



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



Université Echahid Hamma Lakhdar. El Oued

Faculté de la Technologie

Mémoire de Fin d'Etude

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine: Sciences et Technologies

Filière: Industrie pétrochimique

Spécialité: Raffinage

Présenté par:

ALLAL Nouredine

BOUGOFFA Abdesselam

ALSBRI Abdaurhman anwar

Thème

**Influence de l'effluent du Quartzit de Hamra (QH)
sur les équipements de production au niveau de la
région du « Rhourde Nous »**

Soutenu le 04/06/2018

Devant le Jury:

Mr. A. Boughzal

Président

Université d'El Oued.

Mr. F. Ferhat

Examineur

Université d'El Oued.

Mr. N. Chaabia

Rapporteur

Université d'El Oued.

2017/2018

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicace

A mes chers parents, Que nulle dédicace ne puisse exprimer ce que je leurs dois, pour leur bienveillance, leur affection et leur soutien Trésors de bonté, de générosité et de tendresse, en témoignage de mon profond amour et ma grande reconnaissance « Que Dieu vous garde ».

A mes chers frères et sœur, En témoignage de mes sincères reconnaissances pour les efforts qu'ils ont consenti pour l'accomplissement de mes études. Je leur dédie ce modeste travail en témoignage de mon grand amour et ma gratitude infinie.

A tous mes amis, Pour leur aide et leur soutien moral durant l'élaboration du travail de fin d'étude.

A toute ma Famille...

A tous ceux qui m'aiment...

Allal Noureddine

Dédicace

*À qui m'adresse au ciel les vœux les plus ardents pour la conservation de leur santé
et de leur vie.*

À mon très cher père !

À la plus belle créature que Dieu a créée sur terre...

À cette source de tendresse, de patience et de générosité...

À ma mère !

À mes chers sœurs et frères !

À mes beaux-parents et à toute ma famille !

À tous mes amis et collègues!

À tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer ...

Bougoffa Abdessalem

Dédicace

A mes très chers parents,

Pour leurs sacrifices, leur amour, leurs prières et leur soutien.

A ma chère famille,

Petit ou grand, proche ou lointaine.

A tous mes amis,

Sans qui la vie me semblerait bien fade, je vous souhaite la prospérité et les succès.

A tous nos enseignants avec notre profonde considération,

Qui n'ont épargné aucun effort pour nous offrir un bon enseignement.

*Et A tous ceux qui nous ont assistés, dans la réalisation et le bon déroulement de
ce travail.*

Alsabri Abdaurhman Anwar

Remerciements

Nous tenons à présenter nos remerciements au plan, à notre Dieu qui nous accompagner et nous a donné la force afin d'effectuer ce modeste travail.

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

*Notre haute gratitude, nos profonds respects, nos sincères remerciements et reconnaissance à notre encadreur **Mr CHAABIA NACER**, pour sa patience, sa compétence, sa grande rigueur scientifique et ses conseils judicieux qui nous ont été très précieux. Qu'il trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.*

Nous remercions les membres de jury qui ont accepté de juger ce travail et d'y apporter leur caution.

Nous adressons également nos vifs remerciements à tous les enseignants qui, par leurs enseignements, leurs encouragements et leurs aides, ont contribué à notre formation.

Nous ne pourrions oublier de remercier du fond du cœur nos parents pour nous avoir toujours permis de suivre le chemin des études. Merci pour leurs soutiens, leurs encouragements et surtout leur amour qui a toujours été une source motivante.

*En fin, Un grand merci à tous les membres du Laboratoire de valorisation et technologie des ressources sahariennes (**VTRS**), et un merci particulier à **Ali TLIBA** qui m'a beaucoup aidé dans les démarches administratives au début de la mémoire.*

Et à tous ceux que j'aurais oublié bien involontairement, merci !

Liste des tableaux

N°	Titre de tableaux	Page
Tableau II.1	Historique des découvertes	25
Tableau II.2	Dates et faits marquants	26
Tableau III.1	Composition chimique d'acier INOX duplex Nuance DX2205	
Tableau III.2	Identification des courbes d'équilibre de l'électrode de travail avec les solutions utilisé dans différent conditions.	43
Tableau III.3	Comparaison des courbes de voltamétrie cyclique à différents vitesse	46

Liste des figures

N°	Titre des figures	Page
Figure I.1	Corrosion uniforme d'un tube en acier.	06
Figure I.2	La corrosion galvanique.	06
Figure I.3	Echelle galvanique du plus noble au moins noble.	07
Figure I.4	Corrosion caverneuse d'un acier allié sous un joint.	07
Figure I.5	Corrosion par piqûres d'une cuve en acier inoxydable.	08
Figure I.6	Corrosion inter granulaire	08
Figure I.7	Corrosion sous contraintes	09
Figure I.8	Corrosion causé par bactérie	09
Figure I.9	Corrosion par érosion	10
Figure I.10	Anodes sacrificielle appelée encore anode réactive.	15
Figure I.11	Soutirage de courant ou dispositif à courant imposé.	16
Figure I.12	Electrode de référence [Cu/CuSO4].	16
Figure I.13	Schéma type de réalisation d'une installation de protection cathodique par soutirage de courant.	17
Figure I.14	Diagramme de POURBAIX fer-eau.	18
Figure I.15	Blocage de sites cathodique par inhibiteur cathodique (formation de barrières cathodique).	20
Figure I.16	Blocage de sites anodique par inhibiteur anodique (formation de barrières anodique).	21
Figure II.1	Situation Géographique	24
Figure II.2	Organigramme de la région RNS	26
Figure II.3	Réseau collectes des puits producteurs de Phase A et B.	27
Figure II.4	Schéma simplifier dessertes puits injecteurs	27
Figure II.5	Schéma simplifié de puits d'huile de CSC.	28
Figure II.6	Schéma simplifié de puits de gaz de Quartzite de Hamra (QH).	28
Figure II.7	Schéma simplifié du procédé "Phase A, B, CSC et CPF"	30
Figure II.8	Schéma de bloc de l'usine CPF	31
Figure III.1	Fissuration de la roue du turbo-expander. (Départ puits RNZ120 vers usine du CPF)	36
Figure III.2	Percement au niveau de manifold M1 (QH). (CPF)	36
Figure III.3	Percement sortie filtre (CPF)	37

Figure III.4	Percement entrée coillisseure (CPF)	37
Figure III.5	Photos de l'électrode d'acier INOX duplex	38
Figure III.6	Dispositif d'un système électrochimique.	39
Figure III.7	Cellule électrochimique à trois électrodes	40
Figure III.8	Electrode de travail.	40
Figure III.9	Electrode de référence.	41
Figure III.10	Electrode d'auxiliaire.	41
Figure III.11	Potentiel d'équilibre de l'électrode de travail avec les solutions utilisé dans différent conditions.	42
Figure III.12	Voltamogramme (acier, eau huileuse) $V= 30\text{mV/s}$ [800mV, +800mV]	43
Figure III.13	Voltamogramme (acier, eau huileuse) $V= 30\text{mV/s}$ [+800mV, -800mV].	44
Figure III.14	Voltametrie cyclique (acier, eau huileuse) [-1000,1000mV], [-500,500mV]	44
Figure III.15.A	voltamètrie cyclique à une seul vitesse de balayage	45
Figure III.15.B	voltamètrie cyclique à différentes vitesse de balayage	45
Figure III.16	Caractérisation (eau huileuse + condensat)après polarisation [-1000 ; +1000] après 20 jours	46
Figure III.17.A	voltamogramme cyclique : mélange (eau huileuse + 5ml condensat) [-800 ; +800mV]	47
Figure III.17.B	voltamogramme cyclique : mélange (eau huileuse condensat (1 - 5ml)) [-800 ; +800mV]	48
Figure III.18	Chrono-ampérométrie (acier, eau huileuse) pendant du 10 min.	48
Figure III.19.A	Courbe de voltamètrie linéaire après 10 min de chrono-ampérométrie [-1000 ; +1000]	49
Figure III.19.B	Courbe de voltamètrie linéaire après 10 min de chrono-ampérométrie (balayage inverse) [+1000 ; -1000].	50
Figure III.20	Chrono-ampérométrie acier -mélange (eau huileuse+ condensat) pendant du 03 min.	51
Figure III.21	voltamètrie cyclique après chrono-ampérométrie acier - mélange (eau + condensat)	51

Nomenclature

Notation des composés

CuSO ₄	Sulfate de cuivre
CO ₂	Dioxyde de carbone
Me ₂ Hg	Diméthylmercure
Hg	Mercure
H ₂ CO ₃	l'acide carbonique
FeCO ₃	carbonate ferreux
H ₂	Hydrogène
CaCO ₃	Carbonate de calcium
Fe	Fer
O ₂	Oxygène
Cu	Cuivre
Fe ₃ O ₄	Téetroxyde de trifer
Fe ₂ O ₃	Oxyde de fer

Abréviations et acronymes

GPL	Gaz de Pétrole Liquéfié
CPF	Central Processing Facility
CSC	Centre de compression et de séparation
RNS	RHOURDE-NOUSS
QH	Quartzite de Hamra
HEH	HAOUDH ELHAMRA
TRC	Réseau de Transport
NACE	National Association of Corrosion Engineers
pH	Pression d'hydrogène
PCS	Pouvoir Calorifique Supérieur
GOT	gothlandien
d.maker	Dall mkrata

Sommaire

	Page
Dédicaces	
Remerciements	
Nomenclatures	
Introduction générale	02

Chapitre I

LA CORROSION ET LES MOYENS DE SA LUTTE

I.1. LA CORROSION	04
I.1.1. Introduction	04
I.1.2. Définition de la corrosion	04
I.1.3. Formes de corrosion	04
I.1.3.1. Corrosion chimique	04
I.1.3.2. Corrosion électrochimique (présence d'électrolyte)	04
I.1.4. Différents types de corrosion	05
I.1.4.1. Corrosion uniforme	05
I.1.4.2. Corrosion Galvanique	06
I.1.4.3. Corrosion caverneuse	07
I.1.4.4. Corrosion par piqûres	08
I.1.4.5. Corrosion inter granulaire	08
I.1.4.6. Corrosion sous contraintes	09
I.1.4.7. Corrosion biochimique:	09
I.1.4.8. Corrosion / érosion:	09
I.1.5. L'impact de la corrosion sur la production	10
I.1.6. Les paramètres qui affectent la vitesse de corrosion	10
I.1.6.1. La composition de l'eau	11
I.1.6.2. Les hydrocarbures associés à l'eau	11
I.1.6.3. Le pH	11
I.1.6.4. La pression partielle du CO ₂ et la température	11
I.1.6.5. La pression	11
I.1.6.6. La température	11
I.1.6.7. La salinité	11
I.1.6.8. La vitesse d'écoulement	12

I.1.7. Corrosion par l'eau contenant du CO ₂	12
I.1.7.1. Description du processus de corrosion par CO ₂	12
I.1.7.1.1. Mécanisme réactionnel	12
I.1.7.1.2. Influence de l'eau faiblement minéralisée	13
I.1.7.1.3. Effet de la vitesse des effluent	13
I.1.7.1.4. pression de système	13
I.2. LES MOYENS DE LUTTE CONTRE LA CORROSION	15
I.2.1. Protection active	15
I.2.1.1. La protection anodique (anode sacrificielle)	15
I.2.1.2. Protection cathodique	16
I.2.2. Protection passive	16
I.2.2.1 Diagramme potentiel - pH de Pourbaix	17
I.2.2.1.1 Domaine de corrosion	17
I.2.2.1.2. Domaine de passivité	18
I.2.2.1.3. Domaine d'immunité	18
I.2.2.2. Les revêtements protecteurs	18
I.2.2.2.1. Types de revêtement	18
I.2.2.2.1.1. Les revêtements métalliques	18
I.2.2.2.1.2. Les revêtements non métalliques	18
I.2.2.2.1.3. Les revêtements chimiques	19
I.2.2.2.2 Rôle des revêtements protecteurs	19
I.2.2.3. Protection par traitement chimique	19
I.2.2.3.1. Les inhibiteurs de corrosion	19
I.2.2.3.1.1. Définition	19
I.2.2.3.1.2 Propriétés	19
I.2.2.3.1.3 Les classes d'inhibiteurs	20
I.2.2.3.1.3.1 Les inhibiteurs anodiques	20
I.2.2.3.1.3.2. Les inhibiteurs cathodiques	21
I.2.2.3.1.3.3 Les inhibiteurs mixtes	21
I.2.2.3.1.4 Le rôle des amines	22

Chapitre II

PRESENTATION DU CHAMP DE RHOURE NOUSS

II.1. INTRODUCTION	24
II.2. PRESENTATION DU CHAMP DE RHOURE NOUSS	25
II.2.1. Historique Des Découvertes	25
II.3. DATES ET FAITS MARQUANTS	26
II.4. ORGANIGRAMMES DE LA REGION DE RHOURE NOUSS	26
II.4.1. Organigramme général	26
II.5. DESCRIPTION DU COMPLEXE DE RHOURE-NOUSS	27
II.5.1. Réseaux collectes	27
II.5.2. Puits producteurs phase “A” et “B”	27
II.5.3. Puits réinjecteurs	27
II.5.4. Puits d'huile de l'usine (CSC)	28
II.5.5. Puits gaz de l'usine CPF (Central Processing Facility)	28
II.6. LES DIFFERENTS COMPLEXES DE LA REGION	29
II.6.1. Phase A « UTG »	29
II.6.2. Phase B « GPL »	29
II.6.3. La centrale électrique :	29
II.6.4. Centre de compression et de séparation (CSC)	29
II.6.5. la nouvelle installation CPF (Central Processing Facility)	29
II.7. USINE DE TRAITEMENT DE QUARTZITE DE HAMRA « CPF »	30
II.7.1. OBJECTIFS DU L'USINE DE CPF	30
II.7.2. SCHEMA DE L'USINE CPF	31
II.7.3. DESCRIPTION DU PROCEDE	31
II.7.3.1. Réseau De Collecte Du Gaz Et Collecteurs	31
II.7.3.2. La Zone De Pré Traitement	32
II.7.3.3. L'unité de compresseur Booster G05	32
II.7.3.4. L'unité de décarbonatation (AGRU) G64	32
II.7.3.5. L'unité de déshydratation G60	32
II.7.3.6. L'unité d'expansion et séparation du gaz G67	32
II.7.3.7. L'unité de Compresseurs Gaz de vente G 50	33
II.7.3.8. L'unité de compression et de déshydratation du CO2 (CCDU) G 85	33

Chapitre III**PARTIE EXPERIMENTALE**

III.1. PROBLEMATIQUE	35
III.2. PREPARATION DE SELECTRODES ET ELECTROLYTES	
III.2.1. Electrodes	37
III.2.1.1. Caractérisation de l'électrode de travail	37
III.2.1.2. Composition chimique de l'acier INOX duplex Nuance DX2205	38
III.2.1.3. Caractéristiques générales de l'acier INOX duplex Nuance DX2205	38
III.2.1.4. Polissage	39
III.2.2. Electrolytes	39
III.2.2.1. Préparation de la solution d'acide sulfurique	39
III.2.3. Montage électrochimique	39
III.2.3.1. Cellule électrochimique	40
III.2.3.2. Electrode de travail	40
III.2.3.3. Electrode de référence	41
III.2.3.4. Electrode auxiliaire ou contre électrode	41
III.3. ETAPES DE MANIPULATION	42
III.3.1. Mesure de potentiel libre	42
III.3.2. Courbe de polarisation	42
III.3.3. Les essais à réaliser au niveau du laboratoire VTRS	42
III.3.3.1. Caractérisation par méthodes électrochimiques	42
III.3.3.1.1. Mesure de potentiel d'équilibre (OPC)	42
III.3.3.1.2. Caractérisation par voltampérométrie linéaire	43
III.3.3.1.3. Caractérisation par voltampérométrie cyclique	44
III.3.3.1.3.1 Test immédiate (Acier + eau huileuse)	44
III.3.3.1.3.2 Après 15 jours émergence (acier + eau huileuse)	45
III.3.3.1.3.3 Après 20 jours émergence (Acier + mélange (eau huileuse – condensat))	46
III.3.3.1.3.4. Acier + nouveau mélange (eau huileuse + condensat)	47
III.3.3.1.4. Caractérisation par chrono-ampérométrie (solution des eaux huileuse)	48
III.3.3.1.5. Caractérisation par voltamétrie linéaire après chrono ampérométrie (solution des eaux huileuse)	49

III.3.3.1.6. Caractérisation par voltamétrielineaire après chrono-ampérométrie (solution mélange eaux huileuse + condensat)	50
III.4. CONCLUSION	53
Références bibliographiques	
Résumé	



Introduction Générale



Introduction générale

Dans l'industrie pétrolière et spécialement la production du pétrole et du gaz. La corrosion interne des canalisations et des collectes de surface en acier est un phénomène bien connu et constitue un sérieux problème.

En présence d'eau liquide, la dissolution des métaux lourds engendre différents phénomènes de corrosion des aciers. Les équipements de forage et production pétrolière sont en premier lieu concernés par cette corrosion, mais également les unités de traitement de gaz. Certaines unités de raffinage sont également affectées.

Vue l'importance de la corrosion qui s'est manifestée au niveau des installations de Rhourde Nouss, ce phénomène a poussé à la création du service inspection-corrosion, qui lutte contre la corrosion.

Pour cela, il est important de présenter dans ce travail des aperçus sur les principaux types et formes de corrosion les plus rencontrés dans le domaine pétrolier et plus particulièrement le type de corrosion présent au niveau du champ de Rhoude Nouss.

Le mémoire décrivant ce travail est entamé par cette introduction générale qui donne une idée sur l'importance du thème abordé afin de propose un solution adéquate.

Dans le chapitre I, on a présenté les différents types et formes de corrosion les plus courantes à l'échelle industrielle, et résumé des principaux moyens et méthodes de lutte contre ce phénomène.

Dans le chapitre II, on a discuté sur la présentation de la région de notre étude (RHOURE NOUSS) et leurs richesse en gisement d'hydrocarbure. Comme nous avons décrit les différentes étapes de traitement de Quartzite de Hamra (QH) de l'usine CPF (Central Processing Facility) Rhourde nous.

Le chapitre III, présente le procédé étudié et les résultats obtenus au cours de ce travail.

Une conclusion générale récapitule les principaux résultats obtenus avec des recommandations pour résoudre ce problème.



CHAPITRE I : LA CORROSION ET LES MOYENS DE SA LUTTE



Chapitre I

LA CORROSION ET LES MOYENS DE SA LUTTE

I.1. LA CORROSION

I.1.1. Introduction

Les altérations intérieures et extérieures observées sur les installations industrielles par suite de la corrosion se présentent sous une très grande variété d'aspect. Pour un observateur non averti, chaque cas semble isolé ou inexplicable[1].

I.1.2. Définition de la corrosion

Dans le langage courant la corrosion est généralement synonyme d'un phénomène réactionnel entre le fer et l'air humide provoquant la formation d'une couche de rouille non compacte et peu adhésive. La réaction est plus rapide aux endroits où la rouille est déjà formée, des trous peuvent apparaître dans le métal [2]. La corrosion est définie comme étant la destruction des métaux qui se produit sous l'effet de réactions chimiques ou électrochimiques avec le milieu ambiant et la perte des qualités spécifiques du matériau qui en résulte. Les théories sur la corrosion sont toutes fondées sur la structure atomique de la matière.

I.1.3. Formes de corrosion

Les différentes formes de la corrosion ne sont pas toujours indépendantes les unes des autres. Certaines peuvent se développer de façons simultanées. Les deux grandes formes sont [1]:

I.1.3.1. Corrosion chimique

Cette forme de corrosion se définit comme le résultat d'une réaction hétérogène entre une phase solide de métal, et une phase gazeuse ou liquide non-électrolyte (corrosion sèche).

La forme générale de la réaction est :



I.1.3.2. Corrosion électrochimique (présence d'électrolyte) [3]

C'est la plus répandue. Elle a lieu en présence d'un milieu aqueux favorisant les échanges de particules chargées électriquement (ion).

