

Directives sur les enquêtes et les rapports géotechniques sur les demandes d'aménagement adressées à la ville d'Ottawa

[\[PDF 236 KB\]](#)

1.0 Introduction

1.1 Généralités

Au moment de déposer toute demande concernant l'approbation de plans d'implantation et de plans de copropriétés, ou la délivrance d'un permis de construire, il sera généralement exigé de produire un rapport portant sur les aspects géotechniques de l'aménagement du site et préparé par un ingénieur géotechnicien qualifié autorisé dans la province de l'Ontario. La présentation d'un rapport géotechnique figurera aussi comme clause dans tous les plans provisoires de lotissements. Dans certaines circonstances, des rapports géotechniques peuvent aussi être requis pour d'autres demandes adressées à la Ville, tel que décrit dans la section 1.2.

En termes généraux, le rapport devra porter sur les exigences de nature géotechnique assurant que les conditions de la sous-surface du site permettent l'édification des structures, chaussées, réseaux de services publics et autres infrastructures projetés. Le rapport géotechnique peut aussi établir des restrictions concernant les travaux de terrassement sur le site, qui peuvent être déterminantes pour la conception des services, des chaussées et des structures.

L'ampleur du contenu du rapport et de toute étude géotechnique requise varie selon le projet, son emplacement, et la phase actuelle du processus de conception et de planification.

Tel qu'expliqué plus loin dans la section 3, ce document ne vise pas à décharger l'ingénieur géotechnicien de sa responsabilité en matière de complétude et d'exactitude du rapport géotechnique. Son but est plutôt de fournir des lignes directrices sur les exigences minimales pour ces rapports et par là de faciliter leur examen par le personnel de la Ville, en particulier lorsque, à terme, la Ville aura la propriété d'une partie du projet (p. ex., de nouveaux services publics ou des chaussées dans des lotissements résidentiels) ou que le projet d'aménagement aura des répercussions sur la population (p. ex., tassement de bâtiments).

1.2 Portée

Ce document concerne les rapports géotechniques soumis à la Ville d'Ottawa en complément de toutes les requêtes ci-dessous :

- Approbation d'un plan d'implantation
- Plan de lotissement
- Plan de copropriété
- Demande de rezonage
- Modification au plan officiel (MPO)
- Demande de permis de construire
- Division (autorisation de diviser un terrain)

Les Plans de conception communautaire (PCC), qui se situent au début du processus d'aménagement, sont examinés à part dans ce document.

1.3 Processus de l'étude

Le paragraphe 4.8.3 du Plan officiel de 2003 de la Ville d'Ottawa exige que les demandes concernant les approbations de plans d'implantation, les plans de lotissement, les divisions (autorisation de diviser un terrain) ou les plans de copropriété soient accompagnées des résultats d'une étude géotechnique. Le personnel de la Ville examinera ce rapport pour s'assurer que le terrain est approprié à l'aménagement prévu, ou qu'on peut le rendre tel. L'étude doit aussi démontrer que l'aménagement ne provoquera pas d'effets néfastes ou n'aggravera pas un risque de danger sur le site ou ailleurs. Dans la plupart des cas, le rapport doit être soumis au moment où la demande est présentée; on ne procédera généralement pas à l'étude de la demande tant que le rapport n'aura pas été soumis.

Dans certaines conditions, il se peut que les demandes de rezonage ou de MPO doivent aussi être accompagnées d'une étude géotechnique. Il s'agit le plus souvent de sites localisés dans des terres définies à l'annexe K du Plan officiel de la Ville comme appartenant à une zone de sol organique ou de pentes instables. La ville pourrait aussi exiger une étude géotechnique quand le terrain est situé dans une zone de terres reconnues d'état médiocre, telles les argiles molles et compressibles de la mer de Champlain, les anciennes décharges, ou encore là où un changement d'utilisation du sol aurait pour résultat la densification de l'aménagement. Dans toutes ces conditions, le personnel de la Ville peut, après examen de la présentation initiale, exiger un rapport géotechnique. L'objectif de cette étude sera de confirmer que le site pour lequel on doit effectuer le processus d'approbation ne serait pas impropre à l'aménagement stipulé dans la demande de rezonage ou de MPO.

Les demandes concernant les approbations ci-dessus se font généralement auprès de la Division de l'approbation des demandes d'infrastructure, appartenant à la Direction de la planification du Service de l'urbanisme, du transport en commun et de l'environnement.

Un rapport d'étude géotechnique est aussi requis par le code du bâtiment de l'Ontario (OBC) pour des demandes de permis concernant certaines structures. La portée des présentes directives n'inclut pas nécessairement les rapports géotechniques soumis avec des demandes de permis de construire, même si les exigences peuvent être similaires. Le présent document porte plutôt sur les rapports soumis avec les demandes d'approbation de projets d'aménagement mentionnées ci-haut.

1.4 Rôles et responsabilités

1.4.1 Ingénieur géotechnicien

L'ingénieur géotechnicien, qui travaille pour l'auteur de la demande de projet et/ou pour le propriétaire du projet, doit posséder un permis d'exercice délivré par l'Association des ingénieurs professionnels de l'Ontario, et doit être qualifié, sur la base de son expérience de la profession, pour fournir des services de génie géotechnique. L'ingénieur géotechnicien est responsable de la coordination de l'étude géotechnique et de la préparation du rapport qui en découle.

Puisque le génie géotechnique part de matériaux naturels pour son travail d'analyse et de conception, les incertitudes sont nombreuses. Il est donc normal d'avoir recours pendant la construction à des inspections et à des essais géotechniques, afin de s'assurer que les conditions du site correspondent aux résultats de l'étude originale. L'ingénieur géotechnicien est donc habituellement chargé des inspections et des examens au cours de la construction du projet, et c'est en définitive à lui d'attester que les aspects géotechniques des travaux exécutés sont adéquats.

1.4.2 Auteur de la demande de projet

C'est à l'auteur de la demande de projet, qui peut être le propriétaire ou qui peut travailler pour celui-ci, que revient la responsabilité de soumettre la demande et les documents connexes à la Ville d'Ottawa et d'être en contact avec le personnel de la Ville. Il a donc la responsabilité de soumettre le rapport

géotechnique. Toute la correspondance de la Ville relativement au rapport d'étude géotechnique est habituellement envoyée à l'auteur de la demande de projet

1.4.3 Autres ingénieurs et concepteurs

Dans la plupart des projets, l'ingénieur géotechnicien n'est pas directement responsable de la conception du projet, il revient plutôt aux autres ingénieurs et concepteurs d'appliquer à leurs propres plans les recommandations et les lignes directrices du rapport géotechnique. Parmi ces autres ingénieurs, on pourrait compter des ingénieurs civils, des ingénieurs municipaux, des ingénieurs en ressources d'eau, des ingénieurs en structure et des architectes, ainsi que beaucoup d'autres professionnels et paraprofessionnels. Ces autres ingénieurs et concepteurs travaillent aussi habituellement pour l'auteur de la demande de projet ou pour le propriétaire du projet.

1.4.4 Personnel de la Ville

Le personnel de la Ville appartenant à la Division de l'approbation des demandes d'infrastructure de la Direction de la planification de la Ville, reçoit le rapport géotechnique avec les autres documents (p. ex., rapports, dessins, etc.). Le personnel examine/étudie le rapport géotechnique et, au cours de cette étude, compare les plans aux recommandations contenues dans le rapport géotechnique. Le personnel doit être convaincu que les considérations géotechniques ont été adéquatement prises en compte. Le personnel peut aussi décider de soumettre le rapport à un examen collégial pratiqué par un autre ingénieur géotechnicien qualifié.

1.5 Codes, normes et références applicables

Les codes, normes et références ci-dessous sont applicables en ce qui concerne la portée et les méthodes des études géotechniques ainsi que le contenu des rapports géotechniques :

- Plan officiel de la Ville d'Ottawa;
- Lignes directrices de la Ville d'Ottawa concernant la conception des égouts (version courante);
- Lignes directrices de la Ville d'Ottawa relatives à l'approvisionnement en eau (version courante);
- Volumes 1 et 2 du document de la Ville d'Ottawa intitulé *Standard Tender Documents for Unit Price Contracts* (version courante);
- Coupes transversales standards des emprises de la Ville d'Ottawa;
- Document de la Ville d'Ottawa intitulé *Trees And Foundations Strategy In Areas Of Sensitive Marine Clay In The City Of Ottawa* (Stratégie sur les arbres et les fondations dans les secteurs où il y a présence d'argile marine dans la ville d'Ottawa) (en anglais seulement);
- Autres documents de la Ville d'Ottawa (selon leur disponibilité) se rapportant au cadre de référence des études géotechniques et environnementales de la Ville;
- Document de la Ville d'Ottawa intitulé « *Technical Requirements for Hydrogeology and Terrain Analysis Studies for Privately Serviced Developments* » (en préparation);
- Le Code du bâtiment de l'Ontario, édition courante;
- *The Canadian Foundation Engineering Manual* (Manuel canadien d'ingénierie des fondations), édition courante. Remarque : Ce document, qui n'est ni un code ni une norme, est publié par la Société canadienne de géotechnique et constitue une référence en matière de méthodes raisonnables d'ingénierie au Canada;
- Document de la Ville intitulé « *Lignes directrices sur la stabilité des pentes de la Ville d'Ottawa à l'égard de demandes d'aménagement* » et son annexe A « *Exigences minimales visant les rapports d'évaluation sur la stabilité des pentes* », approuvées par le comité d'urbanisme et de l'environnement de la Ville d'Ottawa le 9 novembre 2004 et par le Conseil de la Ville d'Ottawa le 24 novembre 2004;
- Lignes directrices de la Ville d'Ottawa en matière de conception des routes.

1.6 Types de projets

Les exigences relatives aux études et aux rapports géotechniques varient en fonction du type de demande (p. ex., MPO ou plan d'implantation, ou encore permis de construire), mais elles dépendent aussi du type de projet, des caractéristiques du terrain et de l'emplacement.

Les sections 2 et 3 du présent document, qui énoncent, respectivement, les exigences de l'étude géotechnique et du rapport géotechnique, font référence aux types de projets mentionnés plus loin. Les noms des types de projets et les descriptions utilisés dans ce document ne renvoient pas spécifiquement au processus de planification et aux réglementations et règlements qui lui sont associés. On se sert plutôt des noms et des descriptions d'usage courant dans l'industrie de l'aménagement. Certains projets peuvent appartenir à plusieurs types et on ne s'attend pas à ce que les descriptions soient exhaustives. Il faut cependant faire preuve d'un certain discernement dans l'évaluation de la catégorie devant s'appliquer à un projet spécifique.

