

Article

« Inhibition de la corrosion d'un acier au carbone par le Kemazur 1620 »

O. Hamdaoui, M. Ouchefoun et M. Zerdaoui

Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 13, n° 1, 2000, p. 47-54.

Pour citer cet article, utiliser l'information suivante :

URI: <http://id.erudit.org/iderudit/705380ar>

DOI: 10.7202/705380ar

Note : les règles d'écriture des références bibliographiques peuvent varier selon les différents domaines du savoir.

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter à l'URI <https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-dutilisation/>

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche. Érudit offre des services d'édition numérique de documents scientifiques depuis 1998.

Pour communiquer avec les responsables d'Érudit : info@erudit.org

NOTE

Inhibition de la corrosion d'un acier au carbone par le Kemazur 1620

Corrosion inhibition of a carbon steel by Kemazur 1620

O. HAMDAOUI, M. OUCHEFOUN *, M. ZERDAOUI

Reçu le 20 avril 1998, accepté le 17 janvier 2000**

SUMMARY

In this study, electrochemical measurements were carried out to characterize the inhibition efficiency of the commercial product Kemazur 1620, employed for water treatment in cooling circuits. The influence of parameters such as the concentration of the compound and the effect of the temperature on the behavior of the carbon steel / corrosion medium interface was studied. Polarization curves have been obtained by a three-electrode device. In the first part of this study, only the evolution of the corrosion rate as a function of concentration was examined. It has been shown from the polarization curves that the Kemazur 1620 presents a very good efficiency for a concentration of 2.000 ppm. Between 1.000 and 2.000 ppm, the inhibition efficiency increases from 56 to 91%. In a second part, the inhibition efficiency of the compound has been compared to an inhibitor used for similar uses.

Key-words: *inhibition, corrosion rate, electrochemical method, water treatment, Kemazur 1620.*

RÉSUMÉ

Dans cette étude, des mesures électrochimiques ont été utilisées pour caractériser l'efficacité inhibitrice du produit commercial Kemazur 1620, employé pour le traitement des eaux des circuits de refroidissement. L'influence de la concentration de ce composé ainsi que l'effet de la température du milieu ont été étudiés.

Les courbes de polarisation ont été obtenues à l'aide d'un montage à trois électrodes.

Département de génie des procédés, Faculté des sciences de l'ingénieur, Université de Annaba, BP 12, 23000 Annaba, Algérie.

* Correspondance. E-mail : ohamdaoui@yahoo.fr

** Les commentaires seront reçus jusqu'au 15 février 2001.

La méthode électrochimique a permis de déterminer la vitesse de corrosion en l'absence et en présence d'inhibiteur et par conséquent, le taux de protection. Ainsi, le Kemazur 1620 présente une très bonne efficacité pour une concentration de 2 000 ppm. Entre 1000 et 2 000 ppm, l'efficacité inhibitrice augmente de 56 à 91 %.

En outre, l'efficacité inhibitrice du composé a été comparée à celle du nitrite de sodium.

Mots clés : *inhibition, vitesse de corrosion, méthode électrochimique, traitement de l'eau, Kemazur 1620.*

1 – INTRODUCTION

Les eaux des circuits de refroidissement sont généralement traitées de façon à éviter les problèmes d'entartrage, de salissures et de corrosion. En plus du traitement préalable de l'eau (clarification, adoucissement, déminéralisation) il est souvent indispensable d'adjoindre un traitement chimique au moyen de produits de conditionnement anticorrosion.

Généralement, des mélanges d'inhibiteurs sont utilisés pour combiner différents modes d'action (DUPRAT *et al.*, 1985 ; GONZALEZ *et al.*, 1996 ; LAFONT *et al.*, 1993).

Dans cette étude, une formulation inhibitrice commerciale a été testée. Le choix de ce composé est justifié par le fait que ce produit est utilisé comme inhibiteur de corrosion dans les circuits de refroidissement (HAMDAOUI, 1997 ; HAMDAOUI *et al.*, 1997).

Nous avons entrepris de caractériser l'efficacité inhibitrice du composé à l'aide d'une méthode électrochimique (tracé des courbes de polarisation).

