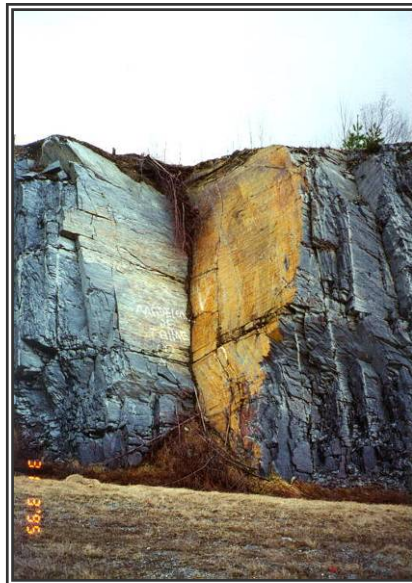
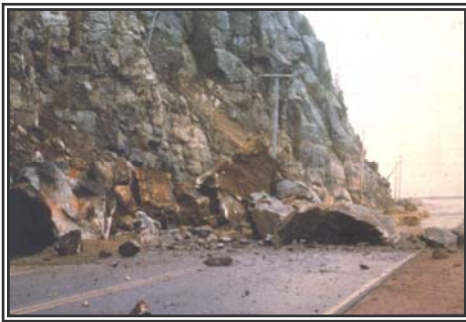




# DESCRIPTION DES ÉTUDES RÉALISÉES AU SERVICE GÉOTECHNIQUE ET GÉOLOGIE



Février 2008

DESCRIPTION DES ÉTUDES RÉALISÉES  
AU SERVICE GÉOTECHNIQUE & GÉOLOGIE

PRÉPARÉ PAR :

DENIS DEMERS, ING. PH. D., SECTEUR MOUVEMENTS DE TERRAIN  
PIERRE DORVAL, ING., SECTEUR MÉCANIQUE DES ROCHES  
ANDRÉ DROLET, GÉOL., SECTEUR MÉCANIQUE DES ROCHES  
GILLES GRONDIN, ING., SECTEUR MÉCANIQUE DES SOLS

QUÉBEC, LE 1<sup>er</sup> FÉVRIER 2008

# SERVICE GÉOTECHNIQUE & GÉOLOGIE

**Danielle Fleury, ing.**  
**Chef de Service**  
Tél. 643-8577 P-4081 Fax. 646-6195

Francine Boucher, ag. sec. P-4074

Christine Normand, tech. P-4092  
Marc Bussière, tech. P-4075

## SECTEUR MÉCANIQUE DES ROCHES

**André Drolet, géol.** (chef secteur) P-4080  
Pierre Dorval, ing. P-4079  
Daniel Soucy, ing. P-4157  
Hélène Richard, t.t.p.p. P-4091  
Claude Lajeunesse, t.t.p.p. P-4085  
Denis Brochu, t.t.p. P-4086  
Paul-André Paquet, chef d'équipe P-4090

## SECTEUR MOUVEMENTS DE TERRAIN

**Denis Demers, ing.** (chef secteur) P-4097  
Lise Blanchet, ag. sec. P-4098  
Serge Bélanger, ing. P-4095  
Denis Robitaille, ing. P-4108  
Janelle Potvin, ing. P-4106  
Alexis Fortin, ing. P-4100  
Paul Flon, ing. P-4099  
Catherine Thibault, ing. P-4109  
Pascal Locat, ing. P-4104  
Daniel Ouellet, ing. P-4105  
Alexandre Lavoie, a.géo. P-4103  
Gilbert Grondin, t.t.p. P-4101  
Denis Hudon, tech. P-4102  
Mélicca Raymond, tech. P-4107

## SECTEUR MÉCANIQUE DES SOLS

**Gilles Grondin, ing.** (chef secteur) P-4083  
Priscilla Desgagnés, ing. P-4004  
Catherine Ledoux, ing. P-4087  
Denis Lessard, ing. P-4088  
Maude Boucher, ing. P-4078  
Marie-Christine Delisle, ing. P-4031  
Bruno Paquet-Bouchard, ing. P-4089  
Carol Couture, t.t.p.p. P-4077  
Denis Fortin, t.t.p. P-4082  
Michel Ricard, t.t.p. P-4084  
François Tremblay, t.t.p. P-4093

## SECTEUR TRAVAUX EN CHANTIER

**Roger Johnson** (chef secteur) 644-0900  
Marc Blondeau, foreur 643-9675  
Jean-Claude Defoy, foreur

## **PRÉAMBULE**

Ce document a pour but de présenter la liste complète des services d'expertises offerts par le Service géotechnique & géologie. Veuillez noter que les coûts rattachés à ces expertises sont assumés à même les budgets de fonctionnement du Service géotechnique & géologie.

Vous y trouverez la description, les étapes et les délais de réalisation de chaque type d'études.

### **Le Secteur Mécanique des roches**

- Inventaire hydrogéologique
- Étude de puits
- Essai de pompage
- Étude de caractérisation des terrains contaminés
- Étude de caractérisation des sédiments de cours d'eau
- Étude de stabilité des falaises rocheuses
- Étude de coupe de roc
- Étude de vibrations
- Dimensionnement des protections en enrochement

### **Le Secteur Mécanique des sols**

- Étude de fondation
- Étude de stabilité dans les sols cohérents
- Étude pour construction sur tourbière
- Support en recherche de matériaux

### **Le Secteur Mouvement de terrain**

- Cartographie des zones exposées aux glissements de terrain

**TABLE DES MATIÈRES**

**ACTIVITÉS DU SECTEUR MÉCANIQUE DES ROCHES**

<b>1.0</b>	<b>DOMAINE DE L'HYDROGÉOLOGIE</b> .....	1
<b>1.1</b>	<b>Inventaire hydrogéologique</b> .....	1
1.1.1	Méthodologie .....	2
1.1.1.1	Préparation de l'étude .....	2
1.1.1.2	Relevés sur le terrain .....	2
1.1.1.3	Compilation des données et rédaction du rapport .....	3
1.1.2	Délais requis pour réaliser l'étude .....	4
<b>1.2</b>	<b>Étude de puits</b> .....	4
1.2.1	Méthodologie .....	5
1.2.1.1	Préparation de l'étude .....	5
1.2.1.2	Relevés sur le terrain .....	5
1.2.1.3	Analyses de laboratoire .....	6
1.2.1.4	Compilation des données et rédaction du rapport .....	6
1.2.2	Délais requis pour réaliser l'étude .....	7
1.2.3	Suivi environnemental des puits .....	8
1.2.3.1	Programme de suivi .....	8
1.2.3.2	Résultats du suivi .....	9
1.2.4	Réclamations .....	11
<b>1.3</b>	<b>Étude hydrogéologique spéciale</b> .....	11
1.3.1	Méthodologie .....	12
1.3.1.1	Préparation de l'étude .....	12
1.3.1.2	Travaux de terrain .....	12
1.3.1.3	Compilation des données et rédaction du rapport .....	13
1.3.2	Délais requis pour réaliser l'étude .....	13

<b>1.4</b>	<b>Essai de pompage</b> .....	14
1.4.1	Méthodologie .....	14
1.4.2	Délais requis pour réaliser l'étude .....	14
<b>1.5</b>	<b>Étude de caractérisation des terrains contaminés</b> .....	15
1.5.1	Recherche historique (Phase I).....	18
1.5.2	Études de caractérisation (Phase II) ou exhaustive (Phase III) .....	19
1.5.2.1	Préparation de l'étude .....	19
1.5.2.2	Travaux de terrain .....	19
1.5.2.3	Analyses de laboratoire .....	20
1.5.2.4	Compilation des données et rédaction du rapport .....	20
1.5.3	Délais requis pour réaliser l'étude .....	21
<b>1.6</b>	<b>Étude de caractérisation des sédiments de cours d'eau</b> .....	22
1.6.1	Méthodologie .....	22
1.6.1.1	Préparation de l'étude .....	22
1.6.1.2	Travaux de terrain .....	22
1.6.1.3	Analyses de laboratoire .....	23
1.6.1.4	Compilation des données et rédaction du rapport .....	23
1.6.2	Délais requis pour réaliser l'étude .....	24
<b>2.0</b>	<b>DOMAINE DE LA GÉOLOGIE</b> .....	26
<b>2.1</b>	<b>Étude de stabilité des falaises rocheuses en place</b> .....	26
2.1.1	Méthodologie .....	26
2.1.2	Délais requis pour réaliser l'étude .....	27
2.1.3	Types de mouvements dans le roc .....	28
2.1.3.1	Éboulement .....	28
2.1.3.2	Fauchage ou renversement .....	28
2.1.3.3	Glissement .....	29
2.1.3.4	Coulée de débris .....	31
2.1.3.5	Effondrement karstique .....	31
2.1.3.6	Érosion marine .....	32

2.1.4	Stabilisation et parades .....	32
2.1.4.1	Excavations .....	32
2.1.4.2	Fosses de captage .....	33
2.1.4.3	Ancrages actifs et passifs .....	34
2.1.4.4	Treillis métallique .....	35
2.1.4.5	Clôture de captage .....	35
<b>2.2</b>	<b>Étude de coupe de roc .....</b>	<b>36</b>
2.2.1	Avant les travaux : étude géologique .....	36
2.2.1.1	Méthodologie .....	37
2.2.1.2	Délais requis pour réaliser l'étude .....	37
2.2.2	Pendant les travaux : exécution des coupes de roc .....	37
2.2.3	Après les travaux : réclamation .....	43
<b>2.3</b>	<b>Étude de vibrations .....</b>	<b>43</b>
2.3.1	Tirs à l'explosif .....	44
2.3.2	Équipement de construction et trafic routier .....	44
<b>3.0</b>	<b>DOMAINE DES REMBLAIS-DIGUES .....</b>	<b>46</b>
<b>3.1</b>	<b>Dimensionnement des protections en enrochement .....</b>	<b>46</b>
3.1.1	Méthodologie .....	46
3.1.2	Délais requis pour réaliser l'étude .....	47
<b>4.0</b>	<b>ACTIVITÉS DIVERSES .....</b>	<b>48</b>

**ACTIVITÉS DU SECTEUR MÉCANIQUE DES SOLS**

<b>5.0</b>	<b>ÉTUDES DE FONDATION ET DE TASSEMENT</b> .....	46
<b>5.1</b>	<b>Fondations de nouvelles structures</b> .....	46
<b>5.2</b>	<b>Expertises sur des ouvrages existants</b> .....	47
<b>5.3</b>	<b>Études de tassements sous des remblais</b> .....	48
	5.3.1 Remblais existants .....	48
	5.3.2 Nouveaux remblais .....	49
<b>5.4</b>	<b>Méthodologie</b> .....	50
	5.4.1 Recueil de l'information disponible .....	50
	5.4.2 Sondages sur le terrain .....	50
	5.4.2.1 Fondations d'ouvrages d'art .....	50
	5.4.2.2 Études de tassements .....	51
	5.4.3 Essais de laboratoire .....	52
	5.4.3.1 Études de fondations .....	52
	5.4.3.2 Études de tassements .....	52
	5.4.4 Compilation et calculs .....	52
	5.4.5 Délais de réalisation d'une étude .....	53
	5.4.5.1 Étude de fondation .....	53
	5.4.5.2 Étude de tassement .....	54
	5.4.6 Suivi .....	54
<b>6.0</b>	<b>ÉTUDES DE STABILITÉ</b> .....	56
<b>6.1</b>	<b>Étude de tracé</b> .....	56
<b>6.2</b>	<b>Préparation de projet définitif</b> .....	56
	6.2.1 Études de stabilité de remblai .....	56
	6.2.2 Études de stabilité de déblais .....	57



<b>6.3</b>	<b>Études de stabilité de talus naturels</b> .....	58
6.3.1	Talus instable .....	58
6.3.2	Glissement de terrain .....	58
<b>6.4</b>	<b>Types de glissements de terrain</b> .....	59
6.4.1	Glissement superficiel.....	60
6.4.2	Glissement rotationnel .....	60
6.4.3	Avalanche de boue.....	60
6.4.4	Coulée argileuse .....	60
6.4.4.1	Coulée argileuse .....	60
6.4.4.2	Coulée de sable .....	61
6.4.4.3	Coulée de sable humide .....	61
6.4.5	Étalement latéral .....	61
<b>6.5</b>	<b>Méthodologie</b> .....	61
6.5.1	Recueil de l'information disponible .....	61
6.5.2	Sondages sur le terrain .....	62
6.5.3	Essais de laboratoire .....	62
6.5.3.1	Études de remblais .....	62
6.5.3.2	Études de stabilité de déblais ou de talus naturels et de glissement de terrain .....	63
6.5.4	Compilation et calculs .....	63
6.5.5	Délais de réalisation d'une étude .....	63
6.5.5.1	Études de remblais .....	63
6.5.5.2	Études de déblais et de stabilité de talus naturels ou de réparation de glissements .....	64
6.5.6	Suivi .....	64
<b>7.0</b>	<b>CONSTRUCTIONS SUR TOURBIÈRES</b> .....	65
<b>7.1</b>	<b>Études préliminaires</b> .....	65
<b>7.2</b>	<b>Études spécifiques</b> .....	65

---

7.2.1	Nouveaux tracés .....	65
7.2.2	Corrections de profil .....	66
<b>7.3</b>	<b>Méthodologie</b> .....	66
7.3.1	Sondages sur le terrain .....	66
7.3.2	Compilation et rapport .....	67
7.3.3	Délai de réalisation d'une étude .....	68
7.3.4	Suivi de construction .....	68
<b>8.0</b>	<b>SUPPORT EN RECHERCHE DE MATÉRIAUX</b> .....	70
<b>9.0</b>	<b>ÉTUDES DE RÉCLAMATIONS</b> .....	71
<b>10.0</b>	<b>PROBLÈMES DIVERS</b> .....	72
<b>11.0</b>	<b>RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT</b> .....	74
<b>12.0</b>	<b>ACTIVITÉS DU SECTEUR MOUVEMENTS DE TERRAIN</b> .....	75

## **ACTIVITÉS DU SECTEUR MÉCANIQUE DES ROCHES**

### **1.0 DOMAINE DE L'HYDROGÉOLOGIE**

#### **1.1 Inventaire hydrogéologique**

À l'étape de l'étude d'opportunité, une caractérisation du milieu est nécessaire. Cette caractérisation consiste à faire l'inventaire des composantes environnementales du corridor d'étude retenu et d'évaluer de façon globale l'impact du projet afin de faire les recommandations nécessaires quant au choix du tracé définitif. L'inventaire hydrogéologique est une des constituantes de cette caractérisation du milieu.

Cet inventaire vise à identifier et à localiser à l'intérieur du corridor d'étude :

- Les industries, commerces, fermes, piscicultures, etc... utilisant l'eau souterraine comme ressource;
- Les sources d'alimentation des aqueducs communautaires et municipaux;
- Les zones d'habitations denses s'alimentant par des puits individuels.

Il vise également à faire la collecte des informations qu'il est possible d'obtenir à cette étape-ci du projet afin d'évaluer la vulnérabilité des nappes aquifères au passage de la route projetée en déterminant les zones où des impacts importants sont appréhendés.

Le rapport d'inventaire hydrogéologique sera inclus dans le rapport d'impact du projet qui sera déposé au ministère du Développement durable, de l'Environnement et des

Parcs (MDDEP) à l'étape de l'avant-projet préliminaire dans l'objectif d'obtenir le certificat d'autorisation de réalisation (CAR). Nous devons à l'occasion défendre ces études aux audiences publiques sur l'environnement du BAPE (Bureau des audiences publiques sur l'environnement).

### **1.1.1 Méthodologie**

#### 1.1.1.1 Préparation de l'étude

Dans un premier temps, localiser l'axe ou les axes proposés dans le cadre de cette étude d'opportunité sur un fond de carte.

Consulter la documentation technique disponible (rapports de forages, rapports géotechniques, rapports hydrogéologiques, études pédologiques, banque de données géotechniques, banque de données des puits répertoriés par le MDDEP, photos aériennes, etc.) dans le but d'établir la séquence stratigraphique des sols dans le secteur et d'identifier les aquifères potentiels.

#### 1.1.1.2 Relevés sur le terrain

Dans un deuxième temps faire un relevé sommaire sur le terrain afin de déterminer le type de système d'alimentation en eau des propriétaires riverains (aqueducs municipaux, communautaires, types de puits de particuliers généralement utilisés...).

Procéder à un relevé précis des utilisateurs importants de cette ressource à l'intérieur d'un corridor de un kilomètre de part et d'autre du tracé prévu (puits municipaux, industriels et communautaires, piscicultures, cultures hydroponiques...).

L'eau de certains puits est également échantillonnée afin d'avoir une idée de la qualité de l'eau fournie par les aquifères dans le secteur concerné par l'étude.