Elle est accentuée par les hétérogénéités du métal (composition) et/ou du réactif (phénomène de diffusion, différence de concentration, pH, et température). Elle se manifeste lorsqu'il existe une hétérogénéité soit dans le métal soit dans le réactif.

L'existence de ces hétérogénéités détermine la formation d'une pile galvanique, et un courant électrique circule entre anode et cathode, les zones anodiques (zones moins nobles) étant attaquées.

Dans le cas où les zones anodiques sont très faibles comparativement aux zones cathodiques, la corrosion localisée sera déclenchée. Un métal plongé dans un électrolyte a plus tendance à s'ioniser, c'est-à-dire à se décomposer en ion métallique. Le fer par exemple se dissout suivant l'équation:



Ces deux états en équilibre déterminent le potentiel électrochimique ou potentiel de NERNST défini par l'équation:

$$E = E_0 + \ln C \left(\frac{RT}{nF} \right) \quad (\text{I.3})$$

Où:

E: Potentiel dans une solution de concentration C.

E₀: Potentiel nominale d'électrode.

T: Température de gaz

R=1,985 cal/°K.

n: Valeur de l'ion métallique considérée.

F: Constante de faraday =96500 coulombs.

C: Concentration de la solution en ion (g/L).

I.1.4. Différents types de corrosion

I.1.4.1. Corrosion uniforme

C'est le type le plus connu, elle est caractérisée par une réaction chimique ou électrochimique qui se produit uniformément sur toute la surface considérée. Ce type de corrosion est le plus facile à mesurer[4]. Le taux de corrosion T est donné en plusieurs unités. La plus répandue est (mm/an), donnée par :

$$T = \frac{\text{Masse perdue (g) pendant t (heures)} \times 8750}{\text{Surface (mm}^2\text{)} \times \text{densité} \times \text{temps (heures)}} \quad (\text{I.4})$$

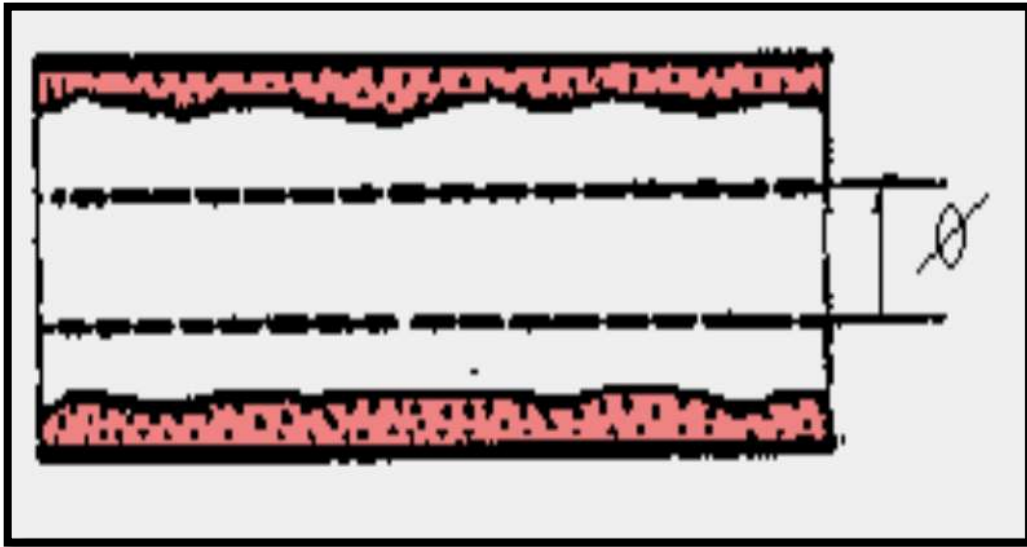


Figure I.1: Corrosion uniforme d'un tube en acier.

I.1.4.2. Corrosion Galvanique

Corrosion connue aussi sous le nom de corrosion de contact. La notion de couple galvanique correspond à un type particulier de corrosion qui trouve son origine dans la corrosion électrochimique résultant de la formation d'une pile par mise en contact de deux matériaux différents conducteurs dans un environnement assurant un milieu électrolytique.

La corrosion galvanique apparaît principalement dans les zones d'assemblage entre une structure métallique, à l'aide des éléments métalliques (vis, rivets,...).

Le métal le moins noble (potentiel de dissolution le moins élevé dans la série galvanique) joue le rôle d'anode et se corrode[5].

La différence de potentiel n'est pas le seul critère; certains métaux se polarisent plus facilement que d'autre.

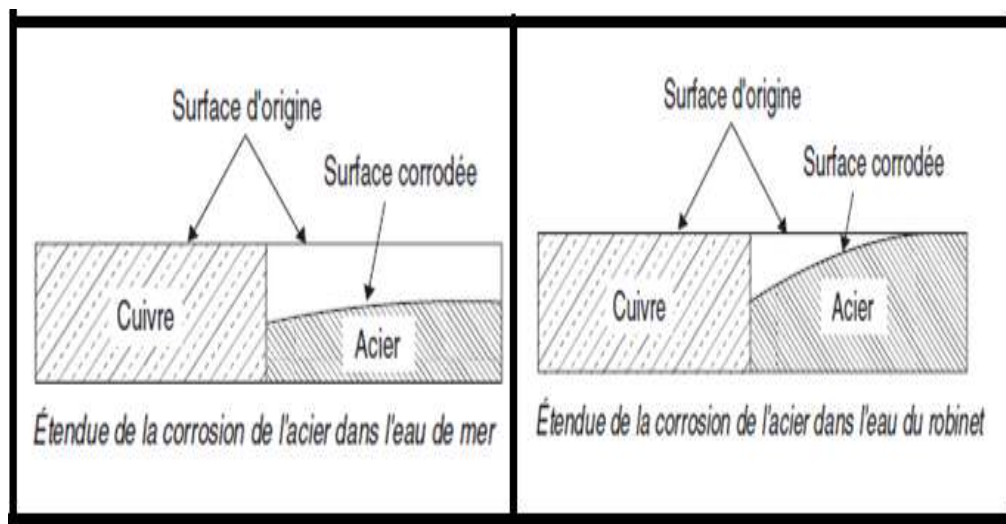


Figure I.2: La corrosion galvanique.

◆Echelle de classification des métaux :

Cette échelle a pour principal intérêt de déterminer le comportement d'un métal par rapport à un autre. Tout métal de la liste est dit "noble" par rapport à ceux qui le suivent.

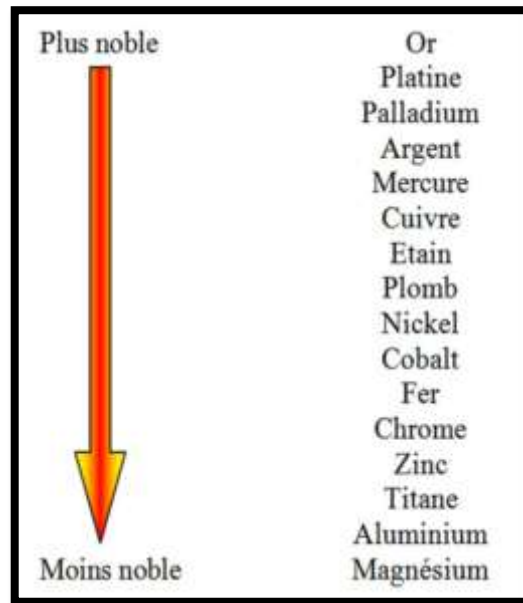


Figure I.3. Echelle galvanique du plus noble au moins noble.

I.1.4.3. Corrosion cavernueuse

Cette forme de corrosion porte parfois le nom de corrosion cavernueuse ou interstitielle. Elle apparaît dans toutes les zones de confinement des recoins de structure, les contacts entre pièces mal ajustées, sous les joints. C'est une attaque électrochimique par aération différentielle. Elle se caractérise par la dissolution très rapide de la zone confinée, précédée d'un temps d'incubation plus ou moins long pendant lequel le métal ne subit aucun dommage.

Cette corrosion peut apparaître même pour des concentrations faibles en ions Cl^- augmente l'égerment la vitesse de cette forme de corrosion.



Figure I.4. Corrosion cavernueuse d'un acier allié sous un joint.

I.1.4.4. Corrosion par piqûres

Cette forme de corrosion est particulièrement insidieuse. L'attaque se limite à des piqûres très localisées (généralement avec la présence du chlore) et pouvant progresser très rapidement en profondeur, alors que le reste de la surface reste saine. L'installation peut être perforée en quelques jours sans qu'une perte de poids appréciable de la structure apparaisse.

Le mécanisme du processus de corrosion est semblable à celui de la crevasse, sauf que dans la corrosion par piqûres on a une corrosion en profondeur et une auto propagation des ions par gravité.



Figure I.5. Corrosion par piqûres d'une cuve en acier inoxydable.

I.1.4.5. Corrosion inter granulaire

C'est une attaque sélective aux joints de grains, par suite d'hétérogénéités locales : appauvrissement de l'un des constituants ou au contraire, enrichissement par suite de précipitation lors d'un traitement thermique par exemple. Il a alors création de piles locales avec dissolution des zones anodiques[5].

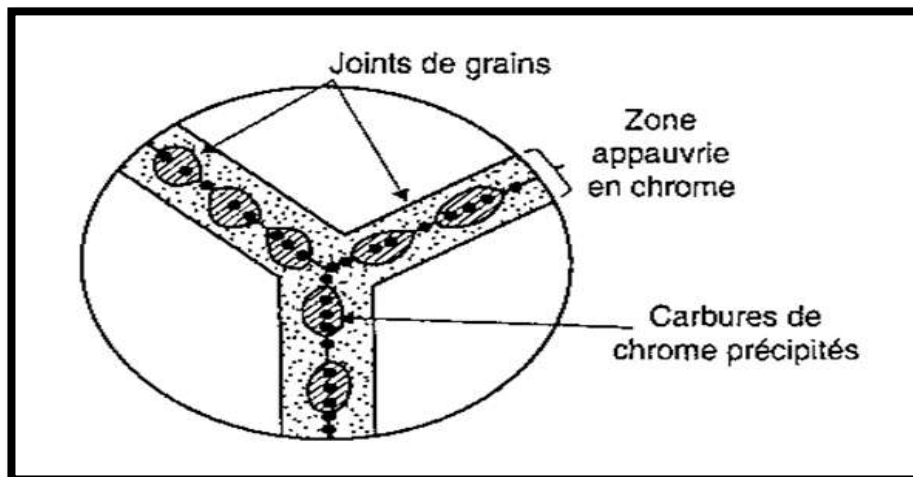


Figure I.6. Corrosion inter granulaire.

I.1.4.6. Corrosion sous contraintes

Le mécanisme de la corrosion sous contrainte (C.S.C) est un phénomène de fissuration catastrophique qui risque de se produire sous l'action combinée de tension mécanique et d'un milieu corrosif spécifique de l'alliage considéré[6].

Ces contraintes de tension sont à l'origine du démarrage de la corrosion en divers points de la surface métallique (destruction du film de protection).

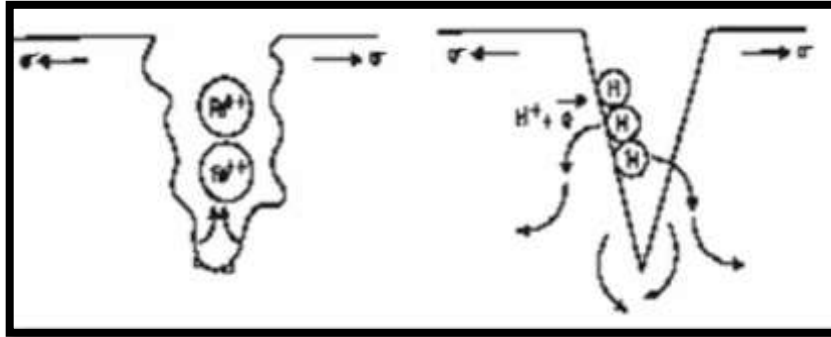


Figure I.7. Corrosion sous contraintes.

I.1.4.7. Corrosion biochimique

La dégradation du métal est due essentiellement à l'activité d'organismes vivants. Ce dernier est constitué de micro-organismes du genre bactéries (sulfato-réductrices) et des micro-organismes du type algues.



Figure I.8: Corrosion causé par bactérie.

I.1.4.8. Corrosion / érosion

La corrosion érosion apparaît souvent aux endroits de forte turbulence tels que coudes, Tee, rétrécissements de tubes et les pompes. La destruction des couches protectrices n'est pas homogène sur les surfaces métalliques ce qui crée des surfaces actives et passives.

En fonction de l'accroissement de la vitesse, on peut constater une zone de corrosion acide, puis une passivation accrue et enfin l'absence de formation de tout couche protectrice [7].

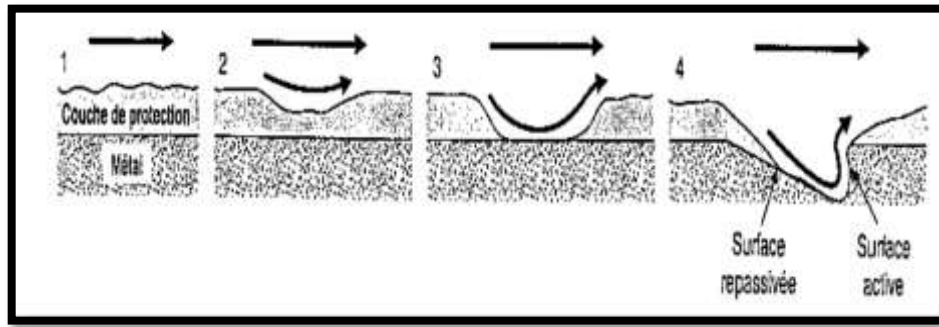


Figure I.9. Corrosion par érosion.

I.1.5. L'impact de la corrosion sur la production [8]

La définition annoncée si dessus admet que la corrosion est un phénomène nuisible qui détruit le matériau ou réduit ses propriétés, le rendent ainsi inutilisable pour une application prévue. Les effets directs ou indirects de la corrosion sont résumés ci-après :

- Pertes de vies humaines.(surtout dans les zones industriel)
- Surdimensionnement des pièces.
- Remplacements des matériaux corrodés.
- Coût de l'entretien et du contrôle (peinture, protection cathodique).
- Contamination du produit par des agents de corrosion.
- Arrêt de production.
- Augmentation des coefficients de sécurité.
- Coût des pièces à remplacer, des réparations à effectuer.
- Coût d'emploi des matériaux plus nobles (le prix de revient de l'acier inoxydable, des alliages de nickel et d'autres métaux moderne, sont beaucoup plus élevé que celui de l'acier ordinaire)
- Prix de revêtement et d'emploi d'inhibiteurs.
- Gaspillage en moyens matériels, délais et financières.

Cette classification des différents types de détérioration des métaux et alliages par la corrosion, selon des "modes" précis et définis reste assez arbitraire.

Dans la pratique et à l'échelle industrielle; les formes de la corrosion sont souvent plus complexes; plusieurs modes de corrosion peuvent agir ensemble et les conditions de travail sont difficiles à imposer.

Cependant, ce classement est intéressant, en ce sens qu'il permet d'établir une liste des problèmes rencontrés et de les caractérisés.

I.1.6. Les paramètres qui affectent la vitesse de corrosion

Dans la pratique les principaux paramètres qui affectent la vitesse de corrosion des aciers au carbone sont décrits ci-dessous.

I.1.6.1. La composition de l'eau

La composition de l'eau peut gouverner des conditions de sursaturation (notamment en Fe^{2+} et/ou CaCO_3) qui jouent un rôle essentiel sur la formation et la stabilité de la couche de carbonate de fer.

I.1.6.2. Les hydrocarbures associés à l'eau

Lorsqu'il n'y a pas présence d'eau libre à la surface de l'acier mais adsorption d'un film continu d'hydrocarbure, la corrosion n'a pas lieu. La nature, la quantité des hydrocarbures ainsi que les conditions d'écoulement hydrodynamique sont donc des paramètres importants.

I.1.6.3. Le pH

La susceptibilité du matériau à la corrosion est fonction du pH de l'électrolyte. Une forte concentration en protons dans la solution augmente l'agressivité du milieu, ce qui modifié les équilibres des réactions chimiques et électrochimiques. La corrosion augmente avec la diminution du pH du milieu[9].

I.1.6.4. La pression partielle du CO_2 et la température

La dissolution du CO_2 dans l'eau est proportionnelle à sa pression partielle. La corrosion est d'autant plus accentuée que la pression de CO_2 est élevée.

Tels que selon la norme API :

- Si $P_{\text{CO}_2} < 0.5 \text{ bar}$ Pas de corrosion.
- Si $0.5 < P_{\text{CO}_2} < 2 \text{ bar}$ La corrosion est possible.
- Si $P_{\text{CO}_2} > 2 \text{ bar}$ La corrosion rapide.

I.1.6.5. La pression

La variation de la pression joue simplement sur la quantité de CO_2 dissous dans l'eau (pression partielle du CO_2). Dans des cas particuliers (milieu agressif contenant des matières susceptibles de réagir avec les produits de corrosion pour donner des composés insolubles protecteurs) elle favorise l'attaque lorsque celle-ci est faible, elle la ralentit lorsque celle-ci est grande.

I.1.6.6. La température

Généralement, l'augmentation de la température accélère les phénomènes de corrosion [10], car elle diminue les domaines de stabilité des métaux et accélère la cinétique de réaction et de transport. L'importance de son influence diffère cependant du milieu corrosif dans lequel se trouve le matériau métallique[11].

I.1.6.7. La salinité

Les sels dissous dans l'eau affectent le taux de corrosion en augmentant la conductivité de l'eau. Ceci qui observons aux saumures de gisement de pétrole et aux

fluides de complétion. Les fluides contenant le sel de chlorure de 3% en poids sont plus corrosifs que les fluides de haut-salinité.

I.1.6.8. La vitesse d'écoulement

En principe dans l'eau agitée, la vitesse de corrosion augmente jusqu'à la formation des couches protectrices diminuent le taux de corrosion. C'est de telles sortes, que des états de surface hétérogènes se forment et une corrosion localisée ou bien une corrosion par érosion peut apparaître.

I.1.7. Corrosion par l'eau contenant du CO₂

En présence d'eau liquide, la dissolution du CO₂ engendre différents phénomènes de corrosion des aciers. Les équipements de forage et production pétrolière sont en premier lieu concernés par cette corrosion, mais également les unités de traitement de ces gaz acides.

Pour cela, la Direction Régionale de Rhourde Nouss (afin de réduire l'impact de la corrosion tout au long de la chaîne de production) a pris des mesures techniquement et économiquement réalisables sur site dont les résultats sont aujourd'hui satisfaisants. En résumé les principaux moyens de lutte mis en œuvre sont:

- Emploi d'inhibiteurs de corrosion.
- Diminution des singularités.
- Choix judicieux des matériaux.
- Emploi des revêtements organique.

I.1.7.1. Description du processus de corrosion par CO₂[12]

I.1.7.1.1. Mécanisme réactionnel

La corrosion des équipements du champ de Rhourde Nouss est due essentiellement à la présence du gaz carbonique contenu dans le gaz, et qui celui dissous dans l'eau, ces gaz carbonique H₂CO₃ qui est un acide faible et donc conduit à un abaissement du pH avec formation du carbonate ferreux FeCO₃.