Le milieu corrosif est une eau adoucie traitée au laboratoire.

Nous présentons ici les résultats relatifs, d'une part à l'influence de la concentration de cette formulation et, d'autre part, à l'effet de la température sur le comportement de l'interface acier au carbone / eau adoucie. De plus, nous comparons l'efficacité inhibitrice du composé à celle du nitrite de sodium.

2 – CONDITIONS EXPÉRIMENTALES

2.1 Matériau et milieu

L'acier retenu dans cette étude est un acier au carbone TS4 (norme ISO 2604/II) dont la composition est la suivante (HAMDAOUI, 1997) : C = 0,08, Mn = 0,52, Si = 0,21, P = 0,005, S = 0,007 et Fe.

Le milieu corrosif est une eau adoucie préparée au laboratoire par adoucissement sur résine échangeuse d'ions d'une eau décarbonatée à la chaux (HAMDAOUI

et al., 1999) traitée au chlorure ferrique comme coagulant. Cette eau décarbonatée, parfaitement clarifiée, est obtenue par traitement de l'eau brute du barrage Bounamoussa (Annaba – Algérie). Les caractéristiques physicochimiques de cette eau adoucie sont : TH = 0 °f, TA = 1,1 °f, TAC = 2,2 °f, Cl⁻ = 8,3 °f, pH = 9,67, conductivité = 302 µs/cm et turbidité = 0,3NTU.

La formulation inhibitrice, fournie par la société Degremont (France), est un mélange industriel sous forme de solution aqueuse. Les concentrations préconisées par la société Degremont sont de 1 500 à 3 000 ppm.

L'efficacité inhibitrice de ce composé a été comparée à celle du nitrite de sodium pur pour laboratoire de marque Merck.

2.2 Mesures électrochimiques

L'éprouvette destinée aux essais électrochimiques se présente sous la forme d'un cylindre de 1 cm² de section. Elle constitue l'électrode de travail. Avant d'être plongée dans la solution électrolytique, l'électrode est polie au papier abrasif jusqu'au grade 4 000. Elle est ensuite rincée à l'eau déminéralisée, nettoyée et dégraissée à l'alcool (éthanol) et séchée à l'air.

Le dispositif expérimental permettant le tracé des courbes de polarisation est un montage classique à trois électrodes : électrode de travail, électrode de référence au sulfate saturé (ESS), électrode auxiliaire en graphite reliées à un ensemble EG & G Princeton Applied Research composé :

- d'un potentiostat/galvanostat modèle 273A permettant un affichage complet des caractéristiques mesurées ;
- d'un électromètre différentiel jouant le rôle d'une interface entre le modèle 273A et l'électrode de référence ;
- d'une cellule de corrosion modèle K47.

L'ensemble est piloté par un ordinateur.

2.3 Protocole opératoire des essais électrochimiques

Pour tous nos essais électrochimiques, nous avons suivi le protocole opératoire suivant : après 5 minutes d'immersion au potentiel de corrosion, la courbe de polarisation est tracée afin de déterminer la densité de courant de corrosion et les pentes de Tafel. Afin de considérer uniquement la linéarité des branches cathodiques et anodiques des courbes de Tafel, nous avons tracé ces dernières dans un domaine de ± 250 mV par rapport au potentiel de corrosion.

L'état de surface de l'électrode est observé à l'aide d'un microscope optique, à la fin des essais, soit environ après 25 minutes d'immersion.

Les courbes et tableaux présentés sont les résultats d'au moins trois manipulations.

3 – RÉSULTATS ET DISCUSSION

L'efficacité inhibitrice a été déterminée à l'aide d'une méthode électrochimique basée sur l'exploitation des courbes de Tafel.

L'efficacité inhibitrice, E_i , est alors évaluée par la relation (LANDOLT, 1993) :

$$E_i = \frac{I_{\text{corr}} - I^{\circ}_{\text{corr}}}{I_{\text{corr}}} 100$$

dans laquelle I_{corr} et I°_{corr} représentent respectivement les densités de courant en l'absence et en présence de l'inhibiteur.

