

# Corrosions galvaniques dans les réseaux d'eaux usées

**Daniel Bindschedler**

SGK, Société Suisse de Protection contre la corrosion  
Technoparkstrasse 1, CH-8005 Zürich

## 1. Introduction

Dans des installations d'eaux usées en Suisse environ 50% des dommages sont dues à la présence de couples galvaniques. En comparaison avec la corrosion „naturelle“ dans l'eau (sans couples galvaniques) la vitesse de corrosion dans des macropiles est souvent 5 – 40 fois plus importante. C'est pourquoi des dommages provoqués par la corrosion sont observés bien avant la vie utile prévue pour les installations, souvent déjà après des durées de service de 3 à 5 ans.

## 2. Mécanisme

La condition nécessaire pour la corrosion par couples (piles) galvaniques est la présence d'une différence de potentiel entre plusieurs parties d'une structure métallique. Le **Tableau 1** indique des gammes de potentiels de corrosion  $E_c$  typiques du métal lesquels sont fonction de la nature du milieu environnant.

Métal et milieu		$E_c$ [mV <sub>CSE</sub> ]		
Acier, fonte dans eau usée aérée		-650	à	-450
Acier, fonte dans eau usée non aérée (conditions d'anaerobie)		-900		-700
Acier inox dans eau usée aérée		-200		+100 *
Acier d'armature de béton	air, sol	-200		+100
	dans l'eau	-500		-200
Zinc/acier galvanisé dans eau usée aérée		-1.000		-800
Aluminium allié dans eau usée aérée		-600	-50	

\* en présence des microorganismes le potentiel peut augmenter jusqu'à 500 mV

$E_c$  [mV<sub>CSE</sub>] : différence de potentiel entre le métal considéré et l'électrode de référence (cuivre/sulfate de cuivre) placée dans le même milieu. (eau ou sol)

**Tableau 1 : Potentiels de corrosion dans différent milieux**

Quand deux métaux avec des potentiels de corrosion différents sont en contact avec un électrolyte (eau, sol), ils forment une pile galvanique. Lorsque le circuit électrique entre les deux métaux est fermé, le métal avec le potentiel de corrosion le plus négatif devient l'anode et se corrode, celui avec le potentiel le plus positif la cathode (**Fig. 1**). Lorsque les zones anodiques et cathodiques sont séparées clairement on parle aussi des macropiles.