Ce phénomène s'explique par les réactions suivantes

- Dissolution du dioxyde de carbone



- Formation d'acide carbonique



Réaction anodique

- Réaction d'oxydation du fer :



Réaction cathodique

- Réaction de réduction du proton

**Réaction de dissociation**

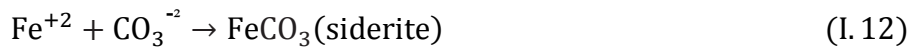
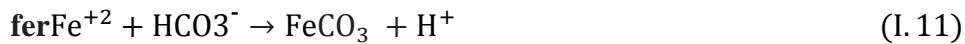
- Première dissociation de l'acide carbonique



- Seconde dissociation de l'acide carbonique

**Réaction de précipitation**

- Formation de carbonate de



Le FeCO_3 est un produit de corrosion qui précipite dans la solution et forme un film sur la surface de l'acier qui réduit la corrosion. La corrosion par CO_2 est influencée par différents facteurs tel que:

- La concentration en CO_2
- La température.
- Le pH.
- La présence d'autres ions (ionisation d'eau).

I.1.7.1.2. Influence de l'eau faiblement minéralisée

Les eaux condensées en aval du porte duse du fait de la détente ΔP importante (200 à 80 Kg/cm^2) sont faiblement minéralisées, ce qui favorise la dissolution du CO_2 et nous donne un milieu très corrosif vis-à-vis de l'acier au carbone.

De plus, en général et en raison de la jeunesse du gisement, l'eau contenue dans l'effluent de RhourdeNous est faiblement minéralisée[13-15].

I.1.7.1.3. Effet de la vitesse des effluent

La variation de la vitesse du fluant engendre une variation au régime d'écoulement surtout aux niveaux des points de changement de direction (les couds, les Tés).Ceci conduit d'apparitions du morse de la corrosion par érosion.

L'effluent de RhourdeNous présente une vitesse de l'ordre de 7 à 9 mètres par seconde ce qui favorise le phénomène indiqué.

I.1.7.1.4. pression de système

L'influence de la différence de pression (ou la chute brutale de la pression (ΔP)) est importante au niveau des installations de surface des puits producteurs de gaz naturel, tels

que au niveau des portes duses(vanne de réglage du pression). Il y'a condensation de l'eau en présence du CO₂ dissous ce dernier est favorise la corrosion par CO₂.

I.2. LES MOYENS DE LUTTE CONTRE LA CORROSION

La lutte contre la corrosion consiste à contrarier les circonstances favorables au développement d'une réaction de corrosion comme par exemple:

- Isolation du métal. (par revêtement, peinture joint isolant)
- Modification artificielle de potentiel électrochimique du métal.
- Blocage des réactions de corrosion, en utilisant des inhibiteurs.
- Ralentissement de la corrosion par réaction entre agents passivant et le métal qui conduit à la formation de composés chimiques stables à la surface du métal à protéger.
- Choix du matériau.

Les principaux moyens de lutte contre la corrosion sont les suivants[16] [17] :

I.2.1. Protection active [18]

Deux types de protection active sont pratiqués:

- La protection active anodique.
- La protection active cathodique.

I.2.1.1. La protection anodique (anode sacrificielle)

Les anodes sacrificielles sont les métaux moins nobles tels que les anodes de Zinc, le Magnésium, ou d'aluminium. Celles-ci vont se corroder préférentiellement et fournir un courant cathodique à la structure.

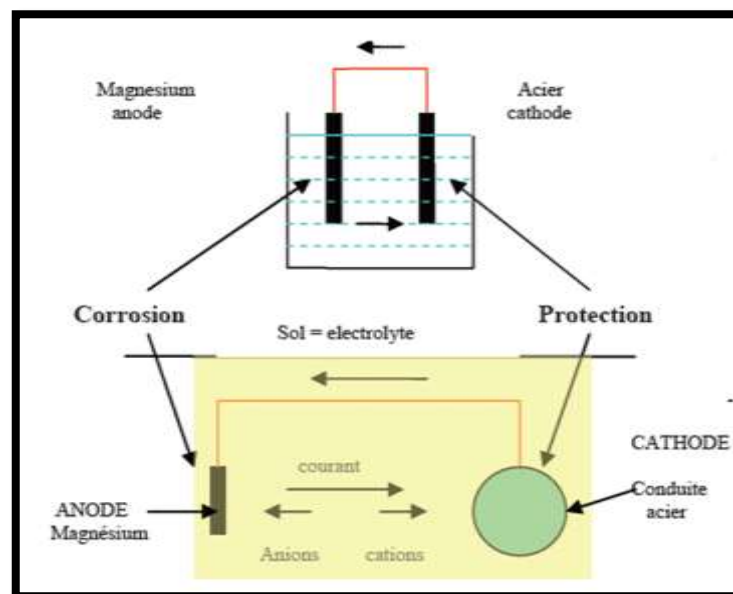


Figure I.10: Anodes sacrificielle appelée encore anode réactive.

I.2.1.2. Protection cathodique

I.2.1.2.1. Principe de la protection cathodique

La protection cathodique d'un ouvrage métallique en contact avec un électrolyte consiste à placer cet ouvrage à un potentiel électrique négatif tel que la corrosion devienne thermodynamiquement impossible.

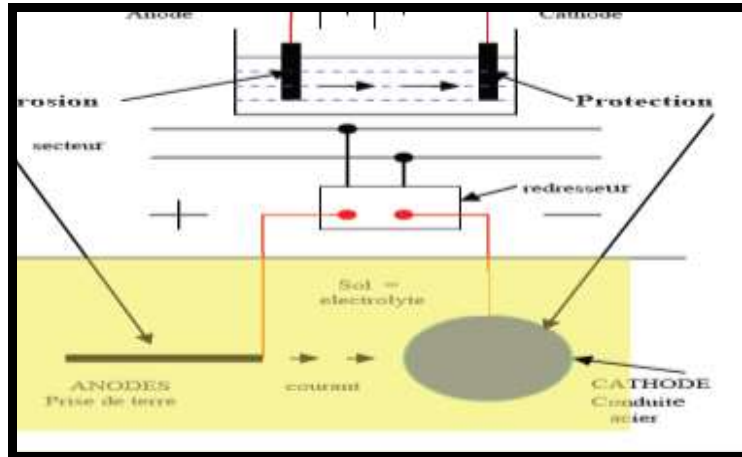


Figure I.11: Soutirage de courant ou dispositif à courant imposé.

Les pluparts des mesures de protection cathodique dans les sols sont effectuées avec une électrode de référence **Cu/CuSO₄**.

Pratiquement tous les spécialistes s'entendent pour considérer qu'il n'y plus de corrosion mesurable lorsque le potentiel de l'acier dans le sol est inférieur à (-850 mV **Cu/CuSO₄**)



Figure I.12: Electrode de référence [Cu/CuSO₄].

La protection cathodique est généralement utilisée en association avec un autre mode de protection conventionnel par revêtement ou par peinture, ceci afin de limiter la densité de courant fournie par les anodes ou le générateur. Parmi les principaux domaines d'application on peut citer :

- Les structures enterrées : il s'agit des canalisations, des réservoirs de stockage,.... etc. La disposition des anodes est fonction de la taille des installations.
- Les structures immergées : carènes ou installations fixes (jetées, appontements, plates-formes de forage offshore) en eau de mer ou en eau douce.
- Les structures contenant l'agent corrosif : réservoirs, citernes, cales de navires, conduites, condenseurs...

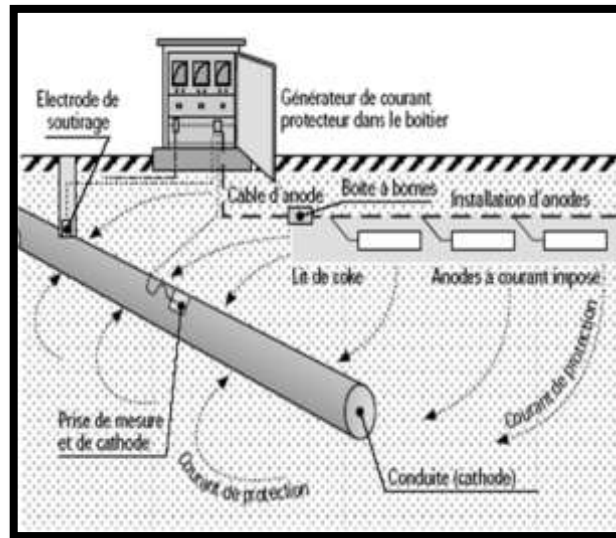


Figure I.13. Schéma type de réalisation d'une installation de protection cathodique par soutrage de courant.

I.2.2. Protection passive

En se basant sur le diagramme de **POURBAIX** illustrant les différentes zones de corrosion passivation et immunité de l'acier, la prévention de la corrosion est assurée par plusieurs procédés:

- Passivation des surfaces en maintenant le milieu suffisamment oxydant et alcalin.
- Isolation chimique ou physique (revêtement)
- Abaissement du potentiel d'électrode (exemple: protection cathodique parcourant imposé).

I.2.2.1 Diagramme potentiel - pH de Pourbaix

Les nombreuses réactions chimiques ou électrochimiques intervenant dans les phénomènes de corrosion dépendent du pH de la solution. Pourbaix a établi des diagrammes potentiel-pH qui délimitent différents domaines dans lesquels[19] :

I.2.2.1.1 Domaine de corrosion

Les formes d'oxydation du métal sont des ions (Fe^{2+} , Fe^{3+} , $\text{Fe}(\text{OH})_3$).

I.2.2.1.2. Domaine de passivité

Eventuellement les formes d'oxydation du métal sont des oxydes (Fe_3O_4 , Fe_2O_3) qui peuvent être protecteurs.

I.2.2.1.3. Domaine d'immunité

La forme stable est le métal plus précisément la concentration molaire volumique des ions en équilibres y est inférieure à une valeur déterminée.

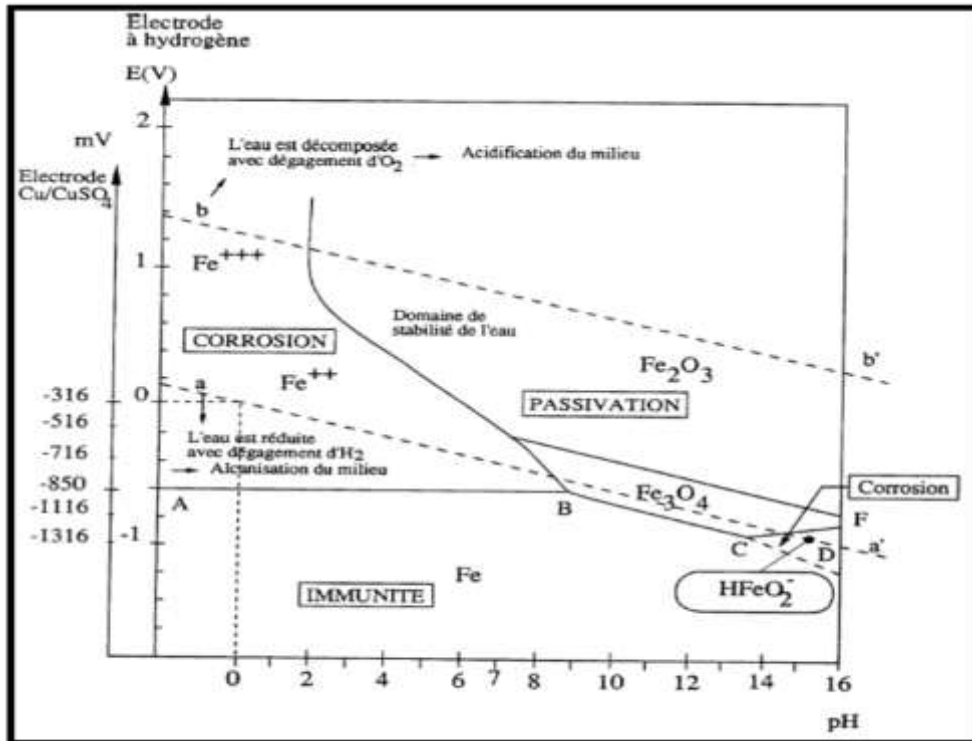


Figure I.14. Diagramme de POURBAIX fer-eau[20].

I.2.2.2. Les revêtements protecteurs

Ces revêtements isolent le matériau du milieu électrolytique. Ils nécessitent toute une préparation de la surface du métal de base de façon à ce que le revêtement soit adhérent.

I.2.2.2.1. Types de revêtement

I.2.2.2.1.1. Les revêtements métalliques

Il existe deux types de revêtement métallique, suivant les places relatives qu'occupe dans la classification électrochimique (le métal qui constitue le revêtement et le métal à protéger).

Ainsi dans le cas du fer, les revêtements du zinc, cadmium, sont anodiques les revêtements de plomb, étain, nickel, or et platine sont cathodique.

I.2.2.2.1.2. Les revêtements non métalliques

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

I.2.2.2.1.3. Les revêtements chimiques

L'oxydation et la phosphatation électrochimique et chimique forment les revêtements chimiques.

- **L'oxydation:** c'est l'application d'un film d'oxyde comme protection, exemple: l'anodisation de l'aluminium.
- **La phosphatation:** c'est l'application d'un film protecteur de phosphate améliorant l'adhérence métal /revêtement. Ce film bleu foncé à reflets verts est poreux et fragile. Il se détruit en eau basique et acide.

I.2.2.2.2 Rôle des revêtements protecteurs

Les revêtements agissent comme barrière contre:

- ✓ Les intempéries (les pluies, la neige, le brouillard, autres condition climatiques).
- ✓ L'humidité, l'eau et la condensation (la résistance à l'eau est une caractéristique importante des revêtements).
- ✓ Les produits chimiques, les acides et les alcalins.
- ✓ Le soleil et les ultraviolets.
- ✓ Les activités biologiques.
- ✓ Les abrasifs, le sable.
- ✓ La conductivité électrique.

I.2.2.3. Protection par traitement chimique

I.2.2.3.1. Les inhibiteurs de corrosion [21]

I.2.2.3.1.1. Définition

La définition d'un inhibiteur de corrosion n'est pas unique, néanmoins celle retenue par la National Association of Corrosion Engineers (NACE) est la suivante : un inhibiteur est « une substance qui retarde la corrosion lorsqu'elle est ajoutée à un environnement en faible concentration » [22].

I.2.2.3.1.2 Propriétés

Un inhibiteur de corrosion doit abaisser la vitesse de corrosion du métal tout en conservant les caractéristiques physico-chimiques de ce dernier. Il doit être non seulement

stable en présence des autres constituants du milieu, mais également ne pas influencer sur la stabilité des espèces contenues dans ce milieu.

L'efficacité d'un inhibiteur est définie par son taux et/ou son pourcentage d'inhibition:

$$(\text{efficacité d'un Inhibiteur})\% = 100 \frac{(V_1 - V)}{V_1} \%$$

V_1 : Vitesses de corrosion sans inhibiteur de corrosion.

V : Vitesses de corrosion avec inhibiteur de corrosion.

I.2.2.3.1.3 Les classes d'inhibiteurs

Il existe plusieurs possibilités de classer les inhibiteurs, celles-ci se distinguant les unes des autres de diverses manières :

- ✓ La formulation des produits (inhibiteurs organiques ou minéraux),
- ✓ Les mécanismes d'action électrochimique (inhibiteurs cathodiques, anodiques ou mixtes),
- ✓ Les mécanismes d'interface et principes d'action (adsorption et/ou formation d'un film).

En générale l'inhibiteur va filmer les surfaces métalliques supprimant ainsi le courant électrique métal / électrolyte. Toute fois le filmage dépend du caractère ionique des produits utilisés. Selon leur disponibilité, il existe trois types d'inhibiteurs[23]:

I.2.2.3.1.3.1 Les inhibiteurs anodiques

Ce sont des produits qui filment les anodes. En réagissant essentiellement avec le fer émis l'anode le produit de réaction (l'inhibiteur / fer) qui colmate les anodes[24].

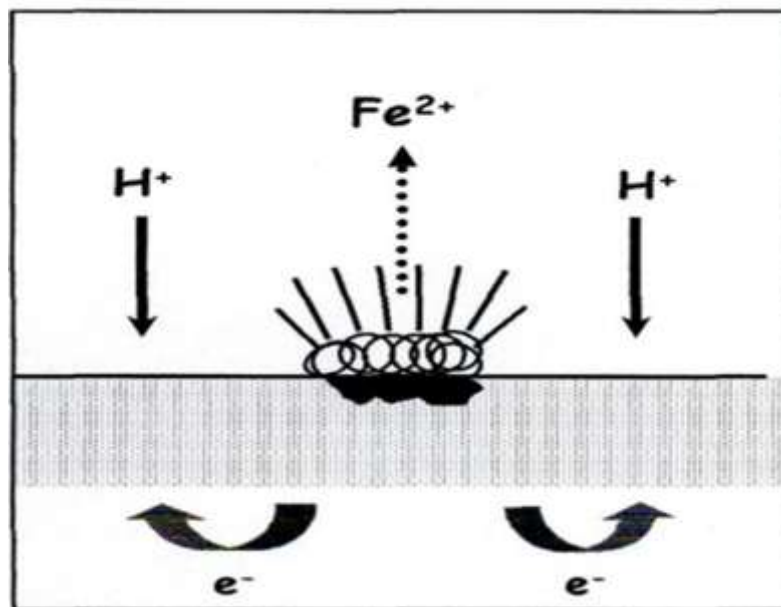


Figure I.15. Blocage de sites anodique par inhibiteur anodique (formation de barrières anodique).

I.2.2.3.1.3.2. Les inhibiteurs cathodiques

Ce sont des produits qui, par leur tendance ionique, ont une affinité pour les éléments et vont par la suite filmer les zones cathodiques. Ils sont constitués d'un site actif (électrophiles) qui s'adsorbe et un radical généralement (hydrocarboné lipophile).

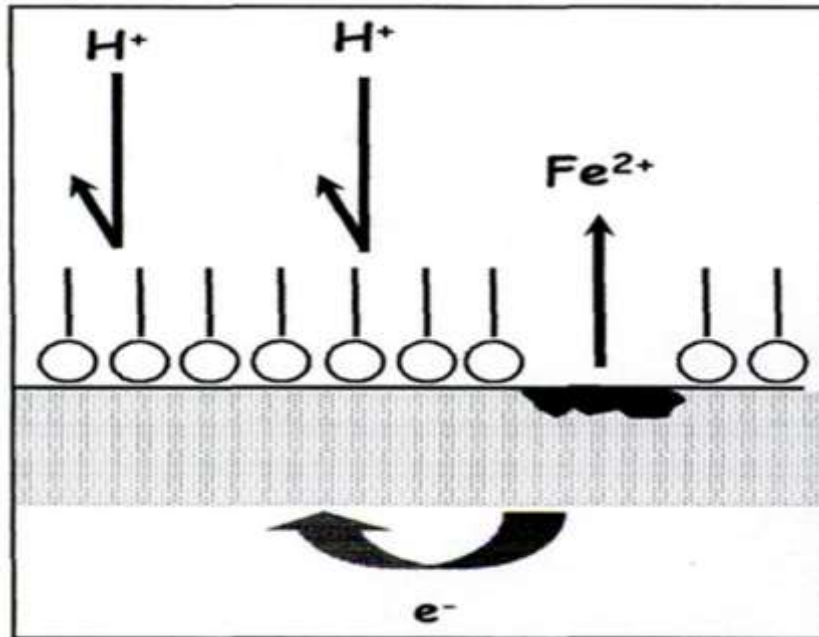


Figure I.16. Blocage de sites cathodique par inhibiteur cathodique (formation de barrières cathodique).

I.2.2.3.1.3.3 Les inhibiteurs mixtes

Ces inhibiteurs de corrosion diminuent la vitesse de réaction anodique et cathodique et par conséquent la vitesse de corrosion. On distingue deux groupes importants:

Les silicates (SiO_2 , Me_2O)

L'action des silicates consiste à neutraliser le CO_2 dissout dans l'eau et à former un film protecteur sur le métal corrodant.

Les poly phosphates ($MePO_3$)

C'est des corps complexes dissous dans l'eau. Dans un milieu neutre, ils freinent la formation de tartre.

Les molécules inhibitrices les plus communément utilisées sont les aminés ou encore les sels d'acides carboxyliques, qui se trouvent également être présents dans l'inhibiteur étudié pour la suite de ce travail ; intéressons-nous alors plus en détail à leur mode d'action respectif.

