

Nom du Maître de l'ouvrage

## **DEVIS TECHNIQUE**

### **CARACTÉRISATION DE LA CORROSIVITÉ DES SOLS**

---

**RÈGLEMENT n°**

---

**Soumission n°**

## TABLE DES MATIÈRES

---

REMERCIEMENTS .....	4
INTRODUCTION .....	5
NOTE À L'UTILISATEUR .....	6
SECTION 1 CLAUSES ADMINISTRATIVES PARTICULIÈRES.....	7
1.1 OBJET DU CONTRAT .....	7
1.2 DÉFINITIONS .....	7
1.3 NATURE DES TRAVAUX .....	7
1.4 CALENDRIER DES TRAVAUX .....	8
1.5 COMMENCEMENT DES TRAVAUX ET DÉLAI D'EXÉCUTION .....	8
1.6 VISITE DES LIEUX .....	8
1.7 CIRCULATION ET SIGNALISATION .....	8
1.8 SANTÉ ET SÉCURITÉ AU TRAVAIL .....	8
1.9 RÉFÉRENCES .....	9
1.10 HORAIRE DE TRAVAIL .....	9
1.11 MATÉRIEL, ÉQUIPEMENT ET MAIN-D'ŒUVRE .....	9
1.12 EXPÉRIENCE DE LA FIRME .....	9
1.13 DESCRIPTION DES ARTICLES DU BORDEREAU DES QUANTITÉS ET DES PRIX .....	10
1.14 MOBILISATION ET DÉMOBILISATION .....	10
SECTION 2 CLAUSES TECHNIQUES GÉNÉRALES.....	11
2.1 CORROSIVITÉ DES SOLS .....	11
2.2 MÉTHODES DE DÉTERMINATION DE LA CORROSIVITÉ DES SOLS .....	12
SECTION 3 CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES .....	13
3.1 ÉCHANTILLONNAGE.....	13
3.2 CARACTÉRISATION DE LA CORROSIVITÉ DES SOLS .....	13
3.3 RAPPORT D'ANALYSE ET RECOMMANDATIONS .....	13
ANNEXES .....	14

## IMPORTANT

Le CERIU décline toute responsabilité quant à l'utilisation en tout ou en partie du présent devis, il appartient au Maître de l'ouvrage de l'adapter aux particularités de son projet.

## REMERCIEMENTS

---

Le CERIU souhaite remercier le ministère des Affaires municipales et des Régions pour sa contribution financière à la réalisation du projet intitulé « Recueil des devis techniques spécifiques pour les travaux d'auscultation et de réhabilitation des infrastructures urbaines » dont fait partie le présent document, inscrit dans le cadre du programme d'Infrastructures-Québec-Municipalités.

Le CERIU tient à remercier tout particulièrement les membres du Comité – corrosivité des sols qui ont mis en commun leur expertise pour la rédaction du présent devis. Par ailleurs le CERIU tient à leur témoigner toute sa reconnaissance pour leur engagement indéfectible dans la réhabilitation des infrastructures souterraines.

### Membres du Groupe de travail

M. Badr Assouli	Université de Sherbrooke
M. Benoît Grondin	CIMA+
M. Brian Brochu	Corrosion service compagnie ltée.
M. Hugues Giroux	Ville de Longueuil
M. Nourredine Kadoum	CPI Corrosion
M. Pierre Wickir Joint	CERIU
M. Rachid Ammar	CERIU
M Yves Girouard	Corrpro Canada inc.
M. Sylvain Marcoux	Ville de Montréal, arrondissement de Pierrefonds/Senneville

Nous remercions aussi tous les intervenants du milieu qui ont contribué de près ou de loin à la validation et l'achèvement du présent ouvrage.

## INTRODUCTION

---

La corrosion par les sols résulte du contact plus ou moins intime d'un matériau métallique avec le sol, considéré comme un milieu électrolytique. Le sol, milieu hétérogène par excellence, se caractérise par l'existence de trois phases distinctes :

1. Une phase solide, particules cristallisées incluses dans une matrice colloïde ou «grains du sol», qui en constituent l'ossature.
2. Une phase aqueuse, qui enrobe les grains ou les baigne selon la saturation du sol en eau. C'est cette phase qui contient les sels minéraux dissous, les composés organiques et les organismes vivants (bactéries). Les sels dissous et ionisés tels que les chlorures, sulfates, carbonates ou nitrates confèrent à la solution sa conductivité électrique et, par la suite, son caractère électrolytique.
3. Une phase gazeuse (air, gaz carbonique, méthane, hydrogène sulfuré, ...).

