

PROBLÉMATIQUE

Une tourbière est constituée d'une accumulation de débris végétaux décomposés dans un milieu mal drainé où poussent plusieurs types de mousses, d'herbes, d'arbres et d'arbustes. La teneur en eau et la compressibilité d'une tourbière sont très élevées et sa résistance au cisaillement non drainée est généralement faible. La construction d'un remblai routier sur une tourbière exige certaines précautions. Le choix de la méthode de construction dépend de l'importance de la route, de l'étendue, de l'épaisseur, de la nature et des propriétés mécaniques de la tourbière, de la nature du sol sous-jacent et du délai de construction.

MÉTHODES DE CONSTRUCTION

Il est important de faire une reconnaissance des sols au moyen de photos aériennes pour déterminer l'étendue et le type de la tourbière, puis de réaliser une étude plus approfondie en chantier au moyen de sondages et d'essais (tarière, échantillonneur et scissomètre portatifs). Le ministère des Transports du Québec (MTQ) choisit une des méthodes de construction suivantes (1) :

Remblai conventionnel : si la tourbière est uniforme et que son épaisseur n'excède pas 1 m, on peut construire directement sur la tourbe un remblai de plus de 1,5 m pour en assurer la consolidation complète. Le remblai peut comprendre un coussin de matériaux granulaires bien drainants jusqu'à 300 mm au-dessus de la nappe phréatique.

Excavation : l'excavation (dessin normalisé II-1-007) peut être envisagée si l'épaisseur de la couche organique est inférieure à 1 m et si le profil final est à moins de 1,5 m au-dessus du terrain naturel. Cette méthode peut être recommandée pour des épaisseurs supérieures si celles-ci varient rapidement transversalement ou longitudinalement. Le sol sous-jacent doit avoir une capacité portante suffisante.

Déplacement par gravité : si la tourbe est épaisse, de faible étendue, peu portante (résistance au cisaillement inférieure à 8 kPa) et que le sol sous-jacent a une bonne capacité portante, on construit une surcharge de remblai de 1,5 m en forme de pointe qui fait déplacer la tourbe de chaque côté (dessins normalisés II-1-8, II-1-9 et II-1-10). La croûte fibreuse de surface est enlevée au début des travaux et des tranchées latérales sont creusées le long du remblai pour faciliter le déplacement latéral de la tourbe. Les tranchées doivent être entretenues pendant les travaux.

Consolidation avec surcharge : dans le cas d'un sol organique épais (>2m) et résistant et lorsque le DJMA est élevé, la méthode consiste à provoquer un tassement accéléré de la tourbe.

Le remblai et la surcharge sont construits par étapes pour que la tourbe se consolide sans causer de rupture (dessins normalisés II-1-11, II-1-12 et II-1-13). Une première couche de 900 mm de remblai est déposée sur la tourbière, suivie de couches de 300 mm. Un délai est imposé entre la pose de chaque couche pour permettre la dissipation des surpressions d'eau et la consolidation de la tourbe. Une surcharge de 600 mm est ensuite déposée pendant 120 jours sur les fondations pour accélérer les tassements.

Consolidation sans surcharge : si le délai de construction est long, on peut effectuer une consolidation sans surcharge (dessin normalisé II-1-14), ce qui réduit les coûts de réalisation. Cette méthode s'applique plutôt à une route où le DJMA est faible, avec un profil minimal de 1,5 m au-dessus du terrain, pour une tourbière d'épaisseur uniforme inférieure à 2 m et de grande étendue. Cette méthode est de moins en moins utilisée étant donné les contraintes de temps liées aux programmes de construction, sauf s'il s'agit d'une route non asphaltée. On nivelle et on densifie la nouvelle surface avant de mettre la couche suivante. Les tassements post-construction peuvent être importants.

