

# ÉTUDES ELECTROCHIMIQUES DE L'INHIBITION DE LA CORROSION DE LA FONTE DUCTILE DANS UNE SOLUTION SIMULANT LE SOL PAR 5-AMINO 1,3,4-THIADIAZOLE-2-THIOL

Benikdes A.<sup>1</sup>, Benali O.<sup>2</sup>, Tidjani A.<sup>3</sup>, Tourabi M.<sup>4</sup>, Ouici H.<sup>5</sup>, Bentiss F.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Département de génie civil et hydraulique, Faculté de technologie, Université de Saïda- Algérie.

<sup>2</sup>Département de biologie, Faculté des sciences, Université de Saïda- Algérie.

<sup>3</sup> Département d'hydraulique, - USTO MB, BP 1505, El Mnaouer, El Mnaouer, Oran 31000 – Algérie.

<sup>4</sup>Laboratoire de Catalyse et Matériaux Corrosion (LCCM), Faculté des sciences, Université Chouaib Doukkali, El Jadida, Maroc.

<sup>5</sup>Département de la chimie, Faculté des Sciences, Université de Saïda, Algérie.

Email : [abenikdes@yahoo.fr](mailto:abenikdes@yahoo.fr)

## Résumé

La corrosion des réseaux de distribution d'eau potable occasionne de nombreux problèmes esthétiques, sanitaires ou hydrauliques. Ces problèmes causent non seulement le mécontentement des consommateurs mais engendrent aussi des coûts élevés d'entretien du réseau. L'utilisation d'inhibiteurs (organiques) de corrosion pourrait permettre de solutionner partiellement ces problèmes. Le but de ce travail est d'étudier l'effet d'inhibition de la 5-amino-1,3,4-thiadiazole-2-thiol (ATT) sur la corrosion de la fonte ductile dans une solution du sol simulé. Cette étude a été établie en utilisant les méthodes électrochimiques (potentiel de corrosion et courbes de polarisation). Les résultats obtenus montrent que l'ATT est un bon inhibiteur dans ce milieu agressif. L'adsorption de l'ATT obéit à l'isotherme d'adsorption de Langmuir. Les courbes de polarisation ont montré que l'ATT agit comme un inhibiteur de type mixte. L'effet du temps d'immersion et de la température ont également été étudiés et les résultats ont été discutés.

**Mots-clés :** fonte ductile, solution du sol simulée, polarisation, inhibition, corrosion

## 1. INTRODUCTION

La fonte ductile, également connu sous le nom de fer nodulaire ou sphéroïde-graphite (SG), a été développé il y a environ 50 ans comme un substitut à l'acier [1-3]. La corrosion est un problème commun dans l'approvisionnement en eau potable en Algérie. Dans les systèmes de distribution en eau potable, la corrosion peut être causée par plusieurs facteurs, y compris le type de matériaux utilisés, l'âge de la tuyauterie et les raccords, la nature du sol, le temps de stagnation de l'eau et la qualité de l'eau dans le système, y compris son pH [4]. Le comportement de la fonte ductile, utilisée comme matériaux des conduites d'alimentation en eau potable de la ville de Saïda (ouest de l'Algérie) via Ain El Skhouana, vis-à-vis la corrosion dans une solution simulant le sol a fait l'objet de ce travail.

## 2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 2.1. Matériau d'étude et solution

La fonte ductile est employée comme l'électrode de travail pour toutes les expériences. Les échantillons couvercle en fonte ductile, ont été obtenus à partir des canalisations utilisées par l'entreprise Algérienne Des Eaux (ADE). La composition de la fonte ductile est présentée dans le tableau 1 :

Tableau 1 : Composition chimique de la fonte ductile (%)

Éléments	Mn	C	Si	S	P	Mg	Fe
Composition	~ 0,50	~ 3,3	~ 2,4	~ 0,02	~ 0,003	~ 0,05	Balance

Un prétraitement des surfaces échantillons a été réalisé par préparation avec du papier émeri de 400 - 1000 grain, rinçage à l'eau bi-distillée et séchage à température ambiante avant

utilisation. Tous les tests ont été effectués à 25, 30, 35 et 40 °C. Plusieurs échantillons de sol ont été prises à partir de divers sites algériens dont nous avons choisi la composition la plus agressive. Enfin, nous avons reconstitué la composition chimique du sol dans une solution appelée "solution simulant le sol" présentée dans le tableau 2.