#### 1.1.1.3 Compilation des données et rédaction du rapport

Analyser toutes ces informations afin de déterminer l'impact appréhendé de la construction et de l'entretien hivernal de la future route sur les puits et aquifères environnants.

Dans le cas où plusieurs tracés sont envisagés à l'intérieur du corridor d'étude, l'étude vise à choisir celui qui aura le moins d'impact. Si tous les tracés comportent des impacts importants, ou encore dans le cas où un seul tracé existe à l'intérieur du corridor d'étude et qu'il implique un impact fort, il faut étudier la faisabilité de mesures d'atténuation qui seront ultérieurement incorporées au projet. Il peut même arriver à cette étape-ci, qu'une étude hydrogéologique spéciale (voir chapitre 1.3) soit nécessaire à un ou des endroit(s) précis du corridor routier où des impacts majeurs sont appréhendés.

Les mesures d'atténuation quelquefois recommandées lors d'impacts majeurs sont :

- Déplacement de l'axe du tracé de route projeté en dehors de la zone d'appel des puits ;
- Imperméabilisation des accotements et des fossés de la route ;
- Extension du réseau d'aqueduc municipal ;
- Entretien hivernal de la route autre que par l'épandage de NaCl.

Le choix de l'une ou l'autre de ces mesures d'atténuation est dicté par la nature et l'ampleur de l'impact prévu ainsi que par le coût relié à chacune de ces options pour un projet donné.

### **1.1.2 Délais requis pour réaliser l'étude**

Le temps nécessaire pour consulter la documentation technique, faire les relevés de terrains, analyser l'information et rédiger le rapport varie de 6 à 12 semaines selon l'ampleur du projet routier. Toutefois, afin d'insérer un projet donné dans notre cédule de travail, il est souhaitable de faire la demande d'étude au moins une année avant la date désirée pour l'obtention de notre rapport.

## **1.2 Étude de puits**

À la phase de la conception, à l'étape de l'avant-projet définitif, le tracé officiel est établi, les profils longitudinaux et transversaux sont disponibles, de même que l'étude pédologique. L'étude de puits détaillée peut alors être effectuée et elle vise à

déterminer l'impact d'un projet routier sur la qualité de l'eau et le niveau d'eau dans les puits de tous les propriétaires riverains. Ces études et leurs recommandations seront utilisées à l'étape de la préparation des plans et devis afin d'obtenir du MDDEP le certificat d'autorisation de construction (CAC).

## **1.2.1 Méthodologie**

### 1.2.1.1 Préparation de l'étude

Comme pour un inventaire hydrogéologique, il faut consulter la documentation technique disponible (rapports, études, cartes, banques de données, photos aériennes, etc.) dans le but d'établir la séquence stratigraphique des sols dans le secteur et d'identifier les aquifères potentiels. Il est recommandé de nous faire parvenir le fichier Autocad du projet.

### 1.2.1.2 Relevés sur le terrain

Règle générale nous relevons les caractéristiques physiques de chacun des puits contenus à l'intérieur d'une zone de 30 mètres de part et d'autre de nos emprises. Cette zone est quelquefois élargie dans le cas où nous jugeons que des conditions particulièrement défavorables peuvent influencer des puits situés plus loin.

Un nivellement sommaire (nivelle à bulle et mire) du terrain naturel est effectué selon une section perpendiculaire à l'axe de la route et inclue cette dernière ainsi que le puits étudié.

Chaque propriétaire est rencontré afin d'obtenir le plus d'information possible sur le ou les puits qu'il possède ainsi que sur leur utilisation (nombre d'utilisateurs, type de traitement, bâtiments desservis, etc...).

Pour les puits jugés « à risque », les puits à exproprier ainsi que ceux où la conduite d'amenée d'eau devra être changée, un échantillon d'eau est prélevé dans le but d'analyser des paramètres physico-chimiques et bactériologiques.

#### 1.2.1.3 Analyses de laboratoire

Une partie des échantillons d'eau prélevés sont envoyés à un laboratoire privé, accrédité par le MDDEP, et avec qui notre Service a un contrat de services professionnels. Les autres analyses sont réalisées par le Service des matériaux d'infrastructure du MTQ (Secteur chimie des matériaux). Il faut compter un minimum de 3 semaines pour la réalisation de ces analyses.

#### 1.2.1.4 Compilation des données et rédaction du rapport

Pour chaque puits une « fiche descriptive du puits » est remplie dans laquelle toutes les informations relevées sur le terrain sont inscrites. Un croquis montrant la section nivelée sur le terrain et qui inclut le puits, de même que les profils de la route actuelle (s'il y a lieu) et de la route projetée complètent la fiche. À chacune de ces fiches est jointe une photocopie du tracé dans l'entourage du puits, tel que montré sur les plans. On y retrouve le tracé de la route actuelle et future avec ses emprises, le puits, l'installation septique, la maison, le sens d'écoulement de l'eau dans l'aquifère concerné, le site de relocalisation d'un puits en cas d'expropriation de ce-dernier et enfin



la localisation des conduites d'amenées d'eau situées à l'intérieur des emprises de la route.

Le rapport donne donc une évaluation de l'impact du projet sur chacun des puits (aucun problème, risque de problème, conduite d'amenée d'eau à changer, puits expropriés, etc...) ainsi que les raisons qui guident notre choix. Il donne également une idée de la qualité de l'eau des aquifères dans le secteur par le biais d'analyses réalisées avant les travaux, ce qui élimine bon nombre de réclamations non justifiées. En annexe du rapport sont fournies les fiches descriptives des puits de même que les rapports d'analyses d'eau en provenance du laboratoire.

Advenant l'anticipation d'un impact majeur dans un secteur donné, des mesures d'atténuation plus détaillées sont généralement proposées à cette étape-ci du projet.

### **1.2.2 Délais requis pour réaliser l'étude**

Le temps requis pour réaliser toutes les étapes de ce type d'étude varie de 6 semaines pour les plus petits projets (< 20 propriétaires) et peut prendre jusqu'à 6 mois lors de projets d'importance comme le passage d'une autoroute en milieu habité.

Tout comme pour l'inventaire hydrogéologique décrit au chapitre 1.1., il est souhaitable de faire une demande d'étude au moins une année avant la date désirée pour l'obtention de notre rapport afin d'insérer ce projet dans notre cédule de travail.

### 1.2.3 Suivi environnemental des puits

Lorsque le MDDEP l'exige, un suivi environnemental de certains puits est réalisé suite à la construction ou à la réfection d'un tronçon de route. Dans un premier temps, un programme de suivi est préparé et remis au MDDEP une fois l'étude de puits complétée.

#### 1.2.3.1 Programme de suivi

Il existe un programme-type adopté pour les suivis environnementaux des puits au ministère des Transports du Québec, tel que décrit ci-dessous.

- Puits-cibles

À partir d'une étude de puits donnée, il s'agit de choisir et d'identifier les puits qui feront l'objet d'un suivi (dits « puits-cibles »). Habituellement, tous les puits classés à risque de problèmes dans l'étude de puits feront partie des puits-cibles. De plus, il arrive qu'un certain nombre de puits classés différemment soient inclus dans les puits-cibles afin d'obtenir une répartition géographique de ces-derniers qui soit équilibrée pour l'ensemble du projet.

- Périodes d'échantillonnage

Si les travaux de construction sont réalisés en dedans de deux ans par rapport aux dates des échantillonnages effectués dans le cadre de l'étude de puits, ces dernières feront office d'analyses dites « pré-travaux » qui nous servent de point de comparaison afin d'évaluer les impacts qualitatifs sur les puits pendant et après les travaux. Sinon, une nouvelle série d'analyses sera effectuée juste avant les travaux. Il

est ensuite prévu d'échantillonner les puits-cibles à chaque printemps suivant la mise en service de la nouvelle route et ce, pour une période minimale de deux ans.

- Paramètres à analyser

Les paramètres qui sont analysés dans le cadre d'un suivi environnemental des puits sont habituellement les suivants : alcalinité, matières dissoutes totales, couleur, dureté, pH, turbidité, chlorures, nitrates & nitrites, calcium, fer, manganèse, sodium.

- Rapports écrits

Un rapport de suivi des puits sera rédigé à chaque année. Afin de transmettre un document complet, seront joints en annexe à ce rapport :

- Les plans de localisation de chacun des puits-cibles ;
- La liste des propriétaires concernés avec leurs adresses ;
- Les fiches descriptives des puits apparaissant dans l'étude de puits pour chacun des puits-cibles ;
- Les rapports de laboratoire et tableaux synthèses des résultats d'analyse d'eau ;
- Nos commentaires et recommandations, s'il y a lieu.

#### 1.2.3.2 Résultats du suivi

Trois situations peuvent survenir durant cette période de suivi :

1. *Le suivi démontre une constance de la qualité de l'eau des puits-cibles échantillonnés.*

Dans ce cas, le suivi environnemental prendrait fin après ces deux années.

*2. Le suivi nous démontre une augmentation significative de la teneur d'un ou de plusieurs paramètres, tout en demeurant en deçà des critères de potabilité, et que la cause est reliée à la construction ou à l'entretien du secteur de route concernée.*

Dans ce cas, le suivi environnemental serait prolongé d'au moins une année supplémentaire ou jusqu'à ce que la teneur d'équilibre soit atteinte.

*3. Le suivi révèle une augmentation d'un ou plusieurs paramètres qui excéderait (aient) les critères de potabilité recommandés pour l'eau de consommation domestique et la cause est reliée à la construction ou à l'entretien du secteur de route concernée.*

Dans ce cas, le dossier du (des) puits est immédiatement transféré à la Direction territoriale concernée avec notre rapport technique, incluant nos recommandations pour redonner de l'eau potable au résident lésé. La nature de cette recommandation varie selon le type de contamination rencontrée. Lorsque les éléments chimiques en excès peuvent être facilement traités, nous recommandons l'achat de l'appareil de traitement adéquat. Lorsqu'il s'agit d'une augmentation des chlorures (ce qui représente la grande majorité des cas), nous recommandons plutôt de faire creuser un nouveau puits (surface ou artésien selon le cas) en s'éloignant de la source de contamination. Nous déterminons donc la zone de relocalisation du futur puits. Le dossier n'est fermé que lorsque le propriétaire concerné a retrouvé une source d'alimentation qui lui fournit, en quantité suffisante, une eau de qualité acceptable. Un tel processus est très rapide puisque le personnel de la Direction territoriale concernée, ayant déjà en main un rapport technique ainsi que les recommandations précises que nous leur fournissons, est habilité à régler illico le dossier sans autre formalité.

#### **1.2.4 Réclamations**

Nous pouvons fournir une assistance, habituellement aux gens qui s'occupent des acquisitions dans les DT, afin de traiter les cas où des dommages surviendraient à certains puits durant la période de construction.

Nous pouvons également fournir une assistance, habituellement aux responsables des réclamations sur dommages dans les DT, afin de traiter les cas où des dommages surviendraient à certains puits, même en dehors des périodes de construction, dans le cadre des opérations routinières du MTQ.

Certains de ces cas nécessitent d'aller témoigner en cours à titre de spécialiste en hydrogéologie lors de procès intentés contre le MTQ.

#### **1.3 Étude hydrogéologique spéciale**

Il arrive qu'une étude hydrogéologique plus exhaustive soit nécessaire dans les cas où un impact est appréhendé sur des puits d'importance comme ceux qui alimentent une industrie, un aqueduc communautaire ou municipal. Dans ces circonstances il convient d'expertiser davantage l'environnement du puits concerné afin de connaître précisément les conditions de l'aquifère dans lequel s'alimente le dit puits ainsi que la zone d'influence créée par les opérations de pompage. Des études hydrogéologiques sont également nécessaires afin de caractériser un site d'entreposage des neiges usées dans le but de le rendre conforme à la nouvelle réglementation (1997) sur les lieux d'élimination de neige.

---

### 1.3.1 Méthodologie

#### 1.3.1.1 Préparation de l'étude

Comme pour les études précédentes, il faut procéder à l'examen de la documentation technique disponible (rapports, études, cartes, banques de données, photos aériennes...) afin de déterminer la séquence stratigraphique et d'identifier les différents aquifères.

Il convient également d'obtenir les renseignements existants sur les caractéristiques et le fonctionnement du ou des puits concerné(s). Dans plusieurs cas (puits industriels, municipaux...) ces informations sont déjà connues des propriétaires suite au test de pompage effectué sur leur puits lors de son implantation. Pour les puits municipaux entre autres, un rapport hydrogéologique de la firme spécialisée qui a supervisé la recherche en eau souterraine est même souvent disponible, ce qui représente une source d'information très précieuse.

#### 1.3.1.2 Travaux de terrain

Au moyen d'une foreuse à mèches évidées cette étape consiste à mettre en place un certain nombre de piézomètres-échantillonneurs dont la quantité varie d'une étude à l'autre. Des échantillons de sols sont prélevés lors des forages et analysés pour en déterminer la granulométrie et la classification. Un relevé des niveaux d'eau dans les piézomètres est ensuite effectué afin d'établir ultérieurement la carte piézométrique de la zone soumise à l'étude. L'eau est également échantillonnée dans chaque piézomètre afin de connaître les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'aquifère. Si les renseignements concernant les caractéristiques hydrogéologiques de l'aquifère ne

sont pas disponibles, nous effectuons alors les essais nécessaires (essai de pompage, essai de perméabilité....) afin de les déterminer à même nos piézomètres et le puits concerné. L'arpentage (nivellement et localisation) de chacun des puits d'observation est habituellement réalisé par une équipe de la DT concernée.

#### 1.3.1.3 Compilation des données et rédaction du rapport

Une fois toutes les données de terrain obtenues, il faut dans certains cas procéder à une modélisation informatique dans le but d'obtenir le profil (en 2 et 3 dimensions) du terrain naturel et de la nappe souterraine et, par simulation, évaluer l'impact des travaux routiers sur l'ouvrage de captage d'eau soumis à l'étude.

Les échantillons d'eau sont envoyés à un laboratoire privé avec qui nous avons un mandat afin qu'il réalise les analyses demandées (environ 3 semaines).

Un rapport est ensuite rédigé dans lequel sont jointes les sorties graphiques de notre modélisation informatique, les résultats d'analyses, ainsi que notre évaluation de la situation et les mesures d'atténuation à adopter, s'il y a lieu.

#### **1.3.2 Délais requis pour réaliser l'étude**

Ce type d'étude, pour des puits municipaux notamment, nécessite idéalement des observations sur un cycle hydrogéologique complet (1 an), mais peut exceptionnellement être comprimé sur une période de 6 mois (2 saisons). Pour les futurs sites d'entreposage des neiges usées, le délai minimum est de l'ordre de deux mois.

## **1.4 Essai de pompage**

Dans certains cas particuliers où une baisse de capacité d'un puits (de surface ou artésien) est appréhendée dans le cadre d'un projet de réfection ou de construction d'une route, nous pouvons procéder à un essai de pompage sur le dit puits afin d'en évaluer le débit. Soulignons que ce type d'essai n'est pas effectué systématiquement mais constitue un cas d'exception.

### **1.4.1 Méthodologie**

Comme la plupart du temps il s'agit d'un puits en opération, nous utilisons la pompe déjà en place pour effectuer l'essai. Notre technicien engage un plombier dans le secteur où il effectue l'étude afin que ce dernier procède aux différents raccords nécessaires pour effectuer l'essai.

Les résultats font l'objet d'un rapport au demandeur.

### **1.4.2 Délais requis pour réaliser l'étude**

Habituellement ce type d'essai est très rapide (moins d'une semaine selon l'endroit) et les résultats étant connus immédiatement, ils peuvent être transmis, dans les cas urgents, au téléphone avant même que le rapport écrit ne soit rédigé. Toutefois, le délai souhaitable entre la date de demande et la production du rapport est de l'ordre de 3 mois (tout en tenant compte de la saison).



---

## **1.5 Étude de caractérisation des terrains contaminés**

Dans le cadre de ses opérations, le MTQ est susceptible de rencontrer divers types de matériaux contaminés avec lesquels il devra conjuguer selon les lois, politiques et règlements édictés par le MDDEP. Ces matériaux contaminés peuvent être présents à l'intérieur de nos emprises de route ou sur d'autres terrains appartenant au MTQ. Ils font habituellement l'objet d'une recherche dans le cadre de projets d'entretien, de réfection ou de construction de route, ou encore lors de transactions (acquisition, expropriation, rétrocession, vente, échange) de terrains. Les cas de contaminations les plus répandus au MTQ sont les suivants :

- Terrains avec présence d'hydrocarbures pétroliers : C'est définitivement le cas le plus répandu au Ministère. Il survient lorsque des travaux de terrassement sont prévus sur ou en aval de terrains ayant été ou étant encore l'hôte d'un commerce ayant manipulé des produits pétroliers (ex : station-service).
- Fondations de route contaminées aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) lourds : Des études de caractérisation environnementale de sols présents sous le revêtement bitumineux de certaines routes ont été réalisées par le ministère des Transports (MTQ). Certaines de ces études ont révélé la présence d'une contamination importante, entre autres, aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). La contamination présente dans les fondations de ces routes aurait vraisemblablement été causée par les pratiques en vigueur au siècle passé. Des produits contenant des HAP, comme les huiles usées ou d'autres polluants, étaient alors utilisés comme abat poussière ou pour le traitement ou le revêtement

des chaussées granulaires. Il ressort aussi de ces études que les fortes teneurs en HAP auraient pu être causées par différents types de goudrons qui pouvaient être utilisés comme liant d'amorçage, pour le traitement de surface à froid, etc.