I.2.2.3.1.4 Le rôle des amines

Les amines primaires, secondaires ou tertiaires sont très souvent utilisés pour la protection de pièces en milieu aqueux naturel. Toutefois, il faut distinguer deux rôles bien distincts de protection effectués par l'aminé : une action filmant et une action neutralisante.

De par leur multifonctionnalité combinant des propriétés de bases faibles à des propriétés d'adsorption, les amines sont considérées comme un groupement fonctionnel très efficace face à la corrosion des métaux ferreux. Dans certains cas, leurs rendements d'inhibition peuvent être améliorés lorsqu'elles sont combinées à d'autres types de molécules, et dans de nombreux cas aux acides carboxyliques.



CHAPITRE II : PRESENTATION DU CHAMP DE RHOUREDE NOUSS



Chapitre II

PRESENTATION DU CHAMP DE RHOURDE NOUSS

II.1. INTRODUCTION

La région de Rhourde Nouss fait partie de la Willaya d'ILLIZI. Elle est située à 350 km au Sud/Sud-est d'OUARGLA, à 1200 km au Sud/Sud-Est d'ALGER et à 270 km au Sud/Sud-Est de HASSI MESSAOUD. Elle est reliée à la route nationale N3 (OUARGLA-ILLIZI) par une bretelle de 30km goudronnée.

- L'altitude moyenne est située à 275m par rapport au niveau de la mer.
- Son climat est désertique (sec avec un très faible taux d'humidité).
- La température maximale est de 50°C à l'ombre en été.
- La température minimale est de 2 à 3°C.
- Elle enregistre une pluviométrie très faible (2 à 4 mm/an).
- Les vents dominants sont de direction Nord/Est avec une vitesse maximale de 70 à 80 km/h pendant la période de vents de sable (Février/Mars).

La Direction Régionale de RHOURDE NOUSS se trouve à la lisière de l'ERG ORIENTAL avec une alternance de HAMADA (ou GASSI) et d'ERG (ou SIOUF) de direction généralement Nord/Sud.

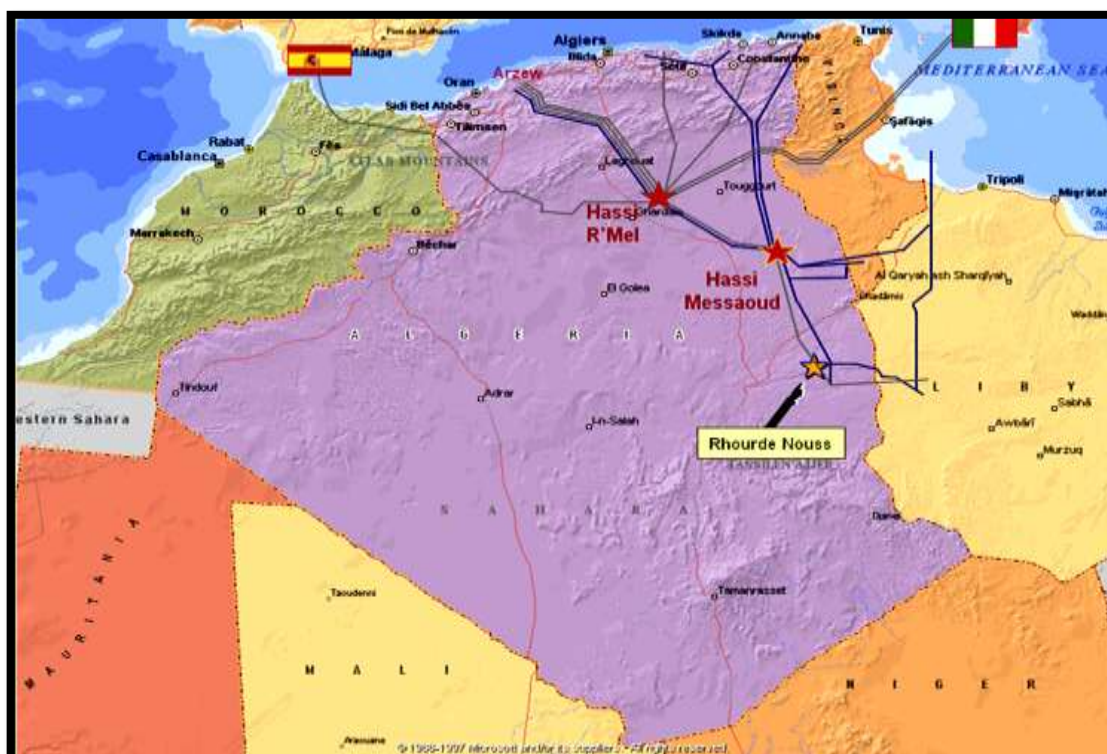


Figure II.1: Situation Géographique

II.2. PRESENTATION DU CHAMP DE RHOURDE NOUSS

La région de Rhourde Nouss est composée de plusieurs champs (Gisements) sur un rayon de 100 Km par rapport au siège de la Direction régionale qui est situé sur le champ de Rhourde Nouss Centre, les principaux champs mis en exploitation sont :

- Champ de Rhourde Nouss centre
- Champ de Rhourde Adra
- Champ de Rhourde Chouff
- Champ de Rhourde Hamra
- Champ de Hamra

D'autres champs, de moindre importance, ont été découverts et seront développés dans le futur, il s'agit de :

- Champ de Rhourde Hamra-Sud-Est.
- Champ de Rhourde Nouss 3.
- Champ de Mouilah.
- Champ de Meksem.
- Champ de Draa Allal.
- Champ d 'Elketaia.
- Champ de Rhourde Adra Sud-Est.

II.2.1. Historique Des Découvertes

Tableau II.1. Historique des découvertes

Structures	Année	Puits	Réservoirs	Effluents
HAMRA	1956	HR2	TRIAS+Q.HAMRA	GAZ+COND
R.NOUSS	1962 - 1963	RN1-RN4	TRIAS+GOT+Q.HAMRA	GAZ+COND+HUILE
R.CHOUFF	1963	RC1	TRIAS	GAZ+COND
R.ADRA	1964	RA1	TRIAS+GOT+D.MEKR+Q.HAMRA	GAZ+COND
R.ELHAMRA	1971	RHA1	TRIAS	GAZ+COND
R.NOUSS SE	1972	RNSE1	TRIAS+GOT+Q.HAMRA	GAZ+COND+HUILE
R.NOUSS SW	1973 - 1974	RNSW1	TRIAS	GAZ+COND
MEKSEM	1975	MKS1	TRIAS+Q.HAMRA	GAZ+HUILE
EKTAIA	1976	EKT1	TRIAS+D.MKRATTA	HUILE
DRAA ALLAL	1978	DRA1	TRIAS	GAZ+COND
EL MOUILAH	1980	EMH1	TRIAS	HUILE
R.ADRA SUD	1982	RAS1	TRIAS+Q.HAMRA	GAZ+COND

II.3. DATES ET FAITS MARQUANTS

Tableau II.2. Dates et faits marquants

10-Mai-1966	Mise en service du Centre de traitement d'huile.
28-Jan-1988	Démarrage de l'usine phase A.
14-Juin-1989	Mise en service de Rhourde Adra
24-Avril-1992	Mise en service de Rhourde Hamra.
29-Mai-1992	Mise en service de Rhourde Chouff.
16-Juin-1995	Démarrage de l'usine de HAMRA.
23-Mai-1996	Première expédition de GPL (HAMRA).
13-Août-1999	Mise en service du Cinquième train.
24-Fév-2000	Démarrage Usine GPL.
06-Mars-2000	Première expédition de GPL (Rhourde Nouss).
2007	Exploitation RN3
Fin 2011	Mise en service du CSC
2014	Mise en service du CPF (QH)

II.4. ORGANIGRAMMES DE LA REGION DE RHOURE NOUSS

II.4.1. Organigramme général

La région RHOURE NOUSS est subdivisée en neuf (09) divisions assurant deux types de fonctions : Opérationnelle & Soutien.

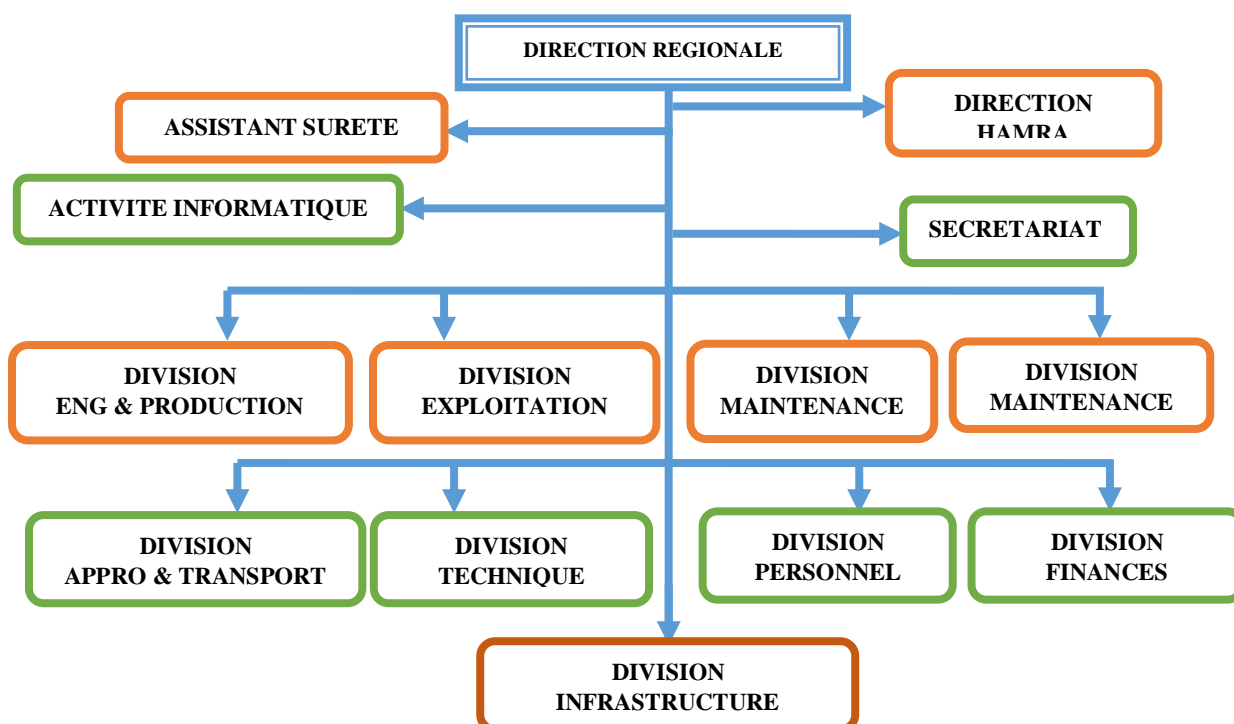


Figure II.2. Organigramme de la région RNS

II.5. DESCRIPTION DU COMPLEXE DE RHOURDE-NOUSS

II.5.1. Réseaux collectes du la région de Rhourde Nouss

Cette production est assurée par un certain nombre de puits producteurs et injecteurs de gaz, un ensemble de collectes et manifolds.

- Puits producteurs de gaz : 76.
- Puits injecteurs de gaz : 36.
- Puits d’huile : 33.
- Collectes : 780 Km (diamètre de 8 à 20).
- Manifolds : 37.

II.5.2. Puits producteurs phase “A” et “ B”

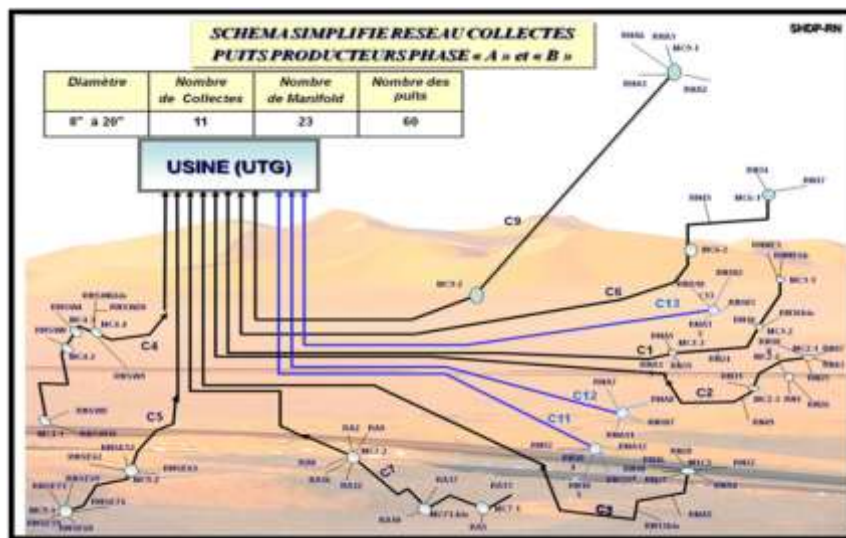


Figure II.3. Réseau collectes des puits producteurs de Phase A et B.

II.5.3. Puits réinjecteurs

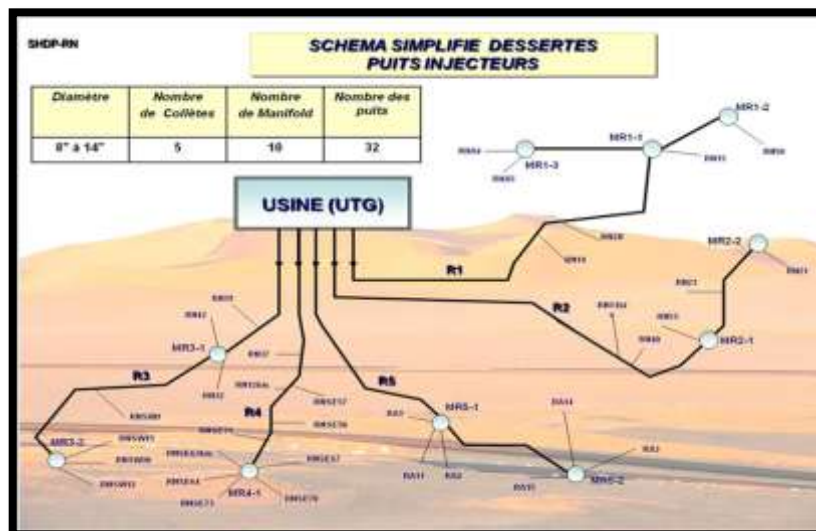


Figure II.4. Schéma simplifier dessertes puits injecteurs.

II.5.4. Puits d'huile de l'usine (CSC)

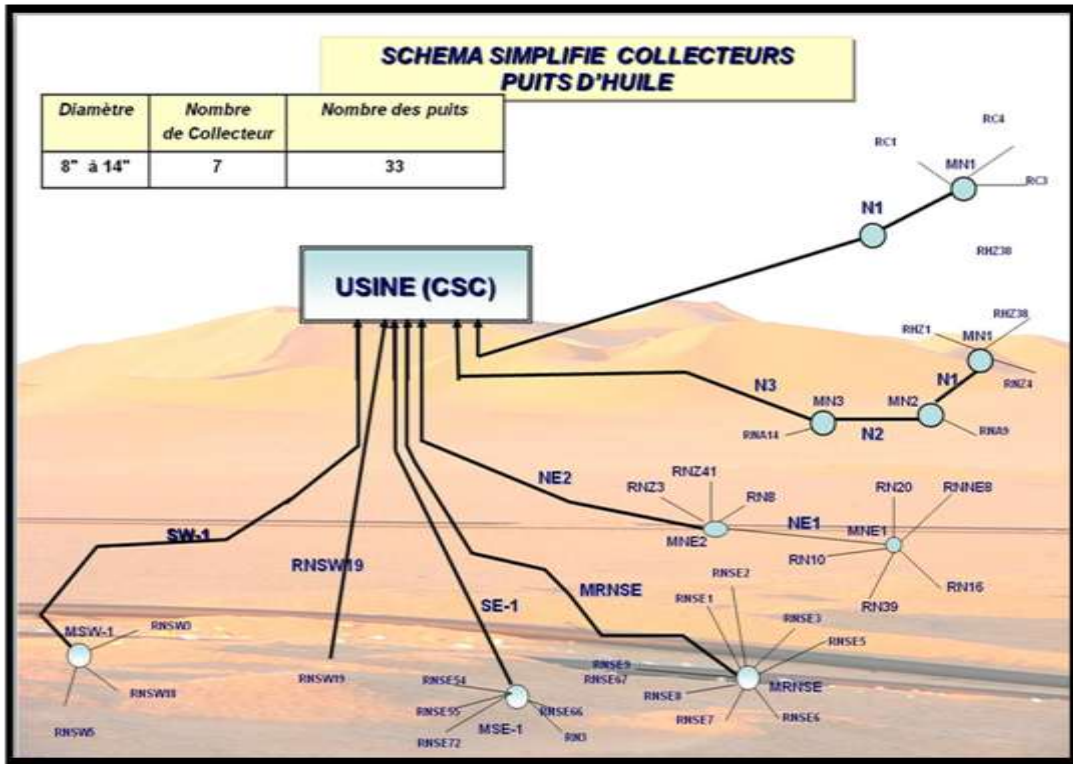


Figure II.5. Schéma simplifié de puits d'huile de CSC.

II.5.5. Puits gaz de l'usine CPF (Central Processing Facility)
Quartzite de Hamra (QH)

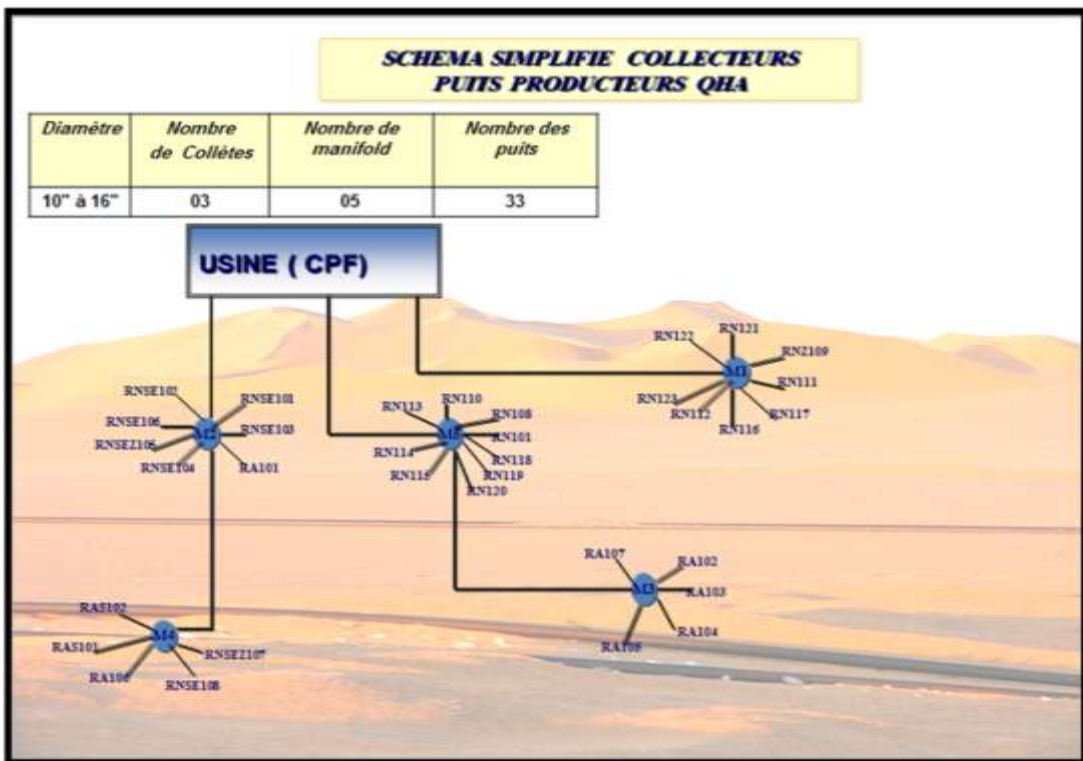


Figure II.6. Schéma simplifié de puits de gaz de Quartzite de Hamra (QH).

