
ETUDE DE L'EFFICACITE INHIBITRICE DE L'EDTA DANS DES MILIEUX NEUTRES ET BASIQUES PAR LA METHODE GRAVIMETRIQUE.

BRIXI N.¹, BEZZAR A.² et SAIL L.³

¹ Laboratoire EOLE, Université de Tlemcen BP 230, Chetouane, Tlemcen, Algérie, brixinezha@live.com

² Laboratoire EOLE, Université de Tlemcen BP 230, Chetouane, Tlemcen, Algérie, a_bezzar@yahoo.fr

³ Laboratoire EOLE, Université de Tlemcen BP 230, Chetouane, Tlemcen, Algérie, saillatefa@yahoo.fr

RÉSUMÉ. Dans ce travail, l'effet de l'inhibition de l'éthylène diamine tétra-acétique (EDTA) a été étudié sur des pièces rondes en acier par la méthode gravimétrique tout en se basant sur les mesures de perte de masse dans deux milieux différents ; le milieu 1, simule le milieu marin de la méditerranée (3% de NaCl) et le milieu 2, milieu d'hydroxyde de calcium saturé $\text{Ca}(\text{OH})_2$, simule la solution des pores du béton avec 3% de NaCl. Les résultats de la valeur maximale en efficacité inhibitrice est de 76% et 97% pour les deux milieux respectivement. Les valeurs de l'énergie libre indiquent la spontanéité de l'adsorption de l'inhibiteur sur la surface de l'acier et qu'il s'agit d'une physisorption, l'isotherme d'adsorption suit le modèle de Langmuir.

ABSTRACT. In this work, the effect of the inhibition of ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA) was studied on steel round parts by the gravimetric method while using weight loss measurements in two different media; the medium 1 simulates the Mediterranean marine environment (3% NaCl) and the medium 2, saturated calcium hydroxide medium $\text{Ca}(\text{OH})_2$, simulates the solution of the pores of the concrete with 3% NaCl. Maximum of inhibition efficiency value is 76% and 97% for the two media respectively. The values of the free energy indicate the spontaneity of the adsorption of the inhibitor on the surface of the steel and that is a physisorption, the adsorption isotherm follows the Langmuir model.

MOTS-CLÉS : acier, corrosion, perte de masse, efficacité, inhibition, isotherme Langmuir.

KEYWORDS: steel, corrosion, weight loss, efficiency, inhibition, Langmuir isotherm.

1. Introduction :

Le béton armé est un matériau le plus choisi dans notre société moderne en raison de ses propriétés souhaitables de résistance structurale, du coût relatif et de la durabilité. Généralement, la durabilité du béton armé est assurée par une alcalinité élevée ($\text{ph} > 12,5$) de l'environnement poreux du béton qui protège l'armature par un mince film passif d'oxyde stable, à partir de produits hydratés de pâtes de ciment, fortement adhérents à la surface de l'armature [TAN 12]. Néanmoins cette protection n'empêche pas la corrosion de ces armatures, des agents environnementaux de corrosion, comme l'eau et l'oxygène, réduisent l'alcalinité du béton et détruisent le film passif qui entoure l'armature à cause de la pénétration d'ions chlorures, et la formation d'ions d'hydroxydes ce qui induit à la détérioration de structures en béton.

Nombreuses études ont délibéré sur des méthodes permettant d'atténuer l'effet de la corrosion de la l'armature dans le béton [OKE 14]. Certaines des méthodes proposées comprennent la protection cathodique [PED 96], les revêtements de l'armature et / ou du béton armé, la réalkalisation du béton et l'utilisation d'adjuvants pour inhiber la corrosion de l'armature dans le béton. Parmi ces procédés, l'utilisation d'additifs inhibant la corrosion qui est une technique simple et moins coûteuse pour protéger l'acier de renfort, noyé dans le béton ; de la corrosion [FED 05]. En général, les inhibiteurs de corrosion pourraient être classés en grande partie comme inorganiques et organiques [QIA 04]. Bien que de nombreux inhibiteurs inorganiques comme les nitrites et les chromates aient présenté des résultats très intéressants pour la protection contre la corrosion des armatures; mais en raison de l'effet de toxicité, leur utilisation est limitée dans de nombreux pays du monde ce qui a mené plusieurs chercheurs à proposer d'autres inhibiteurs qui ne présentent pas d'effets négatifs sur l'environnement [GAI 04].