Tableau 2 : Composition chimique de la solution de simulation de sol (mg / l)

CaSO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaCl	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaHCO <sub>3</sub>
2,00	29,04	1,82	22,69	37,48	0,16

## 2.2. Inhibiteur de corrosion

La figure 1 présente la structure moléculaire du composé organique utilisé.

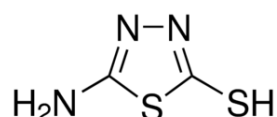


Figure 1 : Structure moléculaire du 5-amino-1,3,4-thiadiazole-2-thiol (ATT)

## 2.3. Mesures électrochimiques

Les échantillons de fonte ductile ont été utilisés comme l'électrode de travail, une électrode de platine comme contre-électrode et une électrode au calomel saturée (SCE) comme électrode de référence. L'électrode de travail est sous la forme d'un disque de surface de 1,7 cm<sup>2</sup>. Les expériences électrochimiques ont été menées par l'utilisation d'équipements Galvanostat / potentiostat PGZ 100 contrôlé avec Tacussel VoltaMaster 4. Les mesures de polarisation potentiodynamique de substrat en fonte ductile en solution avec et sans inhibiteur ont été numérisés à partir cathodique à la direction anodique,  $E = E_{\text{corr}} \pm 200 \text{ mV}$ , avec une vitesse de balayage de 0,5 mV s<sup>-1</sup>.

## 3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 3.1. Influence de concentration

Le tableau 3 présente les résultats obtenus après 24 heures d'immersion sans et avec l'ajout de l'inhibiteur. L'efficacité inhibitrice a été obtenu à partir de l'équation (1) :

$$\eta_{\text{Tafel}} (\%) = \frac{I_{\text{corr}} - I_{\text{corr}(i)}}{I_{\text{corr}}} \times 100 \quad (1)$$

où  $I_{\text{corr}}$  et  $I_{\text{corr}(i)}$  sont les densités de courant de corrosion dans les solutions sans et avec l'inhibiteur, respectivement, déterminé par extrapolation des lignes Tafel (cathodique et anodique) au potentiel de corrosion.

Tableau 3 : Paramètres électrochimiques et efficacité inhibitrice pour différentes concentrations en ATT après 24 heures d'immersion et à 30 °C.

Concentration (M)	-E <sub>corr</sub>	I <sub>corr</sub>	b <sub>a</sub>	b <sub>c</sub>	EI <sub>ICORR</sub> %
Blanc	808	11,67	117	208	----
10 <sup>-6</sup>	785	5,66	66	110	<b>51,50</b>
10 <sup>-5</sup>	776	4,78	87	250	<b>59,04</b>
10 <sup>-4</sup>	705	4,44	85	166	<b>61,95</b>
10 <sup>-3</sup>	769	3,33	86	156	<b>71,46</b>

L'inspection des paramètres électrochimiques (tableau 3) montre que les densités de courant de corrosion diminuent avec l'augmentation de la concentration en inhibiteur et  $EI_{ICORR}$  (%) augmente avec la concentration d'inhibiteur jusqu'à un maximum de 71,46 %, en raison de l'adsorption des molécules inhibitrices sur les sites actifs de la surface corrodée [5]. On peut voir à partir des résultats expérimentaux que l'addition d'ATT a diminué d'une manière significative  $I_{corr}$  pour toute la gamme de concentrations étudiées. La présence d'ATT a donné lieu à un déplacement du potentiel de corrosion dans le sens anodique par rapport au résultat obtenu en l'absence de l'inhibiteur. À la fois les densités de courant anodique et cathodique ont diminué, indiquant que le ATT bloque à la fois les réactions anodiques et cathodiques. Les valeurs de couverture de surface ( $\theta$ ) correspondant à différentes concentrations d'ATT calculées en utilisant les résultats de courbes de polarisation après 24 h d'immersion ont été utilisés pour déterminer quels Isotherme mieux décrit le processus d'adsorption. Le meilleur ajustement aux données expérimentales est obtenu avec l'équation d'adsorption isotherme de Langmuir modifié [6] où on a obtenu les paramètres suivants :  $n = 1,39$  ;  $K_{ads} = 1,75 \times 10^5 M^{-1}$  et  $\Delta G_{ads}^0 = -40,53$  kJ/mol.