II.6. LES DIFFERENTS COMPLEXES DE LA REGION

La région de Rhourde Nous est à vocation principalement gazière. Elle est dotée de :

II.6.1. Phase A « UTG »

Cette usine traite le gaz brut au niveau du 4 train identique chacun comporté un ensemble des équipements pour but de : réaliser une bonne séparation afin de récupérer le maximum du condensât (c5+), assurer la compression du gaz (partie HP) vers la phase B et le recyclage du gaz sec traité (c1 et c2) vers la réinjection et l'expédition. Le cinquième train (U-70) fait seulement le traitement de la partie haut pression «HP» du gaz brut.

L'usine existante traité actuellement une charge de 51 million sm^3/j de gaz brut avec une production de 2000 T/j du condensât.

II.6.2. Phase B « GPL »

Les installations de cette usine sont conçues pour récupérer le GPL contenus dans le gaz de vente produit par l'usine (phase A). Le GPL produit est envoyé dans un pipeline vers HAOUDH ELHAMRA (HEH), le condensat résultant du fractionnement est renvoyé vers stockage dans la phase A, et le gaz résiduaire est aussi renvoyé aux installations de la phase A pour être dirigé vers la vente ou la réinjection. L'usine existante traité actuellement une charge de 48.3 million sm^3/j de gaz humide avec une récupération de 1500 tonne/jde GPLet 500 tonne/j de condensât.

II.6.3. La centrale électrique

Elle produit sa propre énergie électrique au moyen d'une centrale électrique de 21MW et un apport à partir de la direction HAMRA.

II.6.4. Centre de compression et de séparation (CSC)

Le Centre de Séparation et de Compression (CSC) a pour but de séparer l'huile, l'eau et le gaz provenant des 33 puits avec une production du 07 million m^3/jour de gaz et 500 tonne/jour d'huile.

II.6.5. la nouvelle installation CPF (Central Processing Facility)

La nouvelle installation de traitement de Quartzite de Hamra (QH) est conçue pour traiter 11 millions Sm^3/jour de gaz provenant de 33 puits de production dans quatre (4) champs, dans la région de Rhourde Nous.

L'usine a une production nominale de 10 millions Sm^3/jour et produit du gaz résiduaire sec et un contenu de CO_2 inférieur à 2,0 % molaire. Le gaz d'exportation est envoyé vers le gazoduc GR4 du réseau de transport TRC.

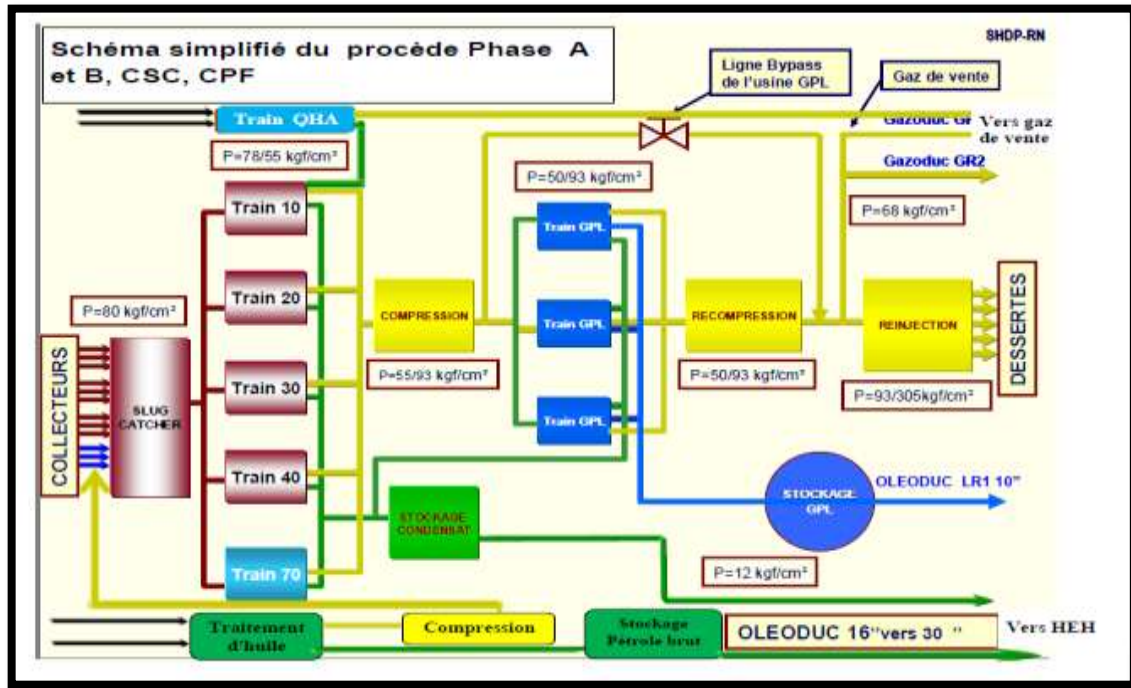


Figure II.7. Schéma simplifié du procédé "Phase A, B, CSC et CPF"

II.7. USINE DE TRAITEMENT DE QUARTZITE DE HAMRA (CPF)

La nouvelle installation de traitement de Quartzite de Hamra (QH) comprend les deux (2) systèmes suivants :

- Le système de collecte du gaz et collecteurs.
- L'unité de traitement de gaz de Rhourde Nouss indiqué par CPF (Central Processing Facility).

Le CPF est subdivisé en six (6) sections :

1. La séparation du mélange multiphasique (Slug Catcher).
2. Le prétraitement du condensat instable.
3. Le traitement du gaz.
4. La compression et la déshydratation du CO₂.
5. Le traitement de l'eau produite (déshuilage).
6. Les utilities

II.7.1. OBJECTIFS DU L'USINE DE CPF

- Construire une usine pouvant traiter 10 millions Sm³/j de gaz brut
- Produire un gaz de vente ayant :
 - ✓ Un pouvoir calorifique supérieur (PCS) entre 9800 et 9900 kcal/Sm³.
 - ✓ Une teneur en CO₂ inférieure à 2 mol%.
 - ✓ Une pression de 94 bars à la jonction des 36 pouces.
 - ✓ Teneur en eau inférieure à 1 ppm.

- Comprimer le CO₂ à 200 bars et le réinjecter dans un puits déplétif.
- Condensat non stabilisé à diriger vers la phase A.
- Gaz (associé) lourd à diriger vers la phase A.

II.7.2. SCHEMA DE L'USINE CPF

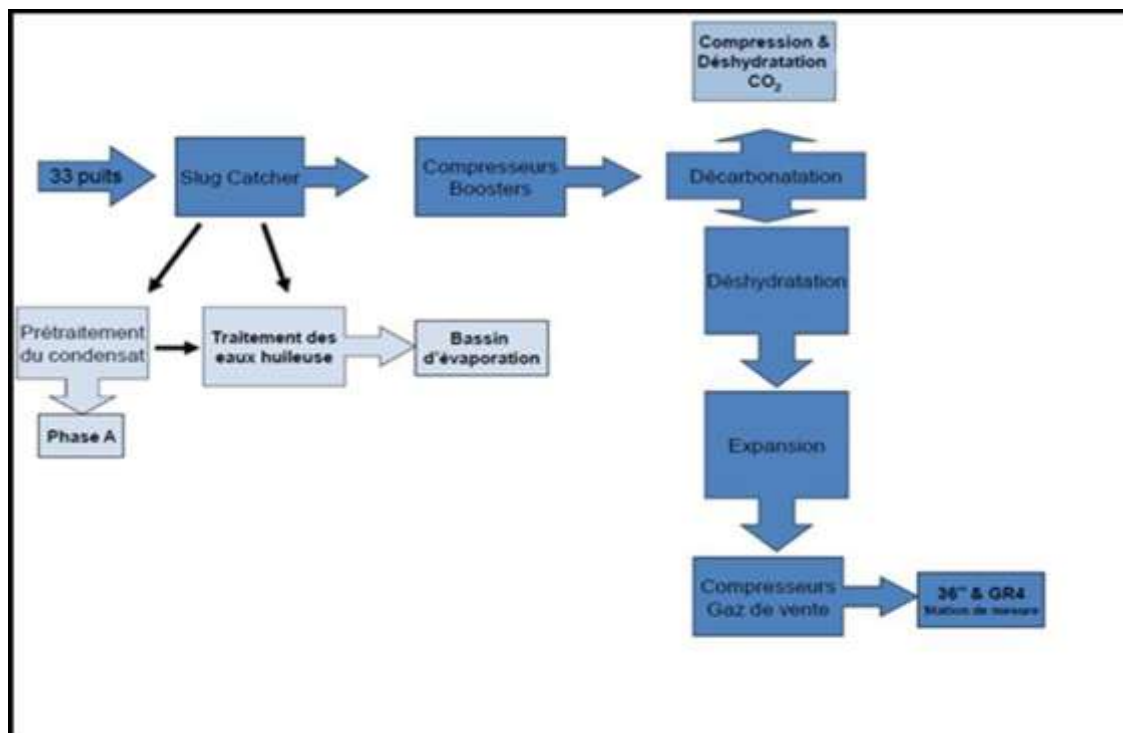


Figure II.8. Schéma de bloc de l'usine CPF

II.7.3. DESCRIPTION DU PROCÉDE

II.7.3.1. Réseau de collecte du gaz et collecteurs

Le réseau de collecte du gaz comprend deux (02) puits existants et trente-trois (33) nouveaux puits raccordés par des conduites de production à cinq (05) collecteurs. Les collecteurs sont installés dans les champs de Rhourde Nouss Central, Rhourde Nouss Sud-est, Rhourde Adra et Rhourde Adra Sud, raccordant les conduites principales qui mènent au collecteur d'admission du CPF, en aval du Slug Catcher.

Les collecteurs suivants sont raccordés aux puits de production sur les champs de production QH :

- ✓ Rhourde Nouss Central (collecteurs M1 et M5).
- ✓ Rhourde Nouss Sud-est (collecteur M2).
- ✓ Rhourde Adra (collecteur M3).
- ✓ Rhourde Adra Sud (collecteur M4).

Chaque collecteur de production est équipé d'un raccord pour test de puits, et toutes les conduites de production au raccord de chaque collecteur sont équipées d'indicateurs locaux de pression et de température.

II.7.3.2. La Zone De Pré Traitement (Slug Catcher Et Séparateur De Condensat)

Le rôle de ces équipements est :

A - Slug Catcher (premier ballon de séparation tri phasique)

- Stabiliser les écoulements et la pression en provenance des puits.
- Séparer l'eau et le condensat du gaz brut.

B - Prétraitement du condensat (deuxième ballon de séparation diphasique)

- Séparer le gaz lourd (gaz associé), l'eau et les solides du condensat non-stabilisé avant de l'envoyer vers la phase A.
- Qualité du condensat à la sortie :
 - ✓ Eau: < 0.1 % vol.
 - ✓ Sel: < 200 ppm.

II.7.3.3. L'unité de compresseur Booster G05

Le but de cette l'unité est :

- augmenter la pression du gaz afin d'optimiser la performance de la décarbonatation et de l'expansion.
- réduire les diamètres des conduites.
- Augmenter la pression du gaz brut de 40 bar (aspiration) à 85 bar (refoulement) afin d'optimiser la performance de la décarbonatation et de l'expansion.

II.7.3.4. L'unité de décarbonatation (AGRU) G64

Le but de l'unité de décarbonatation est :

- Enlève le CO₂ du gaz par absorption avec de l'amine.
- L'amine est régénérée en continue au régénérateur.
- La chaleur pour la régénération est fournie par le système d'huile calo porteuse.
- L'absorbeur opère à 84 bar et entre 55°C et 80°C.

II.7.3.5. L'unité de déshydratation G60

L'unité de déshydratation a pour objectif de :

- Enlève l'eau du gaz afin d'éviter le gel et les hydrates.
- L'absorption se fait dans 03 sècheurs tamis moléculaires.
- Le procédé est cyclique. Les tamis se saturent et doivent être régénérés en circulant du gaz chaud et sec à rebours.
- L'absorption opère à 82 bars et 40°C

II.7.3.6. L'unité d'expansion et séparation du gaz G67

L'objectif de cette unité est :

- Enlève les hydrocarbures lourds par condensation causée par le refroidissement issu de l'expansion.
- La sortie de l'épandeur opère à 60 bars et 15°C.
- Le gaz, libéré des liquides condensés, est ré-comprimé par le compresseur.
- La sortie de l'unité opère à 66

II.7.3.7. L'unité de Compresseurs Gaz de vente G 50

Le rôle principal de cette unité c'est la compression du gaz pour expédition. (Le gaz sort à 96 bars et 60°C.)

II.7.3.8. L'unité de compression et de déshydratation du CO₂ (CCDU) G 85

L'objectif de cette unité c'est :

- Comprime le CO₂ en 5 étages jusqu'à 200 bar.
- Déshydratation du CO₂ avec du glycol entre le 3eme et le 4eme étage.
- Le glycol est régénéré en continu dans un rebouillé.
- Réinjection dans le gisement.



CHAPITRE III : PARTIE EXPERIMENTALE



Chapitre III

PARTIE EXPERIMENTALE

III.1. PROBLEMATIQUE

Pour assurer la continuité de la production et le respect d'engagement commercial avec les partenariats économique, la préservation et la protection des installations pétrolière a une grande importance ; pour cela il est indispensable de résoudre les problèmes qui faire face à cette continuité de production afin de respecter les exigence de contrats commerciales.

Ce travail a été réalisé pour remédier aux plusieurs problèmes rencontrés au niveau de CPF/QH tel que la fissuration de la roue du turbo-expandeur, le percement du manifold d'entrée M3 et même la dégradation des quelques capacité d'unité des eaux-huileuses sans oublier la dégradation des conduites dans des perf délais de la mise en gaz du CPF.

Ces problèmes qui apparaissent au niveau de CPF deviennent de plus en plus inquiétants surtout pour la durée de vie de CPF (la dégradation des équipements de la production)

Pour cela il était vraiment important de lancer un vrai plan de recherche pour étudié ce problème. Afin de minimisée le risque de la corrosion.

Sachant que l'usine de traitement de gaz CPF est alimenté par une charge venue des puits profonde non-conventionnelle et il est connue que pour ces types de réservoir trouvé a long profondeur (environ 4000 m) que favorise l'apparition des substances lourds tel que (Hg, ...etc.) sans oublier la richesse de CO₂, H₂S dissous dans l'eau de gisement et de condensation.

En observant de ce qui est déclaré au-dessus qu'il y a beaucoup de composants qui favorise et accélère la corrosion

Pour cela on a pensé de faire une étude expérimentale par voie électrochimique sur l'effet de la présence des métaux lourds dans l'effluent du QH sur l'intégrité des équipements de production au niveau de l'usine CPF, Afin de recommander les méthodes pour détecter et lutter contre la corrosion par ces métaux.

A la fin des expériences réalisée au niveau de laboratoire de VTRS on a interprété les résultats



Figure III.1. Fissuration de la roue du turbo-expandeur.



Figure III.2. Percement au niveau de manifold M1 (QH). (Départ puits RNZ120 vers usine du CPF)



Figure III.3. Percement sortie filtre (CPF)



Figure III.4. Percement entrée coillisseure (CPF)

III.2. PREPARATION DES ELECTRODES ET ELECTROLYTES

III.2.1. Electrodes

III.2.1.1. Caractérisation de l'électrode de travail

D'après la nuance de fabrication de l'installation de production de l'usine CPF (l'acier INOX duplex Nuance DX2205), On a préparé des échantillons sous forme de crayon destinés pour les tests électrochimiques.



Figure III.5. Photos de l'électrode d'acier INOX duplex

III.2.1.2. Composition chimique de l'acier INOX duplex Nuance DX2205

Tableau III.1. Composition chimique d'acier INOX duplex Nuance DX2205

Éléments	C	Mn	Cr	Ni	Mo	N
%	0,02	1,80	22,80	5,50	3,10	0,17

- Désignation européenne (Selon NF EN 10088-2) : X2CrNiMoN22-5-3 / 1.4462
- Désignation américaine (Selon ASTM A240) : UNS S32205

Cette nuance est conforme à :

- La fiche de Données Sécurité aciers inoxydables n°1 (Directive Européenne 2001/58/EC)
- La directive européenne 2000/53/EC relative aux véhicules hors d'usage et ses modifications ultérieures
- La norme NFA 36 711 « Aciers inoxydables destinés à entrer au contact des denrées, produits et boissons pour l'alimentation de l'homme et des animaux » (hors emballage)

III.2.1.3. Caractéristiques générales de l'acier INOX duplex Nuance DX2205

La nuance DX2205 est caractérisée par :

- Des températures d'utilisation de - 40 °C à + 300 °C
- Une excellente résistance à la corrosion sous contrainte et le rend insensible à la corrosion inter-granulaire.
- Ses teneurs élevées en chrome et en molybdène lui confèrent une excellente résistance à la corrosion par piqûres et à la corrosion généralisée.

La nuance DX2205 est utilisée généralement pour la fabrication des équipements et tuyauterie dès l'industrie chimique, industries pétrolières et gazières et usines de dessalement

III.2.1.4. Polissage

Un prétraitement indispensable de la surface de l'électrode de travail doit être fait avant chaque expérience électrochimique.

Pour éviter de gâcher la surface de l'électrode après le lavage à l'eau, l'échantillon d'acier est rincé à l'eau distillée puis dégraissé à l'aide de l'acétone et rincé à l'eau distillée de nouveau et finalement séché à l'air.

III.2.2. Electrolytes

III.2.2.1. Préparation de la solution d'acide sulfurique

Le milieu corrosif utilisé est constitué d'une solution aqueuse d'acide sulfurique à la concentration 0.1 mol/l, préparé à partir d'une solution commerciale d'acide sulfurique (1.84 densité et 96 - 98 % pureté).

III.2.3. Montage électrochimique

L'étude électrochimique du comportement d'acier au milieu corrosif est basée sur les tracés des courbes de polarisation $i=f(E)$ et la droite de Tafel. Le dispositif expérimental utilisé constitué est d'un volta-lab de type PGZ 301 (marque Radiomètre) connecté par microordinateur ce dernier équipé par logiciel VOLTAMASTER, et d'une cellule d'électrolyse à trois électrodes (Electrode de travail; Electrode de référence; Electrode auxiliaire).



Figure III.6. Dispositif d'un système électrochimique.

III.2.3.1. Cellule électrochimique

La figure III.7 montre la cellule électrochimique à trois électrodes, d'une contenance de 50 ml, possède un double paroi, qui permet la circulation d'eau afin de maintenir d'un courant d'oxydation du métal, qui correspond le potentiel du quelque métaux lourds soluble dans l'échantillon d'eau qui correspond aux conditions standards.