$\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$ acide éthylène diamine tétra-acétique (EDTA) est un produit chimique organique qui est non-toxique et non dangereux à l'écosystème environnemental et qui a été trouvé comme un agent adéquat dans de multiples études pour retirer la corrosion des produits métaux [KEN 06] [HUD 02], bien que des chercheurs ont employé ces produits pour inhiber la corrosion de l'acier dans de l'acide chlorhydrique (HCl), mais les études en milieu alcalin restent très restreintes [OKE 14]. Ce travail est consacré à examiner l'EDTA, comme inhibiteur de corrosion de l'acier dans un milieu contaminé à 3% NaCl simulant le milieu marin, et le milieu 2, milieu d'hydroxyde de calcium saturé $\text{Ca}(\text{OH})_2$ simule la solution des pores du béton contaminés par les chlorures, tout en utilisant des essais gravimétriques qui se basent sur les mesures de perte de masse. Ces méthodes sont une première approche de l'étude de l'inhibition de la corrosion d'un métal dans une solution électrolytique afin de déterminer l'efficacité inhibitrice du produit testé [SAI 13].

2. Matériels et méthodes

2.1. Préparation des échantillons

Les échantillons d'acier utilisés sont sous forme de pièces de section circulaire de $\varnothing 27 \pm 2$ mm et une épaisseur de 2 ± 0.2 mm, soumises à un polissage à l'aide d'une polisseuse à vitesse de 500 t/m, au papier abrasif de granulométrie décroissante allant jusqu'à 1000 grades successivement. Ensuite, elles sont rincées à l'eau distillée, dégraissées à l'acétone et séchées à l'aide d'un séchoir électrique avant d'être utilisées pour les tests de perte de masse [SAI 13].

2.2. Milieu d'étude

Le tableau 1 donne la composition des deux milieux de cette étude.

Tableau 1. Composition des deux milieux d'étude.

Solutions	Eau distillée (l)	NaCl (g/l)	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ (g/l)	NaOH (g/l)	KOH (g/l)	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (g/l)
Milieu 1(neutre)	1	30	/	/	/	/
Milieu 2(basique)	1	30	2	0.4	0.56	0.27

2.3. Méthode de perte de masse

La méthode de perte de masse est d'une mise en œuvre simple et ne nécessite pas un appareillage important, la vitesse de corrosion est déterminée après 24h d'immersion à température de 25°C assurée par un bain thermostaté, qui est calculée par la formule [1] :

$$V = \Delta m / (S \times t) \quad [1]$$

Où ; Δm ($m_1 - m_2$) représente la différence entre la masse initiale m_1 et la masse finale m_2 après un temps t égal à 24h, S est la surface du métal exposée à la solution d'étude. Cette valeur de la vitesse de corrosion est la moyenne de trois essais effectués dans les mêmes conditions pour chaque concentration. La valeur de l'efficacité inhibitrice est donnée par la formule [2] :

$$EI = (V - V_{inh}) / V \times 100\% \quad [2]$$

V et V_{inh} représentent respectivement les vitesses de corrosion sans inhibiteur et en présence d'inhibiteur.

3. Résultats et discussion

L'évolution des vitesses de corrosion et efficacités inhibitrices en fonction des concentrations en inhibiteur est illustrée pour chaque milieu dans le tableau 2.

Tableau 2. Evolution des vitesses de corrosion et efficacités inhibitrices en fonction des concentrations en inhibiteur.

