1.3. Impact économique de la corrosion des métaux:	6
I.2. Les types de corrosion :	6
I.2.1. La corrosion chimique :	6
I.2.2. Corrosion biochimique (bactérienne) :	7
I.2.3. Corrosion électrochimique (humide) :	7
I.3. Les formes de corrosion :	8
I.3.1. Corrosion uniforme ou généralisée:	8
I.3.2. Corrosion localisée :	9
I.3.3. Corrosion galvanique :	9
I.3.4. Corrosion sous-contrainte:	10
I.3.5. Corrosion caverneuse :	11
I.3.6. Corrosion par piqûres :	11
I.3.7. Corrosion inter granulaire :	12
I.3.8. Corrosion érosion :	12
I.4. Les facteurs qui influencent la corrosion :	13
I.4.1. Facteurs du milieu corrosif :	13
I.4.2. Facteurs métallurgiques :	14
I.4.3. Facteurs définissant les conditions d'emploi :	14
I.4.4. Facteurs dépendant du temps :	14
I.5. Vitesse de corrosion :	14

I.6. L'acier :	15
I.6. 1Composition chimique des aciers :	15
I.6.2.Structure des aciers :	16
I.6.3. Fabrication de l'acier:	17
I.6.4. Propriétés mécanique:	17
I.6.5. L'acier au carbone :	18
I.6.6. Caractérisation et application des aciers doux :	18
I.6.7 Protection contre la corrosion :	18
I.6.8. Réaction de corrosion :	19
I.7. Corrosion du fer :	20
I.7.1. Corrosion du fer en milieu aqueux:	20
I.7.2. Corrosion dans des milieux acides :	21
I.7.3. Diagramme de Pourbaix du fer :	22
I.8.Essais de corrosion :	23
I.8.1. Méthode de la masse perdue :	24
I.8.3. Théorie de la masse perdue :	24
I.8.4 .Avantage de la masse perdue :	25
I.8.5.Inconvénients de la masse perdue :	25
I .9.Conclusion.....	25
Références.....	26

Chapitre II : Généralités sur l'inhibiteur de la corrosion

II. Introduction :	30
II.1 Définition d'inhibiteur :	30
II.1.1Conditions d'utilisations et propriétés :	30
II. 2. Nature de l'inhibiteur :	31
II. 2.1 Les inhibiteurs organiques :	31
II. 2.2. Les inhibiteurs minéraux :	32

II. 2.3. Mode d'action des inhibiteurs de corrosion :	32
II. 3. Classification des inhibiteurs de corrosion :	33
II. 3.1. Classification selon la réaction partielle.....	34
II. 3.1.2. Inhibiteurs anodique :	34
II. 3.1.3. Inhibiteurs cathodique :	35
II. 3.2. Inhibiteurs mixte :	35
II. 3.2 : Classification selon le mécanisme réactionnel :	35
II. 3.2.1. Inhibition de corrosion par adsorption :	35
II. 3.2.2 . Inhibition de corrosion par passivation :	36
II. 3.2.3 . Inhibition de corrosion par précipitation :	36
II. 3.2.4 Inhibition de corrosion par élimination de l'agent corrosif :	37
II. 3.3 Classification selon le domaine d'application:	37
II. 3.3.1. Inhibition en milieu acide :	37
II. 3.3.2. Inhibition en milieu neutre :	38
II. 3.3.3 .Inhibition en phase gazeuse :	38
II. 3.3.4 Inhibiteurs pour le milieu organique :	38
II.3.3.5 : Inhibiteurs naturels de corrosion:	39
II.4 . Domaines d'application :	39
II. 5. Phénomène d'adsorption :	40
II. 5.1 Définition:	40
II. 5.2. Types d'adsorption :	40
II. 5.2.1 Adsorption physique :	41
II. 5.2.2 Chimisorption :	41
II. 6. Influence de la concentration sur l'effet inhibiteur:	42
II.6.1. Langmuir :	42
II.6.2. Temkin :	43
II.7. <i>Periploca laevigata</i> Ait :	43
II.7.1. Place dans la systématique :	43
II.7.2. Description botanique.....	44
II.7.3. Habitat et répartition géographique :	44

II.7.4. Usage traditionnel :.....	45
II.8. Conclusion :	45

Chapitre III :Matériels et Méthodes expérimentaux

Références.....	46
III.1.Introduction :.....	49
III.1.Méthode gravimétrique (la perte de masse) :.....	49
III.2. L'acier au carbone utilisé:.....	49
III 3. Conditions expérimentales dans laboratoire:.....	50
III.3.1. Préparation des échantillons et polissage:.....	50
III 3.2 Préparation des échantillons :.....	50
III 3.3Préparation des surfaces :.....	50
III 3.4Polissage :	51
III .4. Les produits utilisés:	53
III4.1.1 Préparation le milieu corrosif:.....	53
III 4.1.2Solutions inhibitrices:.....	53
III4.1.3 Mode opératoire:	53

Chapitre IV : Résultats et Discussion

IV introduction:.....	57
IV 1 Préparation des solutions utilisées:	57
IV 1.1 Preparation de solution H ₂ SO ₄ +inhibiteur.....	57
IV 1.2 Discussion des résultats de la représentation graphique1 :	58
IV 2 Preparation de solutionH ₂ O+H ₂ SO ₄ :	59
IV 2.1Discussion des résultats de la représentation graphique 2 :	60
IV 3. Conclusion :	60

Introduction générale

Introduction générale

L'importance de l'effet de la corrosion des métaux sur l'économie n'est plus à démontrer. On estime que la corrosion détruit un quart de la production annuelle mondiale d'acier, ce qui représente environ 150 millions de tonnes par an. Elle touche tous les domaines de l'économie. [1]

L'idée d'inhiber est très ancienne et remonte au Moyen Age où les maîtres armuriers ajoutaient de la farine ou de la levure pour éviter la fragilisation des armes lors d'un décapage acide. Par ailleurs, l'inhibition a été employée en chimie et particulièrement en corrosion depuis 1907- 1910 [2].

Quand on veut utiliser un inhibiteur, on essaye de trouver le meilleur. Cet inhibiteur doit présenter plusieurs caractéristiques: abaisser la vitesse de corrosion d'un métal, sans affecter les caractéristiques physiques, être efficace à faible concentration, être stable en présence des autres constituants du milieu ou aux différentes températures d'utilisation [3].

Comme les normes européennes sont très strictes en ce qui concerne la toxicité, un inhibiteur doit être aussi compatible avec celle-ci et, bien sûr, d'un point de vue économique, son prix est aussi très important.

Par conséquent, en raison des préoccupations environnementales, les huiles et les extraits de plantes sont considérés de plus en plus comme une source d'inhibiteurs de

Introduction générale

corrosion verts. Ils sont utilisés pour la protection de métaux dans l'environnement acide, afin de remplacer les produits chimiques toxiques utilisés actuellement [4].

L'acide sulfurique est l'un des agents les plus largement utilisés dans le secteur industriel. Cet acide cause la dégradation des métaux, soit par des réactions chimiques ou électrochimiques. Il existe plusieurs méthodes disponibles pour protéger les métaux de la corrosion dans ce milieu, comme l'utilisation d'une barrière de protection, la galvanisation, la protection cathodique, l'utilisation des solutions antirouille ou des inhibiteurs de corrosion [5]

Le travail que nous présentons dans ce mémoire est subdivisé en quatre chapitres qui se terminent par une conclusion.

□ le premier est consacré à une étude bibliographique.

Le deuxième chapitre est une mise au point générale sur les inhibiteurs de corrosion et

Décrit les différentes méthodes permettant la protection contre la corrosion et les mécanismes d'inhibition.

Le chapitre 3 présente les dispositifs expérimentaux, le milieu d'étude et le matériau utilisé. pour la réalisation de ce mémoire.

Le chapitre 4 fait état des résultats et discussion relatifs à l'action des inhibiteurs testés sur la corrosion de l'acier doux en milieu H_2SO_4 20%.

la conclusion générale sur l'ensemble de ce travail, viendra clore notre étude.

Références

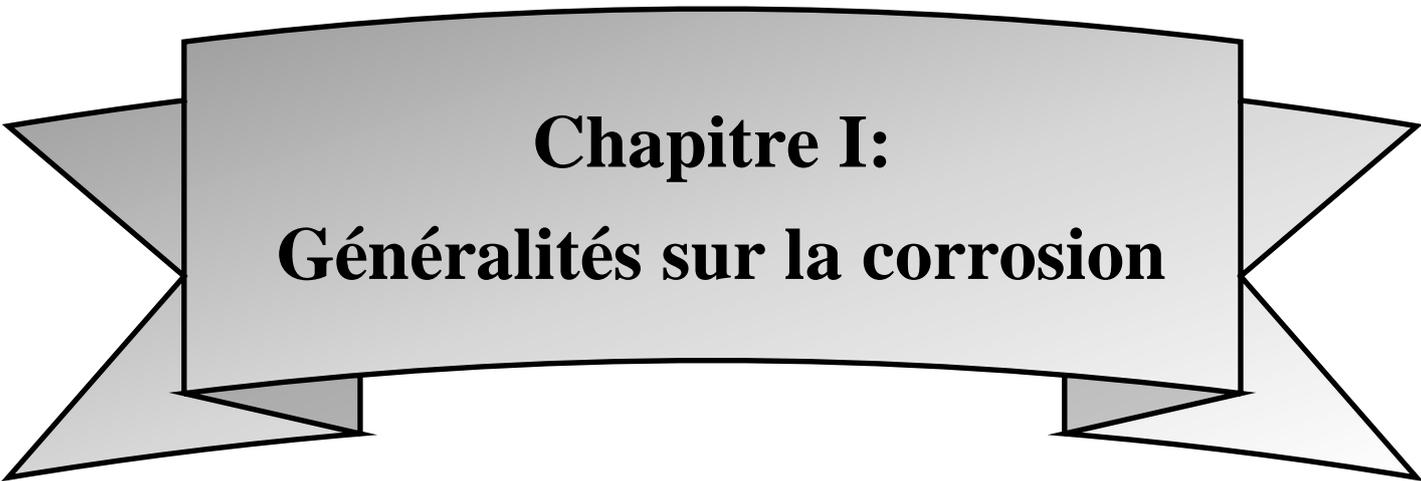
[1] D. Landot, Corrosion et Chimie de Surface des Métaux, Vol12, presses polytechniques et universitaires Romandes, Lausanne, 1993.

[2] Nassar Dalila . Lazali Nawal, La Protection de l'acier contre la corrosion acide Par l'emploi d'un inhibiteur vert (Citroflavonoïdes), mémoire de Master, université de Djilali Bounaama de Khemis Miliana ,2017

[3] Ratiba Mehibel, Étude de l'efficacité inhibitrice de quelques nouveaux inhibiteurs, dits non polluants, sur la corrosion de deux types d'alliages d'aluminium ,mémoire de magister, université de 20 aout 1955 de Skikda,2008

[4] Florina Constantin, Étude de l'efficacité d'inhibiteurs de corrosion utilisés dans les liquides de refroidissement, autre .INSA de Lyon, Français, 2011

[5] K. Abiola, Y. Tobun, Chinese Chemical Letters, 21 vol, pp 1449–1452 ,2010



Chapitre I:
Généralités sur la corrosion

I. Introduction :

La corrosion est un grand problème mondiale touche tous les secteurs sur tous dans l'industrie pétrolière, dans ce chapitre on peut présenter quelques notions principaux sur la corrosion, ces types, ces formes et les facteurs qui dues de cette problèmes.

I.1.1. Définition de la corrosion:

La corrosion est la dégradation du matériau par réaction chimique ou électrochimique avec l'environnement. Il subit en effet de matière progressive aux points de contact avec le milieu environnant [1]. Il définit, comme une interaction physico-chimique entre un métal et son environnement entraînant des modifications dans les propriétés du métal et souvent une dégradation fonctionnelle du métal lui-même, de son environnement ou du système technique constitué par les deux facteurs [2].

I.1.2. L'origine de la corrosion :

Les causes de la corrosion sont multiples et complexes et elles résultent d'interactions chimiques et /ou physiques entre le matériau et son environnement.

Les différents paramètres qui favorisent la corrosion d'un matériau sont :

Composition chimique et microstructure du métal,

Composition chimique de l'environnement,

Paramètres physiques (température, irradiation, etc.)

Sollicitations mécaniques (contraintes, chocs, frottement, etc.) [1].

Donc on peut dire que les phénomènes de corrosion dépendent du matériau et du milieu environnant [3]

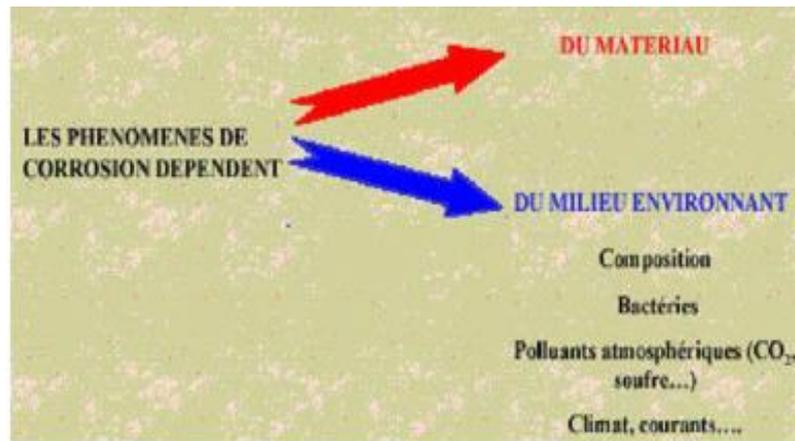


Figure I-1 : La nature des paramètres dus à la corrosion

I.1.3. Impact économique de la corrosion des métaux:

La corrosion est un domaine bien plus vaste qui touche toutes sortes de matériaux (métaux, céramiques, polymères) dans des environnements variables (milieu aqueux, atmosphère, hautes températures).

La corrosion des équipements et des matériaux causent de grands dégâts dans tous les secteurs : bâtiment, génie civil, transport, communication, industries chimique et pétrolière [4].

On évalue le coût de la corrosion à 4% environ du produit national brut [5].