3.1 Influence de la concentration en inhibiteur

Les concentrations en inhibiteur recommandées par la société Degremont varient de 1 500 à 3 000 ppm. L'action inhibitrice du composé a été étudiée en outre pour des concentrations de 260 à 3 500 ppm.

L'ensemble des résultats obtenus est regroupé dans le *tableau 1* alors que la *figure 1* représente les courbes de polarisation correspondantes.

Tableau 1 Paramètres obtenus à partir des courbes de polarisation pour différentes concentrations en inhibiteur.

Table 1 Parameters deduced from the polarization curves for different inhibitor concentrations.

Concentration (ppm)	E_{corr} (mV/ESS)	I_{corr} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	E_i (%)
0	-800 ± 8	25 ± 2	—
260	-693 ± 6	15 ± 1	40
500	-784 ± 14	15 ± 0	40
1 000	-717 ± 2	11 ± 1	56
1 500	-722 ± 6	$9,6 \pm 0$	62
2 000	-669 ± 15	$2,3 \pm 0,5$	91
2 500	-671 ± 23	$3,4 \pm 0,8$	86
3 000	-682 ± 20	$4,6 \pm 0$	82
3 500	-671 ± 17	$5 \pm 0,6$	80

À partir de ces résultats, nous observons que :

Quelle que soit la concentration, le composé étudié affiche des propriétés inhibitrices. En l'absence d'inhibiteur, la densité de courant de corrosion est de l'ordre de $25 \mu\text{A}/\text{cm}^2$. En présence du K1620, les densités de courant sont diminuées. Dans le domaine de concentration de 260 à 2 000 ppm, l'efficacité inhibitrice augmente, lorsque la concentration en inhibiteur augmente. Ainsi, pour 2 000 ppm, la protection apportée par l'inhibiteur est très bonne et la surface de l'électrode apparaît intacte après les essais de corrosion. Entre 1 000 et 2 000 ppm l'efficacité inhibitrice mesurée passe de 56 à 91 %.

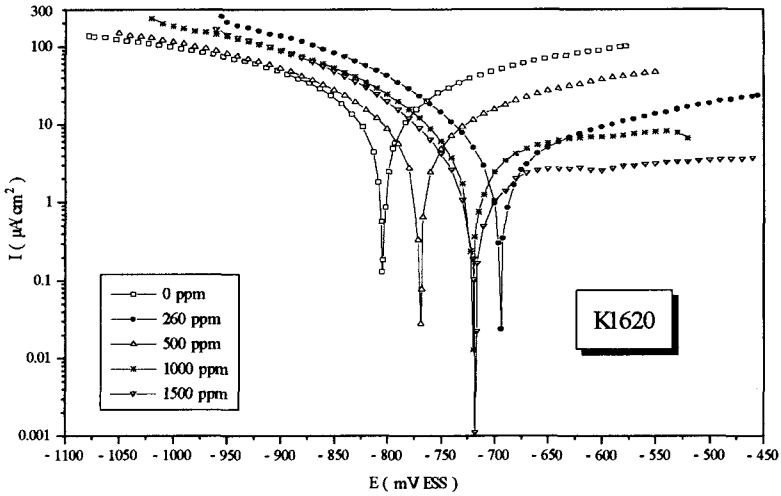


Figure 1 Courbes de polarisation pour différentes concentrations en Kemazur 1620.

Polarization curves for different concentrations of Kemazur 1620.

Pour des concentrations de 2 000 à 3 500 ppm, l'efficacité inhibitrice diminue lorsque la concentration en inhibiteur augmente, elle passe de 91 à 80 %, mais la surface de l'électrode ne présente aucune trace de corrosion.

À l'examen des branches cathodiques des courbes de polarisation, il semble qu'il n'y a pas de différence notable entre les courbes obtenues avec et sans inhibiteur.

Dans le domaine anodique, l'addition du K1620 modifie l'allure de la courbe comparativement à celle obtenue en l'absence d'inhibiteur. Les pentes anodiques des droites de Tafel sont affectées par la présence de l'inhibiteur. Ainsi, ce composé diminue la densité de courant partiel anodique.

Il est important de noter que l'ajout de l'inhibiteur déplace le potentiel vers des potentiels plus positifs.