1.6.1 Habitations de faible hauteur (constructions basses) et travaux connexes

Lotissement résidentiel :

En ce qui concerne le processus de planification, le terme lotissement résidentiel s'applique à tout aménagement qui se caractérise par la subdivision d'une grande parcelle de terrain en plus petits lots destinés à la conception et à la construction d'unités résidentielles; il pourrait donc s'appliquer à tout projet créant au moins deux résidences sur des lots séparés. Dans la pratique, cependant, un lotissement résidentiel comporte un beaucoup plus grand nombre de lots, peut-être des douzaines ou des centaines, sur lesquels on aménage des maisons unifamiliales et/ou des blocs de maisons en rangée. Normalement, bien que ce ne soit pas toujours le cas, les lotissements résidentiels comprennent de nouvelles routes et les réseaux de services publics concomitants, internes à l'aménagement. Les lotissements résidentiels sont la plupart du temps situés dans les collectivités suburbaines d'Ottawa, mais peuvent aussi correspondre à des situations d'aménagement intercalaires ou se trouver dans les secteurs ruraux d'Ottawa, sur des lots plus étendus et avec des services privés, individuels ou collectifs.

Habitations intercalaires :

Les aménagements intercalaires sont habituellement situés dans des quartiers urbains déjà anciens d'Ottawa, et en général correspondent à la conception et à la construction d'une maison neuve détachée, d'un petit nombre de maisons neuves, ou d'un bloc d'habitations contiguës, construites sur un lot séparé ou subdivisé ou sur l'emplacement d'un bâtiment précédent qui a été démoli. Ce genre de projet amène d'ordinaire une augmentation de la densité actuelle de la collectivité. Ces projets peuvent demander un plan de lotissement, un plan d'implantation, une division ou un rezonage.

Résidences unifamiliales, rajouts, terrasses et piscines :

Les petits projets peuvent comprendre la construction d'une maison unifamiliale, d'un rajout à une maison unifamiliale, ou la construction, dans les jardins arrière, de terrasses ou de piscines. Ces projets peuvent exiger l'approbation de diverses demandes d'aménagement. En fonction des particularités et de l'emplacement du projet, l'approbation de la demande d'aménagement peut nécessiter l'avis d'un ingénieur géotechnicien.

1.6.2 Projets comprenant des immeubles

Normalement, les projets devant obtenir l'approbation d'un plan d'implantation font partie de ceux qui comprennent la conception et la construction d'immeubles; il se peut que d'autres approbations soient aussi nécessaires.

Aménagements résidentiels :

Ces projets consistent généralement en la conception et la construction d'édifices de moyenne ou grande hauteur. Il s'agit le plus souvent d'immeubles locatifs, de copropriétés et de résidences pour personnes âgées. Toutefois, l'approbation d'un plan d'implantation peut être exigée pour des aménagements de maisons en rangée en copropriété ou de maisons en rangée sur rue.

Aménagements de bureaux :

Ces projets peuvent comprendre des immeubles de faible, moyenne ou grande hauteur devant servir de locaux à bureaux.

Aménagements de commerces au détail :

Ces projets correspondent à des édifices conçus comme des espaces de vente au détail, et peuvent se composer d'un seul ou de plusieurs bâtiments (c.-à-d. un complexe) sur un seul site. Leur destination peut varier beaucoup : par exemple, petits dépanneurs, stations service, immeubles de magasins particuliers, magasins à grande surface, et centres commerciaux.

Aménagements industriels :

Ces projets, qui normalement (mais non obligatoirement) comprennent des constructions de faible hauteur, comportent généralement des locaux destinés à la fabrication ou l'assemblage de marchandises, ou à l'entreposage. Les bâtiments, qui sont habituellement d'un seul niveau en hauteur, ont souvent une large surface au sol, peuvent avoir, intérieurement, une grande hauteur libre sous plafond, un grand espacement entre les colonnes, et une surcharge de plancher élevée.

Aménagements institutionnels :

Ces projets comprennent les projets d'aménagement « publics », notamment, écoles, hôpitaux et édifices gouvernementaux.

Autres types d'aménagements :

Il existe beaucoup d'autres types de projets, qu'on ne peut pas classer sous ces catégories, comme la construction de tours de communications, ou de tours destinées aux services publics. Cependant, l'objet du présent document n'est pas de traiter des besoins géotechniques de chaque type de projet, mais plutôt de décrire les exigences générales pour les types de projets les plus courants. En définitive, il revient à l'ingénieur géotechnicien de déterminer l'envergure de l'étude géotechnique, mais celle-ci doit être conforme aux normes de pratique courantes au moment des travaux et répondre aux exigences de la Ville d'Ottawa.

2.0 Étendue de l'étud

2.1 Introduction

L'étendue de l'étude requise par un projet quelconque dépend de plusieurs facteurs, y compris les conditions géologiques, les particularités ou les caractéristiques du terrain, son emplacement (p. ex., urbain, suburbain ou rural) et le type d'aménagement. Cette section du présent document indique certaines exigences minimales de portée générale concernant l'étendue des études géotechniques, tout en reconnaissant cependant qu'il n'est pas toujours pratique de spécifier des exigences tenant compte de toutes les situations possibles. Le présent document ne décrit pas non plus toutes les méthodes possibles d'étude. Dans le cas des situations les plus courantes, il fournit certaines exigences minimales de portée générale touchant les méthodes d'essai ordinaires et l'ampleur de l'étude. Lorsque, sur recommandation de l'ingénieur géotechnicien (qui est, en définitive, responsable du degré d'exhaustivité

de l'étude), les exigences exprimées dans ce document ne sont pas respectées, le personnel de la Ville devra demander qu'on lui fournisse par écrit une explication de cette dérogation. À terme, le personnel de la Ville doit être convaincu que la portée de l'étude entreprise par le consultant en géotechnique tient compte adéquatement des enjeux géotechniques du terrain.

2.2 Conditions géologiques de la Ville d'Ottawa

La ville est située dans une région physiographique, la plaine argileuse de la vallée de l'Outaouais, caractérisée par des dépôts relativement épais d'argile marine limoneuse sensible qui se sont accumulés dans le bassin de la mer de Champlain à la suite de la dernière glaciation. Ces dépôts, appelés argiles de la mer de Champlain ou argiles à Leda, recouvrent le till, qui à son tour, recouvre le socle rocheux. La plus grande partie de cette région physiographique repose sur une série de roches sédimentaires, soit grès, dolomies, calcaires et shales, qui pour leur part, reposent sur le socle rocheux igné et métamorphique du bouclier canadien. Des dépôts plus récents de sables alluvionnaires recouvrent par endroits les argiles de la mer de Champlain. Des sols organiques (tourbe, par exemple) se sont formés dans des zones mal drainées.

La compressibilité des argiles marines sensibles de la mer de Champlain est un aspect dont doivent tenir compte la plupart des aménagements dont la sous-surface est constituée de ces argiles; comme une grande partie de la Ville repose sur ces dépôts, c'est un problème que rencontrent beaucoup de projets.

Le Code du bâtiment de l'Ontario indique aussi que l'est de la province possède un aléa sismique significatif.

2.3 Méthodes d'enquête

Les études géotechniques disposent d'un bon nombre de méthodes différentes, toutefois la présente section résume la pratique locale dans son ensemble.

D'ordinaire, les types d'étude géotechnique comprennent :

Sondage :

Dans la région d'Ottawa, des sondages sont habituellement forés dans les sous-surfaces au moyen de tarières creuses, bien qu'on puisse parfois procéder à d'autres formes de forage : forage par injection, par tarières pleines, forage pneumatique, etc. En général, à cause des hauts niveaux d'eau et des sols meubles présents dans presque toute la région d'Ottawa, il faut gainer les sondages pour les maintenir ouverts, ce qui entraîne la pratique courante du forage par tarière creuse.

Le sondage dans le socle rocheux et le prélèvement de carottes se fait généralement à l'aide d'outils de forage rotatif au diamant (carottage). Cependant, d'autres formes de forage sont parfois possibles, tel le forage à air comprimé. Le carottage rotatif est aussi utilisé pour pénétrer des sols à blocs.

On utilise les sondages pour appliquer une grande diversité de techniques d'essai in situ, y compris :

- *Standard Penetration Test* ou *SPT* (essai de pénétration normalisé);
- Essai « rapide » au scissomètre in situ, réalisé normalement au moyen d'un moulinet de taille N ou B selon les normes du ministère des Transports de l'Ontario;
- Essai in situ au scissomètre à déformation contrôlée (p. ex., essai au scissomètre Nilcon);
- Essai au piézocône (c.-à-d. CPT).

Des piézomètres, consistant normalement d'une tuyauterie en PEHD ou en PCV d'un diamètre nominal de 19 à 50 millimètres, avec à la base des ouvertures à encoches, peuvent être installés dans les sondages pour permettre de surveiller le niveau des eaux souterraines. La réglementation 903 de

l'Ontario peut exiger l'éventuelle mise hors service (c.-à-d. l'abandon) des piézomètres en fonction des strates traversées par le forage.

Il n'y a pratiquement pas de limite à la profondeur dans le cas d'une étude par sondage.

Excavation de tranchées de reconnaissance :

On se sert habituellement de pelles hydrauliques pour creuser les tranchées. Les pelles rétrocaveuses à pneus ou des pelles hydrauliques sur chenilles sont aussi couramment utilisées.

Des échantillons instantanés peuvent être recueillis sur les parois de la tranchée (si sa profondeur est suffisamment faible pour permettre d'y pénétrer sans danger) ou parmi les déblais. On peut procéder à des essais limités in situ dans les tranchées; il est possible de mesurer la résistance au cisaillement des sols argileux au moyen d'un scissomètre d'inspection ou de chantier de petite taille. Toutefois, les résultats de ces essais ne sont pas toujours aussi exacts que ceux obtenus dans les sondages par des essais au scissomètre in situ, et donc d'autres essais peuvent s'avérer nécessaires.

L'ingénieur géotechnicien, le propriétaire et le promoteur immobilier devraient savoir que les tranchées créent une zone de sol remanié, généralement impropre au support d'éventuelles structures, à moins d'utiliser des matériaux de remblai modifiés, dans des conditions contrôlées de compactage. Les tranchées ne conviennent donc pas à toutes les situations et il faut les restaurer ou prévoir leur restauration pendant la construction.