Dans le cadre d'un projet de réfection d'une route nécessitant l'excavation des sols de fondation dont l'historique cadre avec la description faite ci-dessus, une étude de caractérisation des matériaux de fondation doit être réalisée à l'étape de la préparation du projet dans le but d'inclure, s'il y a lieu, la gestion des sols contaminés dans les devis. En effet, qu'il soit prévu de réutiliser ces sols dans le projet de réfection de la route ou encore qu'il soit envisagé de disposer les matériaux excédentaires hors emprises. Les sols contaminés doivent être gérés selon la réglementation du MDDEP.

Pour plus d'information, prière de vous référer à la note aux concepteurs « Disposition des matériaux provenant de l'excavation d'une structure de chaussée » émise par la Direction du soutien aux opérations (DSO) en 2008.

- Lieux d'élimination des neiges usées : Sites où l'on est susceptible de rencontrer toute la gamme de contaminants contenus dans les neiges usées (HAM, HAP, métaux lourds...).
- Sites de résidus miniers : Dans les régions minières (Abitibi) où des infrastructures routières sont implantées au droit de sites de déposition de résidus d'exploitation minière (métaux & métalloïdes, soufre...).

- Terrains industriels & commerciaux : La « Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés » du MENV renferme la liste des secteurs d'activités industrielles et commerciales susceptibles de contaminer les sols et les eaux souterraines.
- Sédiments de cours d'eau : Référence au chapitre 1.6 du présent document.

Deux cas de figures se présentent au MTQ dans le cadre de la réalisation d'une route.

A) Reconstruction d'une route sans acquisition de nouveaux terrains.

- La Phase I (voir chapitre 1.5.1) est réalisée soit par le personnel de la DT ou leur consultant.
- Les Phases II et III (voir chapitre 1.5.2) s'il y a lieu, sont réalisées par le Service géotechnique et géologie (SGG) ou leur consultant.

B) Reconstruction d'un route avec acquisition de nouveaux terrains, ou encore, construction d'une nouvelle route.

- La Phase I est réalisée par un consultant de façon à vérifier s'il y a acquisition d'un terrain ayant supporté une activité visée à l'annexe III du Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains (RPRT).
  - Si non, fin du processus
  - Si oui, réalisation d'une étude de Phase II par le SGG ou le consultant.
- Si l'étude de Phase II révèle une contamination  $\leq$  critère C, le SGG peut réaliser une Phase III si nécessaire et ensuite le MTQ prépare un plan de gestion des sols contaminés dans le cadre de la préparation des documents d'appel d'offres.

- Si l'étude de Phase II révèle une contamination > critère C, le MTQ engage un consultant avec « expert accrédité » par le MDDEP pour réaliser les étapes suivantes :

- Attester l'étude de Phase II
- Réaliser l'étude de Phase III, si nécessaire
- Inscire un avis de contamination au registre foncier du Québec, si nécessaire
- Soumettre un plan de réhabilitation du site au MDDEP
- Attester que les travaux réalisés sont conformes au plan de réhabilitation approuvé par le MDDEP
- Inscire un avis de décontamination au registre foncier du Québec, si nécessaire.

#### **1.5.1 Recherche historique (Phase I)**

Cette recherche est réalisée à l'étape de l'avant-projet préliminaire par un chargé de projet ou le représentant en environnement à la Direction territoriale ou encore leur consultant. Elle consiste à recueillir des informations permettant de conclure s'il existe ou non un risque de contamination sur les terrains bordant le tracé de route qui fait l'objet du projet. Il s'agit donc d'identifier les zones où des activités potentiellement contaminatrices auraient été effectuées, de même que le type de contaminant qu'il faut s'attendre d'y rencontrer.

Pour connaître la façon de réaliser cette recherche historique (Phase I) ou pour obtenir de l'information sur les études de caractérisation préliminaire (Phase II) ou exhaustive (Phase III), veuillez vous référer au « Guide de caractérisation des terrains » du MDDEP.

## **1.5.2 Études de caractérisation préliminaire (Phase II) ou exhaustive (Phase III)**

### 1.5.2.1 Préparation de l'étude

Procéder à l'examen de la documentation technique disponible (rapports, études, cartes, banques de données, photos aériennes, etc.) afin de déterminer la séquence stratigraphique des sols et d'identifier les différents aquifères.

Préparer un programme d'échantillonnage comportant la localisation des stations d'échantillonnage, le nombre d'échantillons de sol et d'eau à prélever et les paramètres à analyser.

### 1.5.2.2 Travaux de terrain

Au moyen d'une tarière mécanique à mèches évidées (obligation de faire des forages sans eau) on réalise un minimum de 3 forages par site. Les sols sont échantillonnés au moyen d'un échantillonneur de type cuillère fendue dans le but d'effectuer des analyses granulométriques et/ou des analyses chimiques. Lorsqu'un aquifère est intercepté, on aménage un puits crépiné dans le forage. Si le forage est exécuté sur une surface asphaltée, le dessus du puits est coupé sous le niveau du sol, et on le retrouve à l'intérieur d'une boîte de vanne conçue pour protéger le puits en question. Si on est en terrain non aménagé (terrain vacant, champ, etc...) on utilise une pelle rétroexcavatrice, ce qui est plus économique.

L'échantillonnage des sols et de l'eau est en partie normalisé par le BNQ ou encore réglementé par le MDDEP. Les instruments d'échantillonnage (spatules en acier inoxydable, pompes à vide...) doivent répondre aux spécifications de même que la

procédure de nettoyage de ces instruments (acétone, hexane, eau déminéralisée...). Les échantillons de sols et d'eau sont maintenus dans une glacière aux alentours de 4°C jusqu'à leur arrivée aux laboratoires désignés.

L'arpentage du site (nivellement et localisation des forages) est réalisé par l'équipe de la DT concernée.

#### 1.5.2.3 Analyses de laboratoire

Les analyses granulométriques des échantillons de sols sont réalisées par le Service des matériaux d'infrastructures du MTQ, alors que les autres échantillons de sols et les prélèvements d'eau sont analysés par des laboratoires privés pour en déterminer les paramètres physico-chimiques.

Il faut généralement un délai de 3 @ 4 semaines pour obtenir les rapports d'analyses en provenance de ces laboratoires.

#### 1.5.2.4 Compilation des données et rédaction du rapport

Quand les rapports d'analyses granulométriques sont disponibles, nous traçons à l'aide d'un logiciel spécialisé une coupe stratigraphique indiquant la séquence des matériaux traversés, l'emplacement des échantillons de sols prélevés de même que la position du piézomètre et le niveau d'eau mesuré dans chaque forage.

Les résultats des analyses chimiques des sols et de l'eau sont vérifiés et classés selon les critères génériques (A, B ou C) du MDDEP. Les élévations des niveaux d'eau

dans les piézomètres nous permettent de déterminer la piézométrie de la nappe d'eau souterraine (sens d'écoulement et gradient hydraulique).

Le rapport renferme le programme d'échantillonnage, la méthode de travail détaillée, les observations organoleptiques (olfactif et visuel) des échantillons de sols et d'eau telles que notées par notre technicien sur le site, la description des sols, la piézométrie de la nappe d'eau souterraine, la présentation des résultats d'analyses des sols et de l'eau ainsi qu'un chapitre renfermant nos commentaires sur la migration des contaminants et la gestion des matériaux contaminés. En annexe sont joints tous les documents pertinents à l'étude. Le rapport est acheminé au demandeur de l'étude.

### **1.5.3 Délais requis pour réaliser l'étude**

Le temps requis pour effectuer l'étude même, varie de 2 @ 4 mois selon l'éloignement du projet et les disponibilités des équipes de forage.

- Délai de disponibilité des équipes de forage : 2 @ 6 semaines
- Réalisation des forages : 1 @ 2 semaines
- Essais de laboratoire : 3 @ 4 semaines
- Compilation et rapport : 2 @ 3 semaines

Toutefois, afin d'insérer un projet donné dans notre cédule de travail, il est souhaitable de nous faire parvenir la demande le plus tôt possible avant la date désirée pour l'obtention de notre rapport.

---

## **1.6 Étude de caractérisation des sédiments de cours d'eau**

Lorsqu'il est prévu d'excaver des alluvions présentes dans le fond d'un cours d'eau soit dans le cadre d'un contrat de dragage pour faciliter la circulation maritime, soit encore lors de la mise en place de fondations de piliers nécessaires pour soutenir un pont, il est quelquefois exigé par le MDDEP d'échantillonner ces sédiments et d'en faire l'analyse chimique dans le but de déterminer leur degré de contamination. Cette étude vise également à faire part de recommandations quant à la gestion de ces sédiments suite à leur excavation. Il est très important que cette demande d'étude parvienne au Service en même temps que la demande d'étude de fondation des piliers du pont puisque nous réaliserons les deux études de concert, avec la même installation de forage (quelquefois radeau etc...).

### **1.6.1 Méthodologie**

#### **1.6.1.1 Préparation de l'étude**

Procéder à l'examen de la documentation technique disponible (rapports, études, cartes, banque de données, photos aériennes, etc.) afin de déterminer la séquence stratigraphique des sols dans le secteur soumis à l'étude.

Préparer un programme d'échantillonnage comportant la localisation des points d'échantillonnage ainsi que les paramètres d'analyses.

#### **1.6.1.2 Travaux de terrain**

Les sondages sont réalisés au moyen d'une foreuse à diamant soit à partir de l'ancien pont lorsque le tracé du nouveau pont est pratiquement inchangé, soit à partir



d'un couvert de glace en hiver ou encore à partir d'une barge ou radeau dans le cas d'un nouveau pont.

Ce type d'installation nécessite une logistique plus complexe et dispendieuse qu'un sondage conventionnel sur la terre ferme, de sorte qu'il est important que la demande pour ce type d'étude soit jumelée à celle de l'étude de fondation afin de rationaliser les coûts de réalisation.

Les échantillons de sédiments sont habituellement récupérés au moyen d'un échantillonneur de type cuillère fendue spécialement dédié aux études de caractérisation pour les échantillons de surface, ou encore d'un échantillonneur à paroi latérale pour les échantillons plus profonds

#### 1.6.1.3 Analyses de laboratoire

Les analyses chimiques sur les échantillons de sédiments sont réalisées par un laboratoire privé accrédité par le MDDEP. Ces analyses portent habituellement sur les paramètres suivants : les métaux (As, Hg, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), le carbone organique total (COT), les biphényles polychlorés totaux (BPC) déterminés par la méthode des congénères.

#### 1.6.1.4 Compilation des données et rédaction du rapport

Les résultats des analyses des sédiments sont vérifiés et classés selon les critères d'évaluation contenus dans le document rédigé conjointement en avril 1992 par Environnement Canada et le MDDEP, soit : « Critères intérimaires pour l'évaluation de

la qualité des sédiments du St-Laurent ». L'impact sur le milieu est également grandement fonction de la méthode d'excavation prévue par l'entrepreneur.

De plus, notre rapport renferme nos commentaires en ce qui a trait au mode de disposition des matériaux dragués contaminés qui sont ramenés sur la terre ferme. Ils sont alors gérés conformément à la « Grille de gestion intérimaire des sols contaminés excavés » qui est tirée de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés du MDDEP. À cette étape il est souvent nécessaire de ré-échantillonner ces tas de matériaux excavés pour fins d'analyses.

### **1.6.2 Délais requis pour réaliser l'étude**

La réalisation des forages est fonction des conditions du site. Forer à partir du tablier du pont peut apporter des contraintes dans certains cours d'eau en période hivernale lorsqu'il y a risque de déplacement du couvert glacé qui recouvre le cours d'eau. Autrement il s'agit uniquement de contraintes reliées au trafic routier sur le pont. Certains cours d'eau dont l'épaisseur de glace est importante en période hivernale permettent également à la foreuse d'y circuler librement afin de réaliser les forages à travers la glace. Enfin lorsque les forages doivent être exécutés à partir d'une barge, il faut tenir compte des débits saisonniers du cours d'eau afin d'assurer une stabilité de l'équipement de forage. En résumé, chaque projet doit être évalué individuellement afin de déterminer la période de forage la plus propice.

Une fois les sondages réalisés, on peut compter un délai de l'ordre de 2 mois pour obtenir le rapport, délai qui tient compte des analyses de laboratoire ainsi que du temps de compilation des données et d'écriture du rapport.

---

## **2.0 DOMAINE DE LA GÉOLOGIE**

### **2.1 Étude de stabilité des falaises rocheuses en place**

Lorsqu'une falaise rocheuse présente des problèmes d'instabilité (éboulis, glissement), une étude géologique de la falaise en question peut être réalisée dans le but d'en arriver à proposer une ou des méthodes de stabilisation ou de parades pour solutionner le problème. Les chapitres 2.1.3 et 2.1.4 présentent les différents types de mouvements répertoriés dans le milieu rocheux ainsi que les méthodes de stabilisation ou encore les parades utilisées pour contenir les matériaux d'éboulis.

#### **2.1.1 Méthodologie**

Nous réalisons une étude géologique de la falaise rocheuse en procédant à une analyse structurale de cette dernière. Dans les faits nous effectuons le relevé des directions et pendages d'un très grand nombre de discontinuités (joints, litage, clivage...) à l'aide d'une boussole munie d'un clinomètre. La géométrie de la falaise ainsi que la nature des matériaux le long de la pente sont soigneusement relevées sur le terrain.

Ces données sont traitées dans un premier temps à l'aide de logiciel et/ou par méthode graphique (diagramme polaire, stéréogramme, bloc-diagramme, logiciel DIPS développé par Rocscience Inc.) afin de déterminer les systèmes de discontinuités majeurs et les mécanismes de rupture. Dans le cadre de ruptures planaires ou en dièdres, le logiciels SWEDGE et RocPlane développés par la firme Rocscience Inc. permettent d'effectuer les calculs de stabilité nécessaires. Dans le cas d'éboulis rocheux, les logiciels CRSP (Colorado Rockfall Simulation Program) et RocFall

(Rocscience Inc.) permettent de simuler la trajectoire de blocs d'éboulis en fonction des caractéristiques physiques et géologiques du site.

Par l'analyse des données de terrain et à l'aide des simulations informatiques nous sommes en mesure de rédiger des recommandations sur la ou les solution(s) à envisager pour régler le problème.

### **2.1.2 Délais requis pour réaliser l'étude**

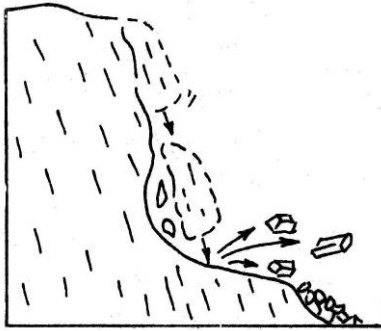
Il faut prévoir un délai de 2 @ 3 mois pour réaliser ce type d'étude si aucun arpentage de la falaise rocheuse n'est nécessaire. En effet, nous possédons des jumelles télémétriques nous permettant d'obtenir des sections suffisamment précises pour établir un profil convenable de la falaise rocheuse afin de réaliser une première analyse. Dans certains cas, il est possible qu'un arpentage plus précis soit requis nécessitant l'intervention de l'équipe d'arpentage de la DT. Il faut alors ajouter ce laps de temps à notre délai.

Tout comme les autres études, il est recommandé d'effectuer ces demandes le plus tôt possible afin que nous puissions les incorporer à notre cédule de travail dans le but de vous fournir notre rapport final à la date désirée. Il faut également tenir compte du fait qu'il est très difficile, voire impossible dans certains cas de réaliser ces études en période hivernale.

## 2.1.3 Types de mouvements dans le roc

### 2.1.3.1 Éboulement

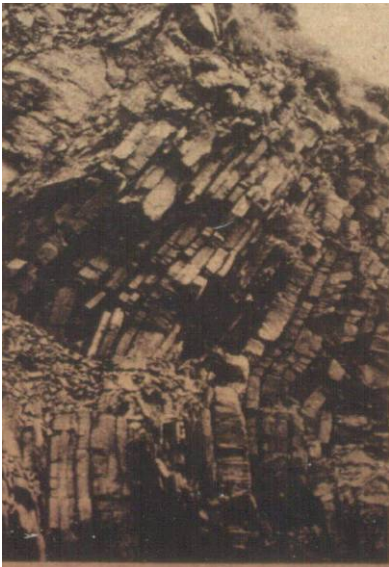
Blocs de roc qui tombent isolément ou en groupes. Ces mouvements sont très rapides et les blocs peuvent être en chute libre ou encore sauter ou rouler sur une surface.