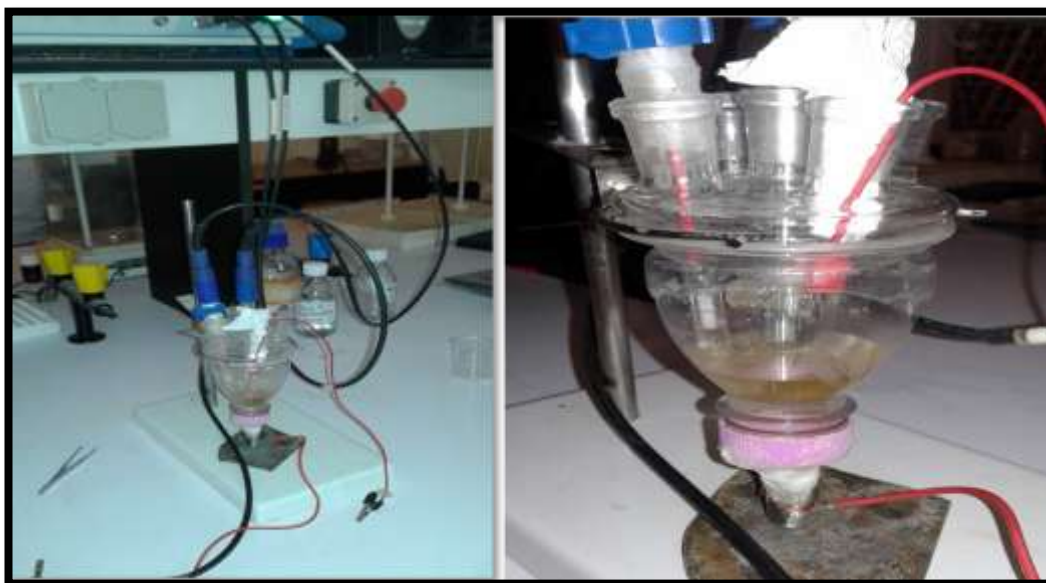


Figure III.7. Cellule électrochimique à trois électrodes (Cellule modifier)

III.2.3.2. Electrode de travail

C'est une électrode fabriquée de l'acier INOX DEPLEX sous forme cryonique avec surface de contact d'un diamètre de 02mm (surface active 3.14 mm²).



Figure III.8. Electrode de travail.

III.2.3.3. Electrode de référence

C'est une électrode au calomel saturée en chlorure de potassium. Cette électrode de référence notée ECS, est impolarisable, son potentiel rigoureusement constant, est situé à 241 mV par rapport à celui de l'électrode normal de l'hydrogène ENH.



Figure III.9. Electrode de référence.

III.2.3.4. Electrode auxiliaire ou contre électrode

L'électrode auxiliaire est constituée d'un fil de platine (surface active 31.4 mm^2), dans le but d'assurer le passage de courant électrique dans la cellule d'électrolyse.

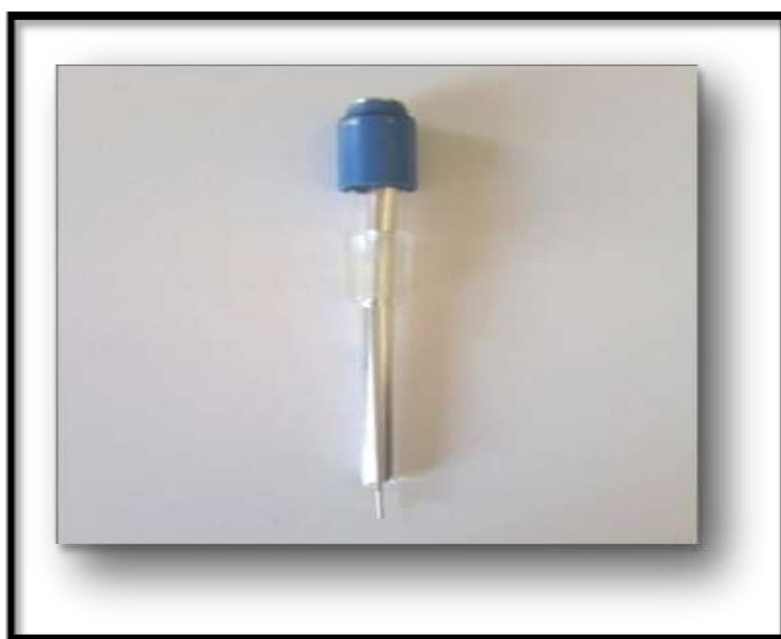


Figure III.10. Electrode d'auxiliaire.

III.3. Etapes de manipulation

III.3.1. Mesure de potentiel libre

Les courbes de polarisation nécessitent la connaissance du potentiel libre. Après différents essais, nous avons opté pour une immersion de l'échantillon pendant une durée de 30 minutes. Ce temps est suffisant pour obtenir une stabilisation satisfaisante du potentiel libre.

III.3.2. Courbe de polarisation

Le tracé de la courbe de polarisation a été effectué dans un domaine de potentiel correspond à $[-700 \text{ mV} \text{ à } -100 \text{ mV}]$, et nous avons opté à une vitesse de balayage égale à 30 mV/ min . Cette vitesse, nous permet d'obtenir une bonne reproductibilité des résultats sans masquer les phénomènes à étudier.

III.3.3. Les essais à réaliser au niveau du laboratoire VTRS

III.3.3.1. Caractérisation par méthodes électrochimiques

III.3.3.1.1. Mesure de potentiel d'équilibre (OPC)

La figure III.11 présente le potentiel d'équilibre de l'électrode de travail avec les solutions utilisé dans différent conditions motionné dans le tableau ci-dessous. On observe une variation dans les valeurs de potentiel à l'abandon comparé entre -80 et -300 mV .

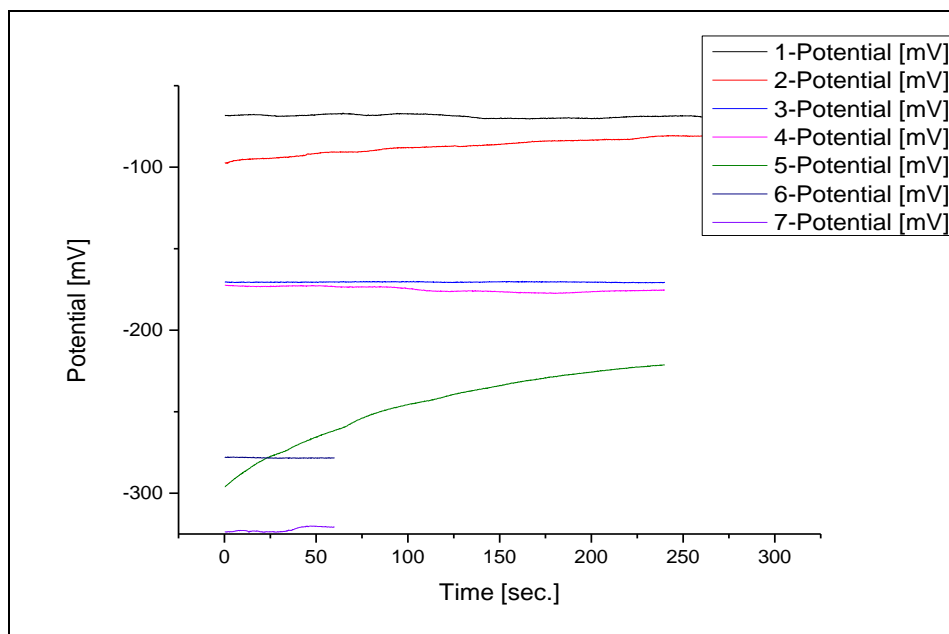


Figure III.11. Potentiel d'équilibre de l'électrode de travail avec les solutions utilisé dans différent conditions.

Tableau III.2 : Identification des courbes d'équilibre de l'électrode de travail avec les solutions utilisé dans différent conditions.

Courbe	électrode	solution	durée	Temps
1	Duplex	Eau huileuse	4 min	Avant la polarisation
2	Duplex	Eau huileuse	4 min	Après la polarisation
3	Duplex	Eau huileuse	4 min	Après 15 jours Avant la polarisation
4	Duplex	Eau huileuse	4 min	Après 15 jours Après la polarisation
5	Duplex	25ml Eau huileuse + 05 ml condensat	4 min	Après 20 jours
6	Duplex	25 ml Eau huileuse + 03 ml condensat	1min	Avant la polarisation
7	Duplex	25 ml Eau huileuse + 01 ml condensat	1 min	Après la polarisation

III.3.3.1.2. Caractérisation par voltamétrie linéaire

La figure (III.12) présente une courbe linéaire de polarisation de l'acier duplex dans 25ml une solution d'eau huileuse de pH=5 à 2.03 dans un intervalle de -800mV - +800mV à une vitesse de balayage de 30mv/s aucun pic n'est observé.

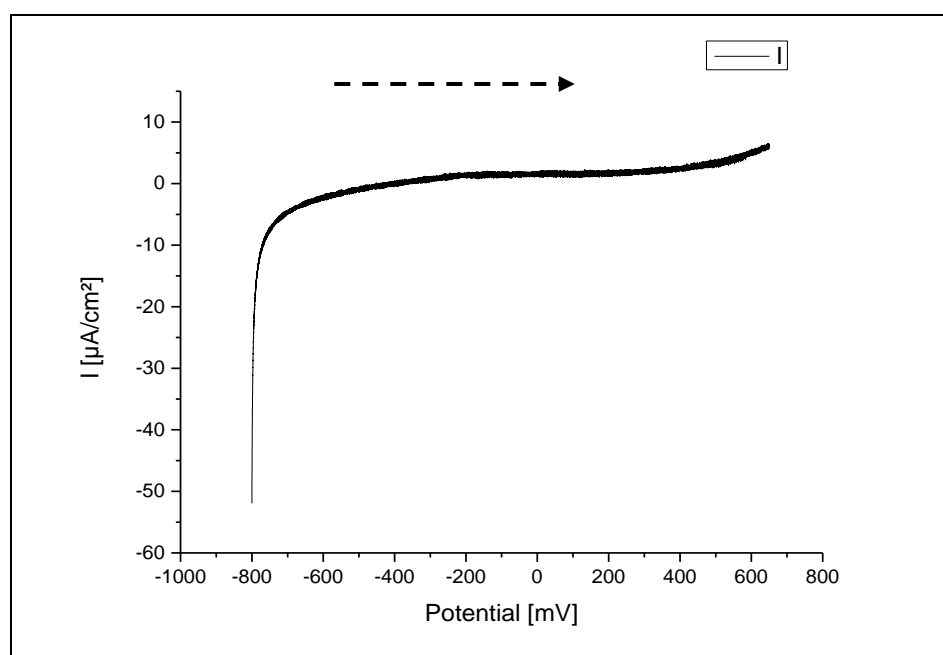


Figure III.12 : Voltamogramme (acier, eau huileuse) $V= 30mV/s$ $[-800mV, +800mV]$

Le voltamogramme linéaire correspond au intervalle de potentiel $[-800, +800]$ de la figure(III.13)ne présente aucun pic de réduction.

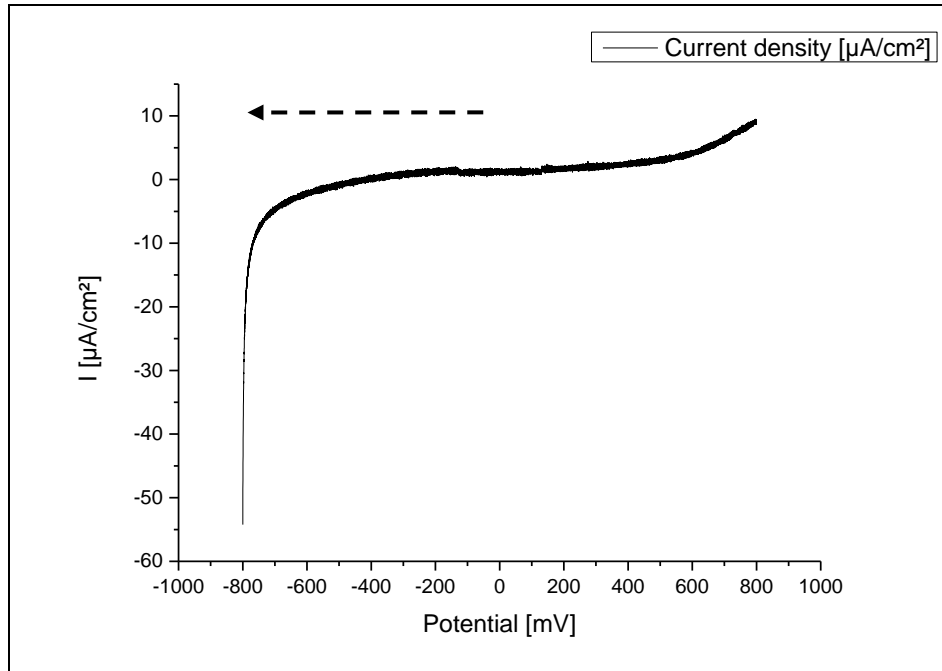


Figure III.13. Voltamogramme (acier, eau huileuse) $V= 30mV/s$ $[+800mV, -800mV]$

III.3.3.1.3. Caractérisation par voltamétrie cyclique :

III.3.3.1.3.1 Test immédiate (Acier + eau huileuse) :

La caractérisation par voltamétrie cyclique (figure III.14) de l'acier duplexe dans deux domaine de potentiel compris Entre $[-1000, 1000mV]$, $[-500, 500mV]$ la même réponse électrochimique est observé.

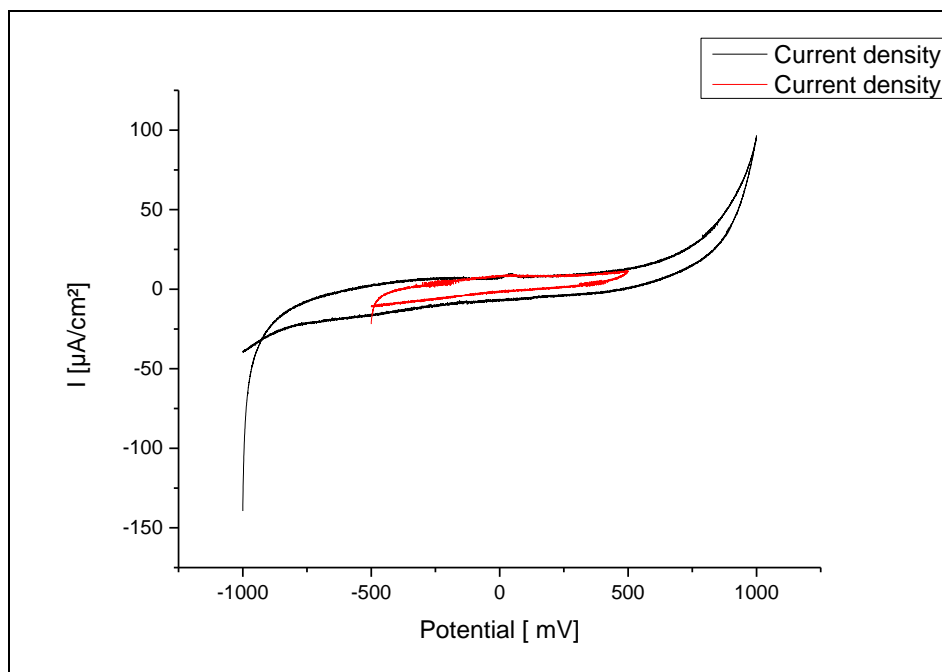


Figure III.14. Voltamétrie cyclique (acier, eau huileuse) $[-1000, 1000mV]$, $[-500, 500mV]$

III.3.3.1.3.2 Après 15 jours émerision (acier + eau huileuse)

Le cycle obtenu de la figure III.15.A montre un pic d'oxydation lié au matériau aux alentours de 20mV, lorsque on augmente la vitesse de balayage dans le voltamogramme b la valeur des courant de pic anodique est proportionnelle à la vitesse de balayage comme est indique dans le tableau(III.3) réaction de réduction observée.

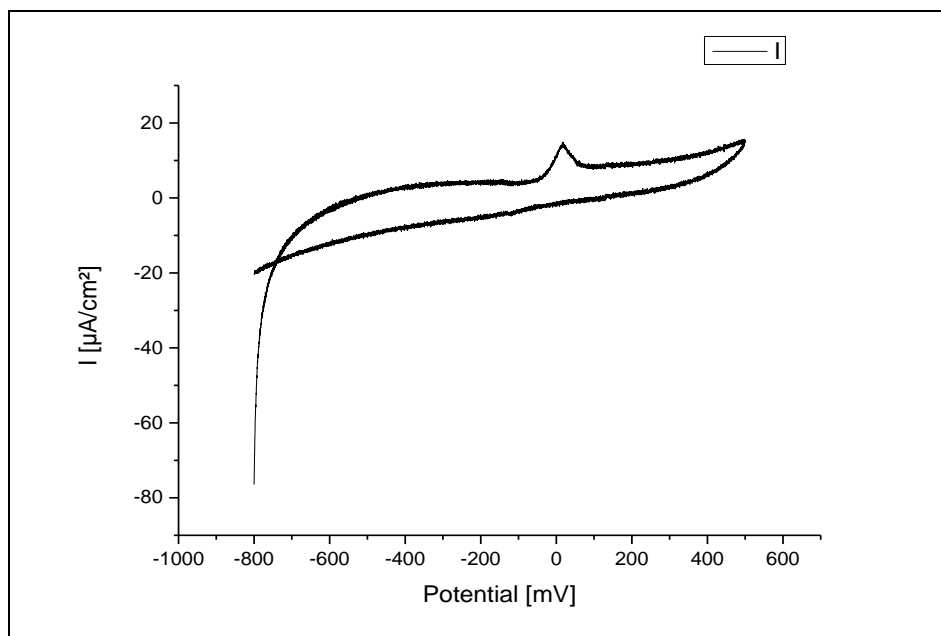


Figure III.15.A. voltamétrie cyclique à une seul vitesse de balayage

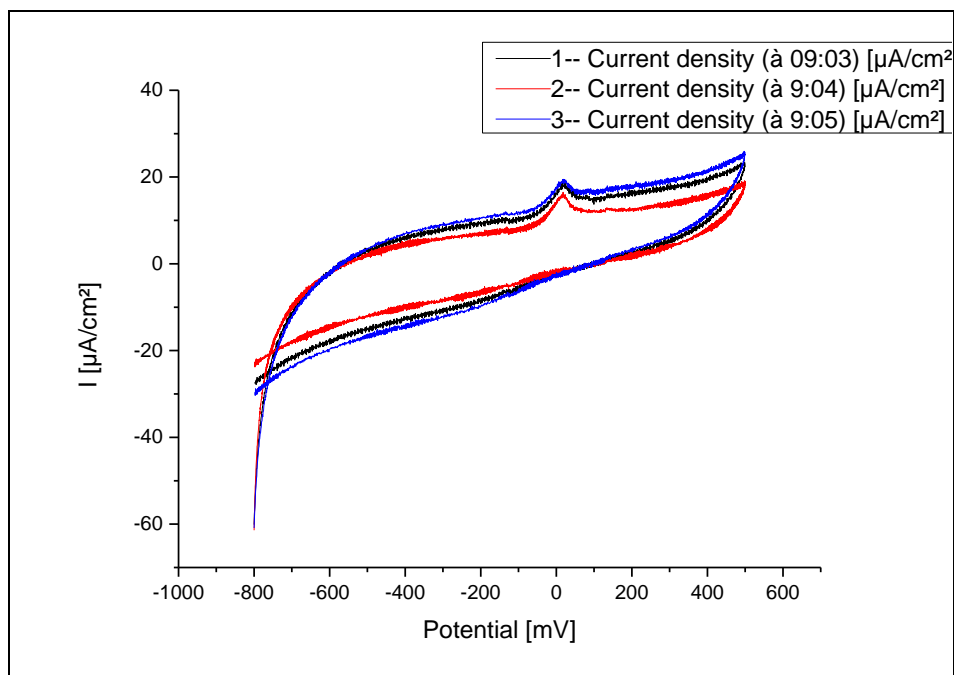


Figure III.15.B. voltamétrie cyclique à différentes vitesse de balayage

Tableau III.3 Comparaison des courbes de voltamétrie cyclique à différents vitesses

<i>courbe</i>	<i>Vitesse(mV/S)</i>	<i>courant</i>
1	50	16
2	30	14
3	80	18

III.3.3.1.3.3 Après 20 jours émerision (Acier + mélange (eau huileuse –condensat))

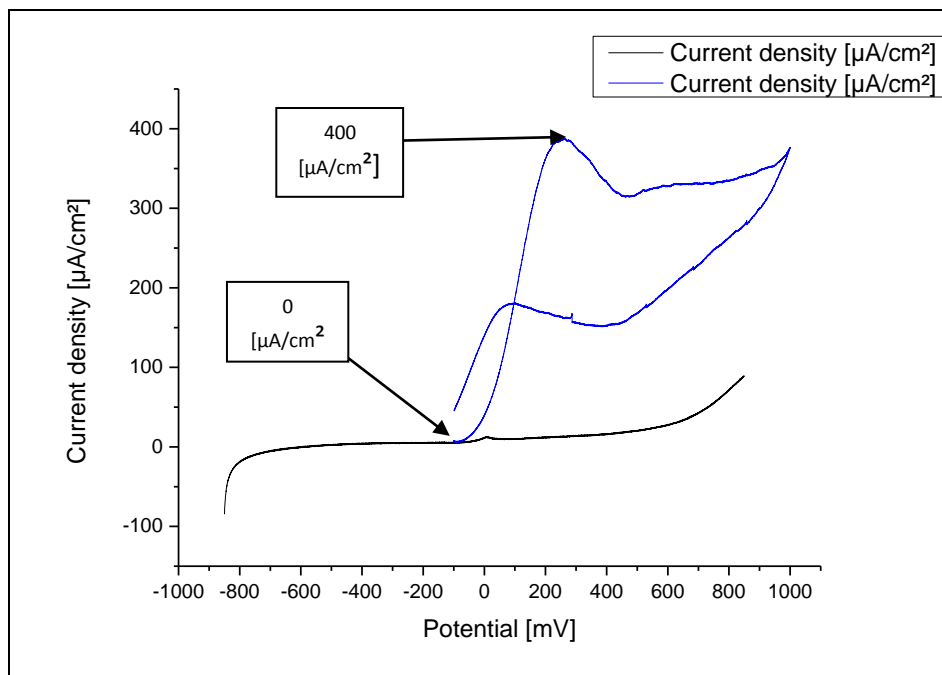


Figure III.16. Caractérisation (eau huileuse + condensat)après polarisation [-1000 ; +1000] après 20 jours

Lorsque on ajoute une quantité de condensat (5ml) on observe que le courant anodique est supérieur de 400 fois plus élevée que le courant anodique de l'acier en présence d'eau huileuse sec.