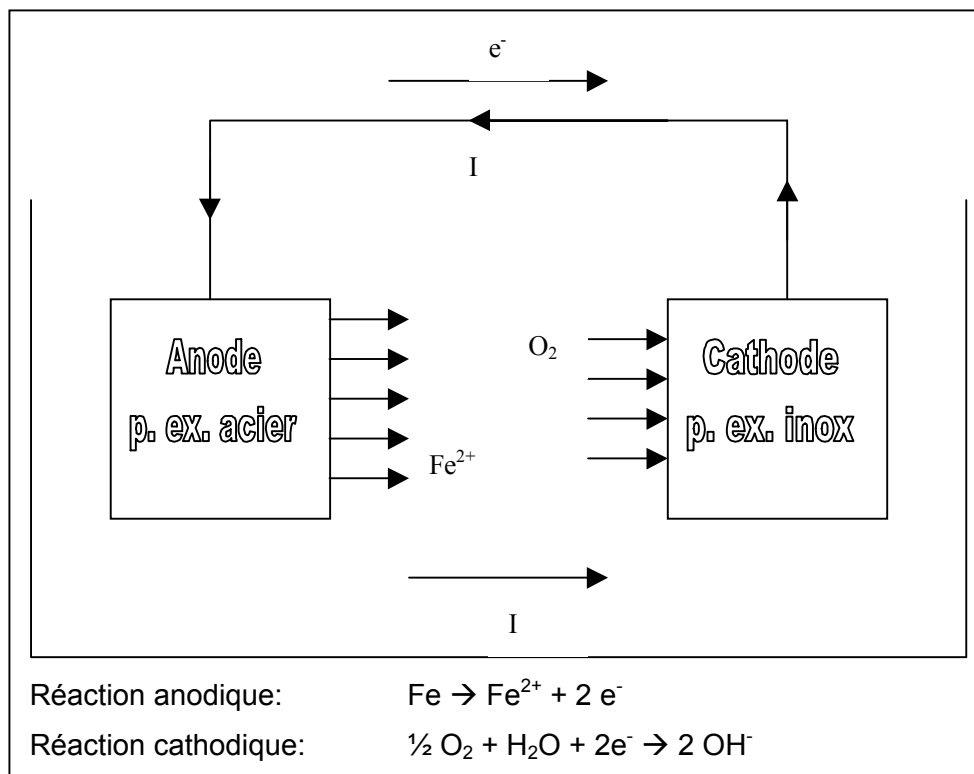


Fig.1 : Mécanisme de corrosion dans macropiles

### 3. Vitesse de corrosion

Dans des macropiles circule toujours un courant continu. L'importance de ce courant dépend de la différence des potentiels de corrosion, de la résistance électrique entre l'anode et la cathode et du comportement de polarisation (résistances électrochimiques).

La corrosion de l'anode se compose de sa propre corrosion (en absence de couples galvaniques) et de la perte de matière causée par le courant de macropile indiqué dans le **tableau 2**.

Métal	Perte de matière par mA	
	g/an	cm <sup>3</sup> /an
Aluminium	2.90	1.08
Acier/fonte	9.13	1.16
Zinc	10.69	0.98

Tableau 2 : Perte de matière par courant de macropiles

Dans les installations d'eaux usées des pertes de matières de plusieurs centaines de grammes par an par courants de macropiles sont possibles.

A signaler également que les vitesses de corrosion sont importantes dans des couples galvaniques présentant de grandes cathodes et de petites anodes. Des vitesses de corrosion comprises entre 0.5 et 2 mm/an sont souvent observées dans les installations d'eaux usés. Dans les macropiles la corrosion se concentre généralement au voisinage de l'interface anode cathode.

## 4. Matériaux en danger, situations typiques

Deux types de couples galvaniques sont prédominants :

### a) Les piles d'aération différentielle

La corrosion par aération différentielle s'observe lorsque la concentration en oxygène varie le long d'une structure (bassins avec grandes différences de concentration d'oxygène) ou si une partie de cette structure est couverte par des dépôts (incrustations, dépôt de boue, produits de corrosion non adhérents etc) qui empêchent l'accès de l'oxygène à la surface métallique. Une zone anodique avec dissolution du métal se forme dans la zone la moins oxygénée (par exemple sous le dépôt). Ce type de corrosion s'observe en général sur des installations en acier, acier galvanisé et fonte.

### b) Piles galvaniques avec des cathodes étrangères

Les piles galvaniques avec cathodes étrangères résultent de la liaison électrique d'un ouvrage étranger à la structure, cette structure ayant un potentiel plus positif que l'ouvrage lui-même. Du **tableau 1** on constate que les cathodes étrangères principales sont les aciers inox et l'armature du béton. Cette dernière a presque toujours une surface importante, ce qui favorise des grandes vitesses de corrosion. Des systèmes de mise à la terre en cuivre ou en acier inox peuvent être aussi des cathodes étrangères importantes. Les matériaux en danger sont ceux présentant des potentiels de corrosion négatifs comme l'acier, la fonte, l'acier galvanisé, zinc et aluminium. Si les éléments en acier ou fonte sont revêtus, la corrosion se concentrera sur les zones avec des défauts dans le revêtement (dégradations, porosités, détérioration accidentelle ...). Dans ce cas, le rapport des surfaces (petite anode, grande cathode) provoque presque toujours de grandes vitesses de corrosion.

Des situations typiques de couples galvaniques dans des installations d'eaux usées sont par exemple:

- des constructions mixtes en acier au carbone et acier inox,
- des pompes immergées, des échelles ou des systèmes d'aération dans des bassins en béton armé qui sont en contact avec l'armature du béton
- des conduites métalliques enterrées en contact avec le ferrailage et les dispositifs de mise à la terre en cuivre.

Les liaisons des matériaux à potentiels de corrosion différents sont souvent fortuites ou accidentelles. Elles peuvent résulter par exemple :

- de fixations métalliques en contact avec l'armature du béton, (tuyau traversant une paroi)
- des liaisons équipotentielles, mises à la terre, installations de mesures et régulation etc.

La combinaison de l'armature du béton avec des structures en acier inox ne pose normalement pas de problèmes du point de vue des couples galvaniques même si les potentiels de corrosion peuvent différer notablement. En effet, grâce au comportement électrochimique (faible résistance de polarisation des métaux passifs), les courants dans ces piles sont faibles et ne provoquent pas de corrosion à la structure présentant le potentiel le plus négatif.

