

Diagnostic des dégradations des structures métalliques sous l'effet de corrosion dans la région de Jijel

Mohammed - Amin BOUMEHRAZ ^{1*}, Mekki MELLAS ²

¹ Département génie civil, faculté des sciences et de la technologie, université de Biskra.

² Professeur à l'université de Biskra.

* amine18gc@yahoo.com

Résumé : La région de Jijel est caractérisée par un climat méditerranéen, ce dernier est caractérisé par des hivers froids et peu pluvieux contrairement aux automnes, et des étés secs, avec des températures qui varient entre 20°C et 35°C en été, et l'humidité relative moyenne de l'air est plus élevée qui atteint l'ordre de 70%. Plusieurs dégradations physico-chimiques ont été constatées sur les constructions métalliques implantées dans la région de Jijel, ces altérations ont touché directement à leur durabilité, telles que : la corrosion des profils en aciers ou des armatures du béton armé, des fissures ou/et d'éclatement d'enrobage sous l'effet des réactions alcalis-granulats ou la corrosion des aciers. Dans cette étude, nous illustrons par photos quelques dommages provoqués par la corrosion des structures métalliques, Puis nous expliquons les causes principales de corrosion des profils en aciers ou des dégradations du béton armé, enfin nous proposons quelques solutions ou des recommandations pour éviter ou/et diminuer ces dommages structuraux.

Mots Clés: Durabilité, corrosion, structures métalliques, humidité, profils en aciers.

1. Introduction

La région de Jijel est caractérisée par un climat méditerranéen, ce dernier est caractérisé par des hivers froids et peu pluvieux contrairement aux automnes, dont les précipitations qui atteignent l'ordre de 1200 mm/km. Les étés sont secs, avec des températures qui varient entre 20°C et 35°C en été. La période humide de l'année est comprise entre décembre et janvier, le taux de pluviométrie entre Novembre et Janvier peut atteindre les 57% des pluies de l'année. La durée d'insolation est de l'ordre de 3000 heures par an, et l'humidité relative moyenne de l'air est plus élevée qui atteint l'ordre de 70% [1]. Les bassins versants de Jijel, à l'exception de la zone côtière, sont caractérisés par un réseau hydrographique dense, et une couverture géologique faible et peu perméable, ce qui favorise l'écoulement en surface des eaux pluviales, nous pouvons citer les principaux oueds de la région, et qui sont d'est en ouest: Oued Zhor, Oued Elkebir, Oued Nil, Djendjen, Mencha, Kissir, Bouchayed, Taza et Guelil [2].

Ces caractéristiques de la région d'étude influent négativement sur la durabilité des constructions métalliques et/ou des constructions mixtes, qui y sont réalisées voir les ouvrages souterrains, les ponts, les usines,....etc.

Plusieurs dégradations physico-chimiques ont été constatées sur les constructions métalliques ou les structures mixtes en service dans la région de Jijel. Généralement, ces structures ne peuvent pas résister aux agents chimiques agressifs du milieu extérieur, ces altérations ont touchés directement à leur durabilité, telles que : la corrosion des profils en aciers ou les armatures du béton armé, des fissures ou/et d'éclatement d'enrobage du béton sous l'effet des réactions alcalis-granulats ou la corrosion des aciers, ces dernières peuvent détruire l'adhérence entre les granulats et la pâte du ciment. [3]

2. Mécanisme de corrosion des aciers

Généralement, la corrosion d'un métal, on entend la transformation du métal (élément fer) en divers composés (oxydes et hydroxydes) sous une action chimique (action de l'oxygène de l'air en présence d'eau, oxygène, salinité, pH, gaz carbonique), physiques (vitesse des courants, température, pression, particules solides présentes dans l'eau (sable, ...)), ou biologiques (salissures marines biologiques végétales ou animales, bactéries....) [4]. La corrosion des aciers avec formation de rouille comporte deux phases (voir la figure 01) :

✓ La première phase est la phase d'incubation, dans cette phase les éléments agressifs, tels que le dioxyde de carbone (CO₂) ou les chlorures (Cl⁻), présents dans le milieu environnant, ces derniers sont séjournés sur la surface des profils en acier, et/ou ils ont pénétrés dans le béton jusqu'aux armatures.