Le dernier étape lorsque on ajoute une quantité de condensat dans les eaux huileuse c'est que donne une grande variation de courant anodique c'est que nous a permis de réalisé une autre expérience utilisant l'acier (duplex) dans un mélange des eaux huileuse on tenant en compte la variation de volume de condensat de 1 ml jusqu'à 5 ml on suivant la réponse électrochimique.

III.3.3.1.3.4. Acier + nouveau mélange (eau huileuse + condensat)

On introduit notre électrode après(nettoyage , polissage) dans un nouveau solution qui contient 25ml d'eau huileuse et 5 ml de condensat.

Le voltamogramme détecté présente un pic de réduction au voisinage 80 mV figure **III.17.A**. Ce dernier résultats laisse nous de réfléchir a étudié l'influence de variation de dosage de condensat sur la densité de courants résultats obtenus représentés dans le courbe de figure **III.17.B**

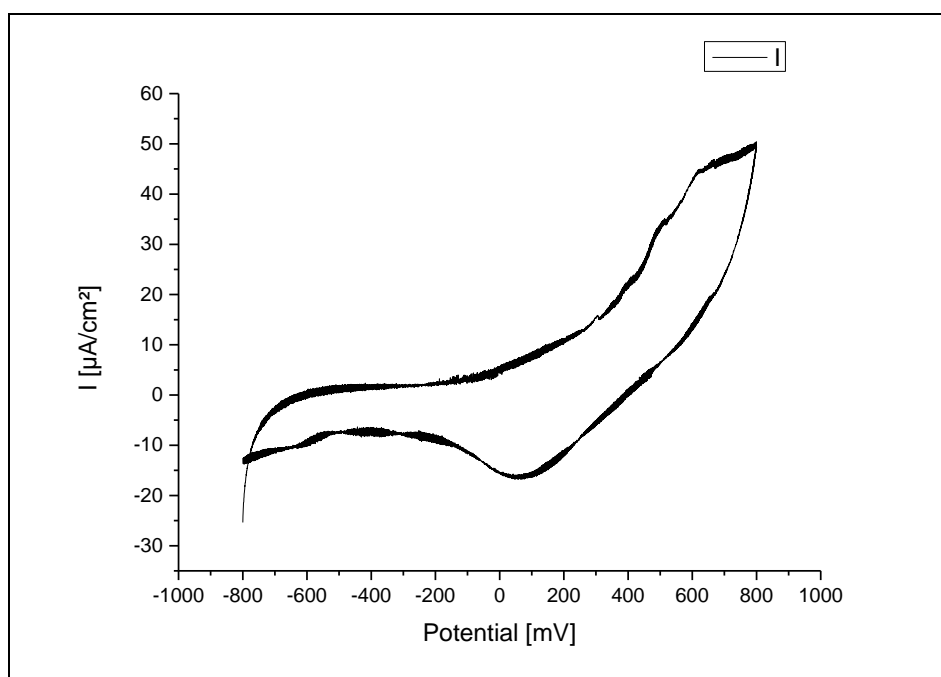


Figure III.17.A. voltamogramme cyclique : mélange (eau huileuse + 5ml condensat)
[-800 ; +800mV]

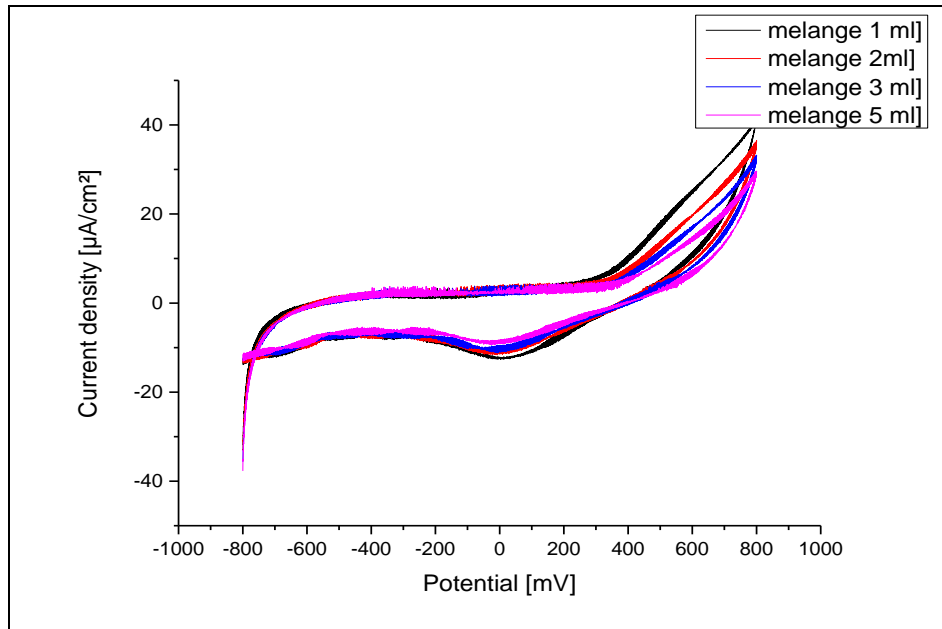


Figure III.17.B. voltamogramme cyclique : mélange (eau huileuse condensat (1 - 5ml))
[-800 ; +800mV]

III.3.3.1.4. Caractérisation par chrono-ampérométrie (solution des eaux huileuse)

Dans cette méthode on impose un potentiel de réduction et en suit la variation de courant en fonction de temps. Le potentiel imposé est d'une valeur très négative -1000 mV pour réduire les cations métallique aux toutes espèces électro active qui existe dans la solution.

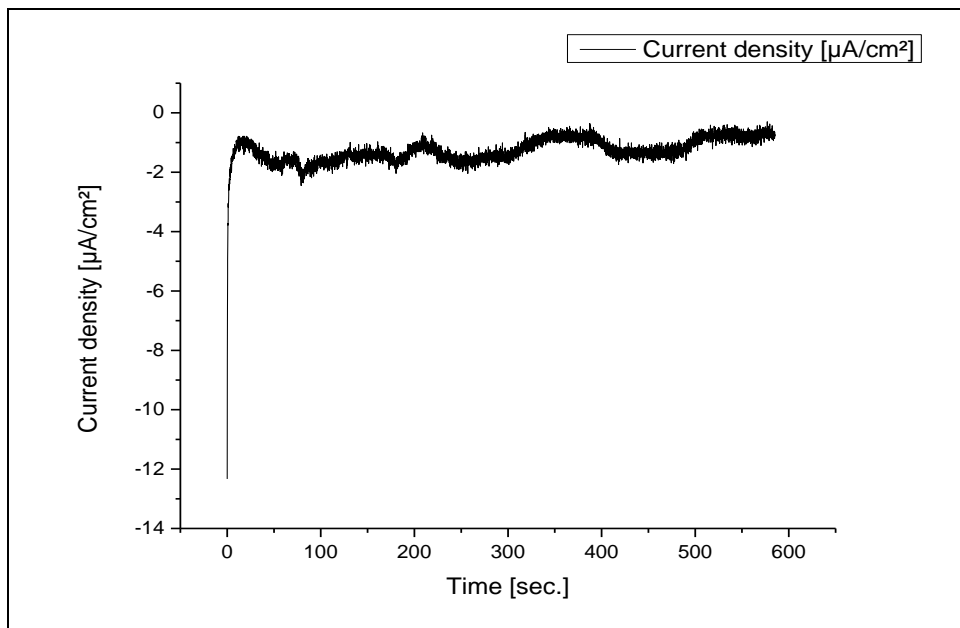


Figure III.18. Chrono-ampérométrie (acier, eau huileuse) pendant du 10 min.

III.3.3.1.5. Caractérisation par voltamétrielineaire après chrono-ampérométrie(solution des eaux huileuse)

La courbe de polarisation linéaire après 10 min de dépôt de la figure (III.19.A), donne une vague de potentiel au voisinage de -250mV.

Pour identifier l'élément oxydé on a inversé le balayage et on a trouvé aucune picde réduction figure (III.19.B) n'est observé ce qui signifié peut être que la quantité d'espèce insuffisant pour donner un courant de réduction.

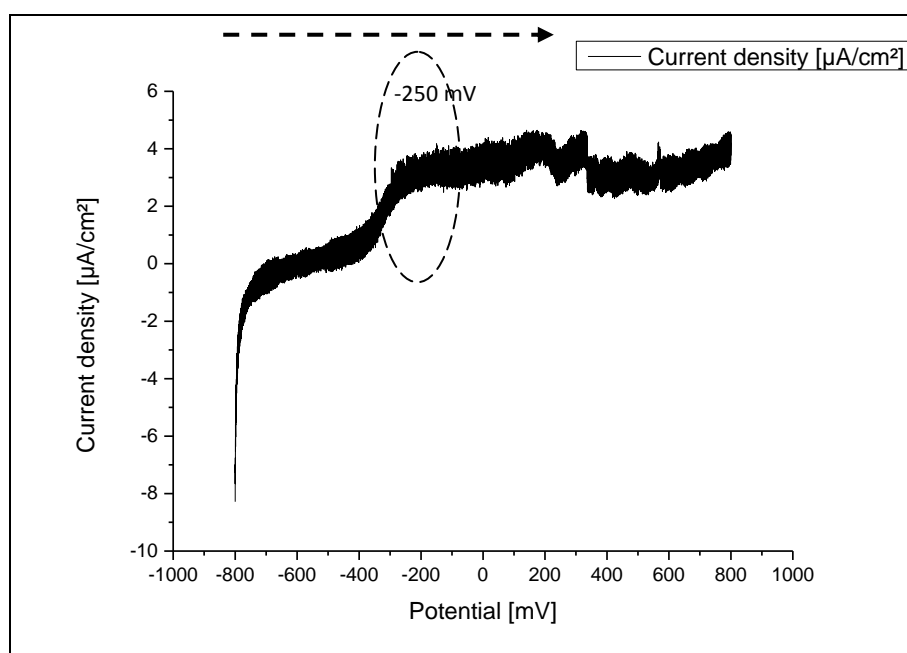


Figure III.19.A Courbe de voltamétrielineaire après 10 min de chrono-ampérométrie

[-1000 ; +1000]

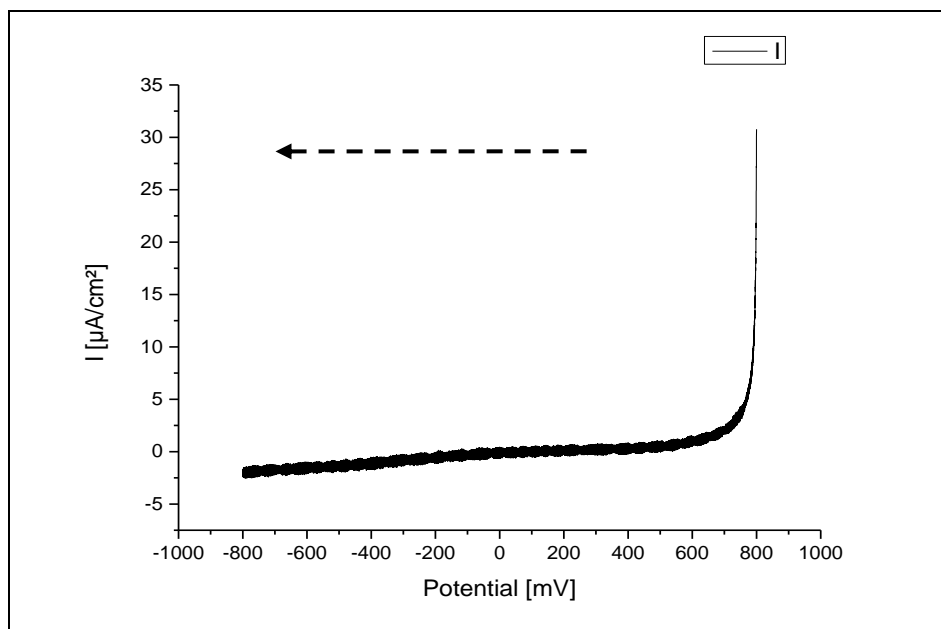


Figure III.19.B Courbe de voltamétrielineaire après 10 min de chrono-ampérométrie (balayage inverse) [+1000 ; -1000].

III.3.3.1.6. Caractérisation par voltamétrielineaire après chrono-ampérométrie (solution mélange eaux huileuse + condensat)

Après le courbe chrono-ampérométrie tracé -1000mV figure (III.20). on obtient levoltamogramme qui nous donne deux bosses d'oxydation, le premier pic au voisinage -100 mV correspond au oxydation de l'acier et le deuxième détecté au voisinage de +380 correspond au substrat électrode posé par chrono-ampérométrie figure(III.21). Si on compare la valeur de potentiel de pic obtenu avec celle mentionnée au littérateur d'un acier couplé au mercure compris 100-650 mV.[25]

De ce fait on peut dire que la valeur de potentiel 380 mV est proportionnelle a l'oxydation demercure.

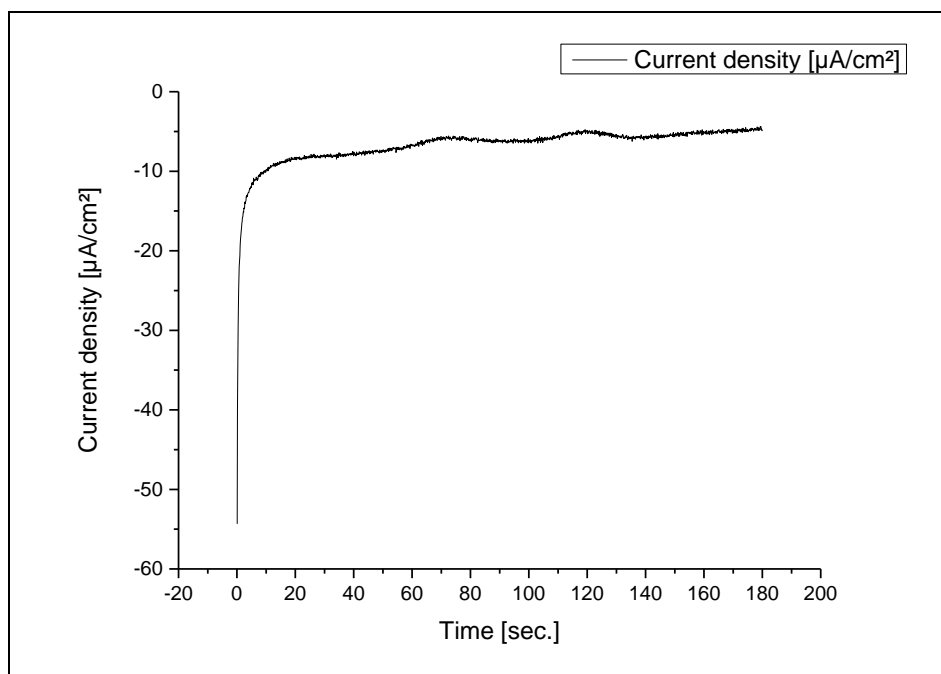


Figure III.20. Chrono-ampérométrie acier -mélange (eau huileuse+ condensat) pendant du 03 min.

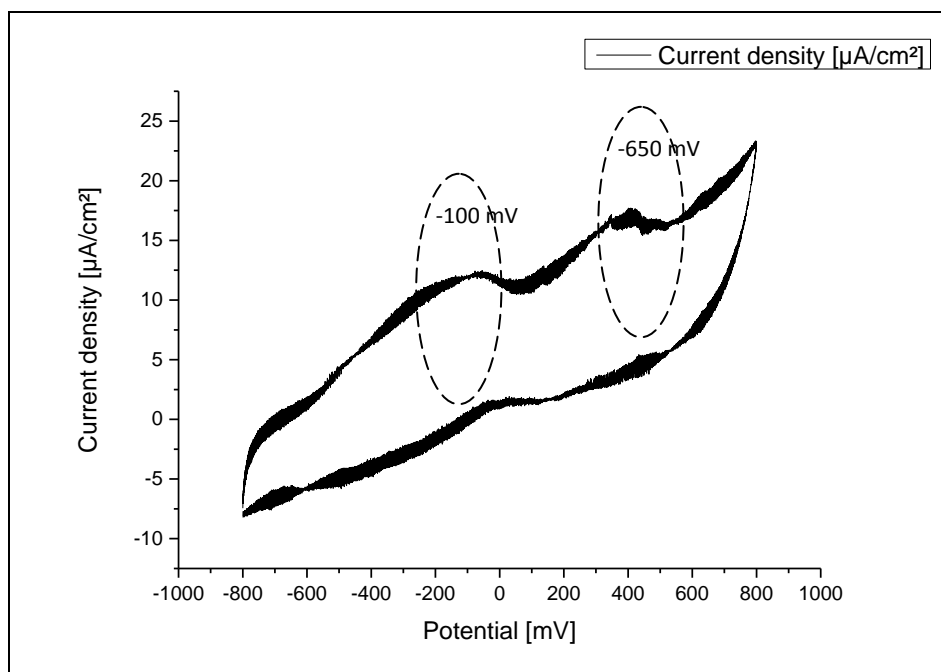


Figure III.21. voltamétrie cyclique après chrono-ampérométrie acier – mélange (eau + condensat)



CONCLUSION GENERAL



Conclusion générale

Afin de caractériser la détection de mercure dans des charges brut par voie électrochimique utilisant :

- Le voltamétrie linéaire
- Voltamétrie cyclique
- La chrono-ampérométrie

En mettant en réaction les eaux huileuse avec l'acier on trouve une réponse mais à long terme

En mettant dans un mélange de condensat avec les eaux huileuse on observe une réponse immédiate c'est avers que le condensat est la source de corrosion et pour confirmer l'existence de substrat on a fait la chrono-ampérométrie suivie par voltametrie cyclique qui nous donne deux piques successives.

D'après tous les essais réalisés, on a constaté que les deux phases étudiées (eau huileuse, condensat) sont contient des agents à différent degré d'agressivité ; tels que le mercure dissout au condensat, ce dernier est plus sévère avec une influence immédiate sur les installations concernées que les autre agents dans les eaux huileuse.