Représentation schématique d'un éboulement. Éboulement provoqué d'une masse instable, route 155.

### 2.1.3.2 Fauchage ou renversement

Mouvement caractérisé par le renversement de strates ou blocs de roc là où on retrouve un système de fractures dont le pendage est proche de la verticale.



Déformation des strates...



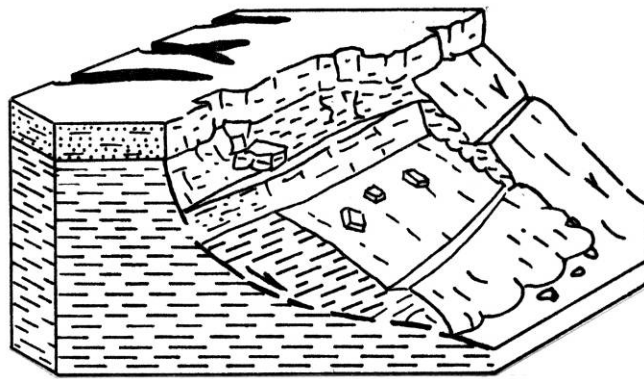
...et renversement.

### 2.1.3.3 Glissement

Mouvement d'une masse de roc le long d'une ou plusieurs surfaces de cisaillement bien définies que l'on nomme surface(s) de rupture. Ces mouvements peuvent être lents ou rapides.

#### A) Par rotation

Lorsque la surface de rupture est concave vers le haut.

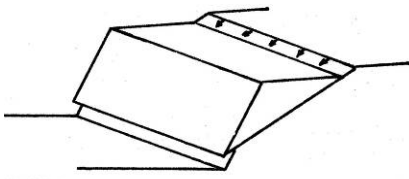


Représentation schématique d'une rupture par rotation

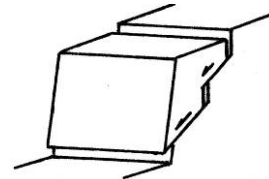
#### B) Par translation

- Rupture planaire

Lorsque le mouvement s'effectue le long d'une seule surface de glissement plus ou moins rectiligne.



Rupture planaire sur une surface de glissement rectiligne



Surface de rupture en escalier



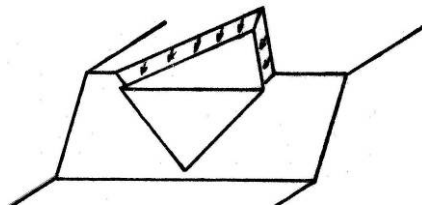
Exemple de rupture planaire simple  
(Rte 132, Vallée de la Matapédia)



Rupture en escalier  
(Rte 132, St-Nicolas)

- Rupture en dièdre

Lorsque le mouvement s'effectue le long de la ligne d'intersection (arête) de deux surfaces de glissement.



Représentation schématique d'une rupture en dièdre



Exemple d'une rupture en dièdre  
(Autoroute 10, Sherbrooke)

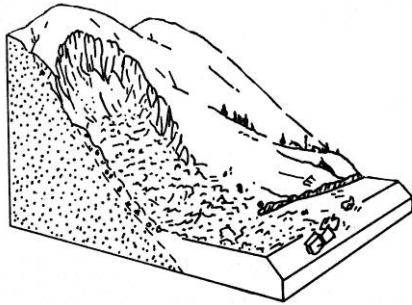
- Pelliculaire

Lorsque le mouvement se produit au contact roc sain / roc altéré suite à une augmentation des pressions d'eau.



#### 2.1.3.4 Coulée de débris

Mouvement de débris de roc, souvent mélangés avec de l'eau (ou de la glace), et qui s'effectue habituellement le long d'un dalot d'érosion long et étroit à flanc de montagne.

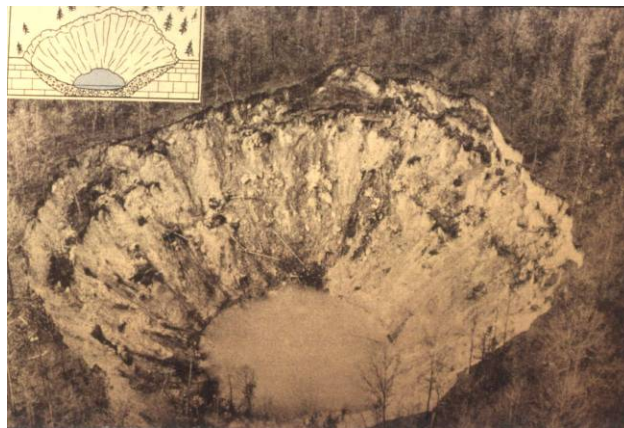


Représentation schématique d'une coulée de débris.

Deux exemples de coulées de débris survenues dans le parc des Laurentides suite aux pluies diluviennes de juillet 96.

#### 2.1.3.5 Effondrement karstique

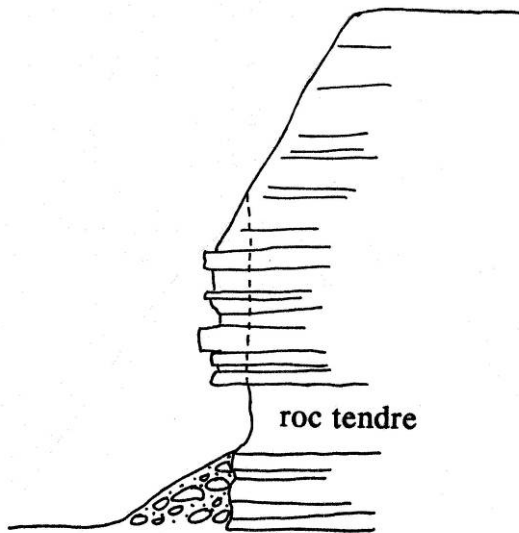
Des grottes sont formées par la dissolution des roches solubles comme les calcaires. Il arrive que le toit de ces vides naturels s'effondre créant ainsi une dépression en forme de cône nommée doline.



Exemple d'un effondrement karstique.

### 2.1.3.6 Érosion marine

Érosion des couches de roc les plus tendres par l'action répétée et abrasive des vagues, laissant les couches supérieures en porte-à faux. Des fractures de tension subverticales se créent alors dans ces couches supérieures occasionnant l'écroulement de tranches de roc et la régression constante de la falaise rocheuse.



Représentation schématique

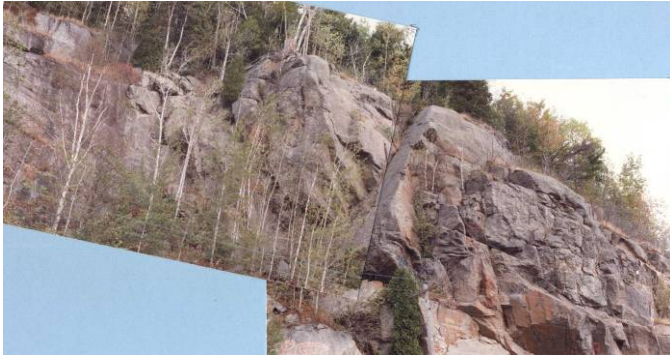


Exemple d'érosion de la base de falaise (Caplan, Baie des Chaleurs)

## 2.1.4 Stabilisation et parades

### 2.1.4.1 Excavations

Pour contrer certains problèmes d'instabilité, l'excavation des masses de roc instables s'avère la solution idéale parce qu'elle est permanente. Toutefois compte tenu de l'accès au site, du volume de roc impliqué et de la nature même de l'instabilité, il n'est pas toujours possible d'adopter cette solution.



Dièdre rocheux instable,  
Route 155, Grandes-Piles, Mauricie



Même endroit après excavation  
par forage et sautage

#### 2.1.4.2 Fosses de captage

Aménagement d'une fosse capable de recevoir les matériaux d'éboulis, habituellement en pied de talus. Les dimensions de la fosse sont calculées par informatique au moyen de logiciels simulant la trajectoire des blocs d'éboulis dans une falaise rocheuse. Cette solution doit tenir compte, entre autres, de la hauteur et de la pente de la falaise, de la nature des matériaux qui constituent la pente, et du dégagement au pied de la falaise.



Fosse de captage réalisée à l'aide  
d'un remblai, Route 155, Grandes-  
Piles, Mauricie



Même fosse avec matériaux  
d'éboulis



Fosse de captage réalisée avec des blocs  
en béton. Route 132,  
Pic de l'Aurore, Gaspésie





Fosse de captage en blocs de béton ajourés. Route 132, La Martre à Marsoui.



Fosse de captage réalisée à même les matériaux d'éboulis. Route 132, Gros-Morne à Manche d'Épée.

#### 2.1.4.3 Ancrages actifs et passifs

Les ancrages servent à tenir en place des masses de roc monolithiques, non désagrégées. Les ancrages actifs sont précontraints, une tension étant exercée dans l'ancrage entre le boulon de tête et la coquille d'expansion située en fond de trou. L'ancrage passif, quant à lui, n'est pas prétensionné. Il s'agit d'une tige d'acier crénelé non-tensionnée qui est scellée sur toute sa longueur par un coulis de ciment ou une résine.



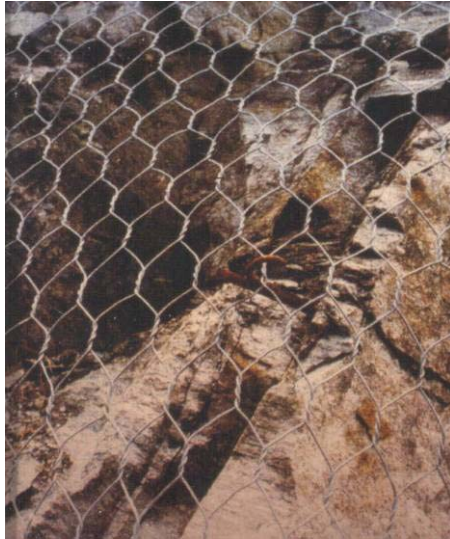
Ancrages actifs, Route 169, Parc des Laurentides.



Ancrages passifs, Route 138, Lac du Séminaire, Baie des Rocher, Charlevoix.

#### 2.1.4.4 Treillis métallique

Il s'agit de laizes de treillis métallique à gabions (type Maccaferri) ou autres, dont les joints verticaux sont tressés au moyen d'un fil métallique galvanisé, formant ainsi un rideau ancré en tête de talus et qui sert à guider la chute des blocs d'éboulis jusqu'au pied de talus dans une fosse de réception.



Treillis Maccaferri



Treillis métallique mis en place le long du boulevard Champlain, Québec.

#### 2.1.4.5 Clôtures de captage

S'apparente au dernier système décrit, à l'exception que la partie supérieure de l'installation est une clôture installée à flanc de talus et après laquelle le treillis métallique est suspendu au moyen d'un câble d'acier. Cette géométrie permet de capter des blocs d'éboulis en provenance de la partie supérieure du talus et d'ensuite guider leur chute jusqu'en pied de talus.

Un nouveau type de clôture de captage a vu son apparition au Québec dans le milieu des années 90. Ces clôtures sont fabriquées par la compagnie Brugg dont la

maison mère est en Suisse, qui s'est installée aux Etats-Unis à la fin des années 80 et qui offre maintenant son produit au Canada. Nous avons installé trois de ces clôtures en 1996 et une en 1998.

Il s'agit de clôtures faites en câbles d'acier qui ont un très grand pouvoir de déformation lors d'impacts et qui peuvent donc retenir des blocs d'éboulis de taille importante.



Site d'essais de Brugg



Clôture de captage installée en Californie



Clôture de captage, Lac du Séminaire, Rte 138, Baie des Rochers.

## **2.2 Étude de coupe de roc**

### **2.2.1 Avant les travaux : étude géologique**

Toute coupe de roc importante (> 6 m selon le cahier des normes) devrait faire l'objet d'une étude géologique dans le but de fixer les pentes d'excavation optimum ainsi que les largeurs et les élévations des bermes et paliers. Le fait d'adopter la géométrie appropriée pour la réalisation de la coupe de roc a des répercussions financières par la minimisation des bris hors profil et de l'entretien à long terme, mais aussi des répercussions humaines en garantissant une plus grande sécurité pour les usagers du

réseau routier. Notez qu'une étude pédologique ne peut être considérée comme étant une étude géologique.

#### 2.2.1.1 Méthodologie

La méthodologie est sensiblement la même que pour les études de stabilité (chap. 2.1.1). L'étude géologique consiste donc à relever les différents systèmes de structures géologiques présentes dans le massif à excaver. Les données ainsi recueillies sont par la suite traitées à l'aide d'outils graphiques et informatiques afin de déterminer l'angle idéal à donner au talus d'excavation et de spécifier les caractéristiques des paliers et bermes s'il y a lieu.

#### 2.2.1.2 Délais requis pour réaliser l'étude

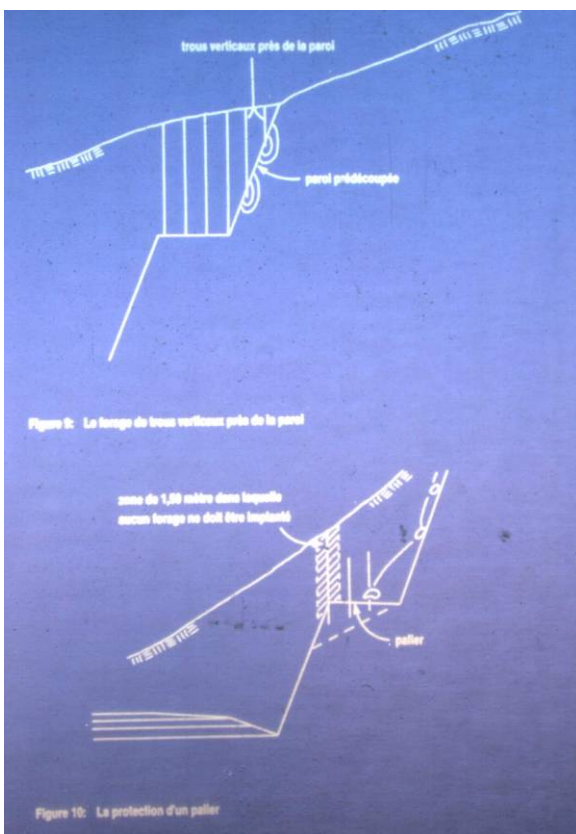
Il faut prévoir un délai de 2 à 3 mois afin de réaliser ce type d'étude. Notez que ces relevés ne peuvent pas être effectués en hiver à cause du couvert de neige et qu'idéalement, la demande d'étude doit être accompagnée du tracé en plan, du profil longitudinal et des sections transversales dans le secteur des coupes de roc. Comme pour les autres études, il est recommandé de nous faire parvenir les demandes d'études le plus tôt possible afin que nous puissions les insérer dans notre cédule de travail de façon à satisfaire votre échéance.

### **2.2.2 Pendant les travaux : exécution des coupes de roc**

À l'étape de la construction, notre expertise est à votre disposition pour la réalisation des déblais 1<sup>ère</sup> classe. Dans un premier temps vous pouvez nous transmettre pour commentaires les plans de forage et sautage proposés.



En ce qui concerne le sautage de masse, une attention particulière doit être portée à la profondeur des trous de forage au droit des paliers, ceci afin de s'assurer d'obtenir la géométrie désirée. L'entrepreneur doit également prendre les dispositions nécessaires et agencer les patrons de forage de manière à ne pas endommager les parois prédécoupées ainsi que pour éviter la troncature du coin de palier.



L'entrepreneur doit prendre les précautions nécessaires pour éviter d'endommager la paroi prédécoupée et le coin du palier subséquent.

Malgré une géologie favorable, palier avec une pente vers la route dû au mauvais contrôle de la profondeur des forages.