La contribution de la phase aqueuse au processus de corrosion est généralement prépondérante. Les phases solide et gazeuse peuvent également jouer un rôle important. La morphologie du sol peut contribuer à créer des zones d'aération différentielle. L'aération plus ou moins importante du sol peut contribuer au développement d'une corrosion d'origine bactérienne.

### Classification des sols

On peut distinguer les sols naturels et les sols artificiels.

Les sols naturels sont formés, entre autres, des argiles, des limons et des sables auxquels peuvent s'ajouter des éléments grossiers, graviers et cailloux. Les phénomènes biologiques y ajoutent une teneur en humus plus ou moins élevée.

Deux paramètres importants à considérer pour un sol sont sa cohésion et sa porosité. La cohésion d'un sol augmente au fur et à mesure de la diminution de la grosseur de ses grains. La porosité d'un sol qui permet la circulation de l'air et de l'eau croît avec l'augmentation de la grosseur des grains de sol.

Les sols artificiels sont constitués par les remblais de scories, décombres et ordures ménagères. Ils peuvent être très agressifs par leur haute teneur en sulfure, hydrogène sulfuré, acide sulfureux et sulfurique, charbon, coke imbrûlé, matières organiques.

## **NOTE À L'UTILISATEUR**

---

Comme les municipalités possèdent habituellement leurs propres clauses administratives générales, le présent devis couvre les clauses administratives particulières et les clauses techniques générales et particulières. Les municipalités qui ne possèdent pas de clauses administratives générales peuvent se référer à la norme du BNQ intitulée : NQ 1809-900-II/2002.

Le Maître de l'ouvrage doit adapter à ses besoins les clauses présentées dans ce document, lors de l'élaboration définitive des documents d'appels d'offres.

Le Maître de l'ouvrage pourra retenir en tout ou en partie, la liste des éléments indiqués au point 2 (caractérisation de la corrosivité des sols), article 1.3 intitulé «Nature des travaux».

Le bordereau des quantités et des prix doit concorder avec les travaux, décrits à l'article 1.3, intitulé «Nature des travaux».

Le Maître de l'ouvrage doit compléter par des valeurs appropriées les endroits indiqués par (...X...). Le Maître de l'ouvrage doit mettre à la disposition de la Firme toutes les informations et les données utiles à l'exécution du présent contrat.

## SECTION 1 CLAUSES ADMINISTRATIVES PARTICULIÈRES

---

### 1.1 OBJET DU CONTRAT

Les travaux prescrits dans le présent devis visent à déterminer la caractérisation de la corrosivité des sols.

### 1.2 DÉFINITIONS

#### Maître de l'ouvrage :

Personne physique ou morale pour le compte de laquelle les travaux ou les ouvrages sont réalisés. Référence : NQ 1809-900-II/2002, article 1.1 intitulé « Maître de l'ouvrage ».

#### Firme (ou Maître d'oeuvre) :

Personne, société, compagnie à qui le contrat d'exécution de l'ensemble des travaux tels que définis est adjugé.

#### Corrosivité d'un sol :

L'étude de la corrosivité d'un sol permet d'obtenir l'indice de résistivité de ce sol à l'aide de méthodes géophysiques. La résistivité du sol environnant est un des indicateurs du risque de corrosion externe des conduites et accessoires métalliques enfouis.

### 1.3 NATURE DES TRAVAUX

Les travaux à réaliser sont résumés au tableau ci-dessous.

No	Travaux	Travaux à spécifier par le Maître de l'ouvrage
1	Exécution des forages, prélèvement des échantillons de sol et remise en état des lieux	
2	Caractérisation de la corrosivité des sols incluant les éléments suivants : Résistivité du sol Mesure du PH - Mesure du taux d'humidité - Mesure du potentiel REDOX - Mesure de la teneur en sel (chlorures, sulfates, nitrates, carbonates)* - Détermination de l'activité bactérienne	
3	Rapport d'analyses et recommandations	

\*Ce test n'est pas nécessaire pour les conduites en fonte.

