



GLISSEMENTS DE TERRAIN DANS LES DÉPÔTS MEUBLES

TYPES ET CAUSES

LES ORIENTATIONS GOUVERNEMENTALES EN AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

Le présent document accompagne l'orientation gouvernementale en aménagement du territoire *Pour une meilleure gestion des risques dans les zones potentiellement exposées aux glissements de terrain dans les dépôts meubles*.

Le présent document présente les principaux types de glissements de terrain pouvant se produire dans les sols meubles et plus particulièrement les sols argileux. Les causes d'origine naturelle ainsi que les principales interventions humaines inappropriées pouvant agir comme facteur aggravant ou déclencheur sont également présentées.

Il vise à améliorer la compréhension des phénomènes qui sont susceptibles de se produire dans les zones potentiellement exposées aux glissements de terrain dans les dépôts meubles identifiées sur les cartes de contraintes produites par le gouvernement. Il apporte un complément d'information à l'application des cartes de zones de contraintes relatives aux glissements de terrain dans les dépôts meubles et au cadre normatif relatif au contrôle de l'utilisation du sol qui s'y applique.

Ce document a été réalisé par le ministère de la Sécurité publique et le ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports en collaboration avec le ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire.

Il est accessible dans le site Web du ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire [www.mamot.gouv.qc.ca].

ISBN 978-2-550-78149-3 (PDF)

Dépôt légal – 2017

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Bibliothèque et Archives Canada

Tous droits réservés. La reproduction de ce document par quelque procédé que ce soit et sa traduction, même partielles, sont interdites sans l'autorisation des Publications du Québec.

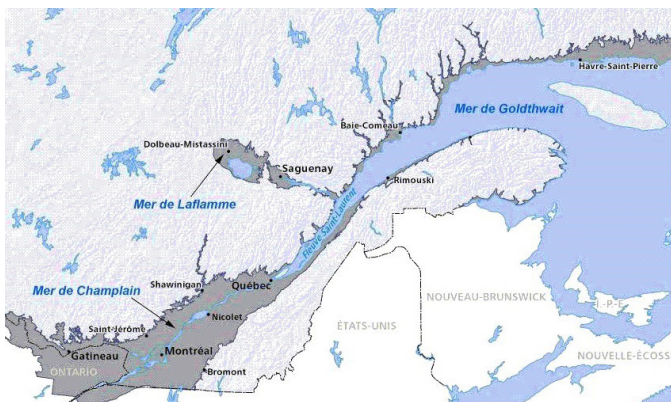
© Gouvernement du Québec, ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire, 2017

CONTEXTE GÉOLOGIQUE DES SOLS MEUBLES

En raison des divers environnements géologiques qui le composent, le Québec est exposé à différents types de mouvements de terrain (glissement, éboulis, éboulement, effondrement, affaissement, etc.). Tous les types de matériaux naturels peuvent être touchés par un mouvement de terrain, qu'ils soient meubles (gravier, sable, argile, etc.) ou consolidés (roc). Toutefois, les mouvements de terrain les plus fréquents sont les glissements de terrain qui se produisent dans les dépôts meubles et tout particulièrement dans les dépôts argileux dont est composé le sol des secteurs où se concentre la majorité de la population du Québec.

Plusieurs types de dépôts meubles composés soit de sols sableux et graveleux, soit de sols principalement argileux, soit de composition très hétérogène (tills) sont présents sur le territoire québécois. La plupart de ceux-ci ont été mis en place pendant ou après la dernière glaciation qui a touché le Québec en entier voilà plusieurs milliers d'années. Les terrains formés de basses terres, comme celles de la vallée du Saint-Laurent, de la vallée de la rivière des Outaouais et de la vallée de la rivière Saguenay jusqu'au lac Saint-Jean, ont subi des périodes d'invasion marine après le retrait des glaciers. Ces mers postglaciaires présentaient un environnement propice au dépôt de particules de sol très fines (silt et argile) communément appelées « glaise » (figure 1). Ces dépôts fins peuvent atteindre une profondeur de plus de 100 mètres par endroits et être recouverts d'une épaisseur variable de sable et de gravier. Les argiles des mers postglaciaires, que l'on retrouve dans certaines régions du Québec, sont notamment réputées comme étant propices à l'apparition de grands glissements causés par la présence d'argile sensible au remaniement.

Figure 1 | Extension maximale des mers postglaciaires au Québec



À la suite du retrait des eaux marines, les fonds marins se sont soulevés graduellement pour former des plaines argileuses. Les cours d'eau ont alors commencé à éroder progressivement ces plaines et à les inciser de plus en plus profondément au fur et à mesure qu'elles émergeaient (figure 2). Des glissements de terrain ont commencé à se produire sur les talus devenant de plus en plus hauts et graduellement instables.