TASSEMENT

L'expérience du MTQ permet d'estimer grossièrement le tassement de la tourbière généré par le remblai en fonction de la hauteur du remblai et de l'épaisseur de la tourbe. L'épaisseur totale de matériaux (R) requis pour le remblai est calculée avec une équation empirique qui reflète des valeurs moyennes obtenues sur différents sites : $R = H \times 100 \div (100 - T)$, où T est un facteur représentant un pourcentage de la hauteur du remblai et H est la hauteur du remblai par rapport au niveau initial du terrain naturel (figure 1). Le tassement estimé est R-H. Le tassement qui se produit en cours de construction est de l'ordre de 80 % du tassement total prévu à long terme. La pose d'une surcharge permet de compléter en grande partie les tassements à venir.

En cours de construction, le facteur de sécurité minimal à prendre en compte pour une étude de stabilité du remblai à court terme est de 1,3. Ce facteur doit être augmenté à 1,5 si la résistance au cisaillement non drainée de la tourbe et du sol sous-jacent est faible. Si les conditions de terrain ne permettent pas de respecter ce critère, on peut envisager un abaissement du profil final, un adoucissement des pentes du remblai, l'ajout de contrepoids latéraux ou encore un allègement au moyen de matériaux légers.

INSTRUMENTATION ET CONTRÔLE

Le MTQ dispose d'appareils de contrôle servant à suivre le comportement du dépôt de tourbe à chaque étape de la construction : indicateurs de couche, indicateurs de tassement,

indicateurs de déplacement latéral (dessin normalisé II-1-15) et piézomètres. Ces indicateurs sont généralement espacés de 40 m. Les niveaux donnés par les indicateurs de couche permettent de bien contrôler l'épaisseur de la première couche du remblai afin d'éviter la rupture de la tourbe. L'indicateur de tassement du remblai est installé sur un coussin de sable de 100 mm placé sur le dessus de la tourbière. Il est allongé au fur et à mesure de la construction du remblai. Après la pose de la première couche, la cote critique de tassement dans la tourbe est fixée à 40 % de l'épaisseur du remblai posé. Afin de vérifier s'il y a une amorce de rupture dans la tourbe, il convient de surveiller les autres appareils de contrôle installés au même chaînage. Les indicateurs de déplacement latéral sont placés à une distance de 6 m du pied du futur remblai. Ils sont enfoncés généralement jusqu'au niveau inférieur de la couche la plus molle de la tourbe. On considère qu'il y a une possibilité de rupture si le déplacement vertical ou horizontal est supérieur à 200 mm. Les piézomètres servent à déterminer la durée des périodes d'attente entre la pose des couches. La pose d'une couche additionnelle est généralement autorisée lorsque le taux de consolidation de la tourbe atteint 70 % ou, dans le cas d'une dissipation trop lente de la pression interstitielle, lorsque celle-ci atteint 50 % de la contrainte effective.

MISE EN PLACE DU REMBLAI (ARTICLE 11.3 DU CCDG)

Le déboisement est réalisé en laissant les souches en place pour ne pas endommager la croûte de surface qui sert de support au futur remblai. Les arbres et arbustes sont transportés à l'extérieur de l'emprise et mis au rebut. Les instruments de contrôle sont installés deux semaines avant le chargement afin de pouvoir prendre des lectures initiales. Aucune circulation de machinerie lourde n'est tolérée sur la tourbière.

Dans le cas des méthodes de construction par consolidation de la tourbe, la première couche de 900 mm est constituée de MG112. Elle est posée avec précaution pour ne pas poinçonner la croûte fibreuse et pour éviter un déplacement latéral ou frontal trop important. Il faut se méfier du réflexe d'ajouter des matériaux dans les creux de remblai dans le but d'égaliser la surface sous peine de dépasser la limite de 900 mm, de provoquer un tassement supplémentaire et, à la limite, une rupture de la tourbe. Il faut bien utiliser les indicateurs de couche. Le remblai est ensuite complété par couches successives de 300 mm.

La surcharge est enlevée en deux couches jusqu'à la ligne de sous-fondation ou en une seule couche si l'épaisseur à enlever est inférieure à 400 mm. Les matériaux récupérés servent à l'adoucissement des pentes du remblai (1V:3H) ou à une autre section de route. Les matériaux constituant la fondation finale de la route doivent être épandus immédiatement après l'enlèvement de la surcharge pour éviter le soulèvement du dépôt organique.

