

CORROSION ET PROTECTION DES OUVRAGES PUBLICS D'ASSAINISSEMENT

Projet de recommandation européenne

Auteurs : D. Copin – Consultant Lyonnaise des Eaux (F)
D. Bindschelder – SGK (CH)
L. Vancalbergh - Hubas (B)
O. Boers – CIBE (B)

CEOCOR – Giardini Naxo/Mai 2003

RÉSUMÉ

Cette présentation est faite dans le cadre d'une information des Membres du CEOCOR sur le travail effectué par un groupe européen dont l'objectif était d'établir un projet de recommandation sur la "Corrosion et la Protection des ouvrages publics d'assainissement".

Aujourd'hui la plus grande partie du document est rédigé et nous pensons que le texte proposé au Conseil d'Administration du CEOCOR pourrait être finalisé vers la fin de cette année 2003.

Il n'est pas possible de détailler ici la totalité du document rédigé qui comprend déjà plus de quatre vingt pages. Nous nous sommes donc limités à :

- faire une présentation générale des travaux réalisés et restant à faire,
- exposer 4 chapitres afin de montrer comment nous les avons traités, à savoir :
 - Corrosion par couples galvaniques
 - Corrosion par H₂S
 - Altérations par les boues, par les eaux, par les atmosphères et par le sol
 - Expertise d'un ouvrage et mesures conservatoires.

1. Introduction

Le fonctionnement réel du groupe de travail a débuté en 1998 à la demande du Président du CEOCOR. De langue française il était constitué de représentants de la Belgique, de la Suisse et de la France avec au maximum 10 personnes participant aux travaux. Aujourd'hui les effectifs ont diminué quelque peu, les fidèles étant :

Mrs O. Broers (B)	- CIBE
L. Vancalbergh (B)	- Hobas
D. Bindschedler (CH)	- SGK
G. Brosse (F)	- Lafarge Aluminates
D. Copin (F)	- Lyonnaise des Eaux
D. Lesage (F)	- Conseil Général du Département de Seine Saint Denis
G. Garrand (F)	- Ondéo Services

A l'origine, nous avons commencé par réaliser une enquête dans tous les pays européens afin de connaître les cas les plus typiques de corrosion dans les ouvrages d'assainissement, ce dont nous n'étions pas familiers puisque venant tous de la filière eau potable. C'est ainsi que 120 cas de corrosion ont été recensés en Belgique, France, Luxembourg et Suisse. Les autres pays n'ont pas répondu à l'enquête.

L'analyse de ces cas montre que :

- 24 % sont dus à la corrosion par H₂S.
- 12 % à des couples galvaniques.
- 23 % à la corrosivité des boues, des eaux et des sols.
- 8 % à la qualité des travaux.
- 6 % à des phénomènes d'aération différentielle.
- 5 % à des acides organiques.
- et 3 % aux chlorures.

La répartition des corrosions en fonction des matériaux utilisés est la suivante :

Matériaux	Sur les canalisations	Sur les ouvrages dans les stations
Béton	55 %	31 %
Acier	30 %	24 %
Fonte	15 %	11 %
Inox		14 %
Acier galvanisé		10 %
Aluminium		5 à 10 %

2. Présentation du document

Dans sa forme actuelle, le document se présente sous la forme suivante :

- 1. PREAMBULE.....**
- 2. RESULTATS D'UNE ENQUETE EUROPEENNE - CAUSES DES CORROSIONS.....**
- 3. SCHEMA D'UN OUVRAGE – GENERALITES – GRILLE DE GESTION.....**
- 4. CORROSION PAR H₂S.....**
 - 4.1 Conditions de production et risques engendrés.....**
 - 4.1.1.Facteurs d'influence dans le processus de production d'H₂S.....
 1. La température
 2. Demande biologique en oxygène
 3. L'oxygénation de l'effluent.....
 4. Aération de l'ouvrage
 5. Vitesse d'effluent.....
 6. Présence de remous, de chutes.....
 7. PH et rédox.....
 - 4.1.2. Zones à risques.
 - 4.1.3. Evaluation de l'importance du risque
 - 4.1.4. Risques engendrés par la présence d'H₂S