Figure 2 | Exemple de plaine argileuse érodée par un cours d'eau

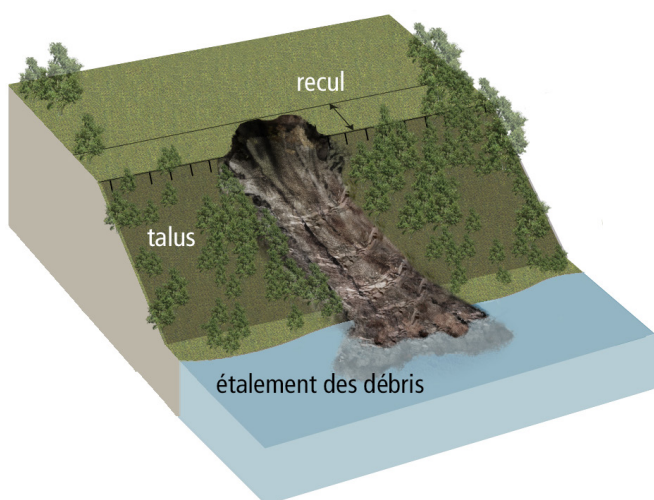


Les glissements de terrain font donc partie de l'évolution géomorphologique naturelle des terrains en pente constitués de dépôts meubles. Chaque année, des centaines de ces glissements, généralement de faible superficie, se produisent au Québec. Ces glissements surviennent majoritairement dans des sols argileux sur les berges des cours d'eau.

GLISSEMENTS DE TERRAIN DANS LES DÉPÔTS MEUBLES

Un glissement de terrain peut être défini comme le mouvement vers le bas d'une pente d'une masse de sols le long d'une surface de rupture, qui s'amorce dans un talus sous l'effet de la gravité (figure 3). La surface de rupture est celle le long de laquelle glisse la masse de sols.

Figure 3 | Glissement de terrain



Les glissements de terrain constituent des phénomènes naturels. Leur manifestation résulte généralement de la combinaison de facteurs aggravants ou déclencheurs, notamment la présence d'érosion (figure 4), l'inclinaison de la pente, les propriétés géologiques et géotechniques des sols, les conditions d'eau souterraine, etc. Ils surviennent majoritairement au printemps et à l'automne, lorsque les pressions d'eau dans les sols sont élevées et donc néfastes à la stabilité des talus. Leur distribution dans le temps est irrégulière et leur fréquence peut être augmentée par des événements météorologiques extrêmes, comme ce fut le cas lors des pluies diluviennes de juillet 1996 au Saguenay-Lac-Saint-Jean où plus de 1 000 glissements de terrain sont survenus en 36 heures. Les glissements peuvent aussi être provoqués par des interventions d'origine anthropique (celles-ci sont présentées à la page 6).

Figure 4 | Marque d'érosion à la base d'un talus



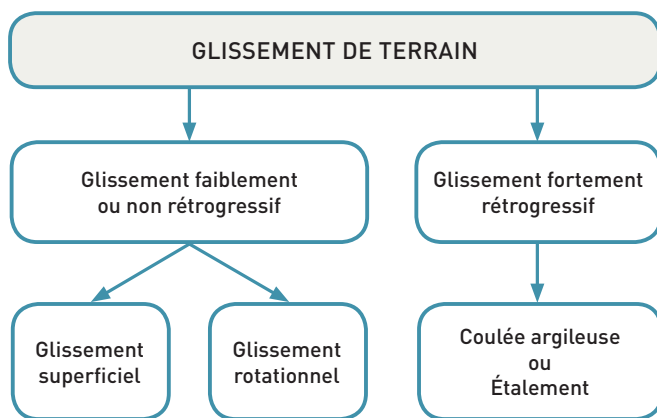
Un glissement de terrain peut constituer une menace à la sécurité des personnes et des biens. Premièrement, le déplacement de la masse de sols au sommet et dans le talus peut emporter les éléments situés sur la portion de terrain en mouvement. Deuxièmement, l'impact provoqué par l'étalement de la masse à la base du talus, qu'on appelle débris (figure 3), peut endommager les biens de manière importante et menacer la sécurité des personnes.

Selon leur type, les glissements de terrain peuvent présenter des caractéristiques très différentes et atteindre des dimensions variables. Ceux qui surviennent dans les sols argileux sont les plus préoccupants car ils sont les plus fréquents et peuvent atteindre de très grandes dimensions.