I.2. Les types de corrosion :

Selon la nature de l'environnement et son comportement qui autour le métal, on peut déterminer le type de corrosion :

I.2.1. La corrosion chimique :

C'est la réaction entre le métal et une phase gazeuse ou liquide. Si cette corrosion se produit à haute température elle est alors appelée « corrosion sèche » ou corrosion à haute température.

Au cours de la corrosion chimique, l'oxydation du métal et la réduction de l'oxydant

Chapitre I : Généralités sur la corrosion

se fait en une seule action, c'est-à-dire les atomes du métal forment directement des liaisons chimiques avec l'oxydant qui arrache les électrons de valence des atomes métalliques. La réaction qui se produit est de la forme [6]

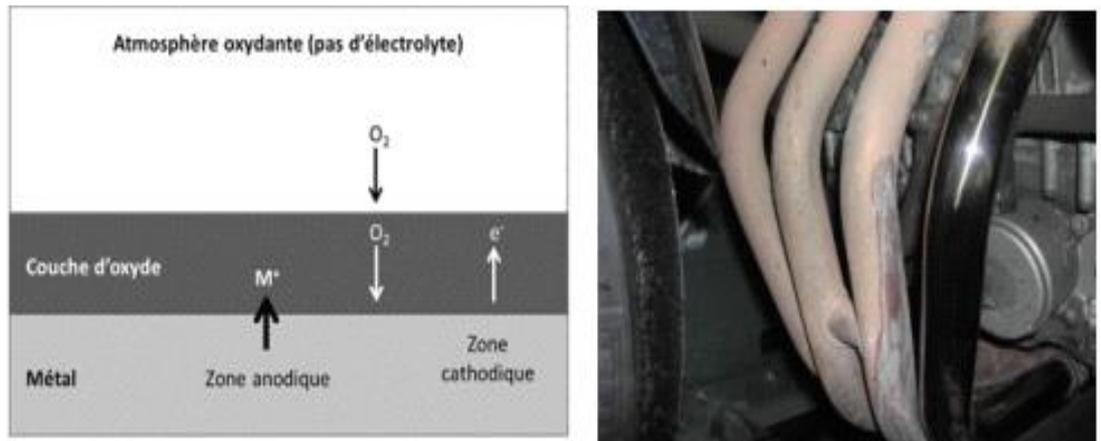
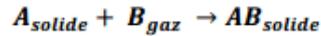


Figure I-2 : Mécanisme de la corrosion atmosphérique : exemple de la corrosion d'un collecteur d'échappement.

I.2.2. Corrosion biochimique (bactérienne) :

La corrosion bactérienne est due à la présence de colonies importantes de bactéries dites anaérobies qui se développent dans les eaux contenant des sulfates.

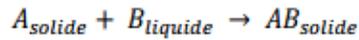
La lutte contre cette forme de corrosion est à l'heure actuelle essentiellement d'ordre biologique, elle est réalisée par injection de produits bactéricides dans les milieux corrosifs[7].

I.2.3. Corrosion électrochimique (humide) :

Si le réactif est liquide, il est en général, accompagné d'une corrosion électrochimique

Chapitre I : Généralités sur la corrosion

produite essentiellement par l'oxydation d'un métal sous forme d'ions ou d'oxydes et réduite l'agent corrosif existant dans la solution électrolyte. Par ailleurs, elle se produit par des transferts électroniques entre un métal et une solution électrolytique à son contact (circulation d'un courant électrique) [3, 8]. Pour une corrosion électrochimique on a :



I.3. Les formes de corrosion :

I.3.1. Corrosion uniforme ou généralisée:

Elle affecte l'ensemble de la surface du métal en contact avec l'électrolyte [9].

On parle de corrosion uniforme lorsque toute la surface du métal en contact avec la solution est attaquée de la même façon. Elle se traduit par une dissolution uniforme de la surface métallique en contact avec l'agent agressif [10]. Cette forme de corrosion du matériau se développe dans les milieux acides ou alcalins.

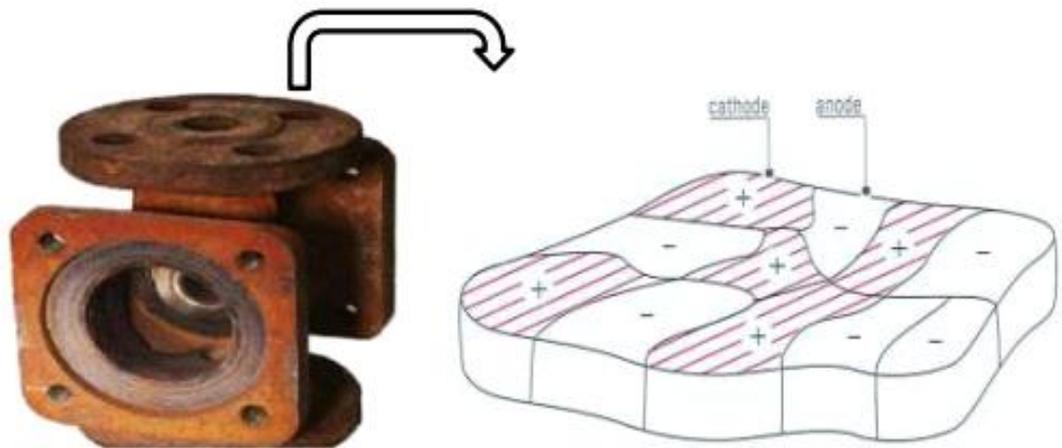


Figure I-3: Corrosion uniforme

I.3.2. Corrosion localisée :

Ce phénomène survient au contraire lorsque le matériau est mis en présence d'un environnement présentant vis à vis de lui un comportement sélectif. Cette sélectivité peut avoir des origines multiples tant au niveau du matériau (alliage hétéro phase, présence d'inclusions, protection de surface localement défectueuse, matériau bimétallique...) qu'au niveau de l'environnement (variation locale de composition, de pH ou de température). Cette forme de corrosion s'effectue dans quelques points de la surface d'un matériau [11] :



Figure I-4: Corrosion localisée

I.3.3. Corrosion galvanique :

Le processus de corrosion galvanique s'initie lorsque deux matériaux ayant des potentiels électro- chimiques différents sont en contact dans un électrolyte. Un équilibre s'établit et confère au plus noble des deux un rôle de cathode tandis que le second constitue l'anode [12].

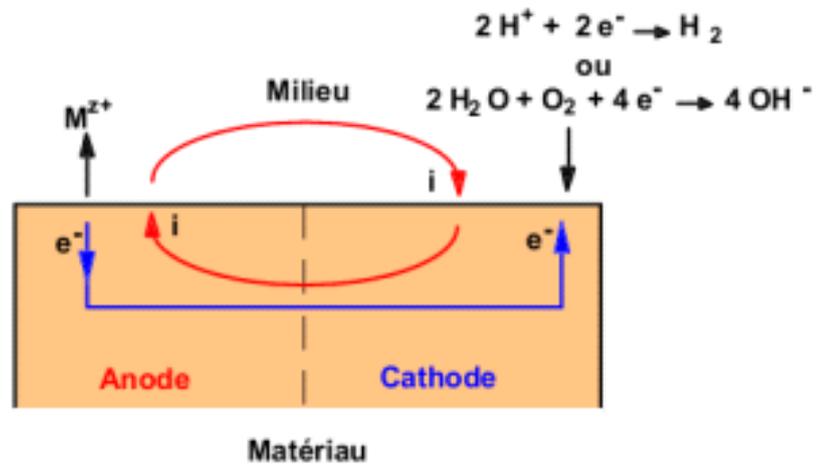


Figure I-5: Représentation schématique d'une pile de corrosion

I.3.4. Corrosion sous-contrainte:

Attaque ou rupture localisée due à l'effet d'un facteur mécanique et d'une corrosion.
Action conjointe de la corrosion et d'un facteur mécanique [13].

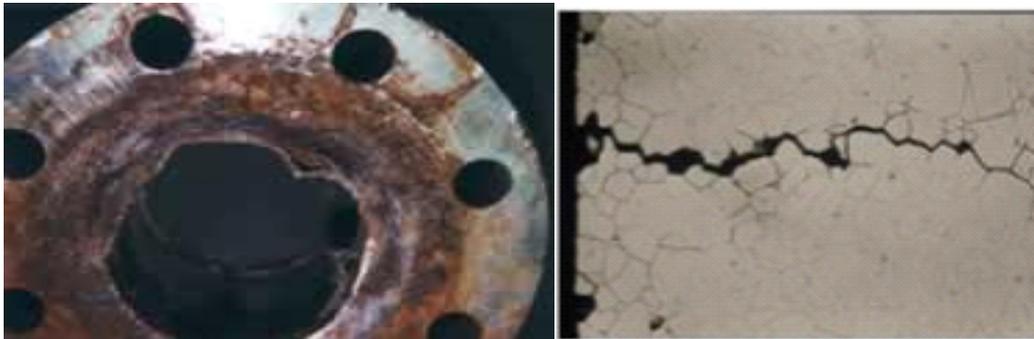


Figure I-6: Corrosion sous-contrainte

I.3.5. Corrosion caverneuse :

Le processus de la corrosion caverneuse est proche de celui par piqure. Il est généralement associé à la présence de petits volumes de solution stagnante dans des trous, sous des dépôts et dans des joints ou crevasses. Cette solution s'appauvrit en oxygène et s'acidifie. [7]



Figure I-7 : Corrosion caverneuse

I.3.6. Corrosion par piqures :

Il s'agit d'attaques très ponctuelles généralement liées à la création d'anodes peu étendues à côté d'une large cathode [9], l'attaque fortement localisée aux secteurs spécifiques ayant pour résultat des petits puits qui pénètrent dans le métal et peuvent mener à la perforation . [14]



Figure I-8: Corrosion par piqures

I.3.7. Corrosion inter granulaire :

La corrosion inter granulaire est une attaque sélective aux joints de grains ou à leur voisinage immédiat, alors que le reste du matériau n'est pas attaqué. L'alliage se désagrège et perd toutes ses propriétés mécaniques. Cette forme de corrosion est due soit à la présence d'impuretés dans le joint, soit à l'enrichissement (ou l'appauvrissement) local en l'un des constituants ou bien à la précipitation des phases et combinaisons chimiques lors d'un traitement thermique (martensite, nitrures, carbures, etc.). [6]

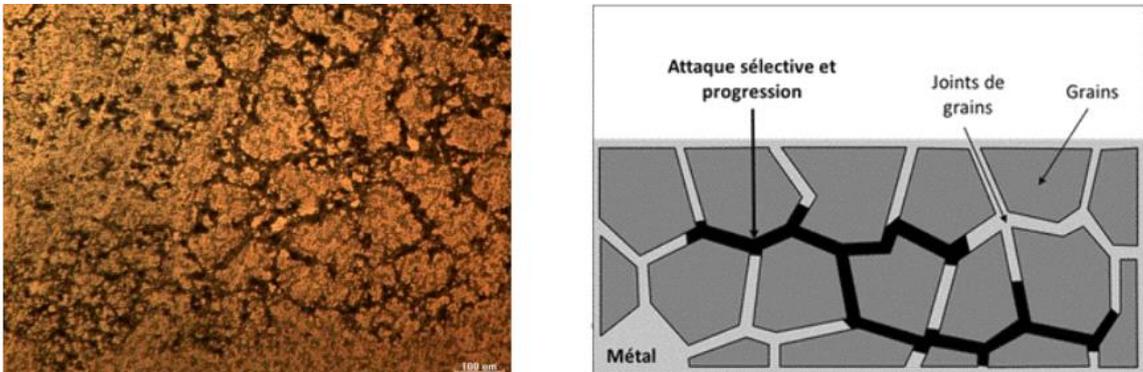


Figure I-9 : Corrosion au niveau des joints de grains d'une structure métallique.

I.3.8. Corrosion érosion :

Cette corrosion est produite par le mouvement relatif d'un fluide corrosif et d'une surface métallique. Il y a apparition de sillons, vallées, surfaces ondulées, trous... ayant un aspect directionnel caractérisé (figure I.10) [15].

Chapitre I : Généralités sur la corrosion

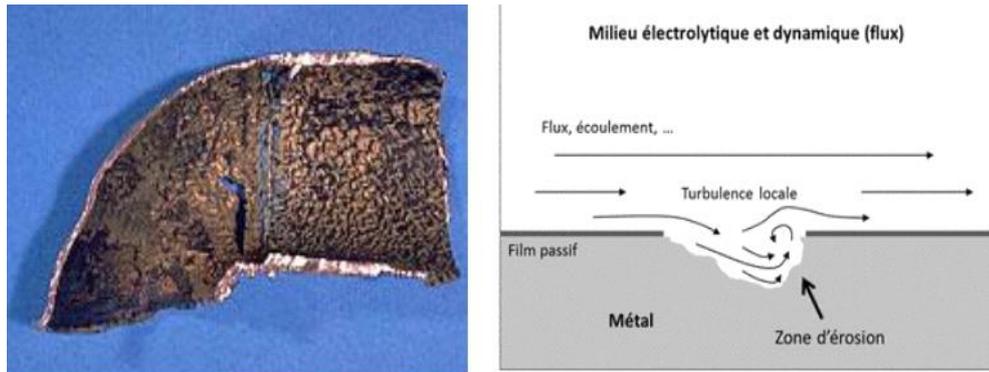


Figure I-10: Corrosion érosion

I.4. Les facteurs qui influencent la corrosion :

La résistance à la corrosion d'un matériau n'est pas une propriété intrinsèque. Elle dépend à la fois des caractéristiques du matériau et de celles du milieu. En plus de ces facteurs, les conditions d'emploi et la durée d'exploitation ont un rôle prépondérant sur les phénomènes de corrosion

Tableau (N° I.1). Résume les principaux facteurs de corrosion

<i>Facteurs du milieu corrosif</i>	<i>Facteurs métallurgiques</i>	<i>Facteurs définissant les conditions d'emploi</i>	<i>Facteurs dépendant du temps.</i>
<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.