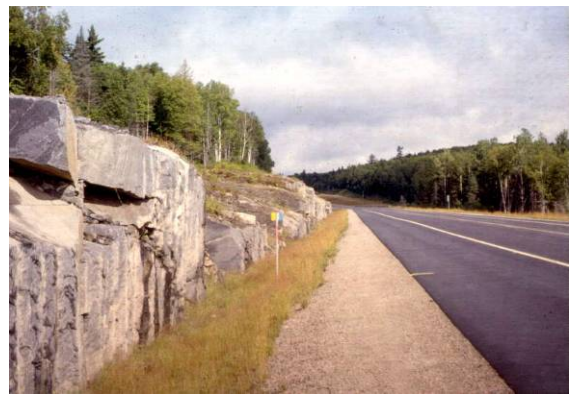
D'autre part, la réalisation du prédécoupage requiert un plus haut niveau de surveillance. On vous rappelle que la technique du prédécoupage consiste à créer un plan de fracturation par l'intermédiaire de trous rapprochés, chargés légèrement et



amorçés simultanément. Cette technique permet d'augmenter la stabilité des coupes de roc et devrait être utilisée pour toute coupe de roc de plus de 6 m de hauteur. Lorsque du prédécoupage est prévu, il est effectué jusqu'à ce que la hauteur de coupe atteigne environ 3 m. Parfois, pour une question d'esthétique ou pour réduire le bris hors profil, du prédécoupage peut être prévu pour toute coupe dont la hauteur est comprise entre 3 et 6 m.



Coupe prédécoupée 1H :10V,  
Pointe-Noire, Sept-Iles

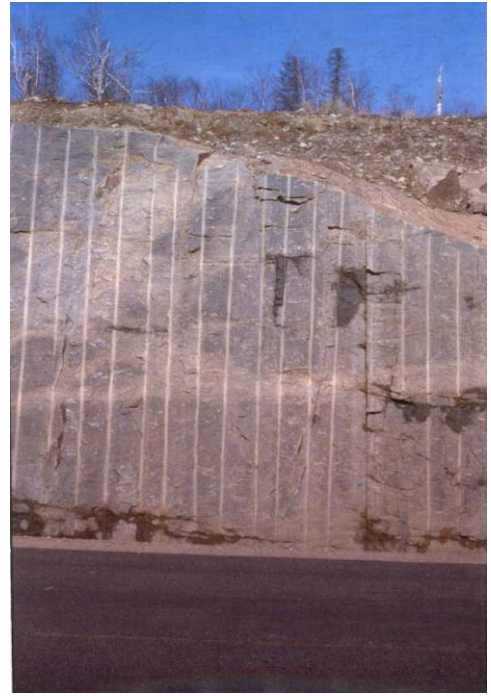


Prédécoupage de moins de 3 m de hauteur, réalisé pour  
une question d'esthétique.

Pour obtenir un rendement optimum de la technique du prédécoupage, il est primordial que les forages soient exécutés le plus précisément possible. L'orientation, l'inclinaison et la profondeur du forage sont des points importants à surveiller si on veut que les trous soient le plus coplanaires possible. Un espacement régulier est également un prérequis à la réussite du prédécoupage.



La mise en position de la foreuse est une étape cruciale sur la qualité de l'orientation et l'inclinaison du trou de forage.



Un espacement régulier est un pré-requis à la réussite du prédécoupage.

Afin de minimiser les déviations, notamment pour les pentes moins inclinées, une attention spéciale doit être portée à la pression de forage exercée, et ce, particulièrement lorsqu'on utilise des foreuses à percussion hydraulique. En ce sens, des essais de prédécoupage avec des forages de 155 mm de diamètre réalisés avec une foreuse de type « marteau fond de trou » ont été effectués dans le cadre de trois projets routiers récents. Avec ce type de foreuse, compte tenu que le mécanisme à percussion se situe directement à l'arrière du foret, les déviations sont pratiquement nulles notamment pour les hauteurs de coupes qui nous intéressent. Les résultats obtenus ayant été des plus convaincants, le prédécoupage à l'aide de trous à grand diamètre est dorénavant permis au Cahier des Charges et Devis généraux.



Foreuse à marteau fond de trou.



Prédécoupage selon une pente 2H :5V à l'aide d'une foreuse à marteau fond de trou.  
Autoroute 5, contournement de Wakefield.

Finalement, un dernier point à vérifier concerne le chargement utilisé qui doit respecter les critères indiqués au CCDG, à savoir une charge de fond maximale de 1 kg et une colonne d'explosif conçu pour le prédécoupage.

Malgré tous les efforts et toute l'attention apportés à la réalisation du prédécoupage, il demeure possible que les résultats soient décevants. La présence d'un système de joints dont l'orientation recoupe le plan de prédécoupage avec un angle de moins de  $30^{\circ}$  donnera un plan prédécoupé en dents de scie. Quoiqu'il en soit, cette technique réduit indéniablement le bris hors profil.



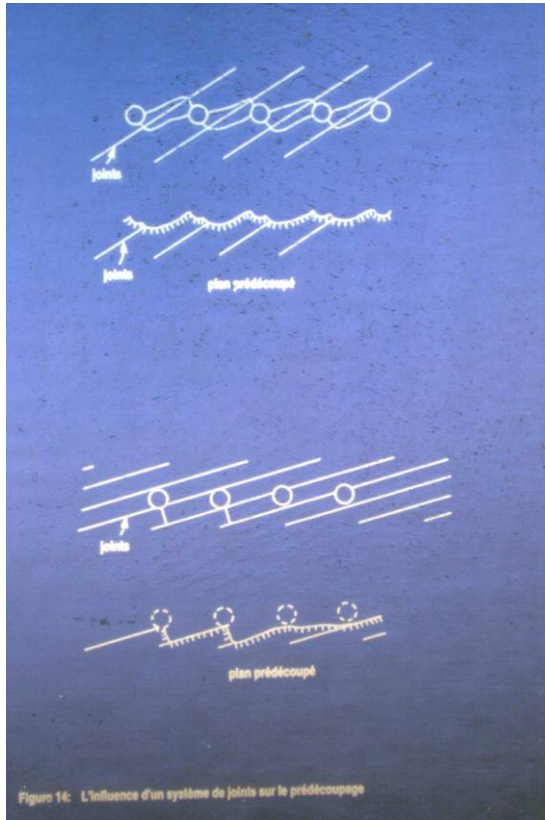


Figure 14: L'influence d'un système de joints sur le prédécoupage



Schéma illustrant les résultats de prédécoupage anticipés lorsque les systèmes de joints font un angle de moins de  $30^\circ$  avec l'orientation de la coupe.

Résultats de prédécoupage avec systèmes de joints pratiquement parallèles au plan de prédécoupage (Granby).

Toutefois pendant la construction, il est possible que des instabilités ponctuelles surviennent au niveau des coupes. Nous pourrions à ce moment évaluer la situation et proposer les travaux correctifs qui s'imposent.

N'hésitez donc pas à faire appel à notre expertise dans le cadre de l'exécution des déblais 1<sup>ère</sup> classe. Nous vous assurons d'être sur place dans les meilleurs délais possibles.

### 2.2.3 Après les travaux : réclamation

Une fois les travaux terminés, il est possible qu'un litige subsiste. À ce moment, le Service des réclamations sur contrats fait généralement appel à notre expertise pour commenter le côté technique d'une réclamation mettant en cause le déblai 1<sup>ère</sup> classe. Par expérience, il est important que nous soyons impliqués dans le dossier le plus tôt possible, dès que l'entrepreneur laisse sous-entendre des problèmes avec le roc, de façon à ce que nous puissions bien documenter le dossier.

### 2.3 Étude de vibrations

Dans le cadre de notre mandat, nous étudions les problèmes liés aux vibrations générées par les tirs à l'explosif, l'équipement de construction et le trafic routier. Nous possédons des séismographes qui permettent d'enregistrer les caractéristiques des ondes générées dans le sol et nous sommes en mesure d'en interpréter les résultats et de recommander les actions à prendre.



Séismographe

### **2.3.1 Tirs à l'explosif**

En général, les exigences élaborées au CCDG pour le contrôle des vibrations et du taux de monoxyde de carbone sont suffisantes lorsque des travaux d'excavation de roc nécessitant l'usage d'explosif ont lieu à proximité de résidences ou de structures. Cependant il est possible qu'un devis spécifique de contrôle des vibrations puisse s'avérer nécessaire (ex. : présence d'équipements sensibles, immeuble historique, conduite de gaz). Lorsqu'une demande en ce sens est portée à notre attention, nous étudions les caractéristiques du site en fonction des travaux à réaliser à l'aide de cartes topographiques et géotechniques, des plans de construction et des photographies aériennes, et nous rédigeons au besoin, si les spécifications du CCDG nous apparaissent insuffisantes, un devis spécial qui fixe un seuil de vibration à ne pas dépasser en fonction des éléments à protéger ainsi que les contrôles qu'une firme spécialisée dans le domaine doit effectuer.

Le devis exige habituellement qu'une expertise des résidences et des ouvrages soit réalisée avant et après les travaux. Cette expertise est très utile notamment pour le traitement des réclamations en plus d'avoir comme effet de réduire le nombre de plaintes. Les demandes pour ce type d'étude devraient nous parvenir au moins trois mois avant l'échéancier désiré afin que nous puissions les insérer dans notre cédule de travail.

### **2.3.2 Équipement de construction et trafic routier**

Contrairement aux vibrations induites par les sautages qui ont des fréquences de vibrations relativement élevées (>10 à plus de 100 Hz), l'équipement de construction

et le trafic routier génèrent généralement des vibrations de basses fréquences (<20 Hz). Cette particularité fait en sorte que l'intensité des vibrations admissible est de l'ordre de 2 mm/s, au-delà de laquelle les vibrations sont considérées intolérables au niveau de la perception humaine quoique non dommageables pour les structures.

Lorsque les vibrations sont induites par le trafic routier, on est habituellement en mesure de corriger la situation en éliminant les irrégularités à la surface de pavage (affaissements, fissures) qui sont des sources d'émission de vibrations. Dans la majorité des cas de réclamations que nous traitons, les dommages notés ne sont généralement pas attribuables aux vibrations induites par la circulation routière ou l'équipement de construction.

En fait, l'impact psychologique relié à la perception des vibrations amène les gens à découvrir des dommages déjà existants à leur propriété. Plus souvent qu'autrement, ces dommages sont causés par des phénomènes associés au comportement des sols de fondation (tassements différentiels, présence de sols gélifs, etc...). Le délai de réalisation d'une telle étude est de l'ordre de deux semaines. Cependant, un délai de trois mois est souhaitable. Dans le cas du trafic routier, il est généralement nécessaire de procéder aux enregistrements en période de dégel ce qui peut occasionner des délais supplémentaires.

---

### **3.0 DOMAINE DES REMBLAIS-DIGUES**

#### **3.1 Dimensionnement des protections en enrochement**

Il s'agit du dimensionnement d'un ouvrage en enrochement comme moyen de protection des structures routières soumises à l'action de la mer. On utilise également ce type d'ouvrage pour protéger des falaises de roc et de sol.

Lorsqu'on privilégie ce type d'ouvrage, il faut s'assurer de l'approvisionnement en blocs de roc compétent ce qui peut s'avérer un défi important dans certaines régions. D'autre part, la production de pierres de carapace exige des plans de tirs spéciaux pour en optimiser la récupération. Le pourcentage de récupération des blocs varie en fonction de la grosseur des enrochements requis.

##### **3.1.1 Méthodologie**

Le poids des enrochements requis pour une protection est relié directement à la hauteur des vagues pouvant déferler sur l'ouvrage. Comme nos interventions ont lieu généralement en eau peu profonde et que l'enrochement n'est pas immergé en tout temps, la hauteur de vague maximale qui pourra déferler sur l'ouvrage est fonction de la hauteur d'eau possible au pied de l'ouvrage et de la pente de la plage en avant de celui-ci. Mises à part les données marégraphiques que nous obtenons dans les tables des courants et marées, nous avons besoin de sections transversales du talus et de la plage permettant d'apprécier les caractéristiques du site.

Au moins une section complète (falaise et estran) est requise par site, et des sections aux vingt mètres du talus et d'une partie de la plage, suffisante pour positionner



l'ouvrage, sont nécessaires pour évaluer les quantités de matériaux. La précision dans l'arpentage du talus à protéger est importante si on veut évaluer adéquatement les quantités de matériaux.



Érosion typique des falaises,  
Péninsule Manicouagan



Enrochement et contrepoids,  
Pointe Lebel, Côte Nord

### 3.1.2 Délais requis pour réaliser l'étude

Une visite du site est généralement nécessaire et tout dépendant de la longueur de protection à étudier et des informations transmises, de quelques jours à quelques semaines de travail peuvent être nécessaires pour le dimensionnement et la conception de l'ouvrage, le calcul des quantités et la rédaction du rapport. Ainsi un délai de deux à trois mois est requis afin de nous permettre d'inclure la demande dans notre processus de travail.

#### **4.0 ACTIVITÉS DIVERSES**

À l'intérieur de nos activités régulières, nous pouvons procéder à des études ou recherches relatives aux domaines de la mécanique des roches. Ces projets font souvent suite à des problèmes survenus en chantier comme par exemple le projet visant à vérifier les facteurs de foisonnement et de tassement utilisés dans le calcul du volume nécessaire en emprunt classe B. D'autres fois, ils résultent de propositions d'entrepreneurs pour l'utilisation de méthodes de travail alternatives comme ce fut le cas pour les essais de prédécoupage à l'aide de trous à grand diamètre.

N'hésitez donc pas à nous soumettre vos commentaires ou suggestions.

## ACTIVITÉS DU SECTEUR MÉCANIQUE DES SOLS

### **5.0 ÉTUDES DE FONDATION ET DE TASSEMENT**

Des études géotechniques sont requises pour déterminer la capacité portante des sols dans presque tous les projets de construction d'ouvrages d'art. Des études sont également nécessaires pour trouver des solutions à des désordres structuraux occasionnés par des problèmes de tassement ou par manque de capacité de support.

### **5.1 Fondations de nouvelles structures**

Les projets de construction de nouvelles structures nécessitant des études géotechniques regroupent à peu près tous les types d'ouvrages. Ce sont notamment les études pour les ponts, viaducs, portiques, ponceaux, murs de soutènement de tout type, massifs en sol renforcés et élargissements de structures. Dans le cas de très petits ouvrages comme les ponceaux de petit diamètre, les études géotechniques peuvent être non nécessaires si le concepteur a une très bonne connaissance locale des conditions de sol. Par exemple, des structures pourraient être construites adéquatement avec un type de fondation presque partout en province tandis qu'elles seront complètement inadaptées dans les argiles molles de l'Abitibi et de certains secteurs de la plaine du Saint-Laurent où il pourrait être tout à fait inadapté. Lorsque des ouvrages existants sont remplacés par de nouveaux ouvrages de dimensions similaires, il est quand même recommandé de réaliser une étude géotechnique car l'expérience nous a démontré que certains ouvrages

construits sans étude ont parfois des facteurs de sécurité trop faibles.

Les études géotechniques permettent de déterminer la stratigraphie des sols et leurs caractéristiques mécaniques, comme la perméabilité, la capacité portante, la résistance au cisaillement et la compressibilité. Une bonne étude permet d'anticiper les problèmes inhérents à la réalisation des travaux tels que la stabilité des parois d'excavation, l'infiltration d'eau, le soulèvement de fond de fouille, la difficulté de fonçage des pieux. De plus, dans le cas de fondations profondes, l'étude permet de recommander le type et la longueur des pieux, leur capacité portante, la friction négative qui se développera sur les pieux et les moyens de la réduire lorsqu'elle constitue une large part de la charge sur les pieux.

## **5.2 Expertises sur des ouvrages existants**

Des études géotechniques sont souvent requises pour trouver les causes de problèmes spécifiques ou de désordres structuraux à des ouvrages existants. Les problèmes les plus souvent rencontrés sont le basculement de culées (photo 1), la fissuration de piliers, les tassements différentiels sous des ouvrages, le renversement de murs (photos 2 et 3). Les dommages peuvent être dus à des tassements excessifs des sols sous les fondations, à l'affouillement, au rabattement de la nappe phréatique, à la poussée due au gel, à la rupture de pieux ou à une capacité portante trop faible. Les études permettent de recommander une méthode de réparation appropriée. Elles servent aussi à prévenir des dommages aux structures existantes lors de nouveaux travaux.



Photo 1 :

Domages dus au déplacement latéral et au basculement d'une culée sous l'effet des tassements et du fluage du sol de fondation.



Photo 2 :

Renversement d'un mur de soutènement.



Photo 3 :

Érosion complète d'un remblai à la suite du renversement d'un mur de tête de ponceau.

## **5.3 Études de tassements sous des remblais**

### **5.3.1 Remblais existants**

Les tassements excessifs sous la charge des remblais nécessitent des études

géotechniques lorsque ces tassements sont la source de désordres structuraux aux ouvrages d'art ou lorsque le confort et la sécurité des usagers de la route sont sérieusement compromis. Les études servent à évaluer les tassements à venir sous la charge du remblai actuel et sous l'augmentation de contraintes due aux corrections de profil nécessaires. Elles permettent de calculer l'allègement requis pour arrêter ou réduire ces tassements à des valeurs acceptables.