Concentration (mole/l)	Milieu I		Milieu II	
	$V_{corr} \times 10^{-3}$ (mg/cm ² x h)	EI (%)	$V_{corr} \times 10^{-3}$ (mg/cm ² x h)	EI (%)
0.0125	4.72	40.5	1.23	50.36
0.05	2.38	69.98	0.36	85.41
0.1	1.89	76.18	0.88	64.65
0.125	2.91	63.38	0.07	97.17

La figure 1 montre que la vitesse de corrosion diminue avec l'augmentation de la concentration de l'éthylène diamine tétra-acétique jusqu'à atteindre une valeur de concentration optimale qui est 0.1 Mol /l et une efficacité inhibitrice de 76.18% pour le milieu 1. Par ailleurs, le milieu 2 a donné une efficacité de 97.17% à une concentration de 0.125 mol/l.

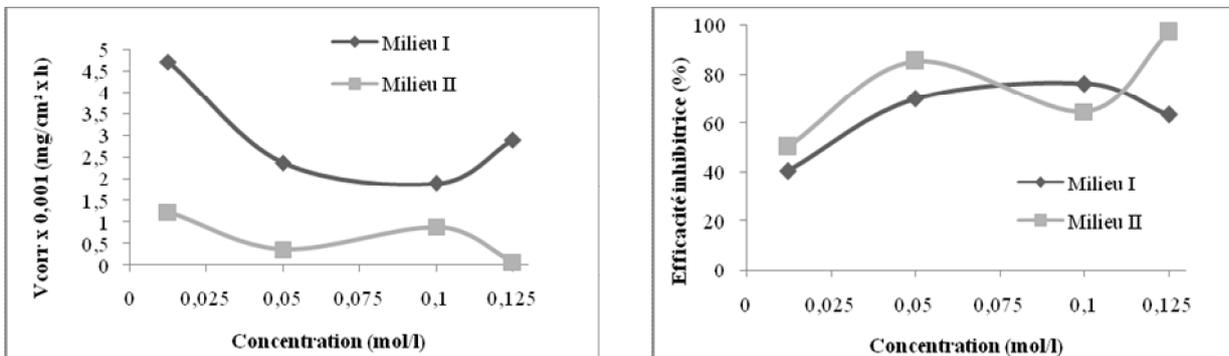


Figure 2. Evolution des vitesses de corrosion et efficacités inhibitrices en fonction des concentrations de l'EDTA dans les deux milieux.

3.1. Isotherme d'adsorption

Nos résultats ont été ajustés avec le modèle d'isotherme d'adsorption de Langmuir qui est décrit par l'équation [3] :

$$\text{Log}(C/\theta) = \text{log} C - \text{log} K \quad [3]$$

Avec K est une constante d'équilibre, C les concentrations en inhibiteurs et θ est la surface de recouvrement. La figure 2 montre que le modèle Langmuir présente des coefficients de corrélation respectives R^2 de 0.969 et de 0.946 pour le milieu 1 et milieu 2.

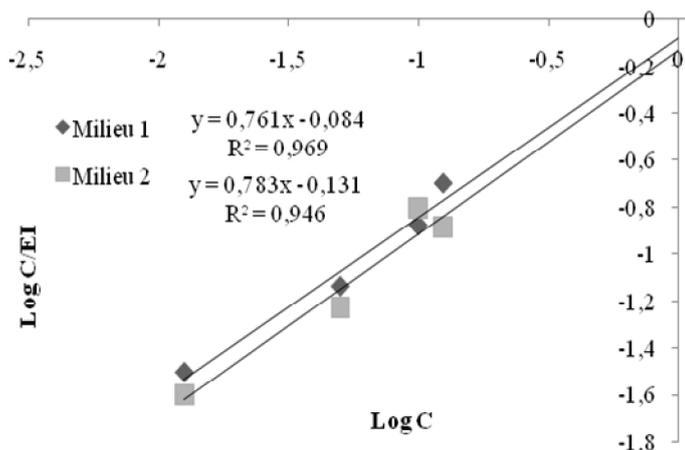


Figure 2. L'isotherme d'adsorption Langmuir pour le milieu I et milieu II.