Les conditions du niveau des eaux souterraines observées dans les tranchées peuvent ne pas correspondre aux conditions stabilisées, à moins de laisser la tranchée ouverte pendant une longue période, en quel cas elle doit être dotée d'une barricade sécuritaire et traitée comme une excavation de construction.

La profondeur d'étude pour les tranchées est aussi plus limitée, en comparaison de celle des sondages. La profondeur maximale avec une pelle rétrocaveuse à pneus est d'environ 4 à 5 mètres. Les tranchées creusées au moyen d'une pelle à chenilles de plus grandes dimensions peuvent atteindre jusqu'à 8 à 10 mètres de profondeur.

L'excavation de tranchées est particulièrement adaptée aux sites ayant un socle rocheux à faible profondeur, le profil de la surface du socle pouvant être relevé de façon économique à partir d'un grand nombre d'endroits. Cependant, cette méthode d'investigation peut aussi convenir à d'autres conditions. En général, une étude utilisant des tranchées n'est acceptable que si elle satisfait à une ou plusieurs des conditions suivantes :

- Les structures sont relativement légères (p. ex., habitations conventionnelles à ossature de bois, ou petits bâtiments), de sorte que la profondeur de l'influence de la charge est faible.
- La surface de la roche est à faible profondeur et l'étude vise à relever le profil de la surface rocheuse.
- La terre de couverture n'est pas très compressible (en comparaison des charges des structures légères), p. ex., till, argiles rigides, etc.

Les études utilisant des tranchées ne sont généralement pas appropriées dans le cas de sites reposant sur des argiles marines sensibles molles (c.-à-d., résistance au cisaillement inférieure à 25 kilopascals) car les mesures à partir d'un scissomètre d'inspection ou de chantier ne seraient normalement pas aussi exactes que celles obtenues lors d'essais par scissomètres in situ dans des sondages.

Les études ayant recours à des tranchées ne sont peut-être pas non plus possibles dans des sols légers situés sous le niveau des eaux souterraines (c.-à-d., dans des sables non cohérents). Dans ces conditions, la venue rapide d'eau souterraine et de sol interdit l'observation des sols de l'excavation et l'obtention d'échantillons.

Essai de pénétration au cône :

L'essai de pénétration au cône (CPT) est beaucoup moins courant que l'étude par forage conventionnel ou par tranchée de reconnaissance. L'essai de pénétration au cône consiste à enfoncer (verticalement) dans le sol une sonde instrumentée à une vitesse constante de pénétration. Habituellement, les instruments placés sur la sonde mesurent à la fois la force exercée sur sa pointe conique, et nécessaire à sa pénétration dans le sol, ainsi que la friction le long de sa surface externe. Cette information peut servir à évaluer le type de sol pénétré ainsi que diverses caractéristiques géotechniques du sol. Un avantage propre aux essais CPT, c'est qu'ils permettent d'obtenir un profil presque continu des conditions et des propriétés du sol. La sonde peut aussi comporter un instrument mesurant la pression de l'eau dans le sol, la sonde étant alors nommée « piézocône ». Un autre instrument dont peut être équipée la sonde est le géophone, permettant d'évaluer la vitesse de l'onde S, tel que requis pour déterminer la classe sismique du site (voir la section 3.3.3); on parle alors d'essai de pénétration au cône sismique (SCPT).

2.4 Espacement des sondages et des tranchées

L'espacement approprié des sondages et des tranchées dans le cas d'une étude spécifique dépend d'un certain nombre de facteurs, comprenant :

- La phase du processus conception/approbation (p. ex., MPO, rezonage, projet de conditions de lotissement, approbation de plan d'implantation, ou demande de permis de construire);
- Les conditions géologiques du site (p. ex., socle rocheux à faible profondeur, argiles marines molles, sable saturé, etc.) et les variations connues ou prévues de ces conditions;
- L'emplacement et les caractéristiques du site (p. ex., urbain, suburbain ou rural; plat ou en pente; cours d'eau à proximité, etc.);
- Le type de projet (p. ex., lotissement suburbain, aménagement commercial/vente au détail, immeubles résidentiels de grande hauteur, etc.).

Dans le cas de plans de lotissement ou de copropriété, et de demandes d'approbation de plan d'implantation, lorsque le projet approche de la phase de la conception détaillée ou l'a déjà atteint, on doit généralement se conformer aux exigences minimales en matière d'espacement ou de nombre de sondages présentées dans le tableau 1. Lorsque, sur recommandation de l'ingénieur géotechnicien (qui est, en définitive, responsable du degré d'exhaustivité de l'étude), ces exigences ne sont pas respectées, le personnel de la Ville devra demander qu'on lui fournisse par écrit une explication de cette dérogation. À terme, le personnel de la Ville doit être convaincu que la portée de l'étude entreprise par le consultant en géotechnique tient compte adéquatement des enjeux géotechniques du terrain.

TABLEAU 1
Espacement maximal général entre les sondages et les tranchées

Type de projet		Espacement maximal général entre les sondages et les tranchées	Notes applicables	Commentaires
Lotissement résidentiel	Emplacement rural	300 mètres	Notes 1 et 4	
Lotissement résidentiel	Emplacement urbain, suburbain ou village	150 mètres	Notes 1 et 4	Ces projets offrent normalement moins de flexibilité à la conception du terrassement du site, à cause des services municipaux, de sorte qu'il faut confirmer à un stade précoce si le site est aménageable, du point de vue géotechnique.
Habitations intercalaires		30 à 50 mètres	Note 2	Les habitations intercalaires sont habituellement situées dans des zones urbaines de la Ville déjà aménagées et la superficie au sol du projet est généralement plus faible. S'il ne s'agit que d'une seule maison, il suffira peut-être de confirmer la capacité portante au moment de la construction. Cependant, l'utilisation des terrains environnants peut imposer au projet des contraintes et des coûts (p. ex., nécessité de reprises en sous-œuvre de structures adjacentes). Les utilisations antérieures du site (p. ex., remblayages antérieurs, démolition de vieux bâtiments) peuvent avoir des effets sérieux sur la faisabilité du projet et son aspect économique. Il faut envisager une étude géotechnique complète avant d'obtenir un permis de construire, là où de telles conditions d'aménagement se présentent.
Habitations unifamiliales, rajouts et terrasses sur des sites n'appartenant pas à une demande d'aménagement approuvée auparavant		N/A		L'évaluation géotechnique doit répondre aux exigences du Code du bâtiment de l'Ontario. En général, à moins d'une grande surface au sol ou d'un site complexe, on peut confirmer le taux de travail admissible au moment de la construction.
Immeubles individuels		30 à 50 mètres, à l'intérieur de la zone de construction	Note 3	Essentiellement, tous les projets de construction (résidentielle, commerciale, vente au détail, industrielle et institutionnelle) exigent une étude géotechnique. L'espacement sondage/tranchée doit être plus restreint en comparaison des lotissements résidentiels, à cause de la charge généralement plus élevée. Des forages supplémentaires moins profonds et plus écartés peuvent être exigés en dehors de la zone de constructions, en relation à la conception du trottoir et des services.
Complexe de petits immeubles		100 mètres	Note 3	Quand il est proposé de disposer plusieurs petits immeubles en complexe, comme dans le cas de l'aménagement d'une grande surface, un plus grand écart entre les forages peut être acceptable, afin de couvrir globalement l'ensemble du site plutôt que de se concentrer sur l'emplacement de chacun des bâtiments (qui peut changer à mesure que l'aménagement avance), pourvu que soient respectées les conditions suivantes : la hauteur des bâtiments n'est en général que d'un seul étage; la charge des fondations n'est pas importante; les conditions de la sous-surface sont généralement constantes et ne présentent pas de difficultés (p. ex., pas d'argiles molles) et le site n'a pas été aménagé auparavant.
Élargissement de chaussées existantes		50 mètres		On applique un écart maximal de 50 mètres entre les forages pour toute réfection ou tout élargissement de la forme des chaussées de la Ville.

Notes :

- Pour les petits sites de lotissements résidentiels, où l'espacement maximal spécifié est grand en comparaison des dimensions du site et ne permettrait que trois sondages ou tranchées de reconnaissance, le nombre de sondages ou de tranchées de reconnaissance ne doit pas être inférieur à :
 - Un par groupe de 3 blocs de maisons en rangée
 - Un par groupe de 15 maisons unifamiliales
- Pour les petits sites d'aménagement intercalaire, où l'espacement maximal spécifié est grand en comparaison des dimensions du site et ne permettrait que trois sondages ou tranchées de reconnaissance, le nombre de sondages ou de tranchées de reconnaissance ne doit pas être inférieur à :
 - Un par groupe de 2 blocs de maisons en rangée

- Un par groupe de 5 maisons unifamiliales
3. Là où le bâtiment sera supporté par des fondations sur pieux reposant sur le socle, on peut accepter un nombre inférieur de sondages (c.-à-d., un plus grand espacement entre les trous). Un minimum d'un trou de sonde par bâtiment peut être satisfaisant.
 4. Ces espacements ne sont appropriés que si le sol de fondation de chaque maison de l'aménagement fait l'objet d'une inspection.

Les normes décrites dans le tableau ci-dessus correspondent à des exigences minimales (c.-à-d., l'espacement maximum entre les sondages et/ou le nombre minimum de sondages). Cependant, le présent document ne décharge pas l'ingénieur géotechnicien de la responsabilité de décider de dépasser ces normes. Par exemple, dans un site où les conditions varient ou sont anormales (p. ex., lorsque la résistance des dépôts argileux est variable, lorsqu'il y a eu auparavant un remblayage du site, ou des structures, ou lorsque la topographie du socle rocheux est importante), l'espacement entre les sondages/tranchées peut être inférieur. Il est possible que la variabilité soit connue d'avance (par des expériences passées dans le site ou dans la zone) ou soit démontrée par les résultats de l'étude initiale. Dans ce dernier cas, l'ingénieur géotechnicien aurait la responsabilité de prendre la décision de dépasser les normes prescrites dans le présent document en réalisant une deuxième phase d'étude du site. Il peut être approprié de réaliser une étude dépassant ces normes non seulement pour aider la prise de décisions relatives à la conception, mais aussi pour déterminer les coûts de la construction (p. ex., pour mieux spécifier l'ampleur de l'excavation du socle).