Les phénomènes de la corrosion dépendent d'un grand nombre de facteurs et ils peuvent être classés en quatre groupes principaux :

I.4.1. Facteurs du milieu corrosif :

- Concentration du réactif

Teneur en oxygène

pH du milieu

- Température

Pression

I.4.2. Facteurs métallurgiques :

-

Composition de l'alliage

Procédés d'élaboration

Impureté

Traitement thermique

Traitement mécanique

I.4.3. Facteurs définissant les conditions d'emploi :

-

Etat de surface

Forme des pièces

Emploi d'inhibiteur

Procédés d'assemblage

I.4.4. Facteurs dépendant du temps :

-

Vieillessement

Tensions mécaniques

Modification des revêtements protecteurs [16,17]

I.5. VITESSE DE CORROSION :

La vitesse de corrosion, soit la vitesse à laquelle un matériau se dissout par suite d'une action chimique, constitue un important paramètre à cet égard. Elle renvoie à la perte d'épaisseur d'un matériau par unité de temps et de surface. La formule de la vitesse de corrosion est :

Chapitre I : Généralités sur la corrosion

$$v_c = DM/St$$

Où **M** est la perte de masse après le temps d'exposée de l'échantillon,

M en milligrammes,

S en centimètre carrés,

t en heurs,

Dans la plupart des applications, une vitesse de corrosion inférieure à environ 0,50 mm/an est acceptable

La vitesse de corrosion v_c , ici en mol/dm² [18].

I.6. L'acier :

L'acier est un alliage métallique constitué principalement de fer et de carbone, dans des proportions comprises entre 0,02% et 2% en masse. C'est essentiellement la teneur en carbone qui confère à l'alliage les propriétés du métal qu'on appelle « acier ». Il existe d'autres métaux à base de fer qui ne sont pas des aciers comme les fontes et les ferronickels par exemple [19].

I.6. 1 Composition chimique des aciers :

La composition chimique des aciers joue un rôle très important du point de vue mécanique (dureté, limite d'élasticité, charge à la rupture, etc.) que de point de vue physico-chimique (résistance à la corrosion, mesure, etc.). Nous allons développer le rôle de quelques éléments :

Silicium (Si) : Il est nécessaire à la désoxydation en cours d'élaboration. De ce fait, une certaine proportion est fixée sous forme d'oxyde dans les inclusions, la partie non oxydée (et donc en solution solide) participe au durcissement

Manganèse (Mn) : Participant aussi à la désoxydation, il fixe en outre le soufre sous forme de sulfure et permet le forgeage et le laminage du métal à chaud. La proportion de Mn qui subsiste en solution solide joue plusieurs rôles : durcissement par effet de solution solide et affinement de la structure (et donc durcissement).

Chapitre I : Généralités sur la corrosion

Soufre (S) : Impureté résiduelle, cet élément est fixé sous forme de sulfures manganèse. Les progrès des procédés sidérurgiques ont permis d'abaisser très sensiblement les proportions présentes dans les aciers.

Phosphore (P) : Impureté résiduelle, cet élément est présent en solution solide substitution. Il durcit la ferrite et dégrade sa résistance à la rupture fragile. Par ailleurs, ces aciers de construction métallique peuvent, dans certains cas, recevoir des additions particulières.

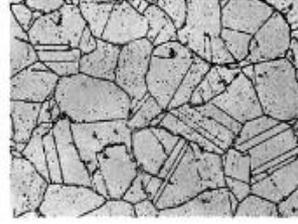
Nickel (Ni) : Il est ajouté pour affiner la structure et améliorer la résistance à la rupture fragile (aciers pour emplois à basses températures).

Cuivre (Cu) : Il participe au durcissement par effet de solution solide diminue la sensibilité des aciers non alliés à la corrosion atmosphérique (probablement en neutralisant les effets nocifs du soufre). En fin, on doit noter que les aciers de construction métallique sont des aciers qui possèdent leurs caractéristiques d'emploi à la sortie de l'usine du producteur et n'exigent pas l'exécution d'un traitement thermique ultérieur pour les acquérir[6]

I.6.2. Structure des aciers :

Selon la composition chimique (teneur en carbone et en éléments d'alliage) et les conditions de chauffage et de refroidissement (traitements thermiques ou thermomécaniques lors de processus de fabrication) les aciers présentent, dans les conditions de mise en œuvre, les structures métallographiques distinctes: en plus de la ferrite, qui est une solution solide du carbone dans le fer, on trouve la perlite qui est un agrégat de ferrite et de cémentite et la lédurite qui un agrégat de perlite et de cémentite. D'autres structures peuvent exister sous certaines conditions, il s'agit de la bainite, la troostite et la martensite.[6]

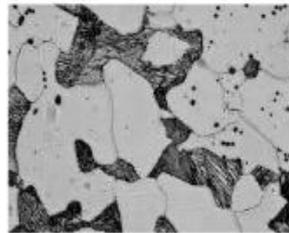
La ferrite



La perlite



La perlite + la ferrite



La martensite



Figure I-11: Exemple de structures cristallines des aciers

I.6.3. Fabrication de l'acier:

L'acier s'élabore actuellement de deux manières Dans un haut fourneau, à partir du minerai de fer et de coke avec réduction du carbone dans un convertisseur.

Dans un four électrique, à partir d'acier de récupération. On parle d'acier de recyclage ou d'acier électrique [20].

I.6.4. Propriétés mécanique:

Chapitre I : Généralités sur la corrosion

Tableau (N°I-2): Caractéristiques mécanique de l'X70 selon l'API5L

Caractéristiques API5L	EPAISSEUR (mm)	Re (MPa)	Rm (MPa)	A(%)	Re/Rm
X70	5-25	485-605	570-605	≥ 18	0.9

I.6.5. L'acier au carbone :

Utilisable dans différentes techniques économiques de formation du métal (notamment le pressage), l'acier ordinaire au carbone est utilisé dans un très large éventail d'application. Ces matériaux combinent facilité de production et résistance adéquate, ainsi que d'excellentes caractéristiques qui permettent d'obtenir une bonne finition de surface. [20].

I.6.6. Caractérisation et application des aciers doux :

- Faiblement résistant à la corrosion.
- Résistance 600 à 900 N /mm² ondulation légère.
- Ø : 0,10 / 0,16 / 0,20
- Polissage, satinage et métaux tendres [21].



Figure I-12:L'acier doux

I.6.7 Protection contre la corrosion :

La lutte contre la corrosion des métaux peut être envisagée de plusieurs manières. Ses trois principes sont les suivants :

Chapitre I : Généralités sur la corrosion

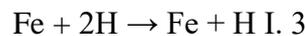
- Application de revêtement.
- Emploi d'alliage passable.
- Protection par inhibiteur. :[22]

I.6.8. Réaction de corrosion :

La corrosion des métaux est due à une réaction d'oxydoréduction irréversible entre le métal et un agent oxydant contenu dans l'environnement. L'oxydation du métal implique la réduction de l'agent oxydant selon la réaction I.2.

métal + agent oxydant → métal oxyde + agent réducteur I. 2

Ainsi, la corrosion du fer dans l'acide est due à la réaction I.3 :



En milieu neutre et alcalin, la corrosion des métaux est généralement due à une réaction du métal avec l'oxygène. En présence de l'humidité, par exemple, le fer se corrode et forme de la rouille (Fe OOH) d'après la réaction I.4.

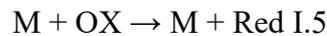


La rouille désigne un mélange complexe de différentes phases, cristallines et amorphes, d'oxyde et d'hydroxyde de fer. Sa composition varie en fonction des conditions climatiques et de la durée d'exposition à l'atmosphère. De plus, elle varie entre l'intérieur et l'extérieur de la couche. En effet, les couches de rouilles contiennent normalement une partie intérieure (adjacente du métal) relativement dense, formée de magnétite (Fe₃O₄) et de phases amorphes du Fe OOH, ainsi qu'une partie extérieure poreuse, principalement constituée de lépidocrocite (γ Fe OOH) et de goethite (αFe OOH). [23]

I.7. Corrosion du fer :

I.7.1. Corrosion du fer en milieu aqueux:

La corrosion est le phénomène pour lequel les métaux et alliages subissent de leur environnement une attaque qui les fait retourner à l'état d'ion métallique, état qu'ils avaient sous leur forme originelle dans les minerais. Il s'agit de réactions d'oxydoréduction :



Où M est le métal, O_x est l'oxydant, Mn^+ union métallique et Red le réducteur.

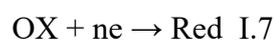
Les différents types d'étapes qui peuvent intervenir au cours d'une réaction électrochimique sont rassemblés. Le transfert de masse ; c'est le transport de matière entre le sein de la solution et la surface de l'électrode. Les modes de transports sont : la migration, la diffusion et la convection.

Le transfert de charge ; il se produit à la surface du métal dans la double couche, des réactions chimiques ; elles peuvent intervenir avant ou après le transfert des électrons. Ces réactions peuvent être par exemple des déshydratations, des échanges de protons. On trouve aussi des réactions de surface telles que l'adsorption et la désorption.

La double couche est la zone à partir de laquelle l'espèce est réactive vis du métal.

L'épaisseur de cette couche est de l'ordre du nanomètre. [24]

Les phénomènes de corrosion sont importants lorsque le métal est placé au contact de solutions aqueuses. Cette corrosion humide est dans la plupart des cas de nature électrochimique : elle se manifeste lorsque le métal et l'électrolyte en présence. Elle résulte de courants locaux dus à l'existence de piles locales, la réaction cathodique et anodique étant localisées en deux zones distinctes selon les deux réactions suivantes :



En solution aqueuse, un équilibre électrochimique peut mettre en jeu des protons H^+ . Le potentiel électrochimique d'un tel système va donc dépendre de la concentration en H^+ , c'est à dire du pH. On représente cette dépendance à travers des diagrammes E–pH ou diagrammes de Pourbaix [25]

I.7.2. Corrosion dans des milieux acides :

Dans ce type de milieu, la surface de nombreux métaux peut être considérée comme exempte de toute couche protectrice (oxyde, hydroxyde). Cependant, il ne faut pas oublier qu'elle peut être recouverte plus ou moins uniformément d'hydrogène atomique adsorbé, et au cours du temps, de couches de produits de corrosion insolubles dans le milieu acide considéré.

Les mécanismes décrits ci-après négligent le plus souvent la présence de toute couche superficielle préexistante [26]. Dans les milieux acides, les inhibiteurs les plus fréquemment utilisés sont des molécules de type organique. Ces inhibiteurs agissent d'abord à la surface des métaux avant même d'intervenir dans les processus réactionnels de corrosion pour en diminuer la vitesse.

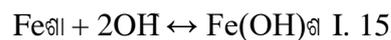
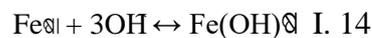
I.7.3. Diagramme de Pourbaix du fer :

Sur un diagramme d'E-pH, On regroupe, Sous forme graphique. Un ensemble d'informations relatives aux équilibres qui peuvent se manifester entre différentes espèces chimiques comportant un même élément à différentes espèces d'oxydations. Ces espèces ne peuvent être formées les unes des autres que par des réactions acido-basique ou des réactions d'oxydoréductions. On fait apparaître graphiquement les conditions (potentiel et pH) de stabilité des espèces considérées.

Ces diagramme de potentiel –pH appelés diagrammes de pourbaix permettent de localiser des zones de corrosion. D'immunité et de passivité d'un métal en fonction du pH du milieu et du potentiel pris par un métal ou imposé. Pour étudier la corrosion du fer. Il est intéressant de considérer son diagramme de Pourbaix

Pourbaix a inventorié toutes les réactions chimiques et électrochimiques pouvant se produire entre un métal et l'eau. Et a définies domaines de stabilité des espèces chimiques en fonction du potentiel de l'électrode et le pH

En étudiant un tel diagramme. Il est nécessaire de prendre en compte d'autres types des réactions qui dépendent du pH. Par exemple :



Donc, d'après les réactions, sur les diagrammes d'E-pH sont présentés trois types d'équilibres :

- Entre espèces solides
- Entre deux espèces en solution
- Entre une espèce solide et une espèce en solution

Le diagramme de Pourbaix du fer est représenté sur la Figure I.13 (pour des activités de 10^{-6}M)

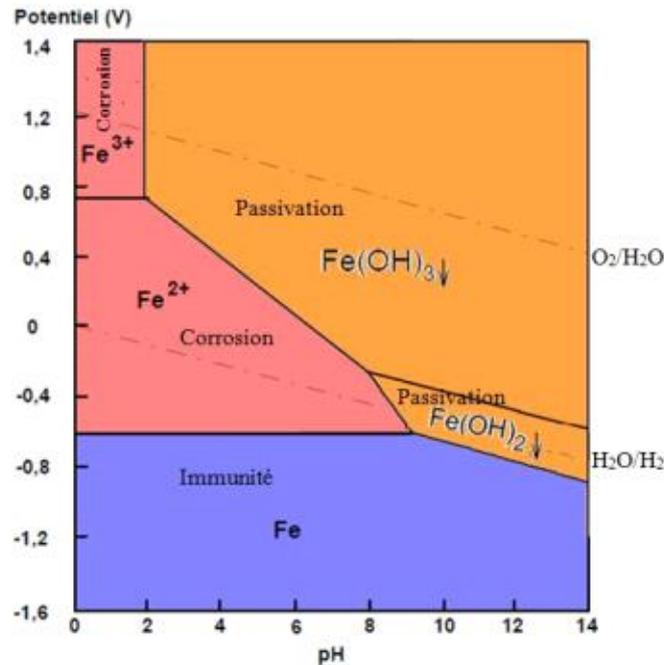


Figure I-13: Diagramme de Pourbaix du fer

Le diagramme Pourbaix du fer montre clairement les trois zones différentes. Un produit soluble se forme dans certaines conditions d'activités et en milieu acide. Ce sont des domaines de corrosion.

Entre ces domaines, un film insoluble se forme. Il a une grande importance car il peut empêcher la corrosion, on appelle ce domaine le domaine de passivation.

Le troisième correspond à la phase thermodynamiquement stable du métal où aucune corrosion ne peut apparaître.