✓ enfin, La phase de propagation de la corrosion qui commence lorsque ces corps agressifs se trouvent à des concentrations assez fortes au niveau des aciers, cette phase correspond à la croissance de la rouille, et la dissolution du métal, qui peut ensuite provoquer l'éclatement du béton d'enrobage pour les structures mixtes. [5]

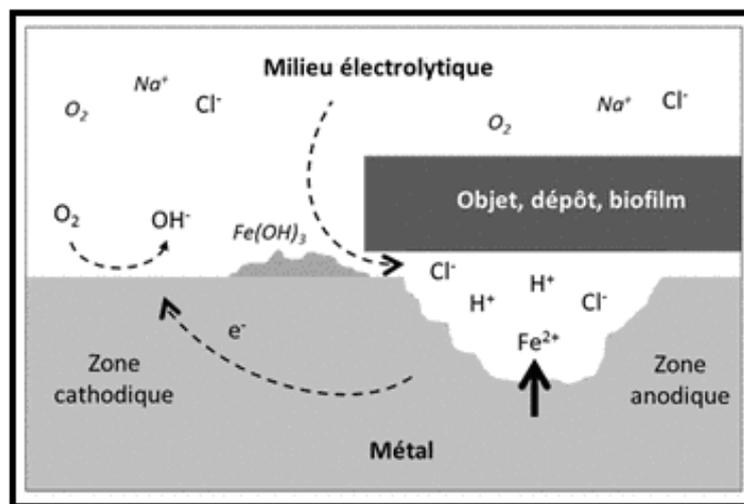


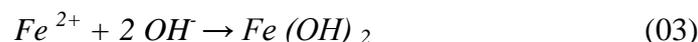
Figure 01: Mécanisme de corrosion des aciers des structures métalliques.

2.1. Mécanisme de la corrosion (phénomène électrochimiques)

La corrosion des aciers, selon le phénomène électrochimique implique l'existence d'une anode, d'une cathode et d'un milieu électrolytique pour constituer une pile [6], la réaction anodique ou la réaction de dissolution du métal suit l'équation (01) :



Dans le milieu alcalin, les ions libérés par la réaction anodique sont consommés à la cathode par réduction de l'oxygène selon l'équation (02), Les ions ferreux réagissent ensuite avec les ions (OH⁻) pour former de l'hydroxyde ferreux légèrement soluble suivant l'équation (03): [7]



Les réactions se poursuivent en présence d'oxygène pour donner Fe(OH)₃ et Fe₂O₃, puis une oxydation lente conduit aux oxydes hydratés Fe₂O₃.H₂O et la magnétite Fe₃O₄. La rouille est alors formée d'un mélange de ces trois constituants. [8]

L'humidité relative la plus favorable pour que la corrosion se produise est de 70% à 80%, et même au plus de 80%, la diffusion de l'oxygène est considérablement diminuée mais la rouille des aciers augmente, généralement, il n'y a pas de formation de rouille lorsque l'élément en béton est totalement immergé dans l'eau désaérée, et l'influence de la température n'étant importante qu'au dessus de 10°C [9]. Les photos (01) et (02) présentent quelques exemples de la corrosion des constructions métalliques sous l'effet d'humidité très élevée dans la région de l'est de Jijel.



Photo 01: Corrosion d'un pont métallique de Milia-Jijel.



Photo 02: Corrosion et destruction partielle de passerelle métallique à el Ancer-Jijel.

2.2. Attaque par les ions chlorures

La vitesse de corrosion des aciers est plus élevée en présence d'ions chlore, ces derniers s'atteignent les couches superficielles des profils en aciers ou/et des armatures du béton en quantité suffisante, ces aciers vont alors être dépassivés et la corrosion va débiter en présence de dioxygène puis se propager. Dans le cas de très faibles concentrations d'ions de chlore, à peine supérieure à 0,01 %, modifieraient la morphologie de la couche passive en donnant le composé Fe(OH)₂ et les ions (OH⁻) seront consommés selon les équations (04) et (05) [8], La photo (03) présente la corrosion des profils des poutres d'une usine métallique de liège de Ouled Salah - Jijel, sous l'effet de haute humidité a été provoquée par l'évaporation de l'eau utilisée pour la production.