Le contact du couple acier – mercure donne un type de corrosion galvenique par la formation d'un micro-bille .(réaction oxydo-réduction)

L'installation d'une unité de démercurisation pour éviter la détérioration ou la défaillance de quelque équipement stratégique tel que le turbo-expendeur qui est équipé par des pièces en aluminium à l'intérieure qui est plus sensible à la présence de mercure pour assurer la bonne fonctionnement de l'usine.



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES



Références bibliographiques

- [1] **CH. SAMIRA TOUFIK**, « *Etude de phénomène de corrosion de tuyauterie de la pompe de recyclage de l'unité de dés huilage de HAOUD BERKAOUI* », Génie des procédés, UNIVERSITE DE OUARGLA, 02/10/2003, page 5-16.
- [2] Corrosion des métaux, ENSPM formation industrie - IFP training, France, 2005.
- [3] **M. KHALED**, « *L'inhibition De La corrosion Par Des Ions Dithiolylium Synthétisés* », Mémoire de Magister, université d'Ouargla, 2009, pages 12-13.
- [4] **C. Rochaix**, « *Electrochimie. Thermodynamique – Cinétique* », Paris, Nathan, 1996, 239p.
- [5] **D. NADIA** et **R. RABAH**, « *Introduction à la corrosion et aux inhibiteurs de corrosion* », OPU, 2002.
- [6] **L. Dieter**, « *Corrosion et chimie de surface des métaux* », Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 1993.
- [7] **Degremont**, « *Memento Technique De L'eau Degremont* », IN8 Reliure éditeur toile bleue, 1 janvier 1978.
- [8] **M. Pourbaix**, « *Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions* », 2^{sd} ed. English. Houston, Tex.: National Association of Corrosion Engainées, 1974 ,644 p.
- [9] **E. S. Ivanov**, « *Inhibitors for Metal Corrosion in Acid Media* », Metallurgy, Moscow, 1986.
- [10] **P. BACHMANN** et **P. Tissot**, « *Précis de GENNIE CHIMIQUE* », ERREUR PERIMES Georg, janvier 1981.
- [11] **P. Bommersbach**, **C. A-Dumont**, **J-P Millet**, et **B. Normand**, « *Electrochemical characterization of a corrosion inhibitor: influence of temperature on the inhibition mechanism* », Meeting Abstracts, volume1, INSA, WOS, 2005, pp.239.
- [12] Comité des techniciens, « *La Protection Cathodique: Guide Pratique* », Chambre syndicale de la recherche et production du pétrole et du gaz, Edition technip, Paris, 1986.
- [13] **K. Faiza**, « *Etude de l'efficacité de deux inhibiteurs de corrosion dans les milieux multiphasiques (eau, huile et gaz)* », Mémoire de Magister, Université de Boumerdès (Algérie), 2008.
- [14] **B.Gérard**, **M. Henri**, « *Corrosion des métaux et alliages* », Hermès science publications, Paris, 2002.

- [15] Commission exploitation, « *Corrosion et inhibition des puits et collectes, chambre syndicale de la recherche et de la production du pétrole et du gaz naturel* », Edition technip, Paris, 1981.
- [16] **A. HANNANI**, « *corrosion et production, SHDP* », BERKAOUI.
- [17] **J.C. SCULY**, « *Corrosion protection MASSON* », Paris 1995
- [18] **D. HOCINE**, « *Rapport de la protection cathodique : Contrôle du revêtement* », Sonatrach HASSI R'mel (Algérie), 2007.
- [19] **SILVERMAN, DAVID C.AND ARI L. SILVERMAN**, « *Potential-pH (Pourbaix) Diagrams as Aidsfor Screening Corrosion Inhibitors and Sequestering Agents* ». In *Corrosion 2007, March 11*.
- [20] **N. Redon**, « *Resistance a la corrosion des fils Copper Ni-Ti 35R et des fils acier inoxydable multibrins D-Rect® en milieu acide. Mémoire pour l'obtention du Certificat d'Etudes Cliniques Spéciales Mention Orthodontie* », Université de lorraine, 2012.
- [21] **KM. Usher, AH. Kaksonen, I. Cole, et D. Marney**, Critical review : « *Microbially influenced corrosion of buried carbon steel pipes* ». *International Biodeterioration and Biodegradation*, 93(0), 84-106, 2014.
- [22] **NACE**, *Cathodic Protection Technologist: notes de cours CP3*. Coll. « *Programme decertification de technologise en protection cathodique*». Houston: Nace International,2007, 352 p.
- [23] **NACE**, p. 076161-0761619. Coll. « *NACE InternationalCorrosion Conference Series* ». NashVille, TN, United states: National Assoc. OfCorrosion Engineers International, 2007 - *March 15*, p.1-12
- [24] C.G. Dariva, A.F. Galio, « *Corrosion Inhibitors – Principles, Mechanisms and Applications* ». InTech, Chapter 16, 367-372, 2014.
- [25] FAYNOT, « *La galvanisation à chaud* », étude technique/qualité, 08800 THILAY, Page 04

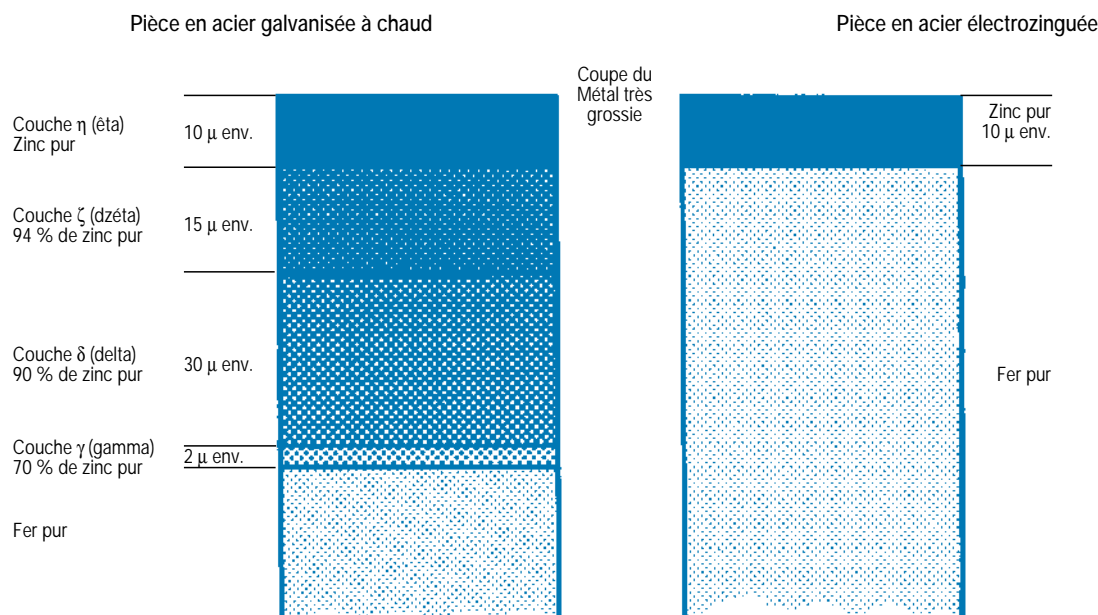
ÉTUDE TECHNIQUE/QUALITÉ

LA GALVANISATION À CHAUD

1. Introduction

La galvanisation à chaud des alliages ferreux est une opération de revêtement par trempé dans un bain de zinc ou d'alliage de zinc en fusion à une température voisine de 460° C. Elle concerne les pièces finies (par exemple : tirefonds), pour la « galvanisation à chaud au trempé », les tôles (cavaliers, plaquettes) et les fils revêtus (tiges et crochets), pour la « galvanisation à chaud en continu ».

Le mot « galvanisation » est souvent employé à tort, l'effet galvanique pouvant s'appliquer aux autres applications du zinc, (shéardisation, zingage électrolytique...). L'ambiguïté sur le mot « galvanisation » a conduit à de nombreux problèmes d'interprétation, et la norme française NFA 91-010 interdit l'emploi du mot « galvanisé » lorsqu'il s'agit de pièces électrozinguées (le terme « galvanisation à chaud » est réservé exclusivement au recouvrement par « immersion dans un bain de zinc fondu »).



La galvanisation à chaud est un procédé de revêtement (traitement de surface) anticorrosion traditionnel.

Ce traitement n'en est pas moins efficace !!

En effet, un des principaux avantages du zinc est sa grande électronégativité par rapport à celle de l'acier : il sert ainsi à la protection électrochimique de l'acier contre la corrosion.

2. Protection électrochimique par galvanisation

La corrosion est la résultante de réactions électrochimiques dues à la formation de piles locales. Il faut 4 éléments pour les former :

- un électrolyte (eau, sol...),
- deux électrodes à potentiels différents,
- une connexion électrique.

L'électrode ayant le potentiel le plus électronégatif est appelée *anode*. C'est elle qui subit les phénomènes d'oxydation (perte d'électrons) donc de corrosion.

L'électrode ayant le potentiel le moins électronégatif est la *cathode*, où se passe des phénomènes de réduction (gain d'électrons) donc de protection.

ÉTUDE TECHNIQUE/QUALITÉ

LA GALVANISATION À CHAUD

Dans le cas d'une pièce en acier galvanisée, les matériaux acier – zinc forment une pile électrochimique où l'acier est la cathode et le zinc l'anode. (Potentiel du fer = $-0,44V$ et potentiel du zinc = $-0,76V$).

L'acier sera protégé par le zinc qui se dissoudra dans une réaction cathodique lente. L'attaque du zinc (perte d'électrons, ou oxydation $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$) se fera avec la formation d'oxydes, d'hydroxydes, d'hydrocarbonate, etc., sels à caractère protecteur conduisant à une cicatrisation locale de la détérioration de l'acier qui n'est pas recouvert (figure 1).

A cette protection électrochimique s'ajoute bien évidemment la protection physico-chimique (ou protection barrière) que confère une couche sur une surface (comme une peinture, métal...).

Une seule couche de peinture ne permet pas une protection électrochimique : il y aura, si la surface de revêtement n'est pas continue (ou si elle est blessée), une formation de rouille, donc soulèvement – dégradation du revêtement par la rouille (FeO_3) (figure 2)

3. Influence de l'épaisseur du traitement :

La durée de protection contre la corrosion assurée par galvanisation (soit gris clair, soit gris

foncé) est approximativement proportionnelle à l'épaisseur du revêtement.

Généralement, on parle pour déterminer l'épaisseur en terme de gramme/m² (masse déposée).

4. Différentes galvanisations à chaud :

Il y a essentiellement :

– La galvanisation à chaud au trempé.

Chaque fois que l'on recherche une bonne protection contre la corrosion et que le fini des surfaces (aspect esthétique) ne requiert pas de conditions spécifiques, on peut appliquer la galvanisation à chaud au trempé. Les qualités et les caractéristiques du développement sont essentiellement fonction de la composition de l'acier, de la composition et la température du bain de zinc, de la durée d'immersion... Notons qu'une bonne galvanisation ne peut s'obtenir qu'avec une préparation de surface de l'acier adaptée. Les épaisseurs de zinc par galvanisation à chaud au trempé sont plus importantes que les autres procédés de galvanisation.

– La galvanisation en continu des tôles.

Les principales caractéristiques des revêtements de tôles galvanisées sont regroupées dans le tableau ci-après (d'après les normes NF EN 10142 et NFA 36-322).

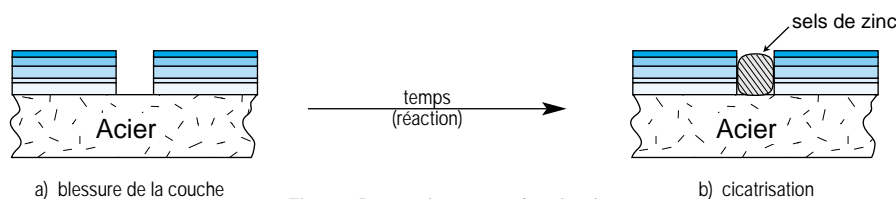


Fig. 1 : Protection par galvanisation
Phénomène de cicatrisation

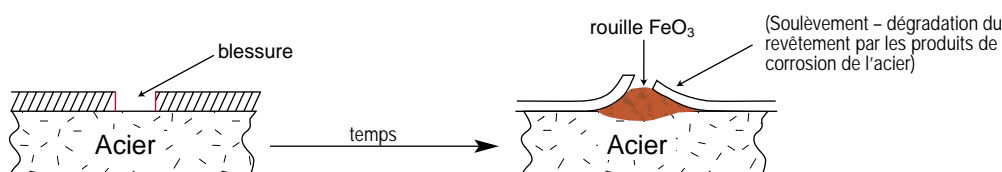


Fig. 2 : Protection barrière simple sans galvanisation
(exemple peinture)

ÉTUDE TECHNIQUE/QUALITÉ

LA GALVANISATION À CHAUD

Désignation du revêtement	g/m ² double face essai en 3 points	g/m ² double face essai en 1 points
Z 100	100 (7 µm)	85
Z 200	200 (14 µm)	170 (12 µm)
Z 225	225 (16 µm)	200 (14 µm)
Z 275	275 (19 µm)	235 (16,3 µm)
Z 350	350 (25 µm)	300 (21 µm)
Z 450	450 (31 µm)	385 (27 µm)
Z 600	600 (42 µm)	510 (35 µm)
Alliage Fer-Zinc		
ZF 100	100	85
ZF 180	180	150

Il existe également des lignes de prélaquage en continu couplées à la ligne de galvanisation, ce qui permet une protection supplémentaire (protection barrière supplémentaire), et un aspect esthétique varié (différentes couleurs).

– La galvanisation des fils.

La galvanisation des fils est un procédé de fabrication intermédiaire entre la galvanisation au trempé et celles des tôles.

Les fils sont dits clairs (galvanisés en l'état écroui de tréfilage) ou recuits (galvanisés après recuit en ligne).

Pour certains usages les fils sont retréfilés après galvanisation.

D'une façon générale, la fabrication des pièces réalisées à base de fils se fait par pliage, torsion, enroulement, ce qui impose une bonne adhérence et aptitude à la déformation du revêtement sans écaillage. La norme NFA 91-181 donne trois classes de qualité pour les fils galvanisés :

- **CLASSE A** : Galvanisation ordinaire (pas d'exigence particulière en charge de zinc ou en continuité de revêtement).
- **CLASSE B** : Galvanisation soignée (charge minimale, continuité, adhérence).
- **CLASSE C** : Galvanisation épaisse (charge de zinc nettement plus forte, 2 à 3 fois par rapport à la classe B).

5. Caractéristiques et Normes :

5.1. Normes, masse et épaisseur :

Les masses et épaisseurs sur divers produits galvanisés sont données par le tableau ci-après :

Produits	Masse de Zinc (g/m ²)	Épaisseur de couche de Zinc (µ m)	Normes AFNOR
Produits manufacturés (galvanisation à chaud au trempé)	350 à 500	50 à 70	NFA 91-121
Tôles	Double face 100 à 600	7 à 42	NFA 36-321 NFA 36-322
Fils	30 à 290	4 à 40	NFA 91-131

5.2. Découpage des tôles :

Pour les tôles galvanisées dont l'épaisseur totale ne dépasse pas 3 mm, les tranches mises à nu par le découpage restent insensibles à la corrosion grâce à l'effet de protection cathodique de l'acier par le zinc.

5.3. Contact avec d'autres matériaux :

- Il faut éviter un contact direct avec d'autres métaux en milieu humide plus électropositifs que le zinc (par exemple le cuivre ou l'inox), car une rapide consommation du zinc par couplage galvanique aura lieu ; (*Voir tableau page suivante.*)
- des incompatibilités ont été signalées entre le zinc et les éléments de type acides, alcools, lubrifiants...

ÉTUDE TECHNIQUE/QUALITÉ

ANNEXE 1 – Corrosion dues aux couples électrochimiques entre les matériaux et/ou revêtements d'un assemblage

Les différences de potentiel sont établies dans une solution aqueuse à 2 % de chlorure de sodium (NaCl), et exprimées en millivolts.

En dessous de la ligne en trait fort (———), le métal en ordonnée est attaqué.

Notes :

- Le métal couplé ne subit pas de corrosion galvanique et bénéficie, au contraire, d'un effet de protection galvanique (faible si la différence de potentiel est petite, importante si la différence de potentiel est grande).
- L'effet galvanique est influencé par le rapport de surface des deux métaux :
 - si la surface du métal considéré est la plus petite, sa corrosion augmente,
 - si la surface du métal considéré est la plus grande, sa corrosion diminue.

Cet effet est d'autant plus accentué que la différence entre les deux surfaces est plus importante.

(D'après E 250-32)

Métal considéré	Métal couplé	Magnésium, Mg										Manganèse, Mn										Zinc, Zn										Métal blanc Sn Zn25										Alliage Al-Zn-Mg 7040 A (Al Zn8 Mg Cu)										Chrome, Cr										Alliage Al-Mg-Si Al Mg Si										Fer pur, Fe										Cadmium, Cd										Alliage Al-Mg 5754 (Al Mg3), 5056A (Al Mg5)										Acier au carbone pour tr. therm. XC 80, XC 90										Aluminium 1050A (A5)										Alliage léger de fonderie Al Si10 Mg										Alliage léger de décolletage 2011 (Al Cu5 Pb Bi)										Acier au carbone XC 10										Fonte										Aluminium-cuivre 2017A (Al Cu4 Mg)										Alliage Fe-Ni à 25 % de Ni (bilames, résistances électriques)										Plomb, Pb										Étain, Sn										Alliage Cu-Sn (bronze) Cu Sn12										Alliage Cu-Zn (laiton) Cu Zn39 Pb										Cupro-aluminium Cu Al10										Cuivre, CU										Maillechort Cu Zn23 Ni22										Nickel, Ni										Mercure, Hg										Argent, Ag										Acier inoxydable 18-9 X10 Cr Ni 18-9										Or, Au										Platine, Pt																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	0	100

Résumé

L'Algérie est l'un des pays producteurs de pétrole les plus importants. Mais la présence de certains métaux lourds dissous dans le pétrole brut constitue un risque pour la sécurité des équipements de production.

Pour cette raison, dans ce travail, nous avons étudié le phénomène de la corrosion des équipements de production au niveau de l'usine de traitement du gaz de la région de Rhourde Nouss en raison de la présence des métaux lourds et nous l'avons détecté à l'aide d'une méthode électrochimique. Ainsi, nous avons ouvert une porte aux chercheurs pour étudier les moyens appropriés pour éviter l'impact de ces minéraux, pour assurer une plus longue vie de l'équipement.

Mots clés : le pétrole, la corrosion, Rhourde Nouss, mercure, voie électrochimique.

Abstract

Algeria is one of the most important oil-producing countries. But the presence of certain heavy metals dissolved in crude oil is a risk for a safety of production equipment.

For this reason, in this work, we studied the phenomenon of corrosion of production equipment at the level of the gas treatment plant in the Rhourde Nouss region due to the presence of heavy metals and we detected it using an electrochemical method. Thus, we opened a door for researchers to study the appropriate ways to avoid the impact of these minerals, to ensure a longer life of the equipment.

Keywords: petroleum, corrosion, Rhourde Nouss, mercury, electrochemical methode.

ملخص

الجزائر واحدة من أهم الدول المنتجة للنفط. لكن وجود بعض المعادن الثقيلة المذابة في النفط الخام يشكل خطرًا على سلامة معدات الإنتاج.

ولهذا السبب ، قمنا في هذا العمل بدراسة ظاهرة تآكل معدات الإنتاج على مستوى محطة معالجة الغاز في منطقة غرد النص بسبب وجود المعادن الثقيلة واكتشفناها باستخدام طريقة الكهروكيميائية. وبذلك، نكون قد فتحنا بابا للباحثين لدراسة الطرق

المناسبة لتفادي تأثير هذه المعادن. لضمان حياة أطول للمعدات

الكلمات المفتاحية: البترول، التآكل، غرد النص، الزئبق، الطريقة الإلكتر وكيميائية.