Ces trois domaines sont décrits généralement comme les domaines de corrosion, passivation, immunité. [27]

I.8.ESSAIS DE CORROSION :

Comme tout autre essai, les essais de corrosion sont d'une importance vitale aux yeux des spécialistes dans le domaine. D'une façon générale, ils permettent d'évaluer différents métaux et alliages vis à vis de la corrosion pour différents milieux considérés. Il existe plusieurs types d'essais de corrosion allant d'une observation visuelle simple à l'utilisation de la microscopie électronique, mais une chose

Chapitre I : Généralités sur la corrosion

importante à retenir c'est qu'il n'existe pas un essai unique pour évaluer un alliage ou un milieu donné. Le plus souvent, on doit recourir au moins à deux essais différents. Dans ce présent travail, une technique est été utilisée à savoir la la méthode dite « de masse perdue ».[28]

I.8.1. Méthode de la masse perdue :

La pesée avant et après immersion prolongée dans un milieu corrosif devait donner une indication sur le degré de corrosion. A priori, c'est une méthode simple, elle donne des informations très rapides à des prix relativement bas et sans perturbation des systèmes ; cependant elle est limitée, car :

- le processus est très lent et difficilement perceptible,
- Les cations métalliques libérés lors de l'oxydation réagissent avec les anions provenant de l'électrolyte et forment des composés insolubles qui peuvent adhérer à la surface du matériau. Le milieu d'immersion doit être en permanence renouvelé de façon à garder une vitesse de réaction constante [28].

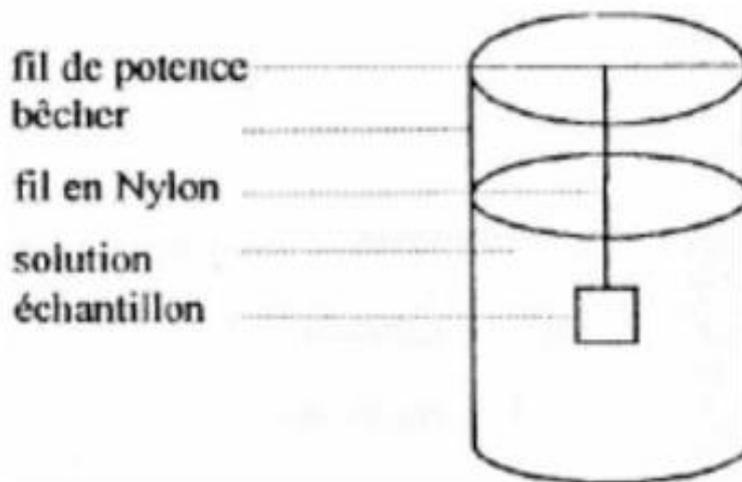


Figure I-14 Dispositif Expérimental de la technique de masse perdue.

I.8.3. Théorie de la masse perdue :

l'utilité de mesure de la masse perdue consiste en l'évaluation du taux de corrosion qui

Chapitre I : Généralités sur la corrosion

se définit comme une perte de poids par unité de surface et de temps et est exprimé en (g/cm²/an). Le taux de corrosion est calculé à partir de la formule suivante [28]:

$$\tau = 365 \Delta m / (s * t) \text{ avec } \Delta m = m_i - m_f$$

m_i : masse de l'échantillon avant l'essai en (g),

m_f : masse de l'échantillon après l'essai en (g),

S : surface de l'échantillon en (cm²),

t : temps de l'expérience en jours.

I.8.4 .Avantage de la masse perdue :

Elle Fournit les évidences physiques les plus fiables possibles,

Elle donne des informations sur le taux moyen de la perte de masse due à la corrosion.

Elle donne l'ampleur et la distribution de la corrosion localisée.

Elle peut aussi fournir des informations sur la nature de corrosion à travers l'analyse de ses produits de corrosion.

I.8.5.Inconvénients de la masse perdue :

Elle exige un temps considérablement long pour avoir une différence de poids mesurable.

Elle utilise un grand nombre des échantillons métallique destiné aux tests de corrosion et une grande quantité du milieu corrosif.

Elle ne peut pas être appliquée lorsque l'échantillon métallique est une pipe dans une grande installation [28].

I .9.Conclusion

La corrosion traduit la réactivité de la plupart des matériaux industriels vis-à-vis de l'environnement au contact desquels ils sont places au cours de leur emploi. La corrosion affecte tous les métaux ainsi que les polymères et céramiques. Elle résulte d'interactions chimiques et/ou physiques entre le matériau et son environnement

Références

- [1] : H. El bakouri. Etude de l'inhibition de la corrosion de l'acier doux au carbone en milieu acide orthophosphorique par un antibiotique organique. Mémoire pour du DESA. Université Mohammed 1 – oujda.
- [2] : GUETTOUCH SAMIRA, Mémoire de Magister "Récupération du Sulfarlem et synthèse de leurs dérivés en vue d'application dans l'inhibition de la corrosion" (2003). Université d' Ouargla.
- [3] : R. Mehibil. Etude de l'efficacité inhibitrice de quelques nouveaux inhibiteurs, dits non polluants, sur la corrosion de deux types d'alliages d'aluminium. Magister 2008. Université de Skikda.
- [4] : Vu quang kinh. Corrosion et protection des matériaux métalliques coopération avec le vietnam.
- [5] : D. Landot , Corrosion et Chimie de Surface des Métaux, Vol12, presses polytechniques et universitaires Romandes, Lausanne, 1993.
- [6] : Dr. BENSABRA, H. Cours de Corrosion et Protection des Métaux ; Université de JIJEL 2016
- [7] : K. Rouibah, mémoire de magistère" Contribution à l'étude du comportement électrochimique du couple galvanique acier au carbone/anodes de zinc dans l'eau de mer naturelle", 2003.
- [8] : S. Bensaada. Effet des inhibiteurs de corrosion $ZnCl_2$, Na_2MoO_4 et $ZnCl_2+Na_2MoO_4$ sur le comportement de l'acier pour armature a beton en milieu oxydant NaCl, Université Mohamed Khider, B.P 145 Biskra, 2013.
- [9] : ISBN, corrosion et inhibition des puits et collectes , édition technip, Paris, 1981.
- [10] : S .Kherraf, comportement électrochimique de l'acier A 105 différents milieux influence de quelques inhibiteur , mémoire de magister, université de Skikda , Algérie , 2008

Chapitre I : Généralités sur la corrosion

[11] : A. Habchi, étude de l'effet de la température sur la corrosion de l'acier XC52 en présence du sulfarler et leur sel correspondent dans un milieu H₂SO₄ 20 % , mémoire de master, université de Kasdi Merbah Ouargla, Algérie , 2013

[12] R .G .Buchhet, A compilation of corrosion petentiels reported for intermetallic phase in alluminum alloys, J,Electrochem .soc, 1995

[13] H.H. Uhlig, corrosion and corrosion control, Wiley, New York,1971

[14] : Saadoune Souhila, Synthèse et caractérisation d'inhibiteurs bi- fonctionnels : application à la corrosion des aciers de construction, Université Ferhat Abbas-Sétif Faculté des Sciences de l'Ingénieur département de génie des procédés, 2010, page 3-4-5. Picure

[15] : Boukhatem Asma. Aouf Rabiaa, contribution à l'étude des propriétés anti-oxydatives et de l'efficacité anticorrosive sur l'acier API 5L X52 d'une prodigiosine d'une souche de serratia marcescens , mémoire de master, Hassiba Ben Bouali de Chlef , Algérie, 2016

[16] : K. Chaouche, mémoire de magister "Etude de pouvoir inhibiteur de quelques amines ferrocénique vis-à-vis la corrosion aqueuse". Université d'Ouargla, 2010.

[17] : N. Madora. Mémoire de magister "Etude de l'effet d'inhibition des composants dithiole thiones et son sel dérive dans le milieu H₂SO₄", Université d'Ouargla 2011

[18] : D. William, Jr. Callister, *Science et génie des matériaux*, Modulo Editeur, 2001, pp 505-520

[19] :M. Amine Khenadeki, Étude théorique et expérimentale de l'effet d'inhibition de la corrosion d'un acier au carbone par les dérivées de base de schiff en milieu acide chlorhydrique ,mémoire de magister ,université de Tlemcen, 2013

Chapitre I : Généralités sur la corrosion

[20] Des matériaux (Jean-Paul Bailon).

[21] :Knight Group ,Belgium

[22] :J. Benard, A. Michel, J. Philibert et J. Talbot, Métallurgie générale , Masson édition, France, 1969

[23]P.L. Véronique Nobel,«Etude du mécanisme d'action de monofluorophosphate desodium comme inhibiteur de la corrosion des armatures métalliques dans le béton»,Université Pierre & Marie Curie, Paris 6(2004)21-26.

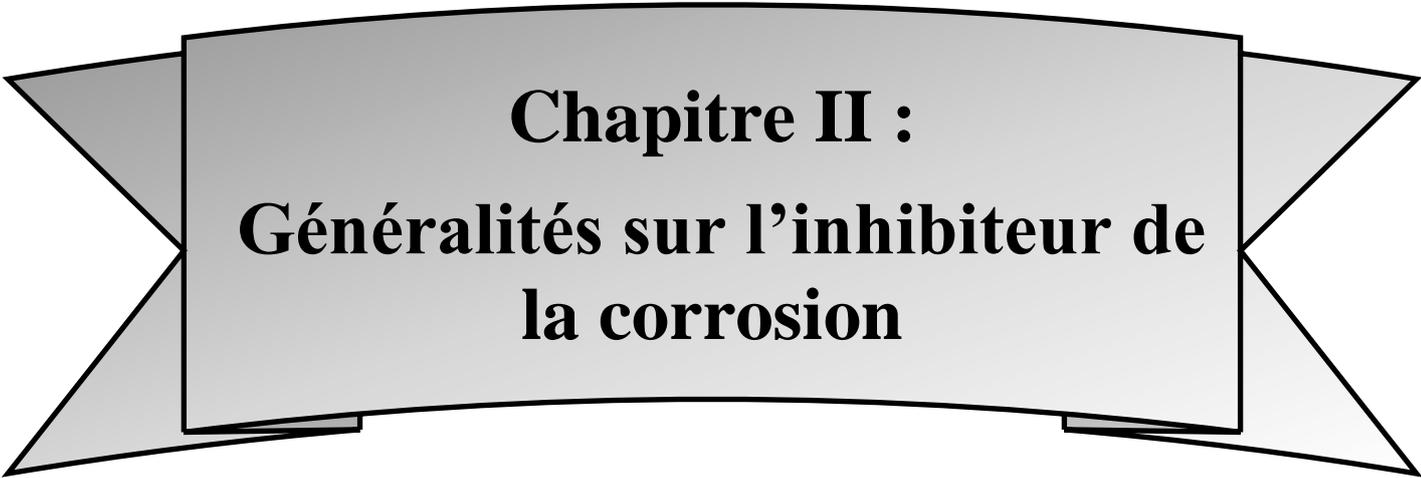
[24] H. Uhlig,« corrosion et protection ».Ed. DUNOD, Paris (1970) 87-102.

[25]P.OLAV GARTLAND,«Choosing the right positions for corrosion monitoring on oiland gas pipelines», Corr Ocean USA, Paper n° 83, Nace, Houston,(1998) 83-86.

[26] H.E.Waldrip,«Corrosion»4 (1948)61.

[27] E. Hamner Norman,«Scope and importance of inhibitor technology». In: EtBy C.C.Nathan, Houston, NACE” Corrosion Inhibitors (1973)28-41.

[28] TOUHAMI Lanez la corrosion et protection contre la corrosion université d'ouargla 2001/2002



Chapitre II :
**Généralités sur l'inhibiteur de
la corrosion**

II. Introduction :

D'après de connaissance l'impact économique de la corrosion des métaux et quand la corrosion ne touche pas seulement des métaux mais touche aussi les produits non métalliques, les chercheurs développent n'importe quel moyen pour baisser de problème de la corrosion. Dans ce cadre on distingue quelques méthodes pour lutter de ce problème à titre quelques exemples:

- Choix judicieux des matériaux;
- Forme adaptée des pièces;
- Ajout d'inhibiteurs de corrosion aux circuits ;
- Utilisation de revêtements (métallique ou par revêtement non métallique);
- Protection électrochimique (La protection cathodique ou anodique).

Dans ce chapitre on essayons présenter quelques notions sur les inhibiteurs de corrosion.

II.1 Définition d'inhibiteur :

Un inhibiteur est une substance chimique que l'on ajoute en petite quantité au milieu pour diminuer la vitesse de corrosion du matériau métallique à protéger par formation couche superficielle sur la métal soit direct ou bien indirect [1,2] . Il ne modifie donc pratiquement pas la nature, ni la concentration du milieu. Les inhibiteurs de corrosion agissent en créant une barrière entre le métal et le réactif [3]. Les inhibiteurs sont utilisés dans les ateliers de décapage, dans l'industrie mécanique et électronique (inhibiteurs volatils), l'industrie de pétrole (dans les huiles et carburants), les canalisations, l'industrie alimentaire...