Les directives ci-dessus ne traitent pas des demandes concernant une MPO ou un rezonage. Dans ces cas, la Ville peut exiger que l'on démontre, avec une certitude raisonnable, la faisabilité du nouvel usage/zonage ou du nouvel aménagement du point de vue géotechnique. La Ville pourrait le demander dans le cas d'un aléa/obstacle associé à un site (p. ex., sols meubles, ancienne décharge, pente instable, etc.). Il est plus difficile de définir l'étendue minimale normalisée des études exigées pour de telles soumissions, puisque que l'envergure du projet n'est peut-être pas encore connue. L'ampleur de l'étude devrait aussi dépendre de la nature et de la sévérité du problème/aléa. À ce stade du processus d'aménagement, il n'est pas nécessaire, du moins pour la Ville, que toutes les questions géotechniques soient définies et prises en compte. Un avis de l'ingénieur géotechnicien, fondé sur une étude moins étendue que ne l'exigent les normes du tableau 1, peut suffire.

2.5 Profondeur

La profondeur requise pour l'étude dépend de nombreux facteurs, notamment du type de structure et de l'importance de la charge qui en résulte, des conditions de la sous-surface et leur variabilité, de la profondeur de l'excavation prévue et du type de fondations qui seront construites.

En ce qui concerne la charge des fondations, si un bâtiment doit être élevé sur une semelle, la pratique habituelle consiste à réaliser l'étude au-dessous du niveau prévu pour le solage et à une profondeur correspondant au moins à 2 à 3 fois la largeur de la semelle (il faut toutefois remarquer que le niveau du solage et/ou la largeur de la semelle ne sont pas toujours connus au moment de l'étude). Cependant, s'il existait à une plus grande profondeur (comme c'est souvent le cas pour les argiles marines sensibles de la mer de Champlain) des strates moins résistantes ou plus compressibles qui pourraient se comprimer sous la charge des fondations ou le poids des remblais du terrassement du site, et causer le tassement des fondations, il faudrait alors mener l'étude à une profondeur plus importante. L'étude devrait s'étendre au moins à une profondeur suffisante pour permettre d'examiner les parties les plus compressibles (c.-à-d., les plus molles) du dépôt (qui constituent généralement les quelques mètres supérieurs d'argile non altérée, sous la croûte superficielle altérée). Si dans un site, le niveau du sol doit être rehaussé (c.-à-d., si on doit placer sur le site un coussin de support et/ou des remblais pour l'aménagement paysager), la charge supplémentaire augmentera la contrainte de l'argile sous-jacente sur une profondeur importante. Dans ce cas, l'étude devrait s'étendre à une profondeur suffisante pour montrer que la *pression de préconsolidation* du dépôt excède le niveau de contrainte obtenu à terme.

Si des fondations profondes (pieux ou caissons) sont nécessaires, l'étude devrait porter au moins jusqu'au toit du socle rocheux.

Lorsque l'aménagement d'un site comporte un bâtiment, et qu'il repose sur un sol généralement non consolidé (granulaire/sableux) s'étendant au dessous du niveau des eaux souterraines, l'étude devrait se réaliser à une profondeur suffisante pour tenir compte du potentiel de liquéfaction sismique.

Sans préjudice de ce qui précède, il convient de respecter pour les besoins de l'étude les profondeurs générales minimales suivantes :

TABLEAU 2
PROFONDEURS MINIMALES À ÉTUDIER

Type de Projet / Emplacement / Conditions de la sous-surface	Profondeur minimale étudiée
Lotissements résidentiels ou habitations intercalaires sur des sites reposant sur des sols compétents (p. ex., till, sable compact, ou seulement argile peu plastique altérée)	4 à 5 mètres, ou jusqu'à la surface du socle, mais au moins un mètre au dessous de la profondeur maximale de l'excavation pour les sous-sols ou les services publics de distribution souterraine.
Lotissement résidentiels ou habitations intercalaires sur des sites reposant sur des dépôts d'argiles de la mer de Champlain potentiellement compressibles (même recouverts par des dépôts de sable de surface ou une croûte d'argile peu plastique météorisée)	5 à 6 mètres, ou jusqu'au till ou la surface du socle, mais au moins un mètre au dessous de la profondeur maximale de l'excavation pour les sous-sols ou les services publics de distribution souterraine. Si on envisage de rehausser le terrassement d'au moins 0,75 mètre, la profondeur à étudier devrait atteindre un niveau inférieur au sol ayant la résistance la plus faible (p. ex., l'augmentation de la profondeur devrait produire une augmentation de la résistance au cisaillement sans consolidation).
Maison unifamiliale, rajout ou terrasse sur un site ne faisant pas partie d'une demande d'aménagement approuvée auparavant.	L'évaluation géotechnique doit satisfaire les exigences du Code du bâtiment de l'Ontario. Une inspection de la surface de l'excavation (niveau du solage) peut suffire. Lorsque le site repose, ou pourrait reposer, sur des argiles compressibles de la mer de Champlain (même si elles sont situées sous d'autres sols), il faudrait en général prolonger l'étude jusqu'à au moins 1,5 mètre en dessous du niveau du solage.
Immeubles.	<p>La profondeur à étudier dépendra de la charge prévue et du terrassement du site.</p> <p>Faible hauteur (≤ 2 étages) : 6 à 7 mètres de profondeur Moyenne hauteur (3 à 5 étages) : 8 à 10 mètres de profondeur Grande hauteur (≥ 6 étages) : 10 à 15 mètres de profondeur</p> <p>Ou, dans chacun des cas, jusqu'au toit du socle rocheux.</p> <p>Pour les petits immeubles (c.-à-d., dont les charges d'assise sont plus faibles) il peut suffire d'arrêter les sondages une fois qu'on atteint le till.</p> <p>Dans le cas de sites reposant sur des argiles de la mer de Champlain, si on envisage de rehausser les terrassements d'au moins 0,75 mètre, la profondeur étudiée devrait permettre d'atteindre un niveau inférieur au sol ayant la résistance la plus faible (p. ex., l'augmentation de la profondeur devrait produire une augmentation de la résistance au cisaillement sans consolidation).</p> <p>La profondeur à étudier devrait être augmentée quand le bâtiment doit comporter un sous-sol, et donc une semelle située à un niveau plus profond. La profondeur doit aussi permettre d'évaluer les conditions de l'excavation (p. ex., si le gonflement du substratum ou l'instabilité de l'excavation font problème).</p> <p>Lorsque l'immeuble doit être supporté par des fondations profondes, l'étude devrait se poursuivre jusqu'au toit du socle rocheux.</p> <p>Pour évaluer la classe sismique du site (voir la section 3.3.3 du présent</p>

Type de Projet / Emplacement / Conditions de la sous-surface	Profondeur minimale étudiée
	document), un sondage au moins doit être foré jusqu'au toit du socle afin de déterminer l'épaisseur totale du sol. Si l'on doit évaluer le potentiel de liquéfaction sismique, (voir la section 3.3.3 de ce document), la pratique normale consiste à étudier jusqu'à une profondeur de 15 mètres (ou jusqu'au fond des sols suspects).
Élargissement d'une chaussée existante	1,5 mètre, mais au moins la profondeur de l'excavation prévue.

Les normes décrites dans le tableau ci-dessus correspondent à des exigences générales minimales. Lorsque sur recommandation de l'ingénieur géotechnicien, ces exigences ne sont pas respectées, le personnel de la Ville devra demander qu'on lui fournisse par écrit une explication de cette dérogation. Cependant, le présent document ne décharge pas l'ingénieur géotechnicien de la responsabilité de décider de dépasser ces normes et de réaliser son étude à des profondeurs plus importantes.

2.6 Échantillonnage des sols et essais in situ

Le type et la fréquence d'échantillonnage des sols ainsi que des essais in situ exigés par une étude dépendent du type de projet et des conditions de la sous-surface. Le Manuel canadien d'ingénierie des fondations fournit une description des diverses méthodes d'échantillonnage et de leur applicabilité.

Selon la pratique locale, pour les études utilisant des sondages, l'échantillonnage des sols se fait habituellement au moyen d'échantillonneurs à fente (c.-à-d, cuillère fendue, sonde à tête tubulaire) à l'occasion de l'essai standard de pénétration. On peut aussi obtenir des échantillons relativement non remaniés des dépôts d'argiles de la mer de Champlain à l'aide de carottiers Shelby.

Les essais in situ comprennent normalement l'essai standard de pénétration et, dans le cas des argiles de la mer de Champlain, des essais au scissomètre.

Lorsque l'étude est effectuée dans le contexte de la conception de fondations, l'échantillonnage du sol et les essais in situ devraient être « quasi continus ». C'est-à-dire que des échantillons longs de 0,6 mètre sont prélevés au moyen d'échantillonneurs à fente à des intervalles de 0,75 mètre de profondeur. Dans l'argile, un ou deux essais au scissomètre in situ peuvent remplacer l'un des intervalles de l'échantillonnage à fente.

Dans le cas de sondages plus profonds, on peut augmenter les intervalles d'échantillonnage en profondeur (p. ex., échantillonnage et essais in situ à des intervalles de 1,5 mètre à plus de 7 à 10 mètres de profondeur). Des intervalles d'échantillonnage similaires peuvent aussi être acceptables lorsque l'étude est effectuée à des fins autres que la conception de fondations, par exemple pour déterminer les conditions d'excavation de tranchées d'égouts dans des lotissements résidentiels.

Au-dessous de la profondeur nécessaire à l'échantillonnage, lorsque l'on doit étudier la profondeur du socle/refus, le trou peut être foré sans procéder à l'échantillonnage. Le forage peut alors se terminer au niveau du refus ou se continuer dans le socle avec un carottage permettant de confirmer la position et le type du socle. Si l'on connaît ou l'on prévoit l'existence de blocs en profondeur, il serait préférable de vérifier par carottage la présence du toit du socle.

Un échantillonnage au carottier Shelby, s'il fait partie du programme de l'étude, devrait généralement s'effectuer (au minimum) dans les parties de plus faible cohésion du dépôt, qui sont normalement les parties supérieures des argiles limoneuses non altérées.

Quand l'étude procède à l'aide de tranchées, la bonne pratique consiste à obtenir au moins un échantillon (instantané) par puits et/ou un échantillon par strate mise à jour dans chaque tranchée.

Les procédures d'échantillonnage décrites ci-dessus constituent des exigences générales minimales. Lorsque sur recommandation de l'ingénieur géotechnicien, ces exigences ne sont pas respectées, le personnel de la Ville devra demander qu'on lui fournisse par écrit une explication de cette dérogation. Cependant, le présent document ne décharge pas l'ingénieur géotechnicien de la responsabilité de décider de dépasser ces normes et de réaliser son étude à des profondeurs plus importantes.