PRINCIPAUX TYPES DE GLISSEMENTS DE TERRAIN DANS LES DÉPÔTS MEUBLES

Pour les besoins de la cartographie gouvernementale des zones potentiellement exposées aux glissements de terrain dans les dépôts meubles, les types de glissements ont été regroupés en deux familles selon les dimensions que peut atteindre leur recul en sommet de talus (figure 5). Les deux grandes familles sont celle des glissements faiblement ou non rétrogressifs et celle des glissements fortement rétrogressifs. Les glissements fortement rétrogressifs se produisent seulement dans les sols argileux.

Figure 5 | Types de glissements de terrain dans les dépôts meubles



GLISSEMENT FAIBLEMENT OU NON RÉTROGRESSIF

Les glissements faiblement ou non rétrogressifs affectent le talus et peuvent emporter une bande de terrain située au sommet de celui-ci. La bande de terrain pouvant être emportée au sommet est généralement inférieure à une distance équivalant à une fois la hauteur du talus. Les débris peuvent s'étaler à la base du talus sur des distances variables, pouvant atteindre une distance de deux fois la hauteur du talus, mais ne dépassant pas généralement 60 m. Leur largeur peut atteindre quelques dizaines de mètres.

Glissement superficiel

Ce type de glissement est caractérisé par une surface de rupture peu profonde, généralement d'une profondeur inférieure à 1,5 mètre sous le terrain naturel. Dans les sols argileux, il n'affecte que la couche de sol superficielle altérée appelée « croûte argileuse ». De façon naturelle, il est causé par la saturation des sols lors de fortes pluies ou de la fonte de la neige. Règle générale, ce glissement se produit exclusivement dans le talus sans en toucher le sommet. Par contre, ses débris peuvent s'étaler à la base du talus sur des distances parfois importantes (figures 6 et 7). Bien que ce type de glissement puisse sembler anodin, il peut causer d'importants dommages aux bâtiments, voire même menacer la sécurité des occupants.

Figure 6 | Glissement superficiel

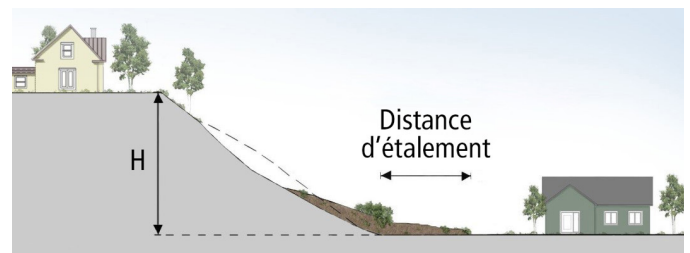


Figure 7 | Exemple de glissement superficiel



Glissement rotationnel

Le glissement rotationnel est caractérisé par une surface de rupture de forme circulaire qui peut se propager à quelques mètres de profondeur. Il est très souvent causé par l'érosion naturelle d'un cours d'eau à la base d'un talus. L'action de l'eau à la base des talus a ainsi pour effet d'entraîner de façon graduelle du matériel qui agit comme contrepoids naturel. Petit à petit, cette érosion modifie les conditions d'équilibre de la pente.

Ce type de glissement peut affecter une bande de terrain située au sommet du talus, dont le recul est généralement inférieur à une distance équivalant à une fois la hauteur du talus. Lors d'un glissement rotationnel, les éléments situés dans la bande de terrain en sommet de talus (routes, bâtiments, infrastructures, etc.) peuvent subir des dommages dont l'importance peut varier selon les situations (figures 8 et 9).

Figure 8 | Glissement rotationnel

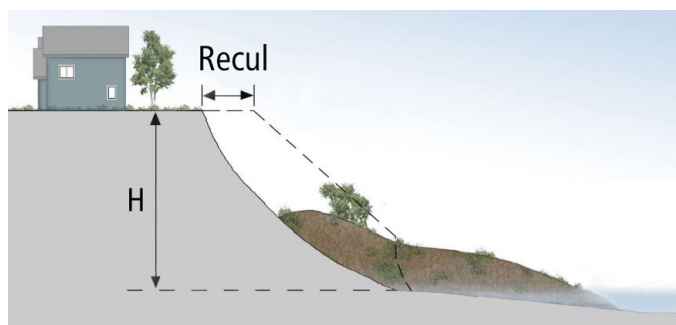


Figure 9 | Exemple de glissement rotationnel



GLISSEMENT FORTEMENT RÉTROGRESSIF

Les glissements fortement rétrogressifs se produisent uniquement dans les sols argileux. Ils affectent non seulement le talus, mais aussi des bandes de terrain de dimensions importantes à l'arrière du sommet du talus (figure 10). Leurs dimensions peuvent atteindre plusieurs dizaines, et parfois plusieurs centaines de mètres, et ce, en quelques minutes seulement. Les débris constituent une masse importante et peuvent s'étaler, dans certains cas, sur des distances considérables. Les constructions situées sur le terrain affecté par le glissement peuvent être complètement détruites. De même, les bâtiments et les infrastructures situés sur le passage des débris peuvent être endommagés.