II.1.1 Conditions d'utilisations et propriétés : [4]

Le choix de l'inhibiteur de corrosion à utiliser, en pratique, exige qu'on s'oriente vers une solution-type optimale, l'évaluation duquel se fait selon plusieurs critères essentiels

Chapitre II : Généralités sur l'inhibiteur de la corrosion

relatifs au cas particulier. Puisque l'idéale ne s'accorde pas toujours avec les moyens disponibles ou les propriétés techniques des matériaux mises en œuvre, le choix résulte souvent d'un compromis en fonction des paramètres clés d'évaluation des inhibiteurs dans et hors la matrice opérationnelle. Une propriété très importante des inhibiteurs, à part le fait d'abaisser le taux de corrosion, est la stabilité (thermique et chimique). Vu qu'un inhibiteur peut être utilisé pour une protection permanente ou temporaire (celui-ci pendant une période critique où le métal est plus vulnérable à la corrosion, par exemple durant le stockage ou nettoyage, ou lorsque le métal subit un traitement sévère), le choix de l'inhibiteur peut se faire ainsi en fonction d'une gamme cible de stabilité. Au-delà des essais préliminaires et avant sa sélection comme un candidat apte aux essais en situ, un inhibiteur doit :

- ❖ abaisser la vitesse de corrosion d'un métal, sans affecter ses caractéristiques physiques
 - être efficace à faible concentration
 - être stable en présence des autres constituants du milieu
 - être stable aux différentes températures d'utilisation
 - être d'un comportement d'influence zéro sur la stabilité d'autres espèces du milieu
 - être conforme aux normes relatives à la toxicité
 - avoir un bon rapport performance-cout

II. 2. Nature de l'inhibiteur :

II. 2.1 Les inhibiteurs organiques :

Les molécules organiques sont promises à un développement plus que certain en termes d'inhibiteur de corrosion: leur utilisation est actuellement préférée à celles d'inhibiteurs inorganiques pour des raisons d'écotoxicité essentiellement. Les inhibiteurs organiques sont généralement constitués de sous-produits de l'industrie pétrolière [5]. Ils possèdent au moins un atome servant de centre actif pour leur fixation sur le métal tel que l'azote (amines, ammoniums quaternaires, amides, imidazoles, thiazoles...), l'oxygène (alcools acétyléniques, carboxylates, oxadiazoles...), le soufre (dérivé de la thio-urées, mercaptans, Sul oxydes, thiazoles...) ou le phosphore (phosphorâtes). L'une des limitations dans l'utilisation de

Chapitre II : Généralités sur l'inhibiteur de la corrosion

ces produits peut être l'élévation de la température, les molécules organiques étant souvent instables à chaud.

II. 2.2. Les inhibiteurs minéraux :

Les molécules minérales sont utilisées le plus souvent en milieu proche de la neutralité, voire en milieu alcalin et plus rarement en milieu acide. Les produits se dissocient en solution et ce sont souvent leurs produits de dissociation qui assurent les phénomènes d'inhibition (anions et cations). Les cations inhibiteurs sont essentiellement Ca^{2+} et Zn^{2+} et ceux qui forment des sels insolubles avec certains anions tels que l'hydroxyle OH^- . Les principaux anions inhibiteurs sont les oxo-anions de type XO_n^- tels que les chromates, les molybdates, les phosphates, les silicates, [6-7]. mercaptans, Sul oxydes, thiazoles...) ou le phosphore (phosphorâtes). L'une des limitations dans l'utilisation de ces produits peut être l'élévation de la température, les molécules organiques étant souvent instables à chaud

Le nombre de molécules en usage à l'heure actuelle va en se restreignant, car la plupart des produits efficaces présentent un côté néfaste pour l'environnement.

Cependant, de nouveaux complexes organiques de chrome (III) et d'autres cations (Zn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Sr^{2+} , Al^{2+} , Zr^{2+} , Fe^{2+}) efficaces contre la corrosion et non toxiques ont été développés [8].

II. 2.3. Mode d'action des inhibiteurs de corrosion :

Il n'existe pas de mode d'action unique des inhibiteurs de corrosion. Un même composé aura d'ailleurs souvent un mécanisme d'action qui sera fonction du système de corrosion (métal + solution) en présence duquel il se trouvera.

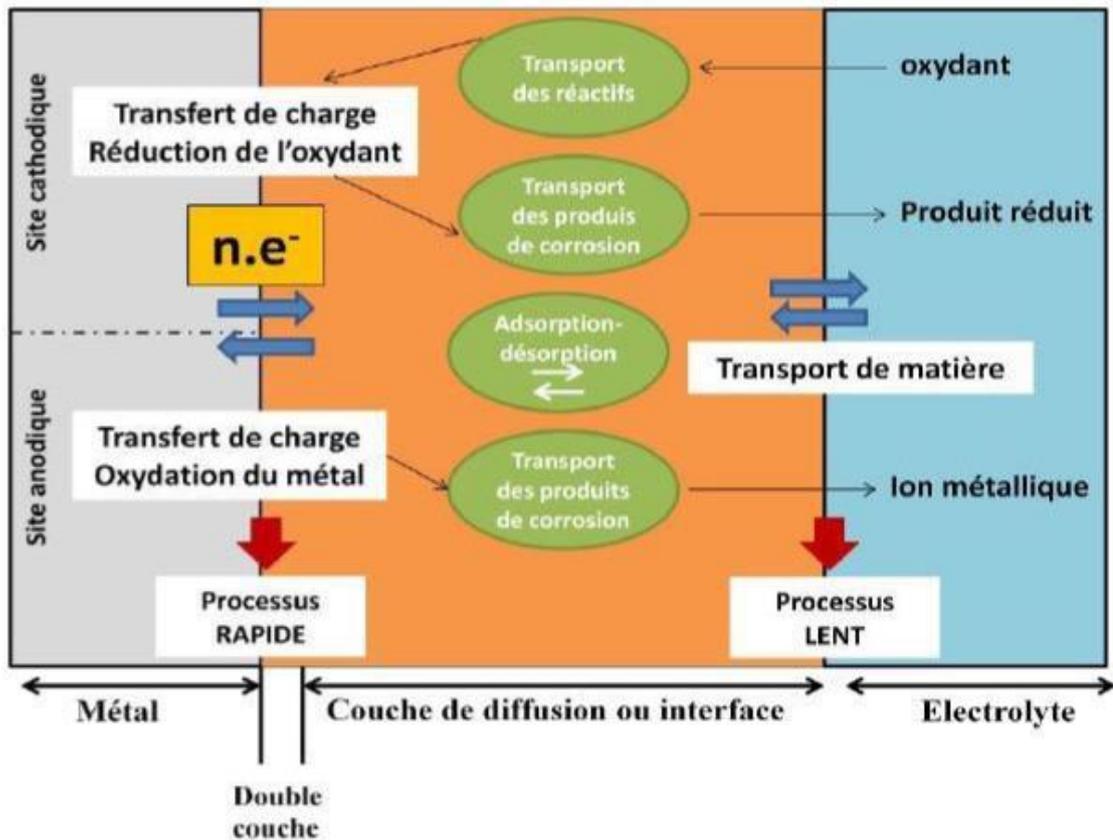


Figure II-1 : Les différents processus se déroulant à l'interface lors de la corrosion d'un métal en milieu liquide

II. 3. Classification des inhibiteurs de corrosion :

De manière générale, le mécanisme d'action d'un inhibiteur est l'un ou plus de ces trois sites ci-dessous [9] :

- ❖ L'inhibiteur est adsorbé sur la surface du métal, formant une couche protectrice qui inhibe la corrosion, ou par une attraction électrostatique entre les groupes fonctionnels polaires des molécules de l'inhibiteur et la surface métallique.
- ❖ L'inhibiteur oxyde les atomes métalliques à la surface, formant ainsi une couche d'oxyde qui protège le métal par passivation
- ❖ L'inhibiteur réagit avec une espèce corrosive dans le milieu agressif, formant ainsi un complexe, ce qui diminue le pouvoir oxydant de l'électrolyte

Chapitre II : Généralités sur l'inhibiteur de la corrosion

Les inhibiteurs de corrosion peuvent être classifiés selon trois critères suivants :

- Selon la réaction partielle
Selon le mécanisme réactionnel
Selon le domaine d'application

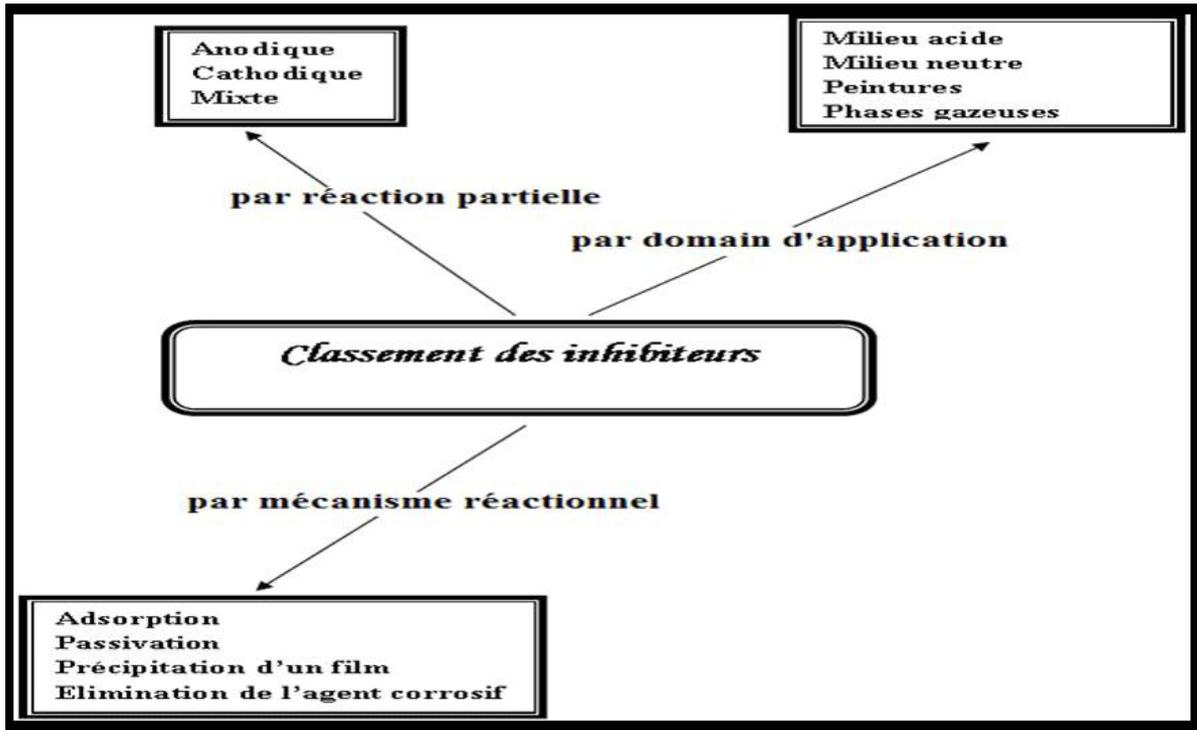


Figure II-2. Classement des inhibiteurs de corrosion.

II. 3.1. Classification selon la réaction partielle

II. 3.1.2. Inhibiteurs anodique :

Les inhibiteurs anodiques (également appelé inhibiteurs de passivation) sont tous inorganiques, et ils agissent par un ralentissement de la réaction partielle anodique. Ils bloquent la réaction anodique en favorisant la réaction naturelle de passivation de la surface métallique.

L'adsorption intervient aussi dans l'action des inhibiteurs anodiques. En générale, ces

Chapitre II : Généralités sur l'inhibiteur de la corrosion

inhibiteurs réagissent avec les produits de corrosion initialement formés, et il en résulte la création d'une filme cohésive et insoluble sur le surface métallique. [10 ,11]

II. 3.1.3. Inhibiteurs cathodique :

Pendant le processus de corrosion, inhibiteurs cathodiques prévient l'occurrence de la réaction cathodique du métal. Ces inhibiteurs sont tous inorganiques, et ils ont des ions métalliques capable de produire une réaction cathodique due a l'alcalinité, ainsi produisant des composés insoluble qui se précipite d'une manière sélective sur les sites cathodiques. En plus, ils agissent en déposant par adsorption une couche compacte et adhérent sur la surface métallique. Ceci augmente l'impédance de la surface métallique, et ca limite la diffusion des espèces réductible. Ces inhibiteurs mènent à une grande inhibition cathodique. [10,11].

II. 3.2. Inhibiteurs mixte :

En générale, les inhibiteurs organiques (y compris les extraits des plantes) sont des inhibiteurs mixtes. Les inhibiteurs mixtes agissent en même temps sur les surfaces anodiques et cathodiques, ils diminuent la vitesse des deux réactions partielles, mais modifient peu le potentiel de corrosion. Pour les inhibiteurs mixtes, le potentiel de corrosion pour un essai avec l'inhibiteur n'est pas fortement différent du potentiel sans l'inhibiteur, et théoriquement ils doivent être le même. [12]

II. 3.2 : Classification selon le mécanisme réactionnel :

II. 3.2.1. Inhibition de corrosion par adsorption :

Suite à l'adsorption d'une espèce inhibitrice à la surface du métal, la corrosion peut ralentir.

En général, ce sont les inhibiteurs organiques qui agissent par adsorption. Cela empêche

Chapitre II : Généralités sur l'inhibiteur de la corrosion

l'action du milieu agressif par la fixation de ces espèces sur la surface métallique. Cette fixation s'effectue principalement par la fonction active de l'inhibiteur; mais d'autres parties polaires peuvent aussi être adsorbées. Les inhibiteurs agissant par la chimisorption s'avèrent souvent plus efficaces que ceux agissant par la physisorption, car le partage des électrons renforce la liaison entre le substrat métallique et l'espèce inhibitrice. Pour la chimisorption, la molécule inhibitrice se comporte comme donneur d'électrons et le métal se comporte comme un récepteur de ces mêmes. [13]

II. 3.2.2 . Inhibition de corrosion par passivation :

La passivation est le fait de rendre un métal non-réactif suite à l'application d'un revêtement ou au moyen d'une modification plus spécialisée de sa surface. Certains inhibiteurs oxydants agissent en provoquant une passivation spontanée du métal, ce qui diminue la vitesse de corrosion. La passivation peut être favorisée également par des agents tampons qui augmentent le pH près de la surface métallique [14]. Ce sont les inhibiteurs minéraux en générale qui agissent par passivation. Ils provoquent la passivation spontanée du substrat métallique en renforçant la couche protectrice d'oxyde formée naturellement sur la surface du métal. Ils se réduisent sur les pores de la couche d'oxyde/hydroxyde plus ou moins protectrice qui se forme naturellement sur la surface du métal. L'ion chromate est l'un des inhibiteurs passivant par excellence mais son usage est limité à cause de son caractère cancérigène et sa forte toxicité. [13]

II. 3.2.3 . Inhibition de corrosion par précipitation :

Certains inhibiteurs provoquent la formation de films superficiels par précipitation de sels minéraux ou de complexes organiques peu solubles. Ces films réduisent l'accessibilité de l'oxygène à la surface et, en plus, ils bloquent partiellement la dissolution anodique [10]. Les inhibiteurs agissant par précipitation provoquent la formation d'un film superficiel constitué de sels minéraux ou de complexes organiques peu solubles formés lors de la précipitation des produits de réaction cathodique tout en bloquant la dissolution anodique. Il s'agit généralement de sels d'acide faible et de base forte comme les borates, les silicates, les phosphates, les poly-phosphates et les sels de zinc. [15]

II. 3.2.4 Inhibition de corrosion par élimination de l'agent corrosif :

Ce type d'inhibition n'est applicable que dans les systèmes fermés. Il se pratique notamment dans les circuits d'eau chaude des centrales thermiques. Une faible quantité de sulfite de sodium (Na_2SO_3) ou d'hydrazine (N_2H_4) ajoutée à l'eau, préalablement dégazée et dé-ionisée, supprime les dernières traces d'oxygène et élimine ainsi la corrosion [15]

II. 3.3 Classification selon le domaine d'application:

Pour la classification relative au domaine d'usage, on peut distinguer les inhibiteurs de corrosion utilisés en milieux aqueux, gazeux ou organiques (pour les peintures, lubrifiants et pour l'essence). Ceux utilisés en milieux aqueux sont choisis en fonction du pH. Le classement se fait donc comme suit :

II. 3.3.1. Inhibition en milieu acide :

Les inhibiteurs en milieu acide sont utilisés pour éviter l'attaque chimique de l'acier durant l'opération de décapage ou de détartrage, qui se font tous en milieu acide. Ils sont employés dans l'industrie pétrolière en les ajoutant aux fluides de forage. Pour le milieu acide, ce sont les inhibiteurs organiques qui sont souvent utilisés, et ceci à cause de leur capacité exceptionnelle à s'adsorber sur les surfaces métalliques, ce qui bloque les sites électro-actives.