Les ponceaux sont posés sur la tourbe ou sur le coussin initial. Par contre, si une grande consolidation est prévue, un ponceau provisoire

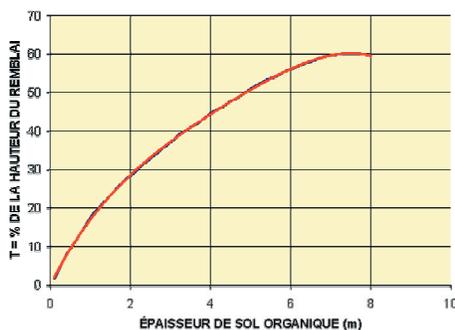


Figure 1 : Estimation du tassement d'un remblai sur tourbière

est installé et le ponceau définitif est posé après la consolidation des sols organiques et avant la mise en place des fondations. Les ponceaux en tuyau de tôle ondulée en acier galvanisé ou en aluminium sont de plus en plus délaissés au profit des ponceaux en polyéthylène, insensibles aux eaux acides des tourbières. Un guide de sélection des ponceaux est présenté dans le tableau 4.5-1, à la page 8 du *Tome III – Ouvrages d'art*, chapitre 4 « Ponceaux ».

La limite de charge des camions sur le chantier dépend de l'épaisseur de la tourbe et du remblai, ainsi que de la capacité portante des sols et matériaux. Au moment de la pose du coussin initial de 900 mm, la masse maximale d'un camion avec deux essieux arrière ne doit pas excéder 20 000 kg. Elle peut atteindre la limite légale pour les couches subséquentes s'il n'y a pas de rupture prévue. La masse maximale d'un buteur est de 12 000 kg, d'un compacteur statique de 16 000 kg et d'un compacteur vibrant de 10 000 kg. Les camions doivent faire demi-tour à 30 m du front d'avancement du remblai et se décharger à 15 m du front. Ils doivent varier leur trajet sur toute la largeur du remblai afin d'éviter la formation d'ornières. Ils ne doivent pas s'approcher à moins de 1,5 m du bord du remblai. Le stationnement de véhicules et la mise en réserve de matériaux ne sont pas tolérés sur une tourbière.

Le compactage s'effectue conformément à l'article 11.3.3.3.1 h du CCDG, jusqu'à la ligne de sous-fondation. Quatre passages d'un compacteur de 10 000 kg sur le coussin initial sont généralement suffisants pour uniformiser le remblai et faciliter le transport.

Il peut être avantageux de construire le coussin initial en hiver pour permettre de rehausser la limite de la masse des camions, pour mieux répartir le poids du remblai sur la surface gelée et pour bénéficier d'un délai plus long pour la dissipation des pressions interstitielles. Il faut alors attendre le dégel complet au printemps avant de reprendre les travaux, ce qui peut être très long.

CONCLUSION

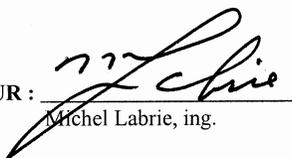
Les techniques permettant la construction d'une chaussée sur tourbière au Québec sont éprouvées, mais elles demeurent assujetties à quelques règles géotechniques assez précises selon l'importance de la route à construire et selon l'épaisseur et la nature de la tourbière et du sol sous-jacent. Le contrôle de la construction du remblai, notamment la première couche de 900 mm, doit être rigoureusement suivi par un ingénieur géotechnicien. La dissipation partielle des pressions d'eau est recommandée avant la pose d'une couche subséquente.

RÉFÉRENCE

(1) MTQ, 2003, *Tome II – Construction routière*, chapitre 1, « Terrassements », dessins normalisés 007 à 015 et *Tome III – Ouvrages d'art*, chapitre 4 « Ponceaux », tableau 4.5-1, 2.

RESPONSABLE : Denis Lessard, ing. M.Sc.
Service de la géotechnique
et de la géologie

DIRECTEUR :


Michel Labrie, ing.