2.7 Mesure du niveau des eaux souterraines

Il n'est pas obligatoire de mesurer le niveau des eaux souterraines statiques pour tous les projets ni dans toutes les conditions de sol. On doit effectuer la mesure des eaux souterraines en particulier lorsque :

- Les excavations peuvent se prolonger au-dessous du niveau des eaux souterraines, particulièrement dans des sols perméables.
- Des sous-sols seront construits et il faut donc évaluer la nécessité d'un système de drainage des fondations.
- Le site comporte des sols potentiellement à risque de liquéfaction sismique.
- Le site pourrait reposer sur des argiles compressibles de la mer de Champlain, où la capacité du dépôt à accepter des charges supplémentaires dépend du niveau des eaux souterraines.

Quand aucune de ces conditions n'est présente, il peut suffire d'observer le niveau des eaux souterraines dans les sondages ou dans les tranchées pendant la brève période où elles restent « ouvertes », avant d'être remblayées. On peut aussi déduire le niveau des eaux souterraines de la couleur et de la teneur en eau des échantillons. Dans certains cas, une évaluation exacte du niveau des eaux souterraines peut être tout à fait superflue (p. ex., dans le cas d'un immeuble devant s'appuyer sur un socle à faible profondeur).

Par contre, dans le cas de toutes les conditions mentionnées ci-dessus, il sera important d'obtenir une mesure relativement exacte du niveau des eaux souterraines. On installera un piézomètre de type colonne montante au moins tous les quatre ou cinq sondages, tout en sachant qu'en présence de nappes aquifères ou lorsque la topographie du site est variable, il faudra disposer des piézomètres supplémentaires.

Quand les piézomètres sont installés dans des sols ou des roches à faible perméabilité, le niveau des eaux souterraines peut ne pas se stabiliser avant au moins une semaine et il ne faudrait donc pas l'enregistrer prématurément.

La Règlementation 903 de l'Ontario peut exiger d'abandonner/désaffecter les dispositifs de surveillance du niveau d'eau, tels les piézomètres à colonne montante.

2.8 Analyses en laboratoire

Les analyses en laboratoire conventionnelles comprennent :

- Analyse de la teneur en eau, particulièrement sur les sols à grains fins (p. ex., argiles et limons);
- Essai d'Atterberg, sur les sols à grains fins;
- Analyse granulométrique, en particulier sur les sols pulvérulents, tels les sols sableux ou limoneux;
- Essai œdométrique de consolidation sur les sols argileux compressibles;
- Analyses chimiques de base se rapportant au potentiel de corrosion d'éléments ferreux enfouis ou aux attaques corrosives des sulfates sur les éléments de bétons enfouis.

Les essais sur la teneur en eau et sur les limites d'Atterberg (c.-à-d., limites de liquidité et de plasticité) sont particulièrement utiles pour les sols argileux et aident l'ingénieur géotechnicien à :

- Estimer le poids unitaire (c.-à-d., la densité) du sol, et par là le niveau de contrainte du sol.
- Évaluer la compactibilité du sol s'il doit être excavé et réutilisé comme remblayage.

- Estimer la pression de contrainte du dépôt à partir d'autres paramètres, tels les résultats des essais au scissomètre in situ.

Les résultats de la granulométrie permettent à l'ingénieur géotechnicien, particulièrement dans le cas de sols sableux/pulvérulents, de :

- Estimer la perméabilité du sol (c.-à-d., la conductivité hydraulique), concernant la possibilité d'arrivée d'eaux souterraines dans une excavation;
- Évaluer la résistance d'un sol à la liquéfaction sismique, et par là les tassements sismiques potentiels ou la réduction de la capacité portante;
- Évaluer le potentiel de compressibilité des sols pulvérulents (c.-à-d., sols sableux et limoneux).

Les essais œdométriques de consolidation constituent une méthode permettant essentiellement de mesurer directement la *pression de contrainte* des sols argileux. On peut aussi estimer la *pression de contrainte* à partir d'essais au scissomètre in situ, mais avec une précision limitée. Ces estimations sont généralement données avec circonspection, et on ne devrait s'en servir que lorsque la conception ne rapproche pas excessivement le niveau de contrainte de la *pression de contrainte* estimée. L'estimation de la *pression de contrainte* faite à partir des résultats d'essais au scissomètre in situ ne devrait généralement pas être utilisée pour des sites présentant des argiles molles (c.-à-d., des dépôts d'argile de la mer de Champlain ayant une résistance au cisaillement sans consolidation inférieure à 25 kilopascals) et/ou n'est peut-être pas appropriée lorsque le terrassement doit être rehaussé de plus de 0,8 mètre environ (c.-à-d. lorsque la charge supplémentaire prédominante affectant le dépôt peut venir du poids du coussin structural ou de remblais d'aménagement paysager déposés sur le site).

Il peut être important d'effectuer en laboratoire des essais œdométriques de consolidation sur des échantillons prélevés dans le dépôt à différentes profondeurs, et de cette façon, établir un profil de la pression de contrainte selon la profondeur. Cette exigence serait particulièrement importante lorsque le dépôt est épais et/ou lorsque les essais au scissomètre in situ révèlent que les parties les plus profondes du dépôt sont peut-être aussi compressibles (et pas seulement les parties situées à moindre profondeur, qui sont normalement les plus molles).

Une analyse chimique de base du sol et des eaux souterraines permet d'évaluer :

- Le potentiel de corrosion d'éléments ferreux enfouis, qui pourrait avoir pour résultat la défaillance prématurée ou la détérioration des pieux métalliques, des boulons d'ancrage (qui peuvent être nécessaires pour résister à des poussées de sous-pression hydrostatique ou à des forces sismiques latérales sur un bâtiment), de l'armature des fondations ou des tuyaux des services publics et des pièces de raccordement.
- Le potentiel d'attaques corrosives des sulfates sur le béton enfoui.

La forte concentration de chlorure résultant de l'infiltration de sel de voirie anti-verglas contribue fréquemment à créer un milieu corrosif. Pour le moins, les essais se rapportant au potentiel de corrosion devraient comprendre la mesure de la conductivité du sol et des eaux souterraines. Il est aussi utile de mesurer la concentration de chlorure et le pH.

La présence de sulfates solubles dans le sol ou dans les eaux souterraines peut causer des attaques corrosives. Leur réaction sur le béton peut causer une détérioration prématurée. La norme A23.1 de la CSA contient des critères concernant les concentrations d'ions sulfate dans le sol ou dans les eaux souterraines au-dessus desquelles il faut utiliser dans la fabrication du béton du ciment Portland résistant aux sulfates.

La bonne pratique consisterait à effectuer à la fois des analyses chimiques sur des échantillons du sol et des eaux souterraines, et il faudrait envisager de réaliser ce programme dans le cas d'analyses de précisions; on doit au minimum procéder à ces analyses sur des échantillons du sol ou des eaux souterraines. Ces échantillons devraient de préférence provenir des profondeurs où seront construits des éléments ferreux ou en béton. Sur un site de petites dimensions, la pratique conventionnelle serait de

n'analyser qu'un seul échantillon. Sur un site plus important (p. ex., un site de lotissement résidentiel mesurant des centaines de mètres) il faudrait analyser des échantillons multiples.

3.0 Rapports Géotechniques

3.1 Introduction

Cette section fournit certaines exigences minimales s'appliquant aux rapports géotechniques soumis à la Ville pour des plans de lotissement, des plans de copropriété, des approbations de plan d'implantation ou d'autres demandes liées à l'aménagement. Elle présente aussi des lignes directrices concernant les points dont il faut tenir compte dans la préparation de ces rapports.

Les exigences concernant les rapports d'études géotechniques relatives à des MPO ou des demandes de rezonage devraient être spécifiées au cas par cas, à la discrétion de la Ville, en fonction du risque/de l'élément problématique.

Cette section ne vise pas à décharger l'ingénieur géotechnicien de sa responsabilité en matière de complétude et d'exactitude du rapport géotechnique. Elle vise plutôt à :

- Fournir une orientation particulièrement dans le cas de rapports géotechniques liés à la conception et la construction d'installations dont, à terme, la Ville sera propriétaire (p. ex., nouveaux réseaux de services publics et de chaussées dans des lotissements résidentiels). Par exemple, les restrictions s'appliquant au nivellement du terrain peuvent avoir des répercussions sur le profil de conception des services enfouis et sur la conception de la superstructure des chaussées.
- Fournir une orientation sur des points où l'aménagement peut avoir des conséquences pour le public (c.-à-d., les propriétaires des propriétés voisines, les futurs acheteurs de maisons, etc.) Par exemple, il peut être nécessaire d'appliquer des restrictions au nivellement du terrain pour prévenir le tassement de fondations et éviter d'endommager des structures.
- Fournir aux rapports géotechniques un cadre commun afin d'en faciliter l'examen par le personnel de la Ville. Par exemple, le présent document offre un résumé du niveau actuel de la pratique locale et procure au personnel de la Ville un instrument permettant d'analyser un rapport géotechnique préparé par des ingénieurs géotechniciens non avertis de certains problèmes spécifiques en matière de conception géotechnique, étant donné les conditions géologiques de l'est de l'Ontario.

Le présent document ne prétend en aucun cas se substituer aux exigences du Code du bâtiment de l'Ontario, ou, dans le cadre de la construction de maisons neuves, à celles de la *Tarion Warranty Corporation*, ou à toute autre norme de pratique.

3.2 Contenu du rapport

Le rapport géotechnique contiendra, au minimum :

- Une description de l'emplacement du site, de l'utilisation actuelle du terrain et de sa topographie. Il faudra aussi traiter de l'utilisation des terres avoisinantes, si ceci est pertinent dans le cadre des travaux projetés, ou dans le cas d'éventuelles répercussions (p. ex., tassements potentiels, ou nécessité d'étayages ou de sous-œuvre).
- Une description de l'aménagement projeté, comprenant les constructions prévues et le nivellement du terrain (s'il est connu). Si l'on prévoit des excavations importantes (p. ex., pour des sous-sols), il faudra aussi les décrire.
- Une analyse de l'information géotechnique existante concernant le site (p. ex., provenant d'études antérieures) ou des conditions prévisibles en fonction de cartes géologiques ou d'expériences antérieures dans cette zone.
- Une description de la procédure d'étude de la sous-surface (p. ex., sondages par trous, essais par échantillonnage et in situ, essais en laboratoire, et mesures du niveau des eaux souterraines).