Elles contiennent une partie non polaire, hydrophobe et relativement volumineuse, qui est essentiellement une chaîne de carbone et d'hydrogène, et une partie polaire hydrophile, constituée d'un ou plusieurs groupes fonctionnels [16].

II. 3.3.2. Inhibition en milieu neutre :

Les inhibiteurs de corrosion en milieu neutre ou alcalin sont souvent utilisés pour protéger les conduites des circuits de refroidissement. Puisque l'oxydation en milieu neutre provient essentiellement d'une attaque par l'oxygène dissous, le métal peut être protégé en réduisant la cinétique de transfert de l'oxygène vers la surface, et ceci diminuera ensuite la cinétique de la réduction cathodique. Il existe d'autres manières pour diminuer le taux de corrosion en jouant sur la passivation du métal ou bien par des molécules aptes à l'adsorption. L'inhibition par précipitation en milieux neutres, se fait par la création des films superficielles qui présentent une barrière de diffusion aux espèces électro-actives migrant vers les sites cathodiques.

Exemples de ces inhibiteurs sont les poly-phosphates et les organon-phosphates. En ce qui concerne l'inhibition par passivation, son intérêt pratique réside dans la protection de l'acier ou d'autres métaux employées dans un système de refroidissement. Les inhibiteurs oxydants et les agents tampons (assurant le maintien d'un pH élevé) favorisent la formation des oxydes

/ hydroxydes peu soluble sont des exemples pour ce cas. [16]

II. 3.3.3 .Inhibition en phase gazeuse :

Ces inhibiteurs sont appliqués pour une protection temporaire des pièces métalliques durant leur transport et stockage. Exemples de telles pièces métalliques sont les machines et les pièces électroniques [17]. Pour les applications en phase gazeuse, des composés organiques avec des pressions de vapeur élevées sont souvent utilisés. [15]

II. 3.3.4 Inhibiteurs pour le milieu organique :

De manière générale, les inhibiteurs employés en milieu organique sont incorporés dans l'essence, dans les lubrifiants pour moteurs, et aussi dans les peintures. Les peintures sont principalement appliquées en deux étapes successives : la première étape est l'application des peintures primaire, et ceci est suivi ensuite par l'application des peintures de finition. La peinture primaire est précédée par l'application d'une couche

Chapitre II : Généralités sur l'inhibiteur de la corrosion

d'apprêt, qui sert comme un liant. Le volume de matière à proximité de l'interface peinture/surface métallique est appelé une interphase, ayant des propriétés particulières comme la diffusion entre phases des espèces mutuellement solubles et des réactions chimiques entre espèces réactives. Une approche efficace pour l'amélioration de la stabilité et de la robustesse interrassiale est l'intégration d'une région interphase ayant des propriétés bien-spécialisé. [18]

II.3.3.5 : Inhibiteurs naturels de corrosion:

En général, les inhibiteurs naturels sont des inhibiteurs organiques, agissant donc par adsorption. Ce sont toujours des extraits des plantes qui ne demande ni purification ni prétraitement, et ils sont éco-compatibles également, n'étant pas toxique. Leur adsorption sur les surfaces métalliques empêche l'action du milieu agressif par la fixation de ces espèces sur la surface métallique. Cette fixation s'effectue principalement par la fonction active de l'inhibiteur; mais d'autres parties polaires peuvent aussi être adsorbées. [18]

II.4 . Domaines d'application :

Les inhibiteurs ont plusieurs domaines traditionnels d'application :

- Le traitement des eaux (eaux sanitaires, eaux de procédés industriels, etc.) ;
- L'industrie du pétrole : forage, extraction, raffinage, stockage et transport.
- L'industrie des peintures sur métaux où les inhibiteurs sont des additifs assurant la protection anticorrosion des métaux [19]

II. 5. Phénomène d'adsorption :

II.5.1 Définition:

On parle d'adsorption lorsqu'il y a une simple fixation des molécules sur la surface d'un solide. Dans le cas où il y a pénétration dans la masse on parle d'absorption ou insertion. Le corps qui s'adsorbe à la surface est appelé adsorbât, par contre, le support est nommé substrat ou adsorbant [5].

II. 5.2. Types d'adsorption :

L'adsorption est un phénomène de surface. Deux types d'interaction sont principalement responsables de la liaison inhibiteur/surface métallique, il s'agit en l'occurrence de la physisorption et l'adsorption chimique. Ces types d'adsorption dépendent de la nature et la charge du métal, de la formule chimique des composés organiques et du type d'électrolyte [20]. L'ensemble des modes d'adsorption possibles est représenté sur la figure I.5.

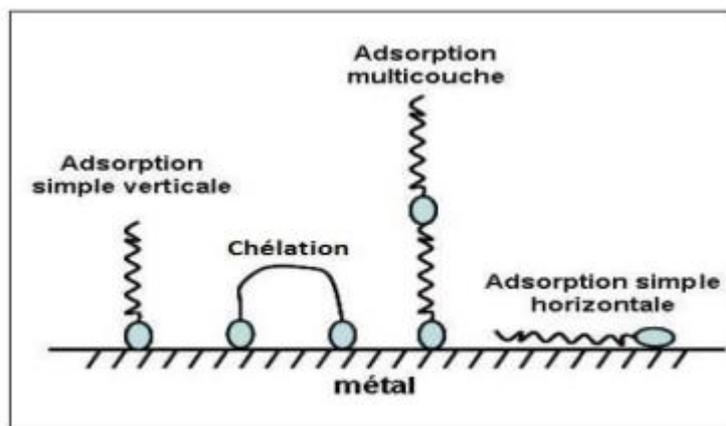


Figure II-5: Représentation schématique des modes d'adsorption de molécules organiques inhibitrices sur une surface métallique.

II. 5.2.1 Adsorption physique :

Elle est due aux forces de Van Der Waals et aux forces électrostatiques existant entre la charge ionique ou les dipôles de l'espèce inhibitrice et la surface du métal électriquement chargée. La charge du métal est définie par la position du potentiel de corrosion de ce métal par rapport à son potentiel de charge nulle (E_0) [21]. Si $E_{corr} < E_0$ on observe l'adsorption des cations. Si au contraire $E_{corr} > E_0$ on observe préférentiellement l'adsorption des anions.

II. 5.2.2 Chimisorption :

La chimisorption est plus fréquente que la physisorption. Elle engendre une efficacité plus importante de l'inhibiteur. Elle fait intervenir un transfert d'électrons entre les orbitales du métal et la molécule inhibitrice, ce qui aboutit à la formation de liaisons chimiques plus stables. On rencontre, souvent, le transfert molécule donneur/ métal accepteur. Cependant, il existe aussi le transfert où le métal est le donneur d'électrons et la molécule l'accepteur [22].

Il est intéressant de noter ici que le transfert électronique est favorisé par la présence d'électrons libres comme ceux que l'on trouve par exemple dans les systèmes d'électrons π [22]. La présence d'une liaison insaturée peut favoriser l'efficacité inhibitrice d'une molécule organique en milieu acide. Pour une série de molécules organiques dont la seule différence est leur atome fonctionnel, l'adsorption augmente quand l'électronégativité de ces atomes fonctionnels diminue [23, 24].

Par exemple l'adsorption augmente dans l'ordre suivant :



Les molécules organiques utilisées comme inhibiteurs, contiennent une partie non polaire, hydrophobe et relativement volumineuse, constituée principalement d'atomes de carbone et d'hydrogène, et une partie polaire, hydrophile, constituée d'un ou plusieurs groupements fonctionnels, tels que $-NH_2$ (amine), $-SH$ (mercaptan), $-OH$ (hydroxyle), $-PO_3^{2-}$ (phosphorâtes)...

La molécule se lie à la surface par son groupement fonctionnel, alors que sa partie non polaire, plus volumineuse, bloque partiellement la surface active

Chapitre II : Généralités sur l'inhibiteur de la corrosion

Tableau (N° II 1). Différence entre adsorption chimique et adsorption physique.

	<i>Adsorption chimique</i>	<i>Adsorption physique</i>
<i>Nature des interactions</i>	Liaisons fortes (grande affinité adsorbant/adsorbât)	Liaisons faibles (forces de Vander Waals)
<i>Quantité adsorbée</i>	Déterminée par le nombre de sites de la surface (monocouche au maximum)	Possibilité de superposition de plusieurs couches d'atomes adsorbés
<i>Caractère de la surface</i>	Hétérogène : les sites ne sont pas équivalents de point de vu énergétique	Plus ou moins homogène
<i>Caractéristique du phénomène</i>	Spécifique	Non spécifique
<i>Chaleur d'adsorption</i>	Ne dépasse pas 50 kJ mol ⁻¹	De 100 à 500 kJ mol ⁻¹
<i>Vitesse d'adsorption</i>	Parfois lente à cause de la grande barrière d'énergie d'activation	Rapide sauf s'il y a diffusion dans des micropores
<i>Réversibilité du phénomène</i>	Limitée	Très marquée
<i>Mobilité des espèces Adsorbées</i>	Limitée	Très grande
<i>Influence de l'élévation de la température</i>	Faible et parfois favorable suite à l'activation de la surface	Diminue avec l'augmentation de la température

II. 6. Influence de la concentration sur l'effet inhibiteur:

Les lois de variation de la quantité adsorbée en fonction de la concentration en inhibiteur peuvent souvent être représentées par l'une des deux isothermes classiques suivantes: Langmuir et Temkin. Signalons ici, que d'autres types d'isotherme existent

II.6.1.Langmuir :

Le modèle de Langmuir suppose qu'il existe à la surface un nombre fixe de sites. Chacun de ces sites ne peut adsorber qu'une seule particule. De plus, comme on néglige

Chapitre II : Généralités sur l'inhibiteur de la corrosion

les interactions entre particules adsorbées, l'énergie d'adsorption est constante [25].

L'équation de l'isotherme de Langmuir est la suivante :

$$\frac{\theta}{(1-\theta)} = \frac{K_{ads}}{K_{des}} C_{inh} = b \cdot C_{inh}$$

Où θ : est le taux de recouvrement,

C_{inh} : concentration de l'inhibiteur,

b : coefficient d'adsorption. Le taux de recouvrement de la surface est donnée par la formule : ²

$$\theta = (b C_{inh}) / (1 + b C_{inh}) \quad (2)$$

II.6.2. Temkin :

Dans le modèle de Temkin, l'énergie libre d'adsorption de l'adsorbat est une fonction linéaire du taux de recouvrement θ et les constantes de vitesse chimiques sont fonction de θ . Il y a attraction ou répulsion entre espèces adsorbées à la surface. L'équation de l'isotherme de Temkin est:

$$b \cdot C_{inh} = \frac{\exp(a\theta) - 1}{1 - \exp[-a(1-\theta)]} \quad (3)$$

où a est une constante d'interaction entre particules adsorbées,

b désigne le coefficient d'adsorption

et C_{inh} concentration de l'inhibiteur dans l'électrolyte.

II.7. *Periploca laevigata* Ait :

II.7.1. Place dans la systématique [26][27] :

Embranchement: Spermatophytes

Sous embranchement: Angiospermes

Chapitre II : Généralités sur l'inhibiteur de la corrosion

Classe: Eudicots

Sous classe: Astéridées

Ordre: Gentianales

Famille: Asclepiadaceae

Genre: *Periploca*

Espèce: *Periploca laevigata* Act.

Noms vernaculaires: Hallab, Sellouf Hallaba. [27] [28]



Figure II-6 *Periploca laevigata* Act. (www.sahara-nature.com)

II.7.2. Description botanique

Arbustes feuillés à tiges toutes ligneuses. feuilles lancéolées cunéiformes sessiles 10-25 X 3- 5 mm, au moins 5 fois plus longues que larges. Inflorescences ombelliformes subsessiles à l'aisselle des feuilles. Fleurs de 1 cm au plus. Corolle rotacée présentant 5 appendices aristés entre les pétales. Follicules divariqués linéaires lancéolés 5-8 X 0,5-0,8 cm [27].

II.7.3. Habitat et répartition géographique :

Assez commune dans tout le Sahara. Espèce saharo-méditerranéenne [28]

II.7.4. Usage traditionnel :

L'écorce des racines est utilisée en décoction contre la toux et contre le rhumatisme, ainsi que le décocté de la partie aérienne utilisée en usage interne contre le diabète [28] .