Le Maître de l'ouvrage doit indiquer les travaux à réaliser selon les spécificités du projet.

## **1.4 CALENDRIER DES TRAVAUX**

Lors de la réunion de démarrage des travaux, le Maître de l'ouvrage signifie à la Firme ses exigences relatives au déroulement des travaux.

Dans les (...X...) jours suivants l'adjudication du contrat, la Firme doit soumettre au Maître de l'ouvrage un calendrier détaillé des travaux avec indication des dates d'exécution des principales parties des travaux.

Chaque fois que la Firme prévoit ou constate un retard sur le programme ainsi établi, elle doit en aviser immédiatement le Maître de l'ouvrage par écrit en exposant les raisons de ce retard et sa durée prévisible.

Toute modification à l'échéancier doit être autorisée par le Maître de l'ouvrage.

## **1.5 COMMENCEMENT DES TRAVAUX ET DÉLAI D'EXÉCUTION**

La Firme doit commencer les travaux dans les (...X...) jours suivant l'adjudication du contrat. Elle doit les achever dans les délais de (...X...) mois à partir de la date de la signature du contrat (ou de l'ordre de débiter les travaux).

## **1.6 VISITE DES LIEUX**

La Firme doit avoir visité les lieux et posséder une entière connaissance de la nature, de l'importance et de la situation géographique des travaux à exécuter. La Firme doit tenir compte, pour l'établissement des prix de sa soumission, des dispositions, des circonstances, des conditions générales et locales pouvant avoir une incidence directe ou indirecte sur l'exécution ou le prix des travaux.

## **1.7 CIRCULATION ET SIGNALISATION**

La Firme doit prendre à ses frais les mesures nécessaires afin que le matériel, les matériaux, les installations ainsi que les travaux minimisent les entraves à la circulation, le transport en commun et les entreprises de réseaux techniques urbains.

La Firme doit à ses frais assurer la signalisation de jour et de nuit conformément aux exigences contenues au document intitulé «Signalisation routière» Tome 5, Chapitre 4, émis par le ministère des Transports du Québec en juin 2002, aux directives et règlements municipaux si applicables ainsi qu'aux exigences suivantes du Maître de l'ouvrage.

## **1.8 SANTÉ ET SÉCURITÉ AU TRAVAIL**

La Firme est seule responsable de la santé et de la sécurité au travail et doit faire tout ce qui est nécessaire pour assurer une prévention adéquate en matière de santé et sécurité au travail dans le cadre des lois et règlements en vigueur, dont :

- Le Code de sécurité pour les travaux de construction, septembre 2002 ;
- La loi sur la santé et la sécurité du travail.



## 1.9 RÉFÉRENCES

Aux fins du présent devis, les ouvrages suivants contiennent des exigences dont il faut tenir compte et sont citées aux endroits appropriés dans le texte:

- Commission Santé et sécurité du travail (CSST)  
Titre 1 : Code de sécurité pour les travaux de construction  
Titre 2 : Loi sur la santé et la sécurité du travail
- Norme du ministère de l'Environnement, Ministère du Développement durable, Environnement et Parc, mise à jour novembre 2005 ;
- La loi sur la qualité de l'environnement, Ministère du Développement durable, Environnement et Parc, mise à jour décembre 2005 ;
- Règlement sur les matières dangereuses, Ministère du Développement durable, Environnement et P arc, mise à jour novembre 2005 ;
- Tome 5, volume 1 et 2, Ministère des Transports du Québec.  
Titre : Signalisation routière au Québec ;
- Classeurs du CERIU (dernière édition) ;
- BNQ 1809-300/2004 Travaux de construction – Clauses techniques générales – Conduites d'eau potable et d'égout, 3ème édition, 2004 ;
- National Association of corrosion Engineers (N.A.C.E)
- AWWA C-105, American Water Works Association.

## 1.10 HORAIRE DE TRAVAIL

À moins d'une autorisation spécifique du Maître de l'ouvrage, les travaux doivent être exécutés durant les heures normales de travail de (...X...)h à (...X...)h du lundi au vendredi.

## 1.11 MATÉRIEL, ÉQUIPEMENT ET MAIN-D'ŒUVRE

La Firme doit fournir l'équipement, le matériel, les matériaux et la main-d'oeuvre nécessaires à la bonne exécution du contrat.