- Un résumé des conditions de la sous-surface à l'emplacement du site et les résultats des essais in situ et en laboratoire.
- Un plan à l'échelle montrant le site et l'emplacement des sondages et des tranchées.
- Des dessins ou des tableaux présentant les résultats de l'étude (diagraphie des sondages et des tranchées, avec l'élévation).
- Des dessins ou des tableaux présentant les résultats factuels des essais en laboratoire.
- Des recommandations et des directives sur des questions d'intérêt touchant la conception géotechnique.

Le rapport sera signé et scellé par un ingénieur géotechnicien autorisé dans la province de l'Ontario, qualifié, sur la base de son expérience dans la profession, pour préparer de tels rapports.

Les rapports d'études géotechniques préliminaires, qui auraient pu être préparés pour un audit pendant l'acquisition de la propriété, ne sont pas acceptables pour la Ville. Ces rapports d'études géotechniques préliminaires, quoique préparés par un ingénieur géotechnicien, n'appartiennent pas au contexte de la conception détaillée de l'aménagement.

3.3 Recommandations et directives géotechniques

Il est de la responsabilité de l'ingénieur géotechnicien de définir les questions de conception géotechnique se rapportant au projet/à l'aménagement et de spécifier la façon d'y répondre. Toutefois, le rapport doit être suffisamment complet pour permettre au personnel de la Ville d'attester que les questions ont été définies correctement et que les solutions proposées sont adéquates. L'ingénieur géotechnicien doit traiter des aspects présentés ci-dessous.

3.3.1 Nivellement du site

Le nivellement du site doit être pris en considération dans la mesure où il pourrait avoir un lien avec :

- Un potentiel de tassement résultant de la compression des sols sous-jacents.
- La nécessité de limiter les excavations à cause de hauts niveaux d'eau et de la perméabilité du terrain.
- La stabilité des pentes et la nécessité de murs de soutènement. Ces points devraient être traités conformément au document de la Ville intitulé « *Lignes directrices sur la stabilité des pentes de la Ville d'Ottawa à l'égard de demandes d'aménagement* », ainsi qu'à son annexe A, « *Exigences minimales visant les rapports d'évaluation sur la stabilité des pentes* ».
- La faisabilité de la construction de talus.
- La faisabilité de l'excavation ainsi que du transport, du dépôt et du compactage des matériaux d'excavation, déplacés d'un endroit du site à un autre.
- La nécessité d'enlever la terre végétale superficielle et d'autres sols organiques ainsi que les déblais.

Le premier point (tassements éventuels) est particulièrement crucial pour les sites reposant sur les argiles marines sensibles et compressibles de la mer de Champlain. Dans le cas de ces sites, le profil géologique consiste généralement en une « croûte » superficielle d'argile plus dure et sèche (généralement de couleur brune ou brun-gris) reposant sur des argiles plus compressibles non altérées (normalement de couleur grise). En termes simples, l'argile non altérée est située au-dessous du niveau des eaux souterraines et n'a donc pas été desséchée ni altérée par l'action des agents atmosphériques.

Les argiles marines sensibles de la mer de Champlain peuvent subir une compression importante si le niveau de contrainte qu'elles subissent s'élève au-dessus de la *pression de contrainte*, qui correspond en fait à la limite d'élasticité du matériau. À des niveaux de contrainte inférieurs à la pression de contrainte, les tassements sont habituellement assez faibles. À des niveaux de contrainte supérieurs à la pression de contrainte, ou s'en approchant, les tassements peuvent être importants. La différence entre la pression de contrainte du dépôt et le niveau de contrainte réel existant s'appelle la *surconsolidation*. Le niveau de contrainte doit se maintenir dans une marge adéquate en dessous de la pression de contrainte, c.-à-d., l'augmentation de la contrainte doit être inférieure à la surconsolidation dans une mesure suffisante.

Lorsque les structures qui leur sont superposées doivent être supportées par des fondations peu profondes (p. ex., semelles ou radiers) l'augmentation de la contrainte sur le dépôt argileux résultera de la combinaison du poids du remblayage du site et des charges exercées par les fondations du bâtiment. Ces charges combinées doivent donc être prises en compte dans l'évaluation du remblayage/rehaussement du site.

En effectuant cette évaluation, l'ingénieur géotechnicien doit évaluer le niveau inférieur potentiel à long terme de la nappe soutenue sur le site. Ce niveau des eaux souterraines constituerait la condition critique d'une augmentation de la contrainte dans le dépôt argileux, puisque les bas niveaux d'eau causent une réduction des poussées hydrologiques résistant aux charges entre les particules du sol. Le niveau des eaux souterraines varie avec la saison (p. ex., plus élevé au printemps à cause des chutes de pluie et des infiltrations) et peut être inférieur aux niveaux enregistrés dans les piézomètres. Au fil du temps, le niveau des eaux souterraines peut aussi baisser à cause de la réduction de la surface perméable à travers laquelle la pluie et la fonte des neiges peuvent s'infiltrer (p. ex., à cause de la construction de surfaces revêtues et de structures [toits]). L'installation de réseaux de services municipaux souterrains (p. ex., égouts pluviaux et sanitaires) peut aussi causer un abaissement du niveau des eaux souterraines résultant de l'écoulement des eaux à travers l'assise granuleuse des canalisations et les matériaux d'encaissement (pour limiter ce risque, l'ingénieur géotechnicien peut toutefois prescrire l'utilisation de barrières anti infiltration [c.-à-d., des barrières d'argile] dans les tranchées des services municipaux). L'ingénieur géotechnicien doit donc pouvoir prédire le *bas* niveau potentiel futur des eaux souterraines. La valeur utilisée dans les analyses devrait être expliquée dans le rapport, de même que les restrictions au nivellement du site (p. ex., élévation maximale permise pour les terrassements).

Dans la plupart des cas, cette évaluation du bas niveau potentiel futur des eaux souterraines peut se fonder sur la stratigraphie du sol, les mesures de niveau des eaux souterraines et un examen des plans d'aménagement. Dans le cas de sites fragiles du point de vue hydrogéologique, par exemple, lorsque les argiles sont particulièrement compressibles et/ou la recharge naturelle sera sévèrement réduite, une étude hydrogéologique serait légitime. Cependant, une telle étude sort du cadre d'une étude géotechnique conventionnelle.

L'évaluation devrait aussi prendre en considération les charges supplémentaires pouvant résulter des charges venant des planchers en dalles de béton au sol; ces charges peuvent être importantes dans les entrepôts et quelques autres structures.

Le Manuel canadien d'ingénierie des fondations recommande de maintenir dans les sols argileux une augmentation de la contrainte inférieure à 80 pour cent de la *surconsolidation*. Cette norme tient compte du phénomène de compression secondaire selon lequel un sol argileux commencera à se déplacer et se comprimer à des niveaux de contrainte voisins de la pression de contrainte, même s'ils lui sont légèrement inférieurs. Cette ligne directrice procure aussi une marge d'incertitude dans l'évaluation du niveau de contrainte actuel dans le sol, du plus bas niveau potentiel futur des eaux souterraines et de la pression de contrainte estimée et mesurée, qui pourraient varier d'un endroit à l'autre du site.

3.3.2 Conception des fondations

Le rapport devrait fournir des recommandations d'ingénierie géotechnique portant sur la conception des fondations des structures, en particulier s'il s'agit d'un rapport devant à terme appuyer la demande de permis de construire qu'il accompagne.

En ce qui concerne les applications de plan d'implantation, les aspects suivants devraient être abordés :

- Les exigences en matière de remblai stabilisé pour les bâtiments ou autres éléments (p. ex., emplacement, épaisseur, étendues/pente des talus, préparation du sol de fondation, matériaux, compactage, etc.).
- La relation entre les paramètres de conception des fondations et le nivellement du site, comme cela peut être le cas pour des sites reposant sur des argiles compressibles.

- La présence de shales pyriteux et les traitements nécessaires pour les fondations.
- Les restrictions concernant la plantation d'arbres ou la préservation d'arbres existants.
- Les mesures requises pour préserver le niveau local des eaux souterraines (p. ex., niveau le plus bas des fondations ou du drain de fondation, construction étanche à l'eau, etc.).

Shales pyriteux

Lorsque les fondations doivent se construire sur un socle de shale des formations de Billings ou de Carlsbad, il faut, dans la conception des fondations, tenir compte du potentiel de gonflement du socle. Ces types de socle ont le potentiel de se gonfler en conséquence de l'altération de la pyrite par les intempéries et de la formation de cristaux de gypse plus grands du point de vue volumétrique.

Ce processus comprend une série de réactions chimiques, dont certaines sont purement chimiques et d'autres sont au moins catalysées par des microorganismes. On considère généralement que ce mécanisme consiste en l'altération de la pyrite (FeS_2), présente à faible concentration dans les shales, sous l'action combinée de l'oxygène et de l'eau, pour former de l'acide sulfurique. L'acide sulfurique réagit alors sur la calcite, aussi présente dans les shales, soit comme partie intégrale de la roche, soit comme dépôt dans des fissures, pour former du gypse. Généralement, les cristaux de gypse se forment dans les fissures existantes; étant plus grands, du point de vue volumétrique, que les matériaux qui les ont créés, ils sont à l'origine du soulèvement.

Pour que les réactions ci-dessus puissent se produire, il faut qu'il y ait présence à la fois d'oxygène et d'eau. On pense aussi qu'elles peuvent être provoquées par une augmentation de la température du sol, causée par exemple par la chaleur provenant du sous-sol.

Il est aussi possible que les produits des réactions ci-dessus attaquent le béton (attaque corrosive).

Pour que les réactions décrites plus haut puissent se produire, il faut qu'il y ait présence à la fois d'eau et d'oxygène. Ce processus ne peut donc s'amorcer que dans le milieu humide situé au-dessus de la nappe phréatique. L'abaissement du niveau des eaux souterraines est donc un élément déclencheur possible de ce gonflement.

Le gonflement du shale peut endommager les dalles de plancher et les réseaux de services. Il peut aussi avoir des effets sur les fondations à faible charge. Le rapport devrait décrire des mesures visant à prévenir ce soulèvement.

On devrait aussi envisager l'utilisation d'un ciment résistant aux sulfates dans le mélange de béton.