II.8. Conclusion :

Les inhibiteurs de corrosion constituent un moyen de lutte contre la corrosion des métaux et des alliages. Ils présentent l'originalité d'être le moyen efficace d'intervention sur le milieu corrosif. Les molécules inhibitrices peuvent agir suivant différents mécanismes, leur conférant ainsi des performances d'inhibition dépendantes du matériau et du milieu d'étude. Les inhibiteurs contenant les groupements amines ou acides carboxyliques, présentent des pouvoirs protecteurs intéressants et sont actuellement les plus utilisés, notamment en raison de leur faible toxicité vis-à-vis de l'environnement

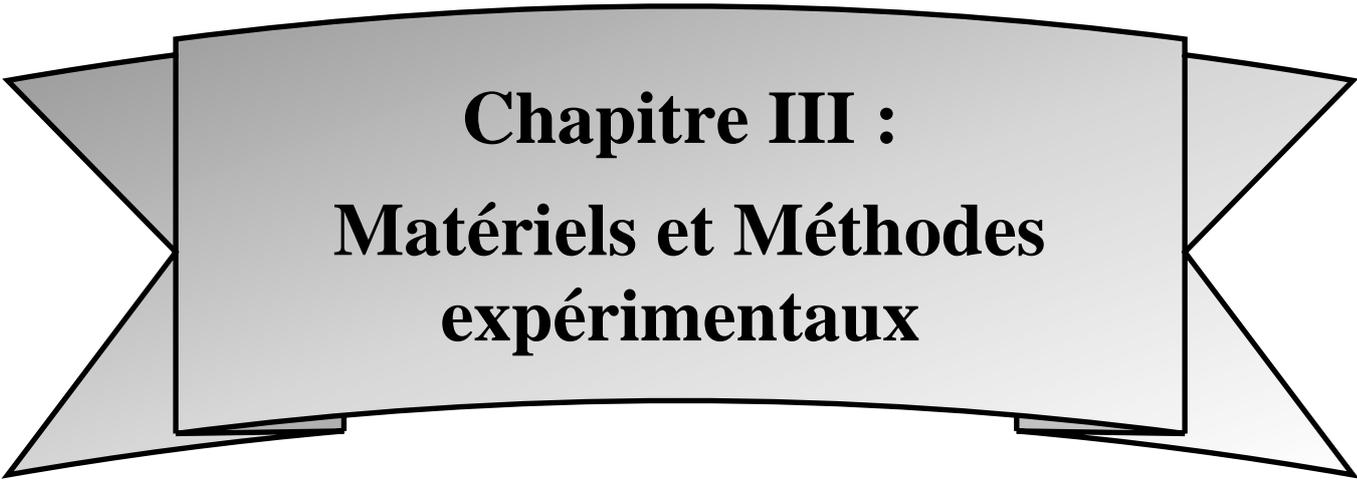
Chapitre II : Généralités sur l'inhibiteur de la corrosion

Références

- [1] : Matériaux Métalliques - Phénomènes de Corrosion, 5ième partie " protection et lutte contre la corrosion.
- [2]: J. C. Scully. (1995). Corrosion protection, Ed. Masson
- [3] : S. BENSAADA. Corrosion.
- [4] :R. Vera , R Schrebler , P Cury , R Del Rio and H Rometrom. (2007). J Appl Electronchem, 37, 519 – 525
- [5] :H.El bakouri. Etude de l'inhibition de la corrosion de l'acier doux au carbone en milieu acide orthophosphorique par un antibiotique organique. Mémoire pour d DESA. Université Mohammed 1 – oujde.
- [6] :R. Mehibil. Etude de l'efficacité inhibitrice de quelques nouveaux inhibiteurs, dits non polluants, sur la corrosion de deux types d'alliages d'aluminium. Magister 2008. Université de Skikda..
- [7] :C. Fiaud, C. Lemaitre, N. Pebère, *Inhibiteurs de corrosion, Corrosion et Anticorrosion (pratique industrielle)*, Hernès Science Publications, Paris, (2002) 245.
- [8] :I.L. Rozenfeld, *Corrosion Inhibitors*, McGraw-Hill, (1981).
- [9] :N.Shanthini, T.Jeyaraj, (2012). Archives of of applied science research, 4(5):2213-2222
- [10] :Gentil, V. (2003). Corrosão, 4^a ed., Rio de Janeiro: LTC
- [11] :Roberge, P.R. (1999). Handbook of corrosion engineering, New York: Mc Graw Hill Handbook.
- [12] :O.K.Abiol , N.C.Ofork , E.E.Ebens , N.M.Nwinuka, (2007). Anti – Corrosion Methods Mater, , 54, 219
- [13] : A.J. Coleman , H.N. McMurra , G. Williams , A. Afseth , G. Seamans, (2006). Sci. Forum, 519 – 521 (PART
- [14] :Mendoza, A.R. (2000). Corrosion of Reinforcing Steel in Loaded Cracked Concrete exposed to de-icing Salts ; University of Waterloo,Ontario, Canada. pp 126
- [15] : Landolt, D. (1997). Corrosion et chimie de surfaces des métaux. Presses polytechniques et Universitaires Romandes ; Lausanne.

Chapitre II : Généralités sur l'inhibiteur de la corrosion

- [16] : TRABANELLI, G., (1987.). Marcel Dekker. Y., Mansfield, F., Corrosion Mechanism, p 119.
- [17] : Scully, J.C. (1975). The Fundamentals of Corrosion, International Series of Monographs on Materials Science and Technology, 2nd Ed. Pergamon International, Oxford, Vol. 17
- [18] :T.R. Thomas. (1982). Rough Surfaces, Longman, New York
- [19] :Hamani Hanane, Synthèse, caractérisation et étude du pouvoir inhibiteur de nouvelles molécules bases de Schiff , Université Ferhat Abbas, Setif-1 ,2015.
- [20] : J.G.N. Thomas, *5th European Symposium on Corrosion Inhibitors*, Ann. Univ. Ferrara, Italy, (1980) 453.
- [21] : L.I. Antropov, *1st International Congress on Metallic Corrosion*, Butterworth's, London, (1962)147.
- [22] :N.Hackerman, A.C. Makrides, *J. of Ind. And. Eng. Chem.* 46, (1954) 523.
- [23] : E. McCafferty, *Corrosion Control by Coatings*, H. Leidheiser editor, Science Press, Princeton, N.J. (1979) 279.
- [24] :G. TrabANELLI, *Corrosion Mechanisms*, F. Mansfeld editor, Marcel Dekker, New York,(1987) 119.
- [25] : D. Landolt, *Corrosion et Chimie de Surface des Métaux*, 1st Edition, Alden Press, Oxford, (1993) 489
- [26] :Dupont et Guignard, 2007.
- [27] : (Quezel et Santa, 1963).
- [28] : (Hammiche et Maiza, 2006).



Chapitre III :
Matériels et Méthodes
expérimentaux

Chapitre III : Matériels et Méthodes expérimentaux

III.1. Introduction :

Lorsque les phénomènes de corrosion sont plus complexes où nécessite l'utilisation d'un très grand nombre de méthodes expérimentales pour estimer le taux de corrosion et estimer l'action de l'inhibiteur utilisé. Dans ce chapitre a pour but de présenter la méthode et la technique expérimentale (la technique de la masse perdue).

III.1. Méthode gravimétrique (la perte de masse) :

Cette méthode relativement simple, ne nécessite pas un appareillage important, mais ne permet pas l'approche des mécanismes mis en jeu lors de la corrosion. Elle consiste à exposer des échantillons de surface (S) dans un milieu corrosif maintenue à température constante pendant un temps (T), et à mesurer la différence de masse Δm des échantillons avant et après chaque essai. La vitesse de corrosion est donnée par la relation suivante:

$$W = \frac{\Delta m}{S \cdot t}$$

Δm : la perte de masse en mg.

S : la surface exposée en cm².

t : le temps d'exposition dans la solution en heure

III.2. L'acier au carbone utilisé:

Dans ce travail, nous avons examiné la nuance d'acier au carbone X70 utilisé à l'industrie pétrolière. La composition chimique d'acier au carbone X70 est donnée dans le tableau suivant:

Tableau (N° III -1): le pourcentage des éléments constituant l'acier X70.

Composant chimique	C	Mn	Si	P	S	Nb	V	Ti	CE _{PCM}
Pourcentage (%)	0.120	1.70	0.45	0.025	0.015	0.06	0.10	0.06	0.2
Composant chimique	Ni	Cu	Cr	Mo	B	N	Nb+V +Ti	Cu+Ni+ Cr+Mo	/
Pourcentage (%)	0.250	0.3	0.10	0.0005	0.012	0.2	0.15	0.500	/

III 3. Conditions expérimentales dans laboratoire:

III.3.1. Préparation des échantillons et polissage:

III 3.2 Préparation des échantillons :

Le matériau utilisé dans notre travail est l'acier. Ce dernier a été obtenu sous forme de plaquettes de différentes dimensions



Figure III-1 la forme et les dimensions de plaquettes

III 3.3Préparation des surfaces :

Puisque la corrosion est un phénomène interraciale entre le métal et son environnement, alors l'état de surface joue un rôle très important dans le comportement du métal vis-à-vis de la corrosion. La préparation des surfaces d'échantillon a été effectuée en utilisant le matériel suivant : Une polisseuse mécanique du papier abrasif et l'eau distillée.



Figure III-2 Une polisseuse

III 3.4 Polissage :

L'opération de polissage a été effectuée avec du papier abrasif de différentes granulométries : 220, 280, 320, 360, 400, 600, 800, 1000 et 1200 afin d'obtenir un état de surface adéquat. Ensuite, les échantillons ont été lavés avec une solution savonneuse, puis rincés avec de l'eau distillée. Une fois séchés, ils ont été de nouveau rincés avec de l'acétone



Figure III-3 L'opération de polissage avec du papier abrasif de différentes granulométries

Chapitre III :Matériels et Méthodes expérimentaux

III.4. Matériels utilisée:

- Balance analytique
- Papiers abrasifs avec les numéros suivants: 200, 220, 280, 360, 400, 600, 1000, 1200.
- Les échantillons en acier au carbone
- Un fil en nylon très mince pour suspension des échantillons
- bécher
- Appareil de polissage

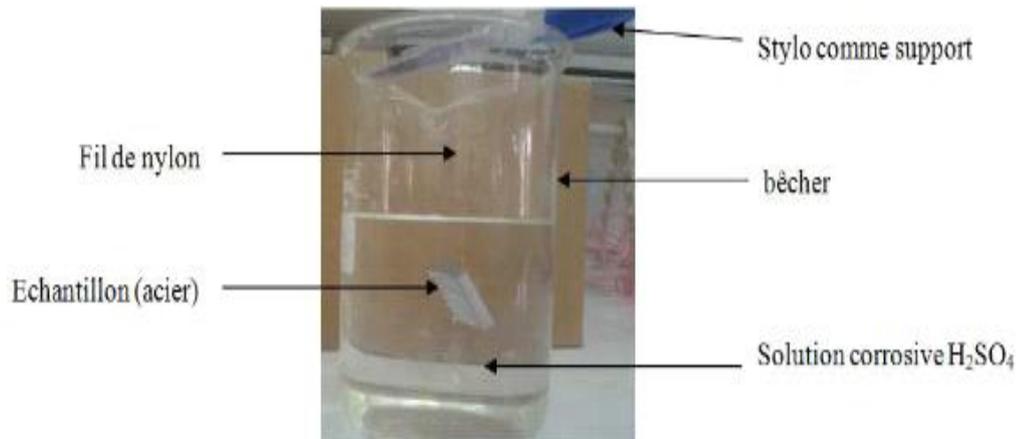


Figure III-4 Montage du principe pour la technique de perte de masse



Figure III- 5 Balance analytique



Figure III-6 pied à coulisse



Figure III-7 Eprouvette



Figure III-8 bécher

III .4. Les produits utilisés:

III4.1.1 Préparation le milieu corrosif:

On prend 300 ml de l'eau distillée dans un fioul et rajouter 200ml d' H_2SO_4 est après on complète le volume jusqu'à 1000 ml de l'eau distillée .Après la préparation de la solution corrosive, nous préparons des solutions (H_2SO_4 +inhibiteurs) à différentes concentrations d'inhibiteurs (1%,2%,3%,4%,5%,6%,7%,8%,9%,10%)

III 4.1.2 Solutions inhibitrices:

L'inhibiteurs utilisé dans ce travail:

- extrait de *periploca*

III4.1.3 Mode opératoire:

1-Après le polissage des échantillons, ses surfaces doivent être nettoyées selon deux solution (acétone et l'eau distillé).

2-Pèse avant d'imméré dans le milieu.

3-Plonge échantillons en milieu (H_2SO_4 + les inhibiteurs) dans un verre ligné suspension en nylon pour le temps immersion 20 min.

4-Pèse après d'imméré dans le milieu.