La valeur K est liée l'enthalpie libre d'adsorption ΔG_{ads} qui est déterminée par l'équation [4] [NWA 12] :

$$\Delta G_{ads} = -2.303 RT \text{Log}(55.5 K) \quad [4]$$

55,5 : la concentration de l'eau en solution (mol/ l)

Les valeurs de ΔG_{ads} calculées pour l'EDTA dans les deux milieux, tableau 3, sont proche de -20 kJ/mol, laisse suggérer qu'il s'agit d'un mécanisme basé sur une adsorption physique (physisorption), qui sont liées a des interactions électrostatiques entre les molécules chargées et le métal.

Tableau 3. Valeurs des constantes d'équilibre K et l'enthalpie libre d'adsorption ΔG_{ads} pour l'EDTA dans les deux milieux d'étude.

	Milieu I		Milieu II	
	K .10 ³ (l/mol)	ΔG_{ads} (kJ/mol)	K .10 ³ (l/mol)	ΔG_{ads} (kJ/mol)
EDTA	1.08	-10.15	1.13	-10.27

4. Conclusion

Les résultats de cette étude expérimentale ont montré que l'EDTA est un bon inhibiteur avec des efficacités inhibitrices de 76% en milieu 1 et de 97% en milieu 2.

L'adsorption des molécules inhibitrices de l'EDTA sur la surface de l'acier suit l'isotherme de Langmuir.

La variation de l'enthalpie comporte des valeurs négatives d'environ -20 kJ/mol ce qui indique que le procédé d'adsorption est spontané et l'adsorption est physique.

5. Bibliographie

- [FED 05] FEDRIZZI L., AZZOLINI F., BONORA P., «The use of migrating corrosion inhibitors to repair motorways concrete structures contaminated by chlorides». *Cement and Concrete Research*, vol 35, 2005, p.551- 561.
- [GAI 04] GAIDIS J., «Chemistry of corrosion inhibitors», *Cement and Concrete Composites*, vol. 26, N° 3, 2004, p. 181-189.
- [HUD 02] HUDA K., A «note on the efficacy of ethylenediaminetetra-acetic acid disodium salt as a stripping agent for corrosion products of copper», *Studies in Conservation*, vol. 47, 2002, p 211-216.
- [KEN 06] KENY S., MANJANNA J., VENKATESWARAN G., KAMESWARAN R., «Dissolution behavior of synthetic Mg/Zn-ferrite corrosion products in EDTA and NTA based formulations», *Corrosion Science*, vol.48, 2006, p 2780- 2798.
- [NWA12] NWABANNE J., OKAFOR V., «Adsorption and Thermodynamics Study of the Inhibition of Corrosion of Mild Steel in H₂SO₄ Medium Using Vernonia Amygdalina», *Minerals and Materials Characterization and Engineering*, vol.11, 2012,p.885-890.
- [OKE 14] OKENIYI J., «C₁₀H₁₈N₂Na₂O₁₀ inhibition and adsorption mechanism on concrete steel-reinforcement corrosion in corrosive environments», *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*, 2014.
- [PED 96] PEDEFERRI P., «Cathodic protection and cathodic prevention», *Construction and Building Materials*, vol. 10, N°05, 1996, p. 391- 402.
- [QIA 04] QIAN S., CUSSON D., «Electrochemical evaluation of the performance of corrosion-inhibiting systems in concrete bridges». *Cement and Concrete Composites*, vol 26, 2004, p. 217- 233.
- [SAI 13] SAIL L., Etude de la performance d'inhibiteurs de corrosion a base de phosphate pour les constructions en béton armé, Thèse de doctorat, Université de Tlemcen, 2013.
- [TAN 12] TANG Y., MIAO Y., ZUO Y., ZHANG G., WANG C., «Corrosion behavior of steel in simulated concrete pore solutions treated with calcium silicate hydrates», *Construction and Building Materials*, vol. 30, 2012 , p. 252-256.