Arbres

On sait que, dans les sols d'argile limoneuse de la région d'Ottawa, la déshydratation provoquée par les besoins en eau des arbres est à l'origine de dégâts importants dans les fondations, bien que ces dégâts puissent aussi avoir beaucoup d'autres causes.

Les organismes vivants que sont les arbres doivent disposer d'eau pour continuer d'exister et pour croître naturellement. Les arbres obtiennent une partie de cette eau grâce à leur système racinaire qui soutire l'eau du sol. La quantité d'eau extraite du sol est particulièrement élevée durant les époques de faible pluviosité, quand l'infiltration d'eau est minimale. Quand les racines soutirent l'eau d'un sol qui est, du point de vue volumétrique, sensible aux changements d'humidité (comme les argiles marines sensibles de la mer de Champlain), il en résulte un retrait du sol. Ce retrait peut causer des tassements verticaux et des mouvements horizontaux, qui nuisent aux structures et aux services publics supportés par le sol à faible profondeur.

Les structures dont les fondations sont peu profondes sont plus vulnérables aux tassements causés par la déshydratation résultant des besoins en eau des arbres. Par exemple, une structure dont la fondation se trouve à 1,5 mètre de profondeur est plus vulnérable qu'une structure ayant un sous-sol conventionnel complet et des fondations à 2,4 mètres. Les argiles limoneuses avec une haute teneur en eau et une

consistance plus molle risquent davantage de connaître un retrait significatif. Cependant, même les argiles plus dures et les argiles altérées sont aussi potentiellement à la merci d'un retrait causé par la déshydratation. Pour les sols sablonneux et le till, il n'y a généralement pas de risque de retrait provoqué par la déshydratation.

Le rapport devrait donc indiquer si le site comporte des sols sensibles à la déshydratation et prédisposés à des tassements causés par les besoins en eau des arbres (comme les argiles de la mer de Champlain). Ce point devrait être traité en tenant compte de la plantation de nouveaux arbres à proximité des fondations ainsi que de la préservation d'arbres existants autour de nouvelles fondations. Il conviendrait de se référer au rapport de la Ville d'Ottawa au comité de l'urbanisme et de l'environnement du 9 septembre 2005 intitulé « *Stratégie sur les arbres et les fondations dans les secteurs où il y a présence d'argile marine dans la ville d'Ottawa* ». En général, les arbres ne devraient pas être plantés à une distance des fondations inférieure à leur taille finale (mûre) et on devrait utiliser des arbres ayant de moindres besoins en eau.

On peut aussi envisager de faire soutenir les structures par des fondations profondes, dont le support se situe à un niveau inférieur à la pénétration des racines et à l'abri d'une déshydratation potentielle. Dans certaines situations, il peut aussi être possible d'installer, entre l'arbre et la structure, une barrière qui empêcherait les racines de croître au-dessous des fondations.

Les directives qui précèdent se rapportent à la conception de nouveaux aménagements. Lorsqu'une structure existante subit des dégâts causés par le tassement des fondations, il faudrait procéder à une évaluation spécifique pour déterminer la cause du tassement.

3.3.3 Conception sismique et liquéfaction sismique

On peut avoir à traiter du potentiel de liquéfaction sismique. Il y a liquéfaction sismique lorsque les vibrations d'un tremblement de terre provoquent une augmentation de la pression de l'eau interstitielle dans le sol. La présence d'un excès de pression de l'eau interstitielle réduit la contrainte effective entre les particules du sol et la résistance de frottement du sol au cisaillement. Ce phénomène, qui amène une réduction temporaire de la résistance du sol au cisaillement, peut causer dans un terrain même en faible pente d'importants mouvements latéraux (qu'on appelle « déplacement latéral »), ainsi qu'un soutien réduit des fondations contre les charges verticales et latérales.

En outre, des tassements sismiques peuvent se produire une fois que les vibrations et les contraintes cisailantes ont cessé. Le tassement sismique est le processus de stabilisation des sols après un tremblement de terre, amenant une organisation plus dense qui peut potentiellement causer d'importants tassements en surface.

Les conditions ci-dessous sont plus sujettes à la liquéfaction sismique :

- Sols pulvérulents (granulaires) à grain grossier (c.-à-d., plus probable dans des sables que dans des limons);
- Sols meubles;
- Sols situés au-dessous du niveau des eaux souterraines.

L'évaluation du potentiel de liquéfaction sismique devrait aussi prendre en considération le potentiel d'amplification du mouvement sismique dans des conditions de sol meuble.

Cette évaluation devrait utiliser le coefficient d'accélération du séisme de calcul spécifié dans le Code du bâtiment de l'Ontario.

En ce qui concerne la conception de structures, il faudrait aussi fournir des orientations relativement aux conséquences des conditions de la sous-surface sous-jacente sur la réaction du site et concernant la charge sismique latérale de la structure (p. ex., classe de site). Dans le cas de sites reposant sur des sols

meubles ou sur un socle profond, la classe de site peut prescrire, dans le cas de la conception de certains types de structure, de tenir compte de forces sismiques plus importantes.

La sélection d'une classe de site, conformément au Code du bâtiment de l'Ontario (OBC), se fonde sur la vitesse moyenne de l'onde S des 30 mètres de sol et de socle sous-jacents aux fondations. Il existe plusieurs méthodes géophysiques pour effectuer cette évaluation, notamment :

- L'analyse spectrale multicanal des ondes de surface (MASW), utilisant la mesure de la vitesse de transmission des vibrations à la surface du sol, qu'on peut normalement provoquer par un impact sur la surface du sol (p. ex., le choc d'une masse ou la chute d'un poids). Cette méthode n'exige pas de forer de sondage.
- Le profilage sismique vertical (PSV), où l'on fore, jusqu'à une profondeur de 30 mètres, un sondage gainé d'un tubage; un capteur est introduit au fond du tube et l'on mesure la transmission des vibrations (causées par un impact réduit) de la surface du sol au capteur.
- Les essais sismiques par méthode *crosshole*, où l'on fore deux sondages jusqu'à une profondeur de 30 mètres, tous deux gainés d'un tubage; on mesure la transmission des vibrations d'une source située dans l'un des tubes à un capteur placé dans l'autre.
- Les essais sismiques par piézocône, où l'on enfonce une sonde (voir section 2.3) jusqu'à une certaine profondeur (30 mètres si possible) et l'on mesure la transmission des vibrations du sol depuis un point d'impact sur la surface du sol jusqu'à la sonde en profondeur. Toutefois, cette méthode ne fournit pas la vitesse de l'onde de cisaillement du socle devant servir au calcul de moyenne (si le socle se situe à moins de 30 mètres de profondeur), puisqu'on ne peut pas enfonce la sonde dans la roche. Dans ce cas, il faudrait soit connaître déjà la vitesse de l'onde de cisaillement du socle, soit l'estimer avec prudence.

L'exactitude de ces méthodes varie de l'une à l'autre, et certaines d'entre elles peuvent être plus indiquées selon les conditions des sites, mais en général on les juge toutes acceptables quand il s'agit de déterminer la classe du site.

On peut aussi dans certains cas *estimer* la vélocité de l'onde de cisaillement à partir des résultats d'essais normalisés de pénétration (*Standard Penetration Testing*) et d'essais au scissomètre in situ effectués dans les sondages. Cependant, cette évaluation n'est pas aussi exacte et la vélocité des ondes de cisaillement doit être estimée avec précaution. En outre, la vélocité de l'onde de cisaillement du socle ne peut pas être estimée de la même manière et doit être soit déjà connue, soit estimée avec prudence (comme dans le cas d'essais sismiques par piézocône). Dans son ensemble, cette méthode n'a pas la préférence, même si elle demeure acceptable en termes du Code du bâtiment de l'Ontario, et ne devrait être appliquée qu'avec précaution.

3.3.4 Excavations et répercussions sur les structures/propriétés adjacentes

Lorsque l'on doit procéder à des excavations pour construire un bâtiment et ses fondations, on devra fournir des directives sur :

- Les matériaux de déblais et les méthodes d'excavation;
- L'inclinaison de la pente latérale stable requise pour les excavations;
- Les infiltrations d'eaux souterraines et leur régulation.

Dans certains sites, l'ingénieur géotechnicien devra peut-être évaluer :

- Le coefficient de sécurité envers l'instabilité de la base des pentes latérales étayées/consolidées de l'excavation;
- Le coefficient de sécurité envers le soulèvement à la base causé par des pressions piézométriques dans des strates perméables en profondeur;
- Le potentiel de renard et de dérangement dans les sols de fondation en raison de l'écoulement d'eaux souterraines;

- La nécessité d'obtenir du ministère de l'Environnement un Permis de prélèvement d'eau, en raison de la prévision d'un taux de pompage supérieur à 50 mètres cubes par jour.

Le rapport devra aussi comprendre, au besoin, une analyse/évaluation de répercussions éventuelles sur la condition des immeubles, infrastructures et propriétés avoisinantes (hors site) résultant de :

- Mouvements de terrain autour de l'excavation, y compris des mouvements de consolidation et de reprise en sous-œuvre;
- Abaissement temporaire ou permanent du niveau des eaux souterraines dans les dépôts d'argiles sensibles;
- Assèchement d'un socle de shales pyriteux;
- Dynamitage.

On présentera, au besoin, des mesures d'atténuation.

Si l'on doit procéder à l'étaiyage de l'excavation, ou à la reprise en sous-œuvre des bâtiments adjacents, il faudra fournir des orientations sur la conception de ces opérations.

On devrait aussi prendre en considération les effets de l'abaissement des eaux souterraines sur la productivité des puits adjacents.

Lorsque des effets potentiels sont constatés et/ou doivent être atténués, le rapport devra indiquer si, du point de vue de l'ingénieur géotechnicien, il convient de procéder à un arpentage de préconstruction. Il devra fournir des orientations sur la portée de cet arpentage (p. ex., puits adjacents, bâtiments avoisinants, services municipaux, etc.).

3.3.5 Drainage des fondations

Le rapport géotechnique devra analyser les besoins de drainage des fondations, tenant compte :

- des niveaux d'eaux souterraines mesurés et les variations prévisibles;
- du nivellement du site;
- du type de fondations et de leur profondeur (p. ex., profondeur des sous-sols projetés);
- des niveaux d'inondation potentiels des cours d'eau adjacents;
- des effets potentiels sur les structures adjacentes (p. ex., tassement) résultant de l'abaissement du niveau des eaux souterraines à la suite du drainage des fondations;
- du potentiel de poussée hydrologique verticale si les fondations ne sont pas drainées.