En général, les valeurs d'énergie libre standard de -20 kJ/mol ou moins négatif sont associés à une interaction électrostatique entre les molécules chargées et la surface métallique chargée (adsorption physique) ; ceux de -40 kJ/mol ou plus négatif implique le partage ou le transfert responsable des molécules inhibitrices à la surface métallique pour former une liaison covalente de coordonnées (adsorption chimique). La valeur calculée dans ce travail indique que le mécanisme d'adsorption de ATT sur la surface est de type chimisorption.

### 3.2. Effet de la température

Pour voir l'influence de la température sur la performance du composé sous étude pour la fonte ductile dans la solution simulant le sol, des mesures électrochimiques ont été effectuée. Le tableau 4 donne la variation de la densité de courant de corrosion et l'efficacité de l'inhibition d'ATT ( $10^{-3}$  M) à différentes températures (303 et 308 K).

À partir de ce tableau, on peut voir que, dans le domaine de température étudiée (303 et 308 K), l'efficacité de la corrosion diminue lorsque la température augmente tandis qu'il y a augmentation des densités de courant de corrosion à la fois dans la solution en absence et en présence de l'inhibiteur de corrosion [7].

Tableau 4 : Variation de  $I_{corr}$  et le taux d'inhibition en fonction de la température

Température (°K)	$I_{corr}$ ( $\mu A/cm^2$ )	$EI_{ICORR}$ %
303	Blank	-----
	$10^{-3}$ M	<b>71,46</b>
308	Blank	-----
	$10^{-3}$ M	<b>69,26</b>

### 3.3. Effet du temps d'immersion

Afin d'évaluer la stabilité du comportement inhibitrice de l'inhibiteur sur une échelle de temps, les mesures électrochimiques ont été réalisées dans la solution considéré en l'absence

et la présence d'ATT à une concentration optimale ( $10^{-3}$  M) pour le temps d'immersion différente à la température 303 K. Le tableau 5 donne l'efficacité d'inhibition en fonction du temps d'immersion. À partir de ce tableau, on peut voir que l'efficacité de l'inhibition d'ATT a augmenté avec le temps d'immersion puis il chute après 48 heures d'immersion. L'augmentation de l'efficacité de l'inhibition est due à la formation de protection film adhérent sur la surface métallique. L'augmentation des valeurs de l'efficacité de l'inhibition peut être due au remplacement progressif des molécules d'eau par l'adsorption des molécules ATT molécules sur la surface métallique, ce qui diminue l'étendue de la réaction de dissolution.

Tableau 5 : Variation de  $I_{\text{corr}}$  et le taux d'inhibition en fonction du temps

Temps d'immersion	$-E_{\text{corr}}$ (mV/CSE)	$I_{\text{corr}}$ ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	$EI_{\text{ICORR}}$ %
24	Blank	808	11,67
	$10^{-3}$ M	769	3,33
48	Blank	815	5,18
	$10^{-3}$ M	856	1,36
96	Blank	802	4,84
	$10^{-3}$ M	817	2,71

#### 4. RÉFÉRENCES

- [1] Gerhold W.F., "Corrosion behavior of ductile cast-iron pipe in soil environments," AWWA Journal, December 1976.
- [2] Gummow R., "The corrosion of municipal iron watermain," Material Performance, March 1994.
- [3] Madison Chemical Industries, Inc., Specification MCI SFSDIPI-96, Specification for Ductile-iron Pipe, 1996.
- [4] Amara Zenati A., Benmoussat A., Benali O., J. Mater. Environ. Sci. 5 (2), (2014), 520-529.
- [5] Lgaz H., Benali O., Salghi R., Jodeh S., Larouj M., Hamed O., Messali M., Samhan S., Zougagh M., Oudda H. , Der Pharma Chemica 8(2) :172-190, March 2016.
- [6] Larabi L., Harek Y., Benali O., Ghalem S., Progress in Organic Coatings 54, (2005), 256–262.
- [7] Selles C., Benali O., Tabti B., Larabi L., Harek Y., Mater J. Environ. Sci., 3 (1), (2012), 206-219.