Toutes ces constatations plaident en faveur d'une action anodique importante de l'inhibiteur.

En conclusion, nous avons montré que le K1620 ajouté au milieu agressif conduit à une très bonne protection de l'acier pour une concentration optimale de 2000 ppm.

3.2 Effet de la température

La température d'une eau a une influence directe sur la vitesse de corrosion (LANDOLT, 1993 ; LEROY, 1988). Les courbes de polarisation ont été relevées d'une part, dans l'eau adoucie et, d'autre part, dans ce même milieu en présence de 2 000 ppm d'inhibiteur, pour des températures de 25, 35 et 45 °C.

Le *tableau 2* regroupe les paramètres électrochimiques obtenus à partir de l'exploitation des courbes de polarisation pour différentes températures, en l'absence d'inhibiteur et en présence de 2 000 ppm de K1620.

Tableau 2 Paramètres obtenus à partir des courbes de polarisation pour différentes températures, en l'absence d'inhibiteur et en présence de 2 000 ppm de K1620.

Table 2 *Parameters deduced from the polarization curves for different temperatures in the absence of inhibitor and in the presence of 2.000 ppm of K1620.*

Température (°C)	Sans inhibiteur		2 000 ppm K1620		
	E _{corr} (mV/ESS)	I _{corr} (µA/cm ²)	E _{corr} (mV/ESS)	I _{corr} (µA/cm ²)	E _i (%)
25	-800 ± 8	25 ± 2	-669 ± 15	2,3 ± 0,5	91
35	-811 ± 8	34 ± 0,3	-685 ± 16	3,3 ± 0,4	90
45	-822 ± 6	47 ± 1	-639 ± 14	4,7 ± 0,5	90

En l'absence d'inhibiteur, les vitesses de corrosion ainsi mesurées augmentent avec l'élévation de la température, et on note un déplacement du potentiel de corrosion vers des potentiels de plus en plus négatifs.

Les courbes de polarisation tracées en présence de 2 000 ppm de K1620 mettent nettement en évidence l'action anodique de l'inhibiteur (HAMDAOUI, 1997).

Il est important de noter que même en présence d'inhibiteur les densités de courant augmentent avec l'élévation de la température, mais la surface de l'électrode apparaît intacte après les essais de corrosion. Conjointement, il semble que l'efficacité inhibitrice reste constante dans ce domaine de température.

3.3 Étude comparative de l'efficacité inhibitrice

Nous avons comparé l'efficacité inhibitrice du K1620 avec celle du nitrite de sodium.

Les valeurs du potentiel de corrosion et de la vitesse de corrosion, obtenues par extrapolation des droites de Tafel pour diverses concentrations en NaNO₂, sont reportées dans le *tableau 3*.

La vitesse de corrosion, I_{corr}, apparaît très faible dans le cas de l'addition du NaNO₂ et elle diminue progressivement lorsque la concentration en inhibiteur augmente. Ainsi, dès 500 mg/L, la protection apportée par ce composé est satisfaisante et la surface de l'électrode apparaît intacte après les essais de corrosion. Entre 500 et 1 000 mg/L, l'efficacité inhibitrice mesurée passe de 84 à 99 %. La valeur du potentiel de corrosion (- 781 mV/ESS pour 20 mg/L) se déplace vers des potentiels de plus en plus positifs lorsque la concentration augmente. Ce comportement associé à la diminution de la densité de courant partiel anodique (HAMDAOUI, 1997) plaide en faveur d'une action anodique du nitrite de sodium.

Tableau 3 Paramètres électrochimiques obtenus à partir des courbes de polarisation pour différentes concentrations en NaNO_2 .

Table 3 Parameters deduced from the polarization curves for different concentrations of NaNO_2 .