Figure 10 | Glissement fortement rétrogressif



Cette famille de glissements se produit généralement là où il y a présence d'argile sensible au remaniement et possédant des caractéristiques particulières. Dans certains cas, les sols argileux peuvent passer d'une consistance relativement ferme à l'état intact à celle d'une masse quasi liquide à l'état remanié, et ce, sans apport d'eau externe (figure 11). Cette particularité s'explique entre autres par l'écoulement des eaux souterraines qui, en provoquant le lessivage des sels, occasionnent l'affaiblissement graduel des liaisons chimiques des argiles. L'argile sensible se remanie généralement à la suite d'un glissement de terrain alors que le sol se disloque et se déstructure dans sa chute vers le bas de la pente.

Figure 11 | Argile sensible au remaniement :
à gauche, à l'état intact, et à droite,
à l'état complètement remanié



Par exemple, le glissement qui est survenu à Notre-Dame-de-la-Salette en 2010 avait une distance de rétrogression de 425 mètres. Lors de ce glissement, les débris se sont majoritairement remaniés et ont comblé le cours d'eau sur plusieurs centaines de mètres en amont et en aval (figure 12). Dans le cas du glissement survenu à Saint-Jude dont la distance de rétrogression était de 275 mètres, les débris se sont très peu remaniés (figure 13).

Figure 12 | Glissement fortement rétrogressif,
Notre-Dame-de-la-Salette, 2010



Figure 13 | Glissement fortement rétrogressif,
Saint-Jude, 2010



En moyenne, il se produit au Québec un glissement fortement rétrogressif de plus d'un hectare aux deux ans. La probabilité qu'un tel glissement survienne à un endroit donné est donc extrêmement faible. Il peut tout de même survenir plus d'un glissement fortement rétrogressif dans la même année, comme ce fut le cas en 2010. Par contre, ce type de glissement peut constituer un risque important en raison de son amplitude, de sa vitesse et des conséquences tragiques qu'il peut entraîner.

INTERVENTIONS INAPPROPRIÉES D'ORIGINE ANTHROPIQUE

Bien que les glissements de terrain soient des phénomènes naturels, plusieurs sont liés à des interventions humaines qui ont pour effet de fragiliser les zones déjà propices à ce phénomène. À partir des cas étudiés par le gouvernement, on constate que plus de 40 % des glissements survenus au cours des dernières décennies sont associés à des interventions humaines pouvant nuire à la stabilité des talus.

Les interventions inappropriées de nature anthropique peuvent agir comme facteur déclencheur d'un glissement de terrain ou, plus couramment, comme facteur aggravant en diminuant la stabilité de la pente. Dans ce dernier cas, elles ont pour effet de diminuer le coefficient de sécurité du talus sans causer directement un glissement de terrain. Par la suite, la rupture peut être provoquée par un autre facteur déclencheur d'origine naturelle, comme la pluie ou l'érosion, qui n'aurait pas été suffisant sans ces interventions anthropiques.

Plusieurs interventions associées à l'aménagement des terrains, réalisées à proximité ou au sein d'un talus sujet aux glissements de terrain, peuvent compromettre les conditions d'équilibre de ce talus. Les principales interventions sont les remblais et autres surcharges au sommet du talus, les déblais ou les excavations à la base du talus ainsi que les interventions entraînant des concentrations d'eau vers la pente.

Remblai et surcharge au sommet du talus

L'action d'ajouter un poids supplémentaire au sommet d'un talus modifie l'état d'équilibre de celui-ci et peut ainsi dégrader sa stabilité ou provoquer directement un glissement (figure 14). Il peut s'agir de travaux de remblai à des fins de terrassement, de l'installation d'une piscine hors terre ou de l'entreposage permanent ou temporaire de matériaux divers tels que des sols d'excavation, des rebus, etc. (figure 15).

L'une des actions néfastes les plus courantes est l'aplanissement d'un terrain en surchargeant le sommet du talus afin d'en agrandir la superficie utilisable (figure 16). Ces travaux, qui peuvent sembler mineurs, augmentent l'inclinaison du talus et diminuent son coefficient de sécurité. De plus, lorsque le remblai est composé d'argile, l'eau qui s'infiltre modifie les conditions d'eau souterraine et, par le fait même, la stabilité du talus.