La Firme doit indiquer dans sa soumission la méthodologie et l'équipement prévu pour l'exécution des travaux.

## 1.12 EXPÉRIENCE DE LA FIRME

La Firme et son personnel doivent posséder l'expérience et les qualifications suivantes :

Une expérience pertinente dans le diagnostic et le contrôle de la corrosion des ouvrages enterrés ;  
Le signataire du rapport d'analyse, doit être accrédité par le N.A.C.E (North Association of Corrosion Engineers) ;

La Firme doit annexer aux documents de soumission, les noms et les curriculum vitae du chargé de projet et des membres de son personnel attirés au contrat. Elle doit fournir également les références (nom de la municipalité, nom et coordonnées du responsable, nature et montant du projet) des contrats similaires qu'elle a exécutés.

Les soumissions qui ne rencontrent pas ces exigences seront rejetées.

## **1.13 DESCRIPTION DES ARTICLES DU BORDEREAU DES QUANTITÉS ET DES PRIX**

### **1.13.1 EXÉCUTION DES FORAGES ET REMISE EN ÉTAT DES LIEUX**

À l'item numéro 1 « Exécution des forages et remise en état des lieux » du bordereau des quantités et des prix, la Firme doit fournir un prix unitaire par forage pour l'exécution complète des travaux de forage.

Le prix doit comprendre, sans toutefois s'y limiter, la mobilisation et la démobilisation du matériel et de l'équipement, l'équipement et le matériel, la main-d'œuvre, l'exécution et le remblayage du forage, le prélèvement des échantillons, les matériaux nécessaires pour le remblayage, la compaction, la disposition des terres excédentaires, la réfection des surfaces et structures, la remise en état des lieux et tous les frais inhérents pour réaliser les travaux.

### **1.13.2 CARACTÉRISATION DE LA CORROSIVITÉ DES SOLS**

A l'item 2, intitulé «Caractérisation de la corrosivité des sols » du bordereau des quantités et des prix, la Firme doit fournir un prix unitaire par forage (ou forfaitaire) pour l'exécution complète des travaux.

Le prix doit comprendre, sans toutefois s'y limiter, la main-d'œuvre, la caractérisation de la corrosivité incluant la détermination de la résistivité du sol, le PH, le taux d'humidité, le potentiel de REDOX, l'activité bactérienne et tous les frais inhérents pour exécuter les travaux.

### **1.13.3 RAPPORT D'ANALYSES ET RECOMMANDATIONS**

A l'item 5, intitulé « Rapport d'analyses et recommandations » du bordereau des quantités et des prix la Firme doit fournir un prix forfaitaire pour l'exécution complète des travaux de la production du rapport d'analyses et les recommandations.

Le prix doit comprendre, sans toutefois s'y limiter, la main-d'œuvre, les résultats d'analyse au laboratoire, la rédaction du rapport, les plans et tous les frais inhérents pour produire le rapport.

## **1.14 MOBILISATION ET DÉMOBILISATION**

La mobilisation et la démobilisation comprennent notamment et sans s'y limiter, tous les déplacements, le transport de l'équipement et de la main-d'oeuvre, soit à l'intérieur des limites du site du projet, soit entre le site du projet et quelque autre endroit situé hors des limites de celui-ci.

La mobilisation et la démobilisation comprennent également l'installation et le démantèlement de l'équipement sur le site.

## SECTION 2 CLAUSES TECHNIQUES GÉNÉRALES

---

### 2.1 CORROSIVITÉ DES SOLS

La corrosivité des sols peut être évaluée suite à des études topographiques et géologiques.

En effet, on peut déterminer les indices généraux de corrosivité à l'aide de cartes détaillées. Ainsi l'étude des reliefs du sol permet de définir les points hauts qui sont plutôt secs et aérés, donc peu propices à des conditions de corrosivité élevée, et les points bas qui sont humides et désaérés, donc susceptibles de présenter un potentiel de corrosion plus élevée. De plus, la présence de zones humides, cours d'eau, mares, marécages, lacs, tourbières, estuaires, polders, marais et terrains salins, va aussi être identifiée et permettra d'évaluer la corrosivité naturelle du milieu.

Les paramètres qui ont été retenus pour définir le risque de corrosion dans les sols sont :

- La nature du sol ;
- La résistivité ;
- La teneur en eau, la présence d'une nappe phréatique ;
- La teneur en sels, si applicable ;
- Le PH ;
- Les hétérogénéités.