Figure N° III -9: échantillons de l'acier X70 immergés dans une solution corrosive



Figure N° III -10: échantillon après d'émergence dans une solution

La valeur de la perte de masse:

$$\Delta M = M_1 - M_2$$

Le pourcentage de la perte de masse:

$$P = [(M_1 - M_2) / M_1] \times 100.$$

La vitesse de corrosion:

$$V = \Delta M / S \cdot t \text{ ((mg/cm}^2\text{.min))}$$

S: la surface de l'échantillon

Chapitre III :Matériels et Méthodes expérimentaux

t: le temps d'immersion la vitesse de corrosion (unité (mm/an))

$V' = K.V$ Ou K: 1123076.92

Le rendement d'inhibition est calculé à partir de la relation suivant:

$$\mu (\%) = [(V - V_i) / V] \times 100$$

V: la vitesse de corrosion sans inhibiteur

V_i : la vitesse de corrosion en présence d'inhibiteur



Chapitre IV :
Résultats et Discussion

IV introduction:

la détermination de la concentration optimale assurant une protection maximale de l'acier par la technique de masse perdue pour déterminés Le taux de corrosion de l'acier immergé dans solution Les séries d'expériences ci-dessous sont réalisés avec l'addition d'inhibiteur de corrosion(extrait de *periploca*)

IV 1 Préparation des solutions utilisées:

IV 1.1 PREPARATION DE SOLUTION H₂SO₄+INHIBITEUR

Après la préparation de la solution corrosif de 20%, on prend 100 ml de solution corrosif pour nous préparons des solutions (H₂SO₄ +inhibiteur) à différents concentration d'inhibiteur (1%,2%,3%,4%,5%,6%,7%,8%,9%,10%)

_1% _ ajoutée 1ml de l'inhibiteur dans 99 ml de la solution H₂SO₄ (20%)

_2% _ ajoutée 2ml de l'inhibiteur dans 98 ml de la solution H₂SO₄ (20%)

_3% _ ajoutée 3ml de l'inhibiteur dans 97 ml de la solution H₂SO₄ (20%)

_4% _ ajoutée 4ml de l'inhibiteur dans 96 ml de la solution H₂SO₄ (20%)

_5% _ ajoutée 5ml de l'inhibiteur dans 95ml de la solution H₂SO₄ (20%)

_6% _ ajoutée 6 ml de l'inhibiteur dans 94 ml de la solution H₂SO₄ (20%)

_7% _ ajoutée 7ml de l'inhibiteur dans 93 ml de la solution H₂SO₄ (20%)

_8% _ ajoutée 8ml de l'inhibiteur dans 92 ml de la solution H₂SO₄ (20%)

_9% _ ajoutée 9ml de l'inhibiteur dans 91 ml de la solution H₂SO₄ (20%)

_10% _ ajoutée 10ml de l'inhibiteur dans 90 ml de la solution H₂SO₄ (20%)

Chapitre IV : Résultats et Discussion

Tableau (N°V-1): Paramètres relatifs à l'acier X70 en présence d'inhibiteurs.

C De extrait	T	M1	M2	DM	L	r	H	S	V _{cor}	V' _{cor}	E%	R
1%	20	41,5129	41,4707	0,0472	5.0	1.3	1.7	34.42	$6.85 \cdot 10^{-5}$	89.84	0.50	50
2%	20	41,7819	41,7484	0,0335	5.2	1.5	1.8	39.72	$4.21 \cdot 10^{-5}$	56,15	0.70	70
3%	20	41,8214	41,7984	0,023	5.3	1.6	1.9	43.18	$2.6 \cdot 10^{-5}$	157,23	0.73	73
4%	20	41,408	41,3857	0,0223	5.2	1.9	1.1	35.38	$3.15 \cdot 10^{-5}$	44,92	0.81	81
5%	20	41,9328	41,9278	0,005	5.5	1.7	1.9	46.06	$5.42 \cdot 10^{-6}$	10,1	0.86	86
6%	20	39,9604	39,9501	0,0133	4.9	1.2	1.8	33.72	$1.9 \cdot 10^{-5}$	2,24	0.73	73
7%	20	41,5115	41,6367	0,0148	5.0	1.3	1.8	35.68	$2.07 \cdot 10^{-5}$	22,46	0.82	82
8%	20	41,773	41,7653	0,0095	5.1	1.4	1.8	37.68	$1.26 \cdot 10^{-5}$	11,23	0.86	86
9%	20	41,4488	41,4344	0,0144	5.4	1.2	1.7	35.40	$2.03 \cdot 10^{-5}$	22,46	0.88	88
10%	20	41,727	41,7193	0,0077	5.4	1.4	1.9	40.96	$9.39 \cdot 10^{-6}$	11,23	0.90	90

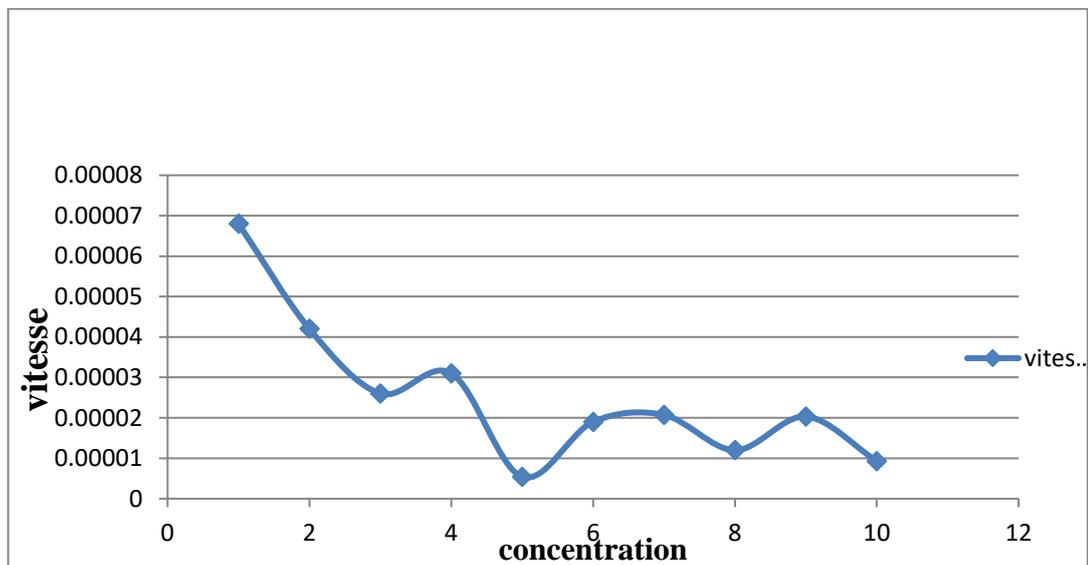


Figure IV-1: présentation graphique d'évaluation de vitesse de corrosion en fonction de concentration des inhibiteurs

IV 1.2 Discussion des résultats de la représentation graphique1 :

D'après la représentation graphique , nous observons effet de concentration d'inhibiteur sur la vitesse de corrosion.

Chapitre IV : Résultats et Discussion

Augmentation de la concentration d'inhibiteur avec diminution de la vitesse de corrosion

IV 2 PREPARATION DE SOLUTION H₂O+H₂SO₄ :

nous préparons des solutions (H₂O+ H₂SO₄) à différents concentration d'inhibiteur

(1%,2%,3%,4%,5%,6%,7%,8%,9%,10%)

_1% _ ajoutée 1ml de H₂SO₄ dans 99 ml de l'eau de robinet

_2% _ ajoutée 2ml de H₂SO₄ dans 98 ml del'eau de robinet

_3% _ ajoutée 3ml de H₂SO₄ dans 97 ml de l'eau de robinet

_4% _ ajoutée 4ml de H₂SO₄ dans 96 ml de l'eau de robinet

_5% _ ajoutée 5ml de H₂SO₄ dans 95ml de l'eau de robinet

_6% _ ajoutée 6 ml de H₂SO₄ dans 94 ml de l'eau de robinet

_7% _ ajoutée 7ml de H₂SO₄ dans 93 ml de l'eau de robinet

_8% _ ajoutée 8ml de H₂SO₄ dans 92 ml de l'eau de robinet

_9% _ ajoutée 9ml de H₂SO₄ dans 91 ml de l'eau de robinet

_10% _ ajoutée 10ml de H₂SO₄ dans 90 ml de l'eau de robinet

Tableau (N° IV -2): Paramètres relatifs à l'acier X70 en solution(d'eau de robinet + l'acide sulfurique)

C H ₂ SO ₄	T	M1	M2	DM	L	r	H	S	V cor	V' cor	E%	R
1%	20	41,4707	41,4707	0,0005	5.0	1.3	1,7	34.42	7,26*10 ⁻⁷	1,01	0.45	45
2%	20	41,7484	41,745	0,0034	5.2	1,5	1.8	39.72	4.27*10 ⁻⁶	6,73	0.53	53
3%	20	41,7984	41,7901	0,0078	5.3	1.6	1,9	43.18	9.03*10 ⁻⁶	15, 72	0.57	57
4%	20	41,3857	43,3802	0,0055	5.2	1.9	1,1	35.38	7.77*10 ⁻⁶	14,59	0.61	61
5%	20	41,9278	41,9247	0,0031	5.5	1.7	1,9	46.06	3.36*10 ⁻⁶	5,61	0.65	65
6%	20	39,9501	39,9473	0,0028	4.9	1,2	1.8	33.72	4.15*10 ⁻⁶	8,98	0.69	69
7%	20	41,6367	41,635	0,0017	5	1,3	1,8	35,68	2.38*10 ⁻⁶	56,18	0.71	71
8%	20	41,7653	41,7624	0,0011	5.1	1.4	1,8	37.68	1.45*10 ⁻⁶	2,24	0.74	74
9%	20	41,4344	41,432	0,0024	5,4	1,2	1,7	35,4	3.38*10 ⁻⁶	5,61	0.77	77
10%	20	41,7193	41,4171	0,3022	5,4	1,4	1,9	40.96	3.68*10 ⁻⁴	673,84	0.81	81

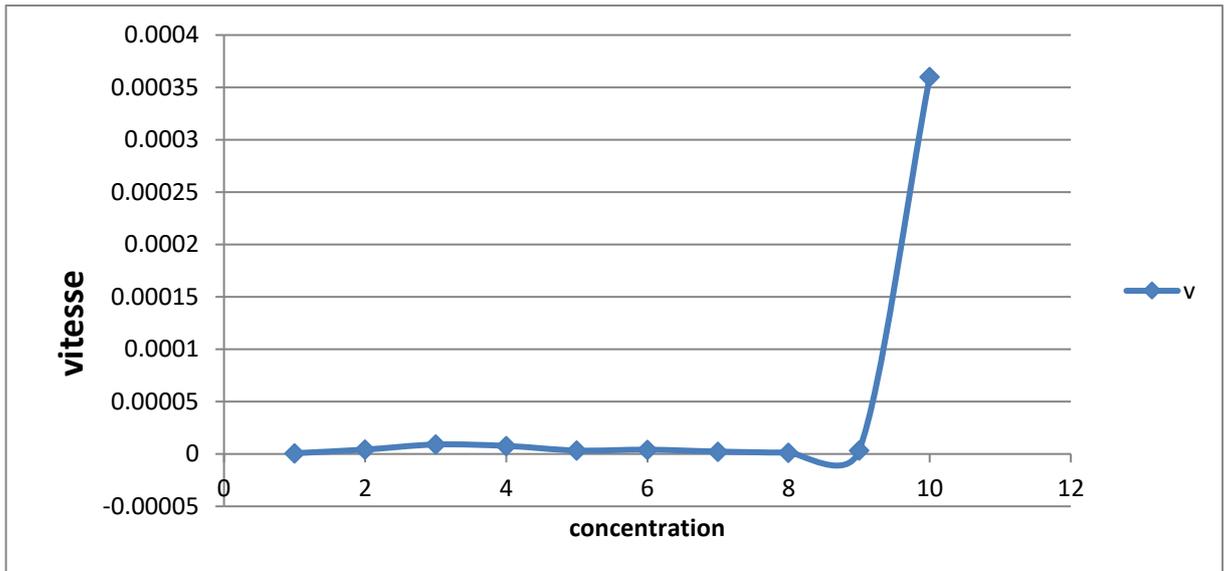


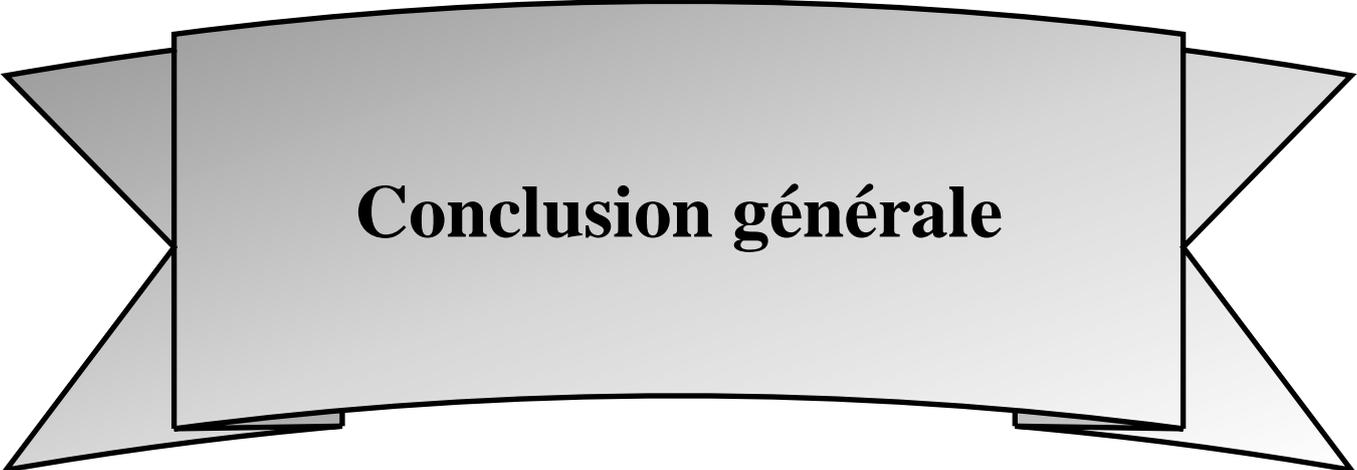
Figure IV-2: présentation graphique évaluation de vitesse de corrosion en fonction de concentration de l'acide sulfurique

IV.2.1 Discussion des résultats de la représentation graphique 2 :

D'après les résultats obtenus, on observe que l'addition de l'acide sulfurique due une stabilisation de la vitesse de corrosion pour les concentration (1%,2%,3%,4%,5%,6%,7%,8%,9%) et elle augmente pour l'augmentation de concentration 10%

IV. Conclusion :

Après cette étude, nous concluons que les inhibiteurs extrait de *periploca* jouent un rôle dans la diminution la vitesse de corrosion des aciers X70.



Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Le présent travail se focalise sur l'étude gravimétrique de l'acier XC70 en milieu acide sulfurique.

Nous avons débuté notre manuscrit par un bref rappel sur les différents types de corrosion qui peuvent affecter les aciers, ainsi que la méthode et les outils existants pour évaluer l'endommagement par corrosion.

Pour déterminer la cinétique du phénomène de corrosion, des méthodes basées essentiellement sur l'étude gravimétrique

Une étude de l'efficacité inhibitrice du extrait de *periploca* sur la corrosion de l'acier XC70 dans milieu acide (et) montre que l'inhibition du composé objet de cette étude dans le milieu acide sulfurique est plus efficace