4.2. Action de l'H₂S sur les matériaux métalliques (aciers faiblement alliés, aciers spéciaux, aluminium)	.....
4.2.1 Aciers faiblement alliés.	.....
4.2.2.Aciers inoxydables	.....
4.2.3.Aluminium	.....
4.3. Action de l' H₂S sur les bétons	.....
4.4. Recommandations préventives	.....
4.4.1 Augmentation de la vitesse	.....
4.4.2.Aération des ouvrages	.....
4.4.3.Choix des matériaux.	.....
4.4.4.Autres dispositions préventives	.....
4.5. Recommandations curatives	.....
4.5.1 Augmentation de la vitesse de l'effluent	.....
4.5.2.Aération de la partie haute	.....
4.5.3.Choix des matériaux utilisées pour la rénovation	.....
5. CORROSION PAR COUPLES GALVANIQUES	.....
5.1. Mécanisme	.....
5.2.Vitesse de corrosion	.....
5.3. Matériaux en danger, situations typiques	.....
5.4. Recommandations préventives	.....
5.5. Recommandations curatives	.....
6. AUTRES CAS DE CORROSION	.....
6.1. Altérations par les boues.	.....
6.2. Altérations par les eaux	.....
6.2.1. Matériaux non métalliques	.....
6.2.2. Matériaux métalliques	.....
6.3. Altération par les atmosphères	.....
6.3.1 Définition d'une atmosphère	.....
6.3.2 Paramètres influents de l'atmosphère	.....
6.3.3 Risques d'altération et/ou de danger de l'atmosphère environnementale	.....
6.3.4 Normes et recommandations techniques existantes	.....
6.3.5. Carbonatation et phénomène de la corrosion des armatures	.....
6.4. Altération par les sols	.....
6.4.1 Altération des métaux par le sol	.....
6.4.1.1 Corrosivité du sol	.....
6.4.1.2 Corrosivité industrielle du sol	.....
6.4.1.3 Mesures préventives ou curatives	.....
6.4.2. Altération des bétons par le sol	.....
7. CORROSION DUE A LA MAUVAISE QUALITE DES TRAVAUX	.....
8. RECOMMANDATIONS CONCERNANT LA CONCEPTION DES OUVRAGES	.....
8.1. Matériaux	.....
8.4. Conception	.....
8.5.Mise à la terre	.....
9. EXPERTISE D'UN OUVRAGE	.....
10.PRECONISATION DE TRAVAUX	.....

10.1. Traitement.....

10.2. Réhabilitation.....

10.2.1. Ouvrages non visitables.....

10.2.2. Ouvrages visitables.....

10.3. Entretien du patrimoine, mesures conservatoires.....

Cinq annexes complètent le document :

- Annexe 1 : Conditions propices à la production d' H₂S
- Annexes 2 et 3 : Evaluation des risques de production d' H₂S
- Annexe 4 : Evaluation quantitative des risques
- Annexe 5 : Vitesse d'autocurage dans les réseaux d'assainissement

Chapitre 6 - Autres cas de corrosion

Altérations par les boues, par les eaux, par les atmosphères et par les sols

6.1) Altérations par les boues

Les boues sont généralement peu corrosives. Toutefois des phénomènes d'oxydation des matériaux sont observés :

- en présence d'agents oxydants tels que $FeCl_3$
- en présence de chlorures
- dans les zones de fermentation engendrant une production d' H_2S
- dans les eaux usées riches en graisse et/ou en glucose en raison de la transformation de ces produits en acides organiques.

Les solutions préconisées peuvent être l'application de revêtements sur les bétons et aciers au carbone ou l'utilisation d'aciers inoxydables résistants à l'acide sulfurique.

6.2) Altérations par les eaux

Ce chapitre détaille le comportement de tous les matériaux employés dans les ouvrages d'assainissement vis à vis des eaux rencontrées tout au cours du transport et du process : matériaux minéraux, bétons et matériaux métalliques. Quelques pages sont consacrées aux aciers inoxydables et alliages d'aluminium très employés les uns et les autres dans les stations d'épuration.

6.3) Altérations par les atmosphères

Les paramètres influants sur le degré de corrosivité des atmosphères sont :

- d'abord le type d'atmosphère : marine, industrielle, confinée...
- la température
- le degré d'humidité
- la teneur en gaz polluants (H_2S , CO_2 , méthane, vapeurs de combustibles liquides et de solvants).

Les conséquences de l'existence d'une atmosphère agressive peuvent être de 2 ordres :

- sécurité des personnes et des ouvrages : odeurs, toxicité, risque d'explosion
- pérennité de l'ouvrage mise en péril par l'altération des conditions de fonctionnement, la corrosion des matériaux métalliques, la dégradation des bétons.

Pour les réseaux d'assainissement, le facteur principal de dégradation est l' H_2S dont la production peut être intense dans les conduites gravitaires et dans les zones à forte turbulence.

Différentes normes ou recommandations techniques complètent le chapitre :

EN 12.500 Risques de corrosion des matériaux métalliques dans un environnement atmosphérique. Cette norme définit les classes de corrosivité des atmosphères, le choix des matériaux à utiliser et les mesures de protection à prendre.

EN 206 : Spécifications et performances et conformité des bétons.