Concentration (mg/l)	E_{corr} (mV/ESS)	I_{corr} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	E_i (%)
0	-800 ± 8	25 ± 2	—
20	-781 ± 12	19 ± 1	24
50	-775 ± 7	15 ± 2	40
100	-743 ± 6	12 ± 1	52
500	-702 ± 1	4 ± 0	84
700	-628 ± 16	$0,7 \pm 0$	97
1 000	-611 ± 10	$,2 \pm 0$	99

Si l'on compare ces résultats à ceux du K1620, les vitesses de corrosion apparaissent plus faibles pour le nitrite de sodium. En effet, pour 1 000 mg/L de nitrite de sodium, la densité de courant de corrosion mesurée est de $0,2 \mu\text{A}/\text{cm}^2$, pour 2 000 ppm de K1620, la vitesse de corrosion est de l'ordre de $2,3 \mu\text{A}/\text{cm}^2$. Ces deux dosages sont équivalents, car dans la formulation du K1620 (densité 1,3 à 20 °C) la concentration massique de NaNO_2 est de 40 %. Ces résultats sont valables si on se limite au seul aspect de la protection de l'acier, mais dans un véritable circuit de refroidissement, il est impossible d'avoir l'assurance de l'absence de matériaux autres que l'acier (accessoires, robinetterie, etc.). En présence, notamment, de cuivre et d'alliages cuivreux, les résultats seraient fortement inversés.

4 – CONCLUSION

Cette étude montre l'intérêt d'utilisation du produit commercial K1620 comme inhibiteur de corrosion pour le traitement des eaux industrielles.

Les essais électrochimiques ont montré la très bonne efficacité du composé pour une concentration optimale de 2 000 ppm. Pour des concentrations supérieures, l'efficacité diminue légèrement. Le produit testé agit comme un inhibiteur anodique.

Les essais électrochimiques réalisés à des températures de 25, 35 et 45 °C montrent que la vitesse de corrosion augmente avec l'élévation de la température même en présence d'inhibiteur.

L'étude comparative de l'efficacité inhibitrice du K1620 et du nitrite de sodium fait apparaître une meilleure efficacité inhibitrice de ce dernier. Cette étude ne traite que le seul aspect de la protection de l'acier. Dans un véritable circuit, le K1620 constitue un avantage appréciable, car il possède un spectre plus large et a été conçu pour des protections multi-métaux.

Il serait donc intéressant et nécessaire d'approfondir la connaissance des mécanismes mis en jeu lors du processus d'inhibition.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- GONZALEZ Y., LAFONT M.C., PEBERE N., MORAN F., 1996. A synergistic effect between zinc salt and phosphonic acid for corrosion inhibition of a carbon steel. *J. Appl. Electrochem.*, 26, 1259-1265.
- DUPRAT M., LAFONT M.C., MORAN F., ROCHER S., 1985. Inhibition de la corrosion d'un acier au carbone en milieux neutres aérés par les monofluorophosphates. *Rev. Fr. Sci. Eau*, 4, 1-15.
- HAMDAOUI O., 1997. Étude, traitement et conditionnement des eaux industrielles destinées au circuit de refroidissement des cheminées de l'aciérie à oxygène n° 1 (Sider Annaba). *Th. Magister Univ. Annaba*, 211 p.
- HAMDAOUI O., OUCHEFOUN M., ZER-DAOUI M., 1999. Sur la décarbonatation par chaux des eaux de surface. *Cahiers Assoc. Sci. Eur. Eau Santé*, 4, 53-65.
- HAMDAOUI O., OUCHEFOUN M., ZER-DAOUI M., BOUMAHRAZ M., 1997. Inhibition de la corrosion de l'acier des cheminées de l'aciérie à oxygène n° 1 (Sider Annaba) par le Kemazur 1620 et le Kemazur 1661. *Quatrième congrès de la Société Algérienne de Chimie*. Algérie, Tiemcen, 12-15 mai 1997.
- LAFONT M. C., PEBERE N., MORAN F., BLERLOT P., 1993. Inhibition de la corrosion d'un acier au carbone par des produits dérivés de phosphonates en association avec les sels de zinc, *Rev. Sci. Eau*, 6, 97-112.
- LANDOLT D., 1993. *Traité des matériaux : Corrosion et chimie de surfaces des matériaux*, Technique & Documentation-Lavoisier, Paris.
- LEROY P., 1988. Interprétation des analyses pour l'étude des risques de corrosion des conduites des réseaux intérieurs. *T.S.M.-L'Eau*, 83, 661-665.