L'étude de cartes géologiques permettra de définir la corrosivité naturelle de la texture du sol.

#### **Sol à faible risque :**

Sable et gravier, calcaires, marnes, argiles, gypse, pyrites (sulfure de fer), lignite, tourbes et charbons.

#### **Sol à risque très élevé :**

Les caractéristiques hydrogéologiques d'un sol peuvent être un facteur aggravant de la corrosivité d'un terrain. En effet, le taux d'humidité joue un rôle important sur le processus de corrosion par son incidence sur l'aération d'un sol et sur la résistivité du sol. Par ailleurs, les terrains aquifères présentent une corrosivité importante naturellement. Mais celle-ci s'accroît, s'ils drainent des terrains voisins présentant des substances minérales solubles (chlorure de sodium, sulfate de calcium, etc.).

L'étude de la résistivité d'un sol peut nous renseigner sur sa propriété d'électrolyte. Cette propriété pourra favoriser ou non le développement de mécanisme de corrosion. Nous pouvons évaluer la corrosivité d'un sol en fonction de sa résistivité. Nous constatons que l'agressivité d'un sol diminue avec l'augmentation de la résistivité.

Deux mécanismes de corrosion peuvent survenir dans un sol en ce qui concerne les conduites métalliques et les accessoires métalliques :

La corrosion électrochimique : La corrosion d'un métal dans un sol résulte de l'activité de piles d'où le terme de «Pile de corrosion». Elles se forment à la surface du métal et elles

correspondent à un système d'oxydo-réduction.

La corrosion par électrolyse : Cette corrosion est due à des courants dont l'origine est extérieure à la structure. Cette situation se rencontre lorsqu'une structure enterrée se trouve placée dans un champ électrique créé par des courants continus circulant dans le sol qui sont dérivés par la canalisation. Les zones où le courant entre dans la canalisation sont le siège de réactions cathodiques, tandis que les zones où le courant quitte la canalisation vers le sol sont le siège de réactions anodiques entraînant la dissolution par électrolyse. Les sources classiques de courants continus dits « courants vagabonds » sont les lignes de chemin de fer électrifiées, les lignes tramways et les conduites de gaz.

## **2.2 MÉTHODES DE DÉTERMINATION DE LA CORROSIVITÉ DES SOLS**

La méthode de détermination de la corrosivité des sols doit être indiquée par le Maître de l'ouvrage.

## **SECTION 3 CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES**

---

### **3.1 ÉCHANTILLONNAGE**

La Firme doit conserver les échantillons pendant une durée à déterminer par le Maître de l'ouvrage.

### **3.2 CARACTÉRISATION DE LA CORROSIVITÉ DES SOLS**

La corrosivité d'un sol dépend de plusieurs paramètres :

- Nature chimique du sol ;
- Taux d'humidité ;
- PH ;
- Granulométrie ;
- Aération ;
- Bactéries ;
- Courants vagabonds.

Compte tenu de la complexité d'une étude prenant en compte tous ces paramètres, on fait plus souvent appel, en pratique à la détermination des facteurs suivants:

- Détermination de la résistivité électrique du milieu ;
- Mesure du PH ;
- Mesure du taux d'humidité ;
- Mesure du potentiel Redox ;
- Teneur en sels (chlorures, sulfates, sulfures, nitrates, carbonates, ...) ;
- Recherche d'une activité bactérienne.

### **3.3 RAPPORT D'ANALYSE ET RECOMMANDATIONS**

Le Rapport d'analyse et recommandations doit être signé par une personne accréditée par le N.A.C.E.

## ANNEXES

---

### BORDEREAU DES QUANTITÉS ET DES PRIX

No article	Description	Quantité	Unité	Prix unitaire	Total
1	Exécution des essais et remise en état des lieux		unité		
2	Caractérisation de la corrosivité du sol incluant les éléments suivants : -Mesure de la résistivité électrique -Mesure du PH -Mesure du taux d'humidité -Mesure du potentiel REDOX -Mesure de la teneur en sel (Chlorures, sulfates, nitrates, carbonates) -Détermination de l'activité bactérienne		unité unité unité unité unité unité		
3	Rapport d'analyse et recommandations	forfaitaire			
			Sous total		
			Taxes applicables		
			Total		