### **5.3.2 Nouveaux remblais**

Dans les cas de projets de construction de remblais sur des sols compressibles, les études géotechniques permettent d'évaluer les tassements anticipés, de proposer des méthodes de consolidation accélérée ou de dimensionner un remblai léger adéquat pour assurer la pérennité de l'ouvrage sans entretien onéreux.

Les méthodes de consolidation accélérée le plus souvent utilisées à date sont la construction de remblais quelques années à l'avance avec implantation de drains verticaux dans le massif argileux. Cette méthode requiert beaucoup de temps et ne permet pas toujours d'éliminer les tassements à l'approche d'une structure. Le Service a développé deux nouvelles méthodes au cours des dernières années au moyen de projets de recherche confiés aux universités. Il s'agit de la consolidation sous vide et de la consolidation électro-osmotique. Deux projets pilote ont été réalisés et les résultats sont prometteurs.

## **5.4 Méthodologie**

### **5.4.1 Recueil de l'information disponible**

Dans tous les projets d'étude de fondations, la première phase consiste à recueillir l'information existante. À cette fin, on examine les photos aériennes du site et on consulte la compilation de forages faits à proximité. Dans les cas de dommages à des structures existantes, la consultation du dossier d'entretien peut donner une bonne indication quant à la nature et la cause des problèmes et peut orienter la planification du programme de sondages.

### **5.4.2 Sondages sur le terrain**

#### **5.4.2.1 Fondations d'ouvrages d'art**

Pour les ouvrages importants, les études nécessitent des sondages à l'aide d'une foreuse à diamant afin de connaître la capacité portante des sols ainsi que la profondeur, la nature et la qualité du roc. Les essais suivants sont couramment réalisés dans les sols non ou peu cohérents:

- mesure de l'indice de pénétration standard
- essais de perméabilité
- essais pressiométriques
- essais au piézocône dans les sols lâches à moyennement compacts
- carottage du roc
- pose de piézomètres

Pour les ouvrages fondés sur l'argile, on réalise les essais suivants:

- mesure de la résistance au cisaillement avec un scissomètre Nilcon
- essais au piézocône
- prélèvement d'échantillons non remaniés avec un échantillonneur à piston stationnaire
- pose de piézomètres à niveaux multiples pour connaître le gradient dans le dépôt argileux
- essais au pénétromètre

#### **5.4.2.2 Étude de tassements**

Les problèmes de tassements dans les argiles nécessitent une bonne reconnaissance du dépôt argileux. Pour un nouveau remblai, la reconnaissance sur le terrain est similaire à celle faite pour une étude de fondation. Pour un remblai déjà construit, on doit en plus pratiquer des sondages à travers le remblai afin de déterminer son épaisseur réelle et pour installer des piézomètres dans le dépôt argileux afin de mesurer les pressions interstitielles sous le remblai. D'autres piézomètres installés à l'extérieur du remblai donnent le gradient hydraulique dans le dépôt intact et servent de référence pour évaluer les surpressions interstitielles résiduelles sous le remblai.

#### **5.4.3 Essais de laboratoire**

##### **5.4.3.1 Études de fondations**

Pour les études de fondation d'ouvrages d'art, les essais de laboratoire se limitent à des essais d'identification tels que l'analyse granulométrique la détermination des limites de consistance.



#### **5.4.3.2 Études de tassements**

Les études de tassement des sols cohérents nécessitent en plus des essais d'identification des essais oedométriques avec mesure de la perméabilité pour connaître la compressibilité de ces sols et leur vitesse de consolidation.

#### **5.4.4 Compilation et calculs**

Tous les résultats des essais sur le terrain et en laboratoire sont validés par l'ingénieur chargé de l'étude et compilés sous forme de rapports de forage à l'aide du logiciel FORLOG développé par notre Service.

Les calculs de capacité portante et de tassement de fondations superficielles sont réalisés à l'aide du logiciel GEOSOL développé également par notre Service. Ce logiciel peut utiliser trois méthodes de calcul différentes. Cela donne une meilleure fiabilité aux résultats obtenus.

La capacité portante des fondations profondes est calculée avec des formules reconnues pour ce type de fondations. Grâce au piézocône, le Service a développé une méthode de calcul plus précise pour les pieux en friction dans les argiles et les sols granulaires lâches à moyennement compacts.

Les calculs de tassements sous les remblais sont réalisés avec le logiciel GEOSOL qui tient compte de la géométrie du remblai, de la présence de fondations superficielles dans le remblai, de la position des couches compressibles dans les sols de fondation et

des caractéristiques de compressibilité de chaque couche.

#### **5.4.5 Délais de réalisation d'une étude**

##### **5.4.5.1 Étude de fondation**

Les délais de réalisation d'une étude de fondation peuvent varier entre 2 et 6 mois.

Ce délai se répartit de la façon suivante:

- délai de disponibilité des équipes de forage: 2 à 6 semaines
- réalisation des sondages: 2 à 8 semaines
- essais de laboratoire: 2 à 8 semaines
- rapport: 1 à 3 semaines

Le délai peut être allongé si des difficultés particulières sont rencontrées. Ces difficultés comprennent entre autre la réalisation de forages sur l'eau, les difficultés d'accès ou encore les problèmes d'expropriation non réglés. Pour être capable d'avoir une bonne planification dans nos travaux de terrain, il faudrait recevoir les demandes au moins 6 à 12 mois à l'avance.

##### **5.4.5.2 Étude de tassements**

Les délais pour une étude de tassement sont de l'ordre de 10 à 12 mois. Ces délais se répartissent de la façon suivante:

- délai de disponibilité des équipes de forage : 2 à 6 semaines
- réalisation de sondages: 2 à 4 semaines
- suivi de l'instrumentation: 6 mois minimum

- essais de laboratoire: 8 à 12 semaines
- compilation et rapport: 2 à 3 semaines

Compte tenu de ces délais, il est important de recevoir les demandes 12 à 18 mois avant les travaux projetés afin de nous permettre une bonne planification de nos travaux de forage, surtout dans les cas où on doit mesurer les conditions d'eau souterraine pendant une période bien précise au cours de l'année.

#### **5.4.6 Suivi**

Dans les cas où des problèmes de mauvais comportement sont potentiels, le chargé d'étude planifie la pose d'instrumentation adéquate pour suivre le comportement de l'ouvrage et planifier des mesures d'entretien au besoin.

Cette pose d'instrumentation est également planifiée pour améliorer nos connaissances notamment sur la compressibilité de matériaux non usuels tels les remblais allégés en fibre de bois et sur la vitesse de consolidation de l'argile dans le domaine surconsolidé. Les données recueillies seront très utiles pour donner des recommandations plus précises aux chargés de projet dans les directions territoriales et orienter au besoin la cédule des travaux.

## **6.0 ÉTUDES DE STABILITÉ**

Des études de stabilité sont requises dans l'étude de choix de tracés et à l'étape de préparation des plans et devis définitifs. Ces études sont aussi nécessaires dans tout projet de stabilisation de talus naturel ou de réparation de glissement de terrain.

### **6.1 Étude de tracé**

À cette étape, l'étude est souvent très préliminaire et prend souvent la forme d'un avis technique concernant les difficultés géotechniques anticipées dans le choix des différents tracés. Cet avis est souvent donné à partir de l'information disponible, mais quelquefois des sondages préliminaires sont nécessaires.

### **6.2 Préparation de projet définitif**

#### **6.2.1 Études de stabilité de remblais**

Des études de stabilité de remblais sont nécessaires lorsque les remblais projetés sur des dépôts argileux atteignent une hauteur qui varie entre 2 et 5 mètres selon la région. Les études de tassements sont toujours jumelées aux études de stabilité dans le cas de nouveaux remblais. De même, l'avis d'un géotechnicien d'expérience est toujours requis lorsque l'on planifie des travaux d'excavation au pied de remblais construits sur l'argile ou en pied de talus dans des massifs argileux. Une excavation incontrôlée peut provoquer une rupture du talus (photo 4). En effet, plusieurs vieux remblais ou déblais ont été réalisés sans étude et certains peuvent avoir un facteur de sécurité marginal. De même, les talus naturels des massifs argileux ont la plupart du temps un facteur de

sécurité très faible et toute excavation en pied de ce talus doit être étudiée ou du moins recevoir l'avis d'un géotechnicien.



Photo 4 :

Rupture de remblai causée par une excavation au pied de ce dernier.

### 6.2.2 Études de stabilité de déblais

Des études de stabilité de déblais sont toujours requises dans les dépôts argileux lorsque les déblais dépassent 5 mètres de hauteur. Cependant, dans les cas de présence d'argile molle à très molle, un déblai de 3 mètres de hauteur nécessite une étude.

## **6.3 Études de stabilité de talus naturels**

### **6.3.1 Talus instable**

Des études de stabilité sont requises lorsqu'on veut conforter un talus argileux qui présente des signes d'instabilité (photo 5). Ces manifestations se présentent le plus souvent sous forme de fissures en arc de cercle en sommet du talus mais parfois parallèles au talus. Un léger affaissement de la zone fissurée est souvent visible. L'instabilité peut aussi se manifester par un affaissement graduel englobant une masse de sol assez importante. Cette situation indique la probabilité plus ou moins rapprochée d'un glissement de terrain. Lorsque ces indices se manifestent, il est important de demander une étude pour stabiliser le talus avant rupture, car les travaux après rupture sont toujours beaucoup plus onéreux.



Photo 5 :

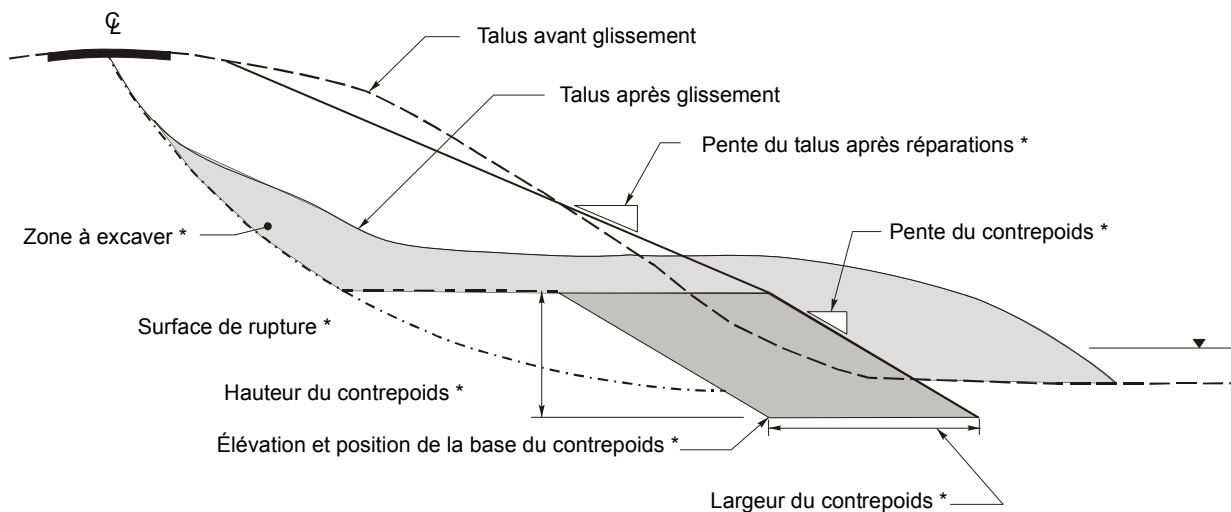
Fissure en arc de cercle indiquant l'imminence d'un glissement de terrain.

### **6.3.2 Glissements de terrain**

Les réparations de glissements de terrain exigent toujours une étude géotechnique pour être en mesure de dimensionner une réparation sécuritaire et sans déboursés excessifs.

Il faut en effet rechercher la position de la surface de rupture, mesurer la résistance mobilisable dans la masse remaniée, déterminer par calcul la quantité de sol remanié à excaver, les dimensions et la position du contrepoids et la pente du talus à reconstruire (figure 1).

**Figure 1**  
**Stabilisation d'un glissement**



\* Paramètres à déterminer par une étude de stabilité

## **6.4 Types de glissements de terrain**

La majorité des glissements de terrain se produisent dans les dépôts des sols argileux lors du dégel printanier ou lors de périodes très pluvieuses. Ils sont classifiés selon leur forme.

### **6.4.1 GLISSEMENT SUPERFICIEL**

Ce glissement est caractérisé par une surface de rupture peu profonde, généralement inférieure à 1,5 mètre, il n'affecte que la couche de sol superficielle

altérée appelée croûte. De façon naturelle, il est causé par la saturation des sols lors de fortes pluies ou de la fonte de la neige.

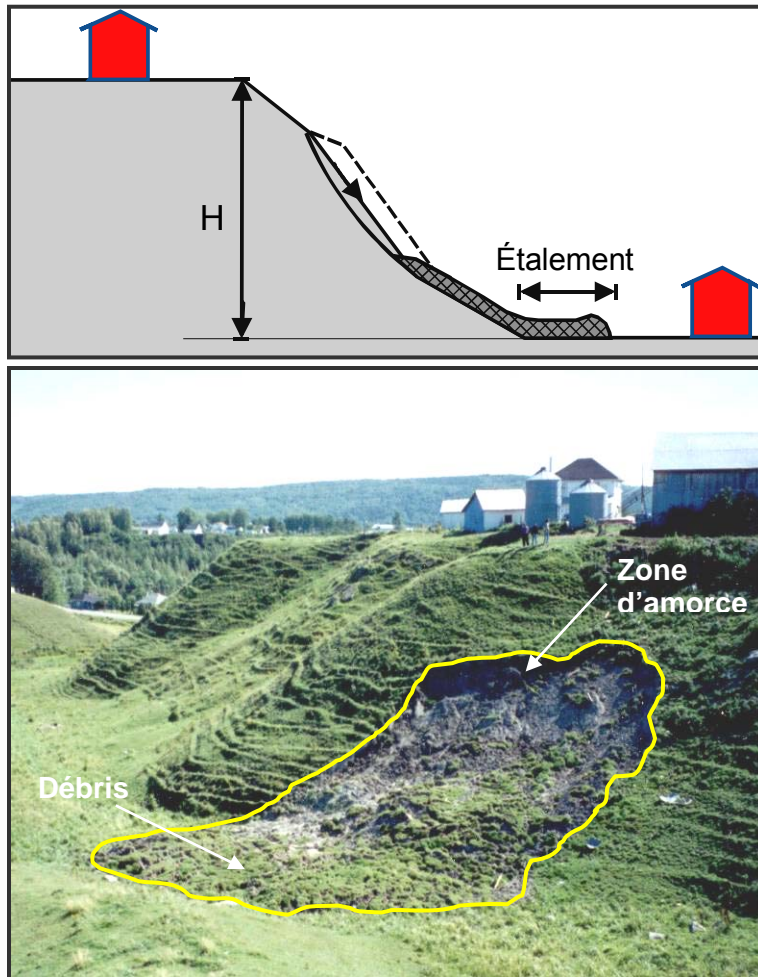


Figure 3 : Croquis et photo d'un glissement superficiel

#### 6.4.2 GLISSEMENT ROTATIONNEL

Ce glissement est caractérisé par une surface de rupture circulaire profonde qui peut se propager à quelques mètres de profondeur sous la croûte, dans l'argile intacte. De façon naturelle, il est causé par l'érosion d'un cours d'eau à la base



d'un talus.

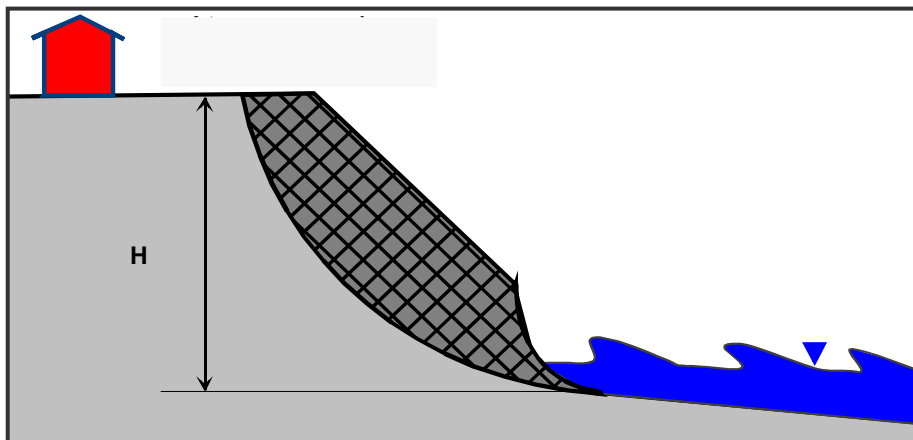


Figure 4 : Croquis et photo d'un glissement rotationnel

#### 6.4.3 AVALANCHE DE BOUE

Ce glissement est caractérisé par un volume de débris important qui s'écoulent

sous forme de boue. L'avalanche de boue est amorcée par un glissement superficiel ou rotationnel qui se produit généralement dans la partie supérieure du talus. De façon naturelle, l'avalanche de boue se produit lorsque le glissement a lieu dans un talus d'argile ayant une longue pente de forme concave et un sommet abrupt. En dévalant la pente, les débris entraînent sols et autres éléments sur leur passage augmentant ainsi le volume de débris pendant la descente (figure 5). Ce type de glissement de terrain est causé par une importante infiltration d'eau, par exemple lors de fortes pluies.