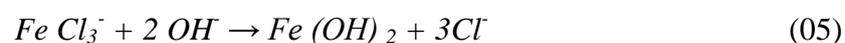




Photo 03: *Corrosion des profils des poutres de l'usine de liège d'Ouled Salah- Jijel.*

Les électrons libérés par la réaction d'oxydation se déplacent à travers le métal jusqu'aux sites cathodiques. D'après ces réactions, le processus conduit à une diminution du pH et un recyclage des ions chlorures [9]. L'hydrolyse de ces derniers entraînent l'acidification de la matière et la formation d'hydroxyde ferreux insoluble dont l'évolution donne la rouille, ainsi la formation du gonflement du béton, et il provoque une désagrégation de l'enrobage, par éclatement ou fissuration [3]. La photo (04) présente l'éclatement d'enrobage du béton armé sous l'effet de corrosion des aciers d'un pont mixte de la ville de Jijel.



Photo 04: *Corrosion des armatures du béton et l'éclatement d'enrobage du béton d'un pont mixte de la ville de Jijel.*

3. Causes principales de corrosion

Dans cette partie, nous citons les causes principales de la corrosion des profils en acier ou/et des armatures du béton armé utilisés, pour la fabrication des structures métalliques ou mixtes.

3.1. Causes due aux effets climatiques

✓ La corrosion humide se produit en milieu humide, c'est-à-dire lorsque l'humidité relative excède 60 %, ces environnements sont neutres, acides ou alcalins. Nous remarquons que L'humidité relative de la région de Jijel atteint plus de 70% aux mois d'hiver, généralement la vitesse de corrosion des aciers est accélérée dans le cas d'humidité relative est entre 70% - 80%, à cause de la présence d'oxygène en pourcentage adéquat. [8]

✓ La température joue un rôle non négligeable, signale que la vitesse de corrosion double sensiblement entre 20 °C et 40 °C, pour un taux d'humidité supérieur à 80% [8], surtout la région de Jijel est de température moyenne entre 20 °C et 35 °C aux mois d'été.

3.2. Causes due à la mise en œuvre

- ✓ Défaut de mise en place de ferrailage, ou des erreurs dans la disposition des aciers.
- ✓ Mauvaise assemblage des profils en acier de différentes formes, soient : pour les poutres, les poteaux, les dalles...etc.
- ✓ Le malaxage trop court, et/ou un coulage rapidement du béton influe négativement sur la compacité du béton, puis sur la résistance mécanique à la compression.
- ✓ L'absence d'écarteurs de coffrage peut engendrer une insuffisance d'enrobage.
- ✓ Une vibration trop brève ou pas assez puissante peut provoquer des défauts d'homogénéité, et aussi une vibration trop forte au-dessus des barres de diamètres importantes placées trop près de la surface induit la fissuration précoce. [10]
- ✓ La température plus élevée et la durée courte de cure humide accélèrent la vitesse de corrosion des armatures du béton armé. [8]

3.3. Causes due à l'entretien

- ✓ Mauvaise protection des charpentes métalliques à cause de mal utilisation des peintures, et surtout aux zones d'assemblage ou aux nœuds.
- ✓ L'absence d'entretien après la mise en service pour des passerelles et des ponts métalliques, réalisés dans les zones de forte humidité ou les régions de présence des oueds.
- ✓ Le badigeonnage du béton des fondations des structures métalliques immergées dans les eaux de Oued par une seule couche des peintures bitumineuse, ce qui permet la pénétration des ions chlorures, puis la corrosion des armatures du béton armé.