## 5. Recommandations préventives

Les mesures préventives de protection des structures métalliques vis-à-vis des couples galvaniques consistent en principe à éviter la formation des macropiles ou à limiter les courants à des valeurs tolérables. Ces mesures peuvent être :

### a) Dans le cas de cellules d'aération différentielle

- Utilisation des matériaux insensibles à cette forme de corrosion (acier inox...) ou non conducteurs.
- Application de revêtements d'épaisseur minimale de 300  $\mu\text{m}$
- Utilisation de la protection cathodique afin d'éviter ou de diminuer des différences de potentiel entre zones avec bonne et mauvaise aération
- Construction sans conductibilité longitudinale (assemblage non conducteur d'éléments de conduites) limitant les surfaces cathodiques actives.
- Elimination des dépôts afin de réduire les aérations différentielles le long de la structure.
- Homogénéisation de la concentration en oxygène dans l'effluent.

#### **b) Dans le cas de couples galvaniques avec des cathodes étrangères**

- Privilégier l'utilisation de matériaux non conducteurs.
- Eviter les assemblages de matériaux métalliques de nature différente (de potentiel différent)

Lorsque l'assemblage de matériaux métalliques de nature différente sont nécessaires :

- Mettre en place une séparation galvanique (isolation pour courants continus faibles)
- Prévoir des dispositifs permettant d'éviter le contact permanent avec l'électrolyte pour les équipements à fonctionnement intermittent (p. ex. lever des pompes immergées hors service)
- Augmenter la résistance électrique dans le circuit de courant (p.ex. montage des pièces isolantes entre tubes de différent matériaux)
- Eviter des rapports de surfaces cathode/anode défavorables (p. ex. réduction de la surface cathodique par une peinture ou un revêtement isolant)
- Protection cathodique par courant imposé ou par anode galvanique

**Remarque :** Les mesures de protection contre la corrosion doivent toujours être en conformité avec les exigences concernant la sécurité des personnes (mise à la terre, liaisons équipotentielles, protection contre la foudre). La réalisation des séparations galvaniques entre structures avec différents potentiels de corrosion exige souvent des mesures spéciales sur le plan électrique pour garantir la sécurité des personnes. Citons en exemple la connexion des systèmes antifoudre à des dispositifs de protection du type éclateur, l'alimentation des composants électriques sans liaison directe au conducteur neutre du réseau électrique général en utilisant des transformateurs de séparation, etc.

Les possibilités concrètes d'appliquer de telles dispositions dépendent des réglementations nationales. Il est important d'harmoniser les concepts électriques et de protections contre la corrosion dès la phase d'étude du projet.

## **6. Recommandations curatives**

Les mesures curatives de protection contre les dégradations des structures métalliques par des couples galvaniques consistent en principe à interrompre le circuit de courant des macropiles (séparation galvanique des structures ayant des potentiels différents) ou à réduire le courant de macropile à des valeurs qui ne compromettent pas la fonction et la pérennité de l'ouvrage. Ces mesures peuvent être :

#### **a) Cellules d'aération différentielle**

- Remplacement des structures corrodées par des matériaux non sensibles à cette forme de corrosion (acier inox, matières plastiques...)
- Application de revêtements d'épaisseur minimale de 300  $\mu\text{m}$  avec préparation de surface au moins égale à Sa 21/2 (ISO 8501) et un support exempt de stimulant de corrosion (chlorures, sulfates...).
- Protection cathodique
- Elimination des zones de dépôts préférentielles propices à la formation d'un milieu anaérobie.
- Favoriser l'agitation du milieu pour arriver à une concentration homogène en oxygène.

#### **b) Couples galvaniques avec des cathodes étrangères**

- Eliminer les assemblages de matériaux métalliques de nature différente (de potentiel différents)
- Mettre en place une séparation galvanique (isolation pour courants continus faibles)
- Supprimer le contact permanent avec l'électrolyte pour les équipements à fonctionnement intermittent. (p. ex. lever des pompes immergées hors service)
- Augmenter la résistance électrique dans le circuit de courant (p.ex. montage des pièces isolants entre tubes de différent matériaux)
- Diminuer les rapports de surfaces cathode/anode. (p. ex. réduction de la surface cathodique par une peinture ou un revêtement isolant)
- Protection cathodique par courant imposé ou par anode galvanique

Avertissement au lecteur : la mise en application des recommandations ci-dessus, seules ou en combinaison, nécessite toujours l'avis d'un spécialiste.