Figure 5 : Avalanche de boue

#### **6.4.4 COULÉE ARGILEUSE**

Ce glissement se produit généralement dans l'argile fortement sensible au remaniement (figures 6A et 6B). De façon naturelle, la coulée argileuse est

généralement amorcée, en bordure des cours d'eau, par un glissement rotationnel profond, atteignant l'argile intacte. Lorsque les débris se remanient substantiellement et laisse un escarpement instable, ce premier glissement est suivi dans les heures ou les jours qui suivants d'une succession généralement très rapide de ruptures affectant le sommet du talus sur une distance très variable (figure 7). La coulée argileuse est généralement de grande ampleur puisque la rétrogression, c'est-à-dire le mouvement de recul par ruptures successives, peut affecter des bandes de terrain de plusieurs dizaines, voire centaines de mètres au sommet du talus.

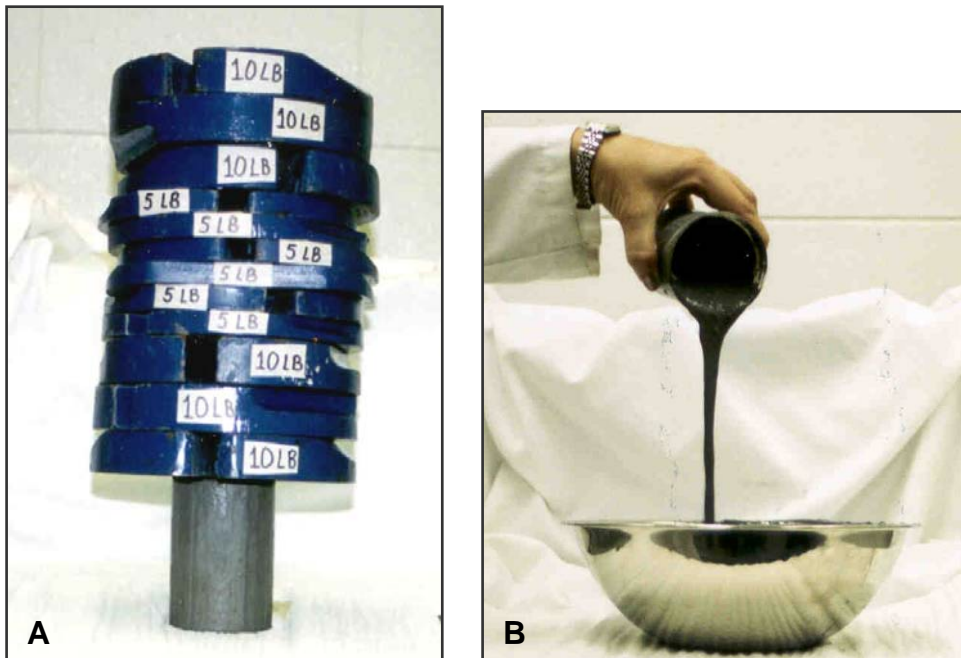


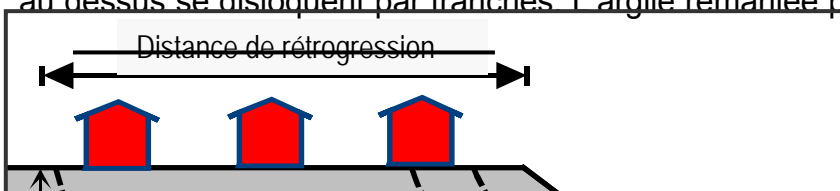
Figure 6 : Argile sensible au remaniement ( A : argile intacte, B : argile remaniée)



Figure 7 : Croquis et photo d'une coulée argileuse

#### 6.4.5 ÉTALEMENT LATÉRAL

Ce glissement peut se produire indifféremment dans des argiles dont la sensibilité au remaniement est variable (figure 8). De façon générale, l'étalement latéral est caractérisé par une dislocation en prismes triangulaires (figure 8) qui se propagent le long d'une surface de rupture essentiellement plane. Les sols situés près du plan de rupture se remanient lors du déplacement tandis que ceux au dessus se disloquent par tranches. L'argile remaniée peut être extrudée entre





les horsts et les grabens. L'étalement latéral est généralement de grande ampleur puisqu'il peut affecter des bandes de terrain de plusieurs dizaines, voire une centaine de mètres au sommet du talus.

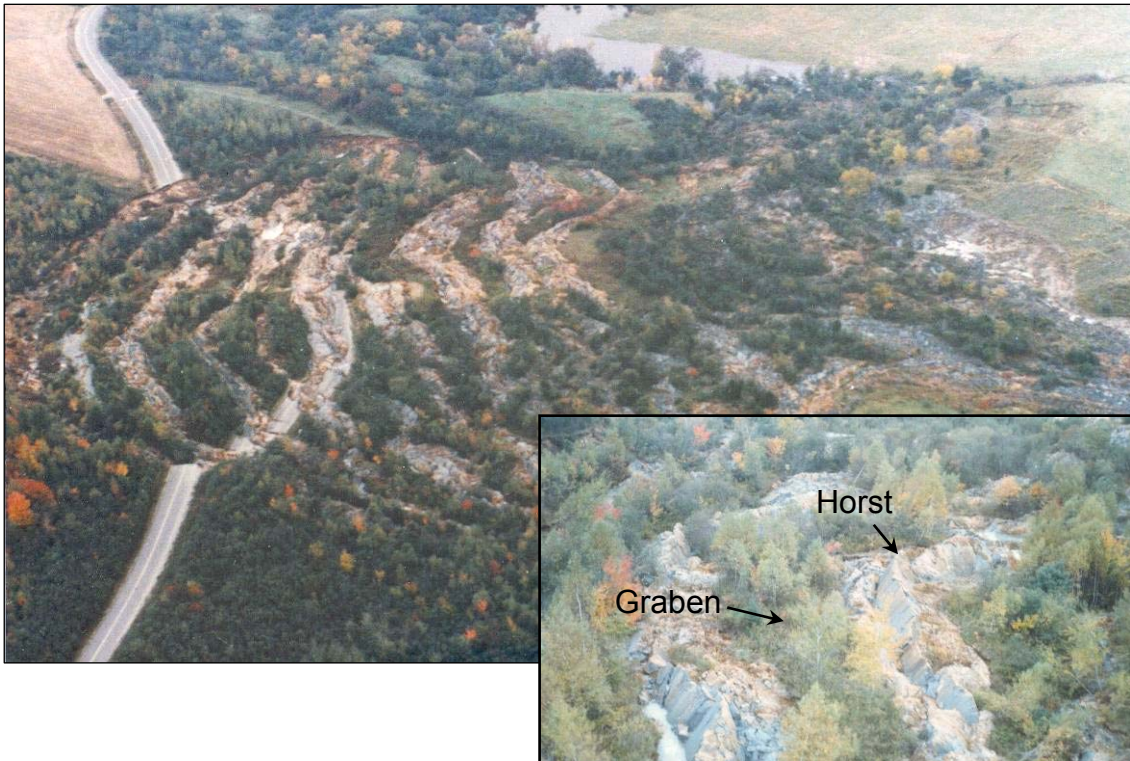
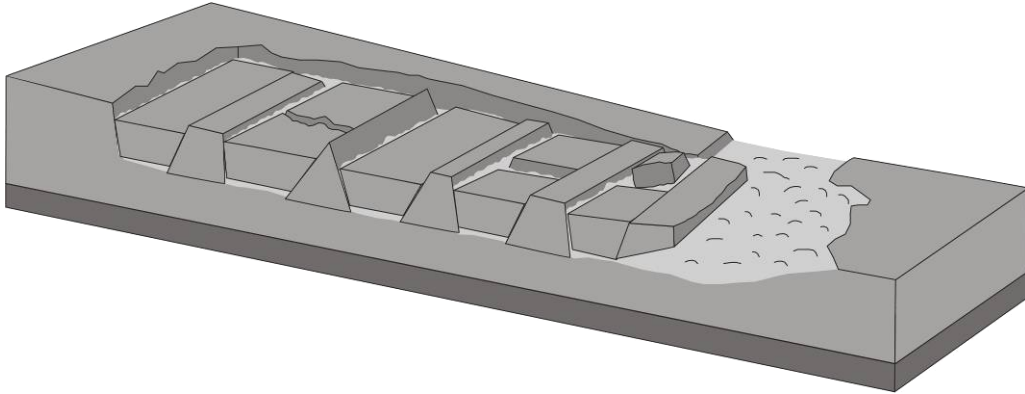


Figure 8 : Croquis et photographie d'un étalement latéral

## **6.5 Méthodologie**

### **6.5.1 Recueil de l'information disponible**

Comme pour les études de fondations, la première phase consiste à consulter l'information disponible. Les photos aériennes sont particulièrement utiles dans les cas d'études de stabilité. Elles permettent de vérifier rapidement la nature probable des sols et d'évaluer les problèmes de stabilité du secteur étudié. La compilation des résultats des forages faits à proximité peut aussi s'avérer très utile dans l'élaboration d'un programme de sondages.

### **6.5.2 Sondages sur le terrain**

Sauf les cas d'érosion de talus dans des sols pulvérulents où une simple visite sur le terrain peut suffire pour donner des recommandations de stabilisation, toutes les études de stabilité nécessitent une campagne de sondages sur le terrain. Cette campagne de sondages comprend les essais et l'instrumentation suivants:

- mesure d'au moins un profil de résistance au cisaillement à l'aide du scissomètre Nilcon
- essais au piézocône dans l'argile intacte et remaniée
- prélèvement d'échantillons non remaniés
- pose de piézomètres à niveaux multiples pour connaître le gradient hydraulique dans le massif
- pose d'inclinomètres au besoin
- essais au pénétromètre

### **6.5.3 Essais de laboratoire**

### **6.5.3.1 Études de remblais**

Pour les études de stabilité de remblais, les mesures effectuées au scissomètre sur le terrain et la détermination de la plasticité en laboratoire sont suffisantes. Les autres essais requis pour étudier les tassements sont identiques à ceux décrits au paragraphe 5.4.3.2 traitant des études de tassements.

### **6.5.3.2 Études de stabilité de déblais ou de talus naturels et de glissements de terrain**

En plus des essais réalisés pour les études de stabilité et de tassements de remblais, ces études nécessitent la réalisation d'essais triaxiaux pour déterminer les paramètres effectifs de l'argile.

### **6.5.4 Compilation et calculs**

Tous les résultats des forages, des essais sur le terrain et en laboratoire et des relevés de l'instrumentation sont validés par l'ingénieur chargé de l'étude au moyen de corrélations établies pour nos dépôts argileux. Ils sont ensuite compilés à l'aide du logiciel FORLOG développé par notre Service.

Les études de stabilité requises sont réalisées à l'aide du logiciel PC SLOPE.

### **6.5.5 Délais de réalisation d'une étude**

#### **6.5.5.1 Études de remblais**

Le délai de réalisation d'une étude de stabilité de remblai peut varier entre 2 et 5 mois. Il se répartit de la façon suivante:

- délai de disponibilité de l'équipe de forage: 2 à 6 semaines
- réalisation de sondages: 1 à 3 semaines
- essais de laboratoire: 4 à 8 semaines
- compilation et rapport: 1 à 3 semaines



Compte tenu de ces délais, il est opportun de recevoir les demandes 6 à 12 mois avant les travaux afin de nous permettre de planifier les travaux de l'équipe de forage.

#### **6.5.5.2 Études de déblais et de stabilité de talus naturels ou de réparation de glissements**

Le délai de réalisation de ces études est plus long car elles nécessitent des essais de laboratoire plus longs et un suivi de l'instrumentation pendant au moins un printemps dans plusieurs cas. Le délai peut donc varier normalement entre 6 et 15 mois. En situation d'urgence comme dans le cas d'un glissement de terrain affectant une route, ce délai peut être diminué à environ 6 semaines. Ce délai plus court nous amène à estimer certains paramètres et à travailler avec des facteurs de sécurité plus élevés qui ont une incidence à la hausse sur les coûts. Dans certains cas plus complexes qui nécessitent plus d'une campagne d'investigation, ce délai peut atteindre facilement 24 mois.

#### **6.5.6 Suivi**

Dans les cas de stabilisation complexe dans des dépôts non usuels où les paramètres du massif n'ont pas pu être déterminés avec précision en laboratoire, notre Service planifie une instrumentation pour suivre la performance des travaux de stabilisation. Dans les cas où les ouvrages n'atteignent pas les résultats escomptés, ce suivi nous permet de mieux comprendre la problématique et de planifier une autre instrumentation pour mieux connaître le problème et y apporter une solution plus adéquate.

## **7.0 CONSTRUCTIONS SUR TOURBIÈRES**

Les dépôts de tourbe sont constitués de débris de végétaux en décomposition dans un milieu mal drainé. La construction de routes sur ces dépôts, sans précautions et sans études, peut entraîner des tassements différentiels importants, une rupture de la couche fibreuse, un déplacement partiel de la tourbe et même une rupture de remblai.

### **7.1 Études préliminaires**

Dans le cadre de l'élaboration d'un projet, nous pouvons donner un avis technique concernant les problèmes qui peuvent être rencontrés dans la traversée de tourbières. Cette expertise préliminaire est basée sur l'examen de photos aériennes et sur notre connaissance des problèmes inhérents à chaque région.

### **7.2 Études spécifiques**

#### **7.2.1 Nouveaux tracés**

Dans tous les cas où la reconnaissance de tracé a permis d'identifier des zones de tourbière dépassant un mètre d'épaisseur ou lorsque les sols sous-jacents sont très mous, il est nécessaire de faire une étude détaillée pour déterminer la méthode de construction la plus appropriée et élaborer le suivi de construction. Cette obligation est aussi très importante pour tous les cas de correction de tracé où la nouvelle plate-forme de route reposera en partie sur la route existante et en partie sur la tourbière intacte et dans le fossé existant. Ces cas peuvent engendrer des comportements différentiels très importants.

### **7.2.2 Corrections de profil**

Dans les cas où la surface de roulement d'une chaussée construite sur tourbière présente des tassements différentiels importants, des indices de fluage latéral et un manque évident de capacité de support, il est important de réaliser une étude détaillée pour apporter le bon correctif. Une correction inappropriée pour un site particulier peut aggraver un problème au lieu de le régler et même provoquer une rupture de la tourbière.

### **7.3 Méthodologie**

Chaque étude de construction sur tourbières ou de réfection de route existante construite sur ces dépôts organiques nécessite tout d'abord un examen des photos aériennes du secteur pour évaluer l'extension du dépôt et estimer sommairement sa profondeur, la nature probable du sol sous-jacent et les particularités du site. Un programme de sondages est élaboré à partir de ces observations et des résultats de l'étude de reconnaissance de tracé.

#### **7.3.1 Sondages sur le terrain**

La campagne de sondages sur la tourbière même se fait manuellement car il faut éviter de briser la couche de surface avec la machinerie lourde. Ces sondages sont normalement faits à tous les 40 mètres longitudinalement et dans une section perpendiculaire à l'axe de la route. Leur fréquence est augmentée au besoin selon la variation dans l'uniformité du dépôt. Ils permettent de déterminer l'étendue de la formation

organique, l'épaisseur et l'uniformité du dépôt et la nature et la capacité portante de l'horizon sous-jacent.

La campagne de sondages comprend les travaux suivants:

- sondages à la tarière manuelle pour déterminer l'épaisseur et l'étendue du dépôt
- échantillonnage pour classifier la tourbe selon la classification Von Post
- mesure de la résistance au cisaillement à l'aide d'un torquemètre
- sondages à la tarière mécanique pour connaître l'épaisseur du remblai routier lorsque la structure routière actuelle est conservée.