Le rapport devrait indiquer clairement l'interprétation du niveau de la surface des eaux souterraines (c.-à-d., de la nappe).

3.3.6 Travaux de terrassement liés à la viabilisation du site

Dans le cas de lotissements résidentiels avec des chaussées internes et des réseaux de services publics nouveaux, ou pour des sites d'immeubles nécessitant de nouveaux services publics, on devra fournir des lignes directrices géotechniques concernant la conception de ces travaux et portant sur les excavations (selon la section 3.3.4 du présent document), l'assise, le recouvrement et le remblayage. Lorsque la Ville doit, à terme, devenir le propriétaire de ces services publics, leur conception et leur construction doivent être en conformité avec les normes de la Ville.

Comme il a été expliqué auparavant, de nombreuses parties de la Ville d'Ottawa reposent sur des dépôts d'argiles marines sensibles de la mer de Champlain, potentiellement compressibles. Ces dépôts sont sujets à une réduction de volume (consolidation) quand ils sont soumis à une contrainte excessive, comme cela peut se produire à la suite d'une diminution de la pression piézométrique du dépôt, causée

par un abaissement du niveau des eaux souterraines. Ces dépôts peuvent aussi se contracter quand ils s'assèchent, ce qui peut aussi survenir à la suite de l'abaissement du niveau d'eau dans le dépôt lui-même. La consolidation ou la contraction du dépôt peut provoquer le tassement des structures reposant sur lui. Par conséquent, il faudra prendre en considération la nécessité de barrières contre les infiltrations dans l'assise, le recouvrement et le remblai des tranchées de viabilisation partout où l'ingénieur géotechnicien constate que l'abaissement du niveau des eaux souterraines sur le site ou sur des sites adjacents pourrait avoir des incidences négatives.

Selon ce qu'il convient, il faudrait fournir d'autres orientations géotechniques, conformes aux Lignes directrices de la Ville d'Ottawa concernant la conception des égouts et au *Standard Tender Documents for Unit Price Contracts*.

3.3.7 Conception des chaussées

Lorsqu'il doit y avoir construction de nouvelles chaussées ou autres zones asphaltées (p. ex., stationnements), on fournira des orientations sur la conception de la chaussée. Dans le cas où la propriété de la chaussée ou de la zone asphaltée doit être à terme transférée à la Ville, la conception et la construction de ces chaussées doivent se conformer aux normes de la Ville.

Le rapport géotechnique doit inclure une analyse de la préparation de la forme, de la conception de la chaussée (p. ex., type et épaisseur de l'asphalte et des matériaux granuleux pour la couche de base et la couche de fondation) et du drainage. Les variables devant être prises en considération dans la sélection de la structure de la chaussée comprennent :

- Les matériaux de la forme
- Le niveau des eaux souterraines
- Le volume de circulation prévu

La conception de la chaussée doit être généralement conforme aux normes courantes de la Ville. Le rapport devrait aussi donner des indications quant à la portée des inspections et des examens requis pendant la construction. On peut avoir à effectuer des inspections et des examens pour s'assurer que la composition de la forme correspond aux résultats de l'étude et à la conception de la chaussée, sachant que la sous-surface à faible profondeur peut présenter des conditions variables (p. ex., à cause de remblais antérieurs, de la présence de dépôts organiques, etc.) qui peuvent varier d'un sondage à un autre. Il peut y avoir besoin d'examiner la *condition* de la forme, ainsi lorsque le compactage des matériaux de remblayage de la tranchée peut s'avérer problématique (p. ex., lorsque les tranchées ont été creusées dans des argiles sensibles saturées) et peut avoir des effets sur la conception de la chaussée.

3.3.8 Corrosion et type de ciment

Tel qu'examiné plus haut, les études géotechniques comprennent habituellement des analyses chimiques de base en rapport avec le potentiel de corrosion d'éléments ferreux enfouis ou d'attaques corrosives sur des éléments en bétons enfouis (c.-à-d., la nécessité d'utiliser du ciment résistant aux sulfates). Les résultats de ces analyses doivent être présentés dans le rapport géotechnique.

3.3.9 Soulèvement par le gel

On peut avoir à tenir compte de la vulnérabilité au gel des sols d'un site dans la conception des fondations (p. ex., exigences en matière de couverture de terre de la semelle) ainsi que dans celle des chaussées. Mais la vulnérabilité au gel des argiles de la mer de Champlain n'ayant pas été auparavant soumises à la pénétration de la gelée est particulièrement problématique. Ce problème peut se poser lorsqu'on doit rabaisser le niveau du sol (c.-à-d., le sol doit être construit en tranchée). Ces sols ont normalement une haute teneur en eau et, quand survient la pénétration du gel au cours des quelques premières saisons hivernales, ils peuvent subir un excès de pénétration du gel suivi d'une perte nette de volume au dégel. Il peut en résulter une déformation sévère des zones asphaltées et autres surfaces à revêtement dur. Des spécifications particulières, comme l'isolement de la forme, peuvent être nécessaires lorsque le nivellement du site est susceptible de causer une telle situation.

3.3.10 Contamination du sol et des eaux souterraines

Si l'étude géotechnique révèle l'existence de déchets enfouis ou la possibilité/réalité d'eaux souterraines ou de sols contaminés (tel que défini dans le document du ministère de l'Environnement intitulé *Soil, Ground Water and Sediment Standards for Use Under Part XV.1 of the Environmental Protection Act, March 9, 2004*), cette constatation devra être présentée dans le rapport géotechnique. Parmi les points qui devront être traités, on compte :

1. L'évacuation de l'excès de sol conformément à la Règlementation 347/558 de l'Ontario.
2. L'évacuation des eaux souterraines pompées dans les excavations.
3. Les infiltrations potentielles d'eaux souterraines contaminées dans le système de drainage des fondations.
4. Les répercussions potentielles de la contamination des sols et des eaux souterraines sur la conception des égouts et des conduites d'eau.
5. La nécessité de construire un système de ventilation autour des structures pour éviter l'accumulation de gaz méthane explosif là où des déchets sont enfouis.

En général, il faudrait effectuer une étude et une enquête environnementales supplémentaires (c.-à-d., phases I et II de l'étude d'impact environnementale) pour examiner ces questions. Cependant, si l'étude géotechnique révèle un problème potentiel, celui-ci doit être présenté dans le rapport.

3.3.11 Stabilité de la pente et murs de soutènement

Le document de la Ville d'Ottawa intitulé *Lignes directrices sur la stabilité des pentes de la Ville d'Ottawa à l'égard de demandes d'aménagement* présente des directives concernant l'évaluation de la stabilité des pentes (ou la stabilité globale des murs de soutènement) et le contenu des rapports d'évaluation de la stabilité des pentes. Dans le cas de nouveaux projets d'aménagement, ces directives peuvent s'appliquer autant aux pentes naturelles permanentes qu'aux pentes provisoires associées à la construction. Là où il existe des pentes instables, le rapport devra définir la Limite des terres vulnérables associée à cette pente.

3.3.12 Santé et sécurité

Si l'étude géotechnique révèle des problèmes potentiels en matière de santé et sécurité, touchant par exemple le personnel de construction, le rapport d'étude géotechnique devra identifier ces problèmes. Ceux-ci peuvent comprendre, entre autres :

- La présence d'eaux souterraines ou de sols contaminés dans les excavations.
- La possibilité de la présence de méthane ou autres gaz explosifs.
- Un questionnement quant à la stabilité des pentes latérales ou à l'instabilité de la base.

3.3.13 Inspection et examen en cours de construction

Le rapport devrait décrire les activités d'inspection et d'examen exigées de l'ingénieur géotechnicien pendant la construction du projet. Par exemple, de tels services pourraient être associés au contrôle du compactage des remblais stabilisés ou des matériaux de remblai des tranchées, à l'examen des conditions de la forme des chaussées ou à l'inspection des surfaces porteuses des fondations. S'il faut procéder pendant la construction à une autre évaluation des paramètres de conception des fondations (c.-à-d., les réactions aux appuis permises), par exemple, une vérification lot par lot en raison de la variabilité des conditions de la sous-surface dans l'ensemble du site, cette exigence devrait être clairement inscrite dans le rapport.

3.4 Plans de conception communautaire

La contribution de la géotechnique à la préparation des plans de conception communautaire peut être d'une nature variée, selon la taille et le type de l'aménagement et les conditions de la sous-surface. On ne peut établir qu'un petit nombre de lignes directrices sur une base générique en termes de l'étude requise et l'ampleur du rapport. Cependant, avant de faire progresser l'élaboration d'un PCC, il faudra préparer un rapport géotechnique portant au moins sur les points suivants :

- Identification des conditions générales de la sous-surface correspondant à la zone étudiée.
- Identification des difficultés de nature géotechnique les plus importantes concernant l'aménagement (p. ex., sols argileux compressibles, sols organiques) ou les risques (p. ex., pentes instables).
- Production de lignes directrices géotechniques préliminaires portant sur le nivellement du site, qui dépendra aussi des plans d'aménagement (p. ex., résidentiel suburbain ou commercial). Cette information est nécessaire en vue de l'élaboration ultérieure du Plan directeur sur le raccordement aux services municipaux et du Plan directeur de nivellement, afin de mettre au point la conception du réseau d'égouts collecteurs.
- Présentation de propositions qui aideront à planifier l'agencement de la communauté, les cadres bâtis et la densité de l'aménagement. Par exemple, l'étude peut signaler différentes parties de la zone étudiée sur lesquelles, à cause des conditions du terrain, on ne peut pas aménager de façon économique des immeubles à haute densité en raison des fortes charges des fondations. Dans le cas de sites reposant sur des sols argileux compressibles, le rapport géotechnique, accompagné d'une évaluation hydrogéologique, pourra aussi limiter la densité de l'aménagement ou proposer d'autres mesures, notamment le maintien d'un niveau minimum d'infiltration d'eau; on pourrait avoir recours à ces mesures pour préserver à long terme le niveau minimal des eaux souterraines sur le site et par là éviter les tassements excessifs du terrain. Le rapport peut aussi signaler les parties du site moins propices à la construction de certains types de structures en raison de conditions de sols meubles pouvant amplifier les mouvements sismiques du sol et pour lesquelles le code du bâtiment, (par le biais d'une classe de site) peut spécifier des forces sismiques plus élevées; au vu de telles conditions, ces parties du site peuvent être moins appropriées à la construction d'écoles ou de zones commerciales.