4. Précautions proposées

- ✓ La protection contre la corrosion d'une charpente métallique peut être obtenue soit par un revêtement anticorrosion, soit par l'emploi d'acier patinable ou acier inoxydable, pour augmenter la durée de vie et éviter le risque de corrosion. Généralement, les revêtements protecteurs appliqués par peintures sont composés par d'une couche de fond, simple ou multiple, qui sert la protection contre la corrosion (peinture antirouille) et de liaison avec la couche de finition, ces revêtements sont caractérisé par l'étanchéité, la teinte, la brillance, la texture et la résistance aux influences extérieurs. Et aussi les revêtements protecteurs appliqués par trempage (zingage à chaud), ce procédé permet de traiter les endroits de difficiles d'accès ou les zones des joints de montages par boulonnage. [11]
- ✓ Réparation de zones corrodées des structures métalliques par l'utilisation des peintures anticorrosion, généralement, avant l'application de différentes peintures, il faut nettoyer les parties corrodées. Ce nettoyage se fait en plusieurs étapes et par l'utilisation d'un nettoyeur haute pression (500 à 1000 bars max), qui permet d'enlever toutes les concrétions et une partie de la corrosion. Ensuite, il faut sabler la surface, qui permet de mettre le fer à "blanc" et de donner de la rugosité à la surface. Lorsque cette étape est réalisée, il faut aussitôt effectuer la peinture pour éviter que le métal s'oxyde et donc que la peinture n'ait plus aucune utilité. [4]

- ✓ Faire un entretien chaque année, et surtout pour les structures métalliques réalisées aux zones de forte humidité relative.
- ✓ Fabrication un béton de bonne résistance mécanique à la compression soit par assurer: un bon malaxage du béton, une bonne vibration donc une bonne compacité et une faible porosité, et aussi la cure humide,.....etc.

5. Conclusion

Nous concluons d'après cette étude que les constructions métalliques, réalisées dans la région de Jijel sont de faible durée de vie, donc une mauvaise durabilité, à cause de l'humidité très élevée ou atteint plus de 70%. Généralement, les structures en béton armé (ponts, bâtiments, ouvrages d'arts,.....etc.) ont été réalisées dans la région de Jijel, est de meilleur durabilité par rapport aux structures métalliques ou/et mixtes, donc la réalisation des structures en béton armé est de meilleurs choix à cause d'une longue durée de vie.

6. Bibliographie

- [1] D. KAOUOLA, M. LEHTIHET, Octobre 2009, «Construire avec le climat : réflexion sur les outils d'architectures en climat méditerranéen / cas de la ville de Jijel», Article de séminaire internationale (SBEIDCO), Oran, October 12-14, 2009.
- [2] GRIMES.S, 2002, «le tourisme environnemental et l'aménagement urbain du littoral (Cas de la ville de Jijel)», Mémoire de magistère, Département d'architecture et d'urbanisme, Université de Constantine.
- [3] BOUALLEG.S, «Effet des milieux agressifs sur les caractéristiques de durabilité des bétons et des matrices cimentaires», Mémoire de magistère, Département de Génie Civil, Université de M'sila, Septembre 2004.
- [4] F. MEZIANI, A. KAHIL et All, Juin 2012, «Construire Méthodes de protection contre la corrosion des ouvrages portuaires de génie civil», Article au XII^{èmes} Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, Cherbourg, 12 - 14 juin 2012.
- [5] «Réhabilitation du béton armé dégradé par la corrosion», Documents scientifiques et techniques, Groupe de travail AFGC / CEFACOR, Novembre 2003.
- [6] K. ANN, H. SONG, «Chloride threshold level for corrosion of steel in concrete», Elsevier, Corrosion Science 49 (2007) 4113–4133, Juin 2007.
- [7] A. ARIS, P.N. SHARRATT, «evaluation of photo-fenton degradation of reactive black 5 using response surface method », Malaysian Journal of Civil Engineering 19(1), 26-41, 2007.
- [8] J.BARON, J.P.OLLIVIER, «La durabilité des bétons», collection de l'association technique de l'industrie des liants hydrauliques, Edition de l'école des ponts et chaussées, 49, Rue de l'université. 75007 Paris, 1992.
- [9] LASSOUED.R, OUCHENANE.K, OUCHENANE.M, «Influence de l'enrobage de béton sur la corrosion des armatures et effet de la corrosion sur l'adhérence.», Colloque national, pathologie des constructions : du diagnostic à la réparation, Département de Génie Civil, Université de MENTOURI- Constantine, Novembre 2008.
- [10] S. HAOUARA, A. GUETTALA, « Les facteurs d'influence sur la dégradation des ouvrages en béton armé dans la région de Biskra », Courrier du Savoir – N°06, pp.109-116, Juin 2005.
- [11] M. A. HIRT, M. CRISINEL, «Conception des charpentes métalliques», presses polytechniques et universitaires romandes, EPFL, Centre Midi, CH-1015, Lausanne, 2005.