### **7.3.2 Compilation et rapport**

Après la campagne de sondages, tous les résultats sont compilés et analysés afin de recommander la méthode de construction ou de réfection appropriée. Les recommandations peuvent inclure l'une ou l'autre des procédés suivants:

- excavation de la tourbe
- remblai conventionnel sans se préoccuper de la tourbe
- déplacement par gravité
- consolidation sans surcharge
- consolidation avec surcharge
- consolidation et allègement

### **7.3.3 Délai de réalisation d'une étude**

La réalisation d'une étude de construction sur tourbière nécessite un délai de l'ordre de trois mois. Ce délai se répartit de la façon suivante:

- disponibilité de l'équipe de forage : 2 à 6 semaines
- sondages sur le terrain: 1 à 2 semaines
- compilation et rapport: 2 à 3 semaines

### **7.3.4 Suivi de construction**

La construction sur tourbière nécessite un suivi de construction rigoureux dans les cas de construction avec ou sans surcharge. Ce contrôle nécessite l'installation d'une instrumentation de contrôle qui sert à suivre le comportement de la tourbe pendant la construction, à déterminer les étapes de construction et à déceler tout problème de comportement à temps. Ces instruments de contrôle comprennent:

- des indicateurs de déplacement latéral pour mesurer le fluage latéral.
- des piézomètres pour suivre l'évolution des pressions interstitielles pendant la construction
- des indicateurs de couche pour contrôler l'épaisseur de la première couche
- des plaques de tassement

Le personnel de notre service installe la plupart du temps cette instrumentation. Elle est quelque fois effectuée par les laboratoires de contrôle quand il n'y a pas de piézomètres à installer. Nous assurons également un support technique pendant toute la durée de la construction.

## **8.0 SUPPORT EN RECHERCHE DE MATÉRIAUX**

Les activités de recherche de matériaux, d'acquisition et de gestion des permis et sources de matériaux ayant été décentralisées, le Service n'a conservé qu'un rôle de support en matière de recherche de matériaux. En ce sens, nous collaborons à faciliter la prise en charge de ce dossier par les responsables désignés dans les Directions territoriales.

## **9.0 ÉTUDES DE RÉCLAMATIONS**

Le groupe de mécanique des sols réalise des expertises pour établir la responsabilité du Ministère dans les cas de réclamations qui lui sont adressées à la suite de travaux sur ses infrastructures ou à la suite d'un mauvais fonctionnement ou de l'impact de ses installations de drainage. Les réclamations qui sont habituellement traitées par notre groupe relèvent des problèmes suivants:

- tassement différentiel et déformation latérale dus à des travaux de déblai ou de remblai
- rehaussement ou rabattement de nappe phréatique à la suite de travaux de terrassement
- problème de gel
- problèmes d'érosion des terrains privés dus à l'écoulement des eaux de ruissellement des fossés.

Ces différents types de réclamation amènent les spécialistes du groupe à agir comme témoins experts en cours.



## **10.0 PROBLÈMES DIVERS**

Le groupe de mécanique des sols est en mesure de répondre aux autres problèmes géotechniques divers rencontrés au Ministère. On peut penser aux problèmes d'érosion accélérée des sols (photo 6), d'érosion interne (photo 7), d'amélioration des sols en place (consolidation, injection, compactage dynamique), de rabattement de nappe phréatique, de solifluxion (photo 8), de désordres dus au gel etc... Les spécialistes du groupe sont également appelés à servir de personnes ressources pour défendre certains dossiers lors d'audiences publiques sur l'environnement.



Photo 6 :

Problème d'érosion dû à une mauvaise protection d'un fossé de décharge dans un talus.



Photo 7 :

Affaissement causé par l'érosion interne d'un remblai



Photo 8 :

Problème de solifluxion dans un talus de remblai.

## **11.0 RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT**

Le groupe de mécanique des sols est assez actif au point de vue recherche appliquée. Des suivis de construction sont effectués par les spécialistes du Service soit pour évaluer le comportement d'ouvrages expérimentaux, soit pour mesurer l'impact de travaux sur des ouvrages existants ou soit pour vérifier des hypothèses de calcul.

Le groupe de mécanique des sols s'associe également avec des chercheurs universitaires pour permettre la réalisation d'études plus complexes et pour être à la fine pointe du développement technique dans nos champs d'activité.

Par exemple, un ingénieur du groupe a complété un doctorat sur le piézocône. Ses recherches ont permis de développer et de promouvoir l'usage du piézocône qui est un outil très performant pour donner une stratigraphie très précise des sols argileux et aussi dans les silts et sables lâches à moyennement compacts. Elles ont aussi permis d'améliorer le dimensionnement des pieux en friction dans ces mêmes sols.

Les projets de recherche confiés aux universités servent à résoudre des problèmes concrets ou à développer de nouvelles techniques plus performantes et plus économiques. Par exemple, les projets de consolidation sous vide et de consolidation électro-osmotique ont permis de développer et d'expérimenter des techniques de consolidation accélérée qui peuvent dans certains cas remplacer avantageusement un allègement en polystyrène. D'autres projets de recherche sont actuellement en cours

pour étudier le problème des instabilités superficielles dans les déblais et les remblais en till et un autre pour trouver une méthode de détection des cavités qui se forment dans les remblais de granulaire lorsque des ponceaux ont des perforations par la corrosion ou des joints défectueux.

## **12.0 ACTIVITÉS DU SECTEUR MOUVEMENTS DE TERRAIN**

### 1. Mandat:

Depuis sa création en 2003, le secteur Mouvements de terrain a pour mandat de cartographier les zones susceptibles d'être affectées par des glissements de terrain dans les dépôts meubles aux endroits où les risques sont les plus élevés. Elle offre un soutien technique au Ministère de la Sécurité publique (MSP) pour la gestion des risques de glissements de terrain auprès des municipalités. De plus, les spécialistes du secteur agissent comme experts lors d'urgence de glissements de terrain pour les besoins du MSP.

### 2. Cartographie

La cartographie des zones exposées aux glissements de terrain avait été entreprise par le Ministère des Ressources Naturelles de l'époque à la suite du glissement de Saint-Jean-Vianney de 1971. À la suite des pluies diluviennes de juillet 1996 au Saguenay-Lac-Saint-Jean, le Service de la géotechnique et de la géologie a reçu le mandat de cartographier cinq des municipalités les plus touchées. En 2003, une entente interministérielle (MSP-MAMR-MTQ-MRNF) a été a afin que le mandat se poursuive pour les municipalités présentant des risques élevés de glissements de terrain au Québec. À l'automne 2006, un cadre de prévention a été adopté par le Conseil des ministres. Le mandat de cartographie du Service de la géotechnique et de la géologie se poursuit à l'intérieur de cette entente de partenariat. Le but de la cartographie est d'éviter que le risque augmente dans les zones susceptibles aux glissements de terrain en contrôlant la construction de nouveaux bâtiments et en réglementant les mauvaises

pratiques pouvant provoquer des glissements de terrain. Les produits de la cartographie consistent en 4 types de cartes : la carte de documentation, la carte de susceptibilité, la carte de contraintes et la carte de risque. Les trois premières cartes sont publiques et dès qu'elles sont livrées par le Ministère des affaires municipales et des régions (MAMR) aux municipalités concernées, elles sont envoyées à la Direction territoriale concernée.

#### 2.1. Carte de documentation :

Cette carte a pour but de localiser les différents éléments géologiques et géomorphologiques qui ont servi à l'élaboration de la carte des zones de susceptibilité relatives aux glissements de terrain. Les plus récentes sont produites à l'échelle du 1/2000 afin de faciliter la récupération des données disponibles aux géotechniciens. Les cartes de documentation rassemblent les informations suivantes: les classes de pente, les limites des talus, les points kilométriques des cours d'eau, la limite municipale, les éléments révélateurs, aggravants, stabilisateurs et anthropiques, les sondages, les photographies de terrain, les dépôts meubles et l'hypsométrie.



Figure X : Exemple d'une carte de documentation

## 2.2. Carte de susceptibilité :

Cette carte a pour but de déterminer les zones, composées de dépôts meubles, qui sont potentiellement exposées aux dangers de glissements de terrain. Certaines caractéristiques géologiques et géomorphologiques sont classées en termes de facteurs : révélateurs, prédisposants ou aggravants. La présence et l'intensité de ces différents facteurs permettent d'évaluer le degré de susceptibilité d'un site au développement d'un glissement de terrain.

Pour la plupart des cartes, 11 différentes zones de susceptibilité ont été définies, regroupées en deux grandes familles : zones de susceptibilité élevée à moyenne et zones de susceptibilité faible. Ces classes de susceptibilité sont établies principalement à partir de la nature des sols, des classes de pentes et de l'ensemble des données géologiques et des propriétés géotechniques.

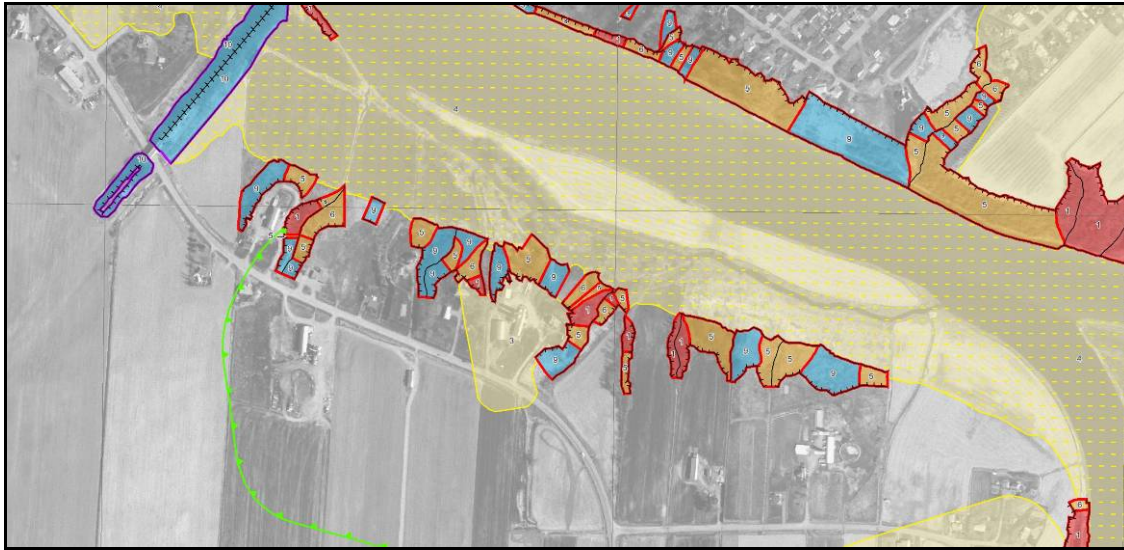


Figure 2 : Exemple de carte de susceptibilité

### 2.3. Carte de contraintes :

Dans le but de faciliter l'application de la réglementation municipale dans les zones exposées aux glissements de terrain, les classes de susceptibilité nécessitant des normes identiques ont été regroupées dans la même zone de contraintes relatives aux glissements de terrain. Sur la carte, les zones de contraintes comprennent, en plus du talus, des bandes de terrain au sommet et à la base, appelées bandes de protection, où différentes interventions doivent être régies. Ces bandes ont des largeurs variables en fonction de la nature du sol, de la hauteur du talus et du type de danger appréhendé. Leurs dimensions ont été déterminées à partir de plusieurs centaines de cas inventoriés par le MTQ. Un guide accompagne ces cartes. Celui-ci est disponible à l'adresse suivante : [www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/entreprises/zone\\_fournisseurs/reseau\\_router/geotechnique\\_geologie/gestion\\_risques\\_glissement\\_terrain](http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/entreprises/zone_fournisseurs/reseau_router/geotechnique_geologie/gestion_risques_glissement_terrain)



Il est important de mentionner que les travaux d'entretien et de conservation du réseau routier provincial ne sont pas assujettis, comme le prévoit l'article 149, 2<sup>e</sup> al., 5<sup>e</sup> para. de la LAU. Toutefois, tous les travaux de développement et d'amélioration du réseau routier provincial qui requièrent une expertise géotechnique pour l'obtention d'un permis pourront être réalisés sur la foi des expertises géotechniques (avis, évaluation, rapport, recommandation, etc.) produites par le Service de la géotechnique et de la géologie du ministère des Transports (MTQ) ou réalisées par un mandataire du MTQ, puisqu'elles satisfont les critères de l'annexe IV et respectent le présent cadre normatif.



Figure 3 : Exemple de carte de contraintes relatives aux glissements de terrain

#### 2.4. Carte de risque :

Cette carte a pour but de permettre aux gestionnaires municipaux et gouvernementaux de prendre des décisions éclairées sur la façon de gérer les risques sur leur territoire. Chaque type de danger doit faire l'objet d'une carte (par

exemple, les dangers de coulées argileuses fig.4). Cinq classes de risques y sont déterminées : très faible, faible, moyen, élevé et très élevé. Les risques sont évaluées en fonction de la probabilité que survienne un glissement de terrain et des conséquences appréhendées.



Figure 4 : Exemple de carte de risque pour le danger de coulée argileuse

## 2.5. Intérêt pour les Directions territoriales du MTQ

Lors de travaux de développement et d'amélioration du réseau routier provincial, les cartes de zones exposées aux glissements de terrain peuvent être utilisées afin de vérifier si la route est susceptible d'être touchée par un glissement de terrain ou si les travaux envisagés peuvent déstabiliser le talus ou voire même provoquer un glissement de terrain. Il est important si des travaux ou des infrastructures prévus sont situés dans des zones de contraintes de demander un avis au secteur Mécanique des sols. Un inventaire des cartes de zones exposées sera bientôt disponible dans l'Intranet et les cartes pourront être consultées en version électronique sur le portail. De plus, les données de base, qui ont servi à l'élaboration de la cartographie, peuvent être réutilisées par exemple les sondages et les données hypsométriques. L'hypsométrie utilisée

pour la cartographie provienne pour la plupart des levés Lidar aéroportés, ces données sont très précises et peuvent particulièrement être intéressantes pour divers besoins du MTQ. Un portail sur Intranet sera bientôt mis en service afin de voir la localisation des données existantes. En attendant, vous pouvez vous adresser directement à notre géomaticien Alexandre Lavoie au 644-5393 poste 4103.

### 3. Soutien technique

Le secteur Mouvements de terrain offre un soutien technique au MSP et au MAMR pour l'élaboration de cadre réglementaire pour les glissements de terrain, pour l'application de ces normes, pour l'utilisation et la compréhension des cartes de contraintes relatives aux glissements de terrain. Des membres du secteur des Mouvements de terrain font partie de Comités interministériels pour les aléas « glissement de terrain » et « érosion ». Les spécialistes du groupe agissent à titre d'experts lors de l'évaluation des travaux de prévention pour les glissements de terrain.

### 4. Urgence :

Depuis 2003, le secteur Mouvements de terrain possède une entente de partenariat avec le Ministère de la Sécurité publique afin d'agir comme experts conseil pour les situations d'urgence lors de cas d'instabilité du sol ou de glissements de terrain, pouvant mettre en péril la sécurité de personnes ou de biens. Lorsque cela est requis, des experts visitent le site et émettent un avis technique sur la sécurité des lieux. Dans ces cas, les membres du groupe appuient le MSP ainsi que la municipalité dans les mesures d'urgence tel que la

communication du risque, l'évacuation, etc. De plus, si des travaux sont recommandés afin de stabiliser un site, le secteur effectue une contre-expertise pour s'assurer que les travaux prescrits par les firmes privées soient sécuritaires. Cependant, pour les sites menacés par une coulée argileuse, les ingénieurs du secteur préparent les plans et devis et participe à la surveillance de chantier, en raison de la complexité de ces cas. Le Secteur est appelé à répondre à environ une centaine de demandes de soutien par année.

## ANNEXE 1

### RÉSUMÉ DES DÉLAIS DE RÉALISATION DES ÉTUDES

Types d'études	Temps de réalisation	Délai souhaitable entre la demande et le rapport
<b>SECTEUR MÉCANIQUE DES ROCHES</b>		
<b>Domaine de l'hydrogéologie</b>		
Inventaire hydrogéologique	1 ½ à 3 mois	12 mois
Étude de puits	1 ½ à 6 mois	12 mois
Étude hydrogéologique spéciale	6 à 12 mois	12 à 18 mois
Essai de pompage	< 1 semaine	3 mois
Étude de caractérisation des terrains contaminés	2 à 4 mois	6 mois
Étude de caractérisation des sédiments de cours d'eau	2 à 4 mois	6 mois
<b>Domaine de la géologie</b>		
Étude de stabilité des falaises rocheuses en place	2 à 3 mois (pas en hiver)	6 mois
Étude de coupes de roc	2 à 3 mois (pas en hiver)	6 mois
Assistance lors des travaux d'exécution des coupes de roc	Assistance immédiate	
Étude de vibrations :		
Tirs à l'explosif	1 semaine	3 mois
Équipement de construction et trafic routier	2 semaines	3 mois
<b>Domaine des remblais-digues</b>		
Dimensionnement des protections en enrochement	1 à 4 semaines	3 mois
<b>SECTEUR MÉCANIQUE DES SOLS</b>		
Étude de fondation	2 à 6 mois	6 mois minimum
Étude de tassement	10 à 12 mois	18 mois
Étude de stabilité de remblai	2 à 5 mois	12 mois
Étude de stabilité de talus naturels et de glissements	3 à 24 mois	---
Construction sur tourbières	3 mois	3 mois