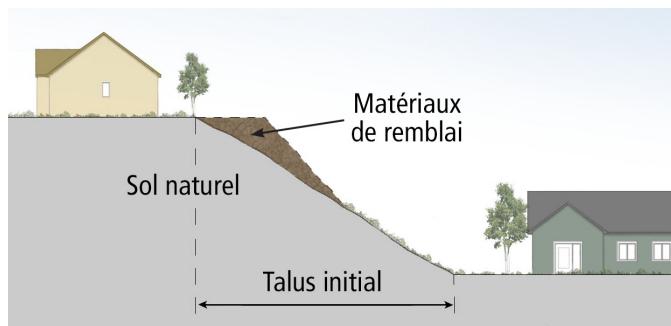
Figure 14 | Glissement de terrain provoqué par des opérations de remblayage



Figure 15 | Exemple d'un remblai au sommet d'un talus pouvant être néfaste à sa stabilité



Figure 16 | Croquis représentant un remblai pouvant être néfaste à la stabilité d'un talus



Déblai ou excavation à la base du talus

Les travaux de déblai ou l'excavation de matériel à la base du talus accentuent l'inclinaison ou la hauteur de celui-ci. Ce type d'intervention peut provoquer un glissement de terrain lors même de l'intervention ou nuire à la stabilité du talus à plus long terme. Le fait d'aplanir ou d'agrandir son terrain à la base d'un talus a une incidence importante sur la stabilité de celui-ci (figures 17 et 18). Lorsque la stabilité du talus est précaire, même un déblai ou une excavation de faible dimension, comme le creusage pour l'entretien des fossés, peut provoquer une rupture (figure 19).

Figure 17 | Déblai pouvant nuire à la stabilité d'un talus

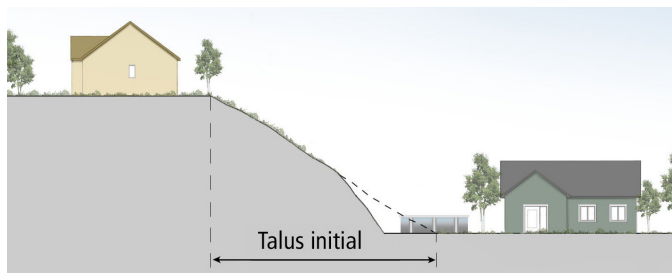
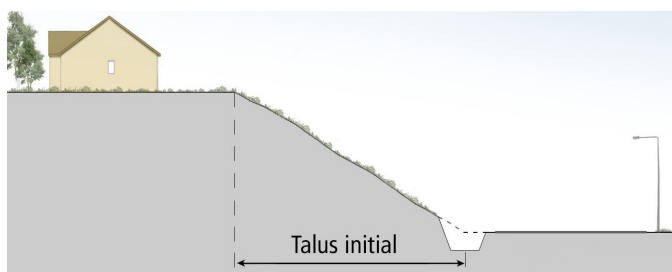


Figure 18 | Exemple d'un déblai à la base d'un talus pouvant nuire à sa stabilité



Figure 19 | Excavation réalisée pour l'entretien des fossés pouvant être néfaste à la stabilité d'un talus



Concentration d'eau vers la pente

Certaines interventions ont pour effet de concentrer l'eau vers la pente. Par exemple, diriger dans un talus ou à son sommet les eaux de pluie, de drainage, de ruissellement ou les eaux usées peut occasionner du ravinement, de l'érosion verticale ou des infiltrations dans le sol (figure 20). Outre les problèmes de ravinement qui peuvent être engendrés, une telle concentration d'eau peut nuire à la stabilité du talus ou même provoquer un glissement de terrain. Ces actions peuvent modifier la géométrie du talus en augmentant l'inclinaison et la hauteur du talus et amplifier les concentrations d'eau dans le sol.

Ainsi, vidanger l'eau des piscines ou canaliser l'eau de pluie dans des drains ou dans des tuyaux au sommet du talus peut être néfaste à sa stabilité, particulièrement lorsque les conditions sont naturellement critiques, par exemple lors de la fonte du printemps.

Figure 20 | Exemples d'interventions qui ont pour effet de provoquer une concentration d'eau pouvant nuire à la stabilité d'un talus : A) ravinement provoqué à la sortie d'un ponceau; B) érosion verticale provoquée à la sortie d'un drain; C) infiltration d'eau dans le sol due à un champ d'épuration