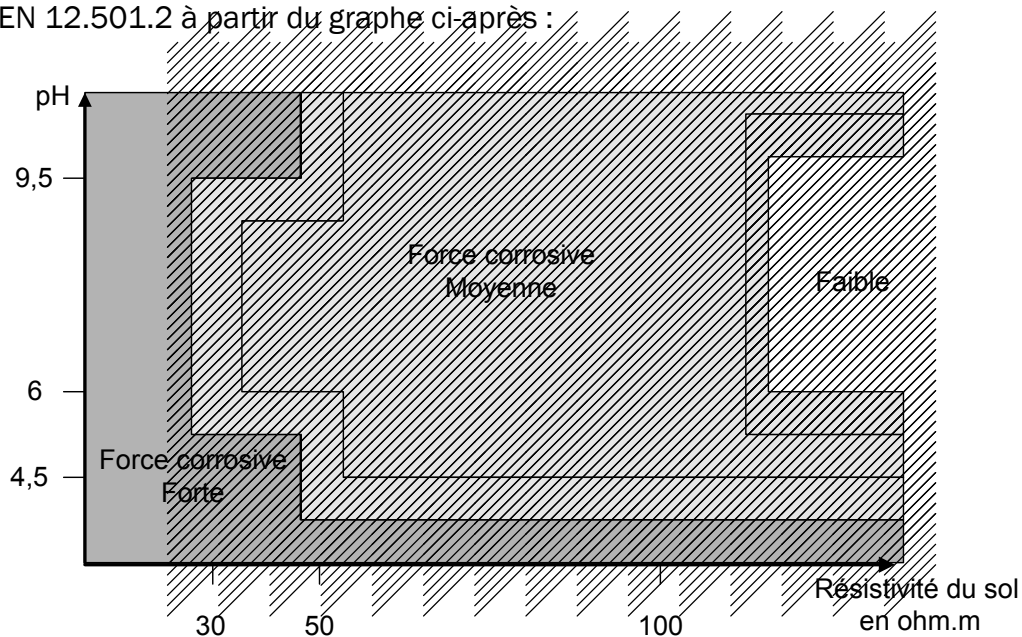
EN 752 : Réseaux d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments (collecte, réseaux d'évacuation et transports à écoulement libre : gestion de la conception à la réhabilitation).

6.4) Altérations des métaux par les sols

On distingue la corrosivité propre du sol et la corrosivité industrielle.

a- La corrosivité propre du sol est celle liée à l'activité des micropiles locales et des macropiles ainsi que celle engendrée par l'activité biologique (bactéries réductrices de sulfates).

La force corrosive d'un sol (faible, moyenne ou forte) est déterminée selon la norme EN 12.501.2 à partir du graphe ci-après :



A titre indicatif sont indiquées les résistivités moyennes de quelques sols caractéristiques :

Vases marines :	3 à 8 Ω .m
Marécages :	5 à 10 Ω .m
Argiles et marnes plastiques :	10 à 30 Ω .m
Limons, terre arable :	30 à 80 Ω .m
Terrains calcaires :	100 à 500 Ω .m
Sable de rivière :	300 à 2 000 Ω .m
Sable de mer :	10 à 20 Ω .m
Sable du Sahara :	10 à 5 000 Ω .m (environ)

Le tableau ci-après précise les types de sol à force corrosive élevée.

Types de sols	Sols naturels	Présence de tourbe, de lignite, de charbon. Zones de marais, étangs marécageux... Nappe phréatique saumâtre. Sols anaérobies : argiles, marnes.
	Sols artificiels	Sols contenant des cendres, mâchefers, scories, sous produits industriels, résidus de déchets domestiques. Zones remblayées avec des sous produits industriels. Matériaux recyclés non contrôlés.
Pollution	Sols contaminés	Contamination par des sels de déverglaçage, par des fertilisants, des égouts perméables, pollution industrielle.
Autres	Topographie et hydrographie	Points bas, traversées de rivière...
	Toponymie	Nature du sol donnée par le nom d'un village : exemple "la ferrière", "la chaux".
	Interface triple	Nappe phréatique fluctuante.

Une force corrosive élevée doit toujours conduire à prévoir des dispositions particulières de lutte contre la corrosion : revêtements ou systèmes de peintures appropriés, protection cathodique, matériaux adaptés.

Une force corrosive moyenne justifiera une réflexion et une action préventive éventuelle.

b- La corrosivité industrielle est celle générée par l'ensemble des courants électriques qui circulent dans les sols :

- courants continus issus d'industries utilisant ce type de courant.
- courants continus en provenance d'installations de protection cathodique.
- courants alternatifs générés par des phénomènes d'induction.
- courants alternatifs provoqués par des phénomènes de conduction.

Des normes nationales ou des normes européennes en cours d'élaboration traitent de ces phénomènes de corrosivité industrielles par courants continus (PR EN 50.162).

Un ouvrage de référence édité par le CEOCOR en 2002 renseigne sur la corrosivité industrielle par courants alternatifs.

Les mesures préventives et curatives complètent ce chapitre "Altérations des métaux par les sols".

3.4) Altérations des bétons par les sols

Est essentiellement évoqué le cas des canalisations en béton armé précontraint ou non.

Ci-après sont indiqués les paramètres constituant des seuils d'alerte de risque de corrosion :

Sels d'ammonium	$\text{NH}_4 > 30 \text{ mg/l}$
Sels de magnésium	$\text{Mg}^{2+} > 500 \text{ mg/l}$
Chlorures :	<ul style="list-style-type: none">> 250 p.p.m. pour le béton précontraint> 500 p.p.m. pour le béton armé> 1 000 p.p.m. pour les tuyaux en béton armé à âme en tôle
Sulfates	> 1 000 p.p.m.
le pH si	< 5
la résistivité du sol :	<ul style="list-style-type: none">< 10 Ω.m pour les tuyaux en béton précontraint< 5 Ω.m pour les tuyaux en béton armé non précontraint

Les influences des courants circulant dans le sol.