
Mur de soutènement

CAPACITÉ STRUCTURALE DES ARRANGEMENTS ROCHEUX

Projet : **Municipalité Saint-Elzéar**
Secteur entre la Rue du Baron et la Rue de la Tour
PP20-026

Date : 4 juin 2020

1.0 Contexte et mandat:

Le mur de soutènement construit en différents types de roches entre la Rue du Baron et la Rue de la Tour présentent des signes de dégradations.

La Municipalité de Saint-Elzéar a mandaté ÉQIP Solutions / Génie pour donner une opinion technique professionnelle concernant l'intégrité structurale du mur de soutènement.

EQIP Solutions / Génie va également guider la Municipalité en spécifiant les lignes directrices pour la construction de futurs murs de soutènement selon les règles de l'art. Cette expertise va suivre prochainement.

Le présent avis a pour but de donner une opinion technique professionnelle basée sur l'état des lieux.

2.0 État des lieux:

Une première visite des lieux a été faite à l'automne 2019 et une deuxième le 13 mai 2020. Voici ce qui a été constaté.

- Le mur de soutènement est localisé sur les limites arrière des terrains résidentiels.
- Hauteur moyenne du mur de soutènement : 1830 mm (6'-0")
- Construction en roches de dimensions très variables (300mm à 1200mm)
- Disposition des roches en fonction de l'esthétisme et non de la stabilité structurale. (Certaines roches sont placées de sortes à être appuyées sur leur petite surface de contact) Voir figure1 en annexe
- Roches de nature différentes : roches granitiques et roches friables
- Les vides représentent 30 à 40% de la surface du mur
- Érosion des particules fines par les vides dans le mur
- Aucune membrane géotextile verticale le long du mur de roches

- Présence de membrane géotextile à l'horizontal à la tête du mur
- Affaissement du sol à la tête du mur
 - Vallée qui se creuse dans la pelouse
 - Vides présents sous la fondation d'un cabanon
 - Clôture originalement construite horizontalement présente maintenant une différence de niveau d'environ 300 mm (1'-0")
 - Haie de cèdes originalement installée en ligne droite présente maintenant de bonne déviation (+/- 300mm 1'-0")
- Gouttière de cabanon qui se vide à la tête du mur
- Plateau d'environ 300 mm à la base du mur pour ensuite avoir un talus avec une pente d'environ 45 degrés sur une hauteur allant jusqu'à 1m
- Base du mur s'est déplacée affectant la structure d'un module de jeux.
- Des éclats de roches sont retrouvées au pied du mur sur une distance de 1 m par rapport à la face du mur.
- Plusieurs grosses roches ont basculé vers l'arrière du mur.
- Aux dires des citoyens, le mur derrière le terrain numéro civique 681 a été repoussé vers l'arrière à l'aide d'équipement mécanique.

3.0 Généralités:

Dans la construction d'un mur de soutènement, il faut s'assurer de la stabilité au renversement, de la stabilité au glissement, d'un drainage adéquat et de limiter l'érosion. Les matériaux utilisés doivent être durables face aux intempéries.

4.0 Défauts observés et commentaires:

- Utilisation de roches friables est à proscrire : sa résistance au gel/dégel est trop faible. Des parties se détachent affectant la stabilité du mur.
- Le pourcentage de vides est évalué à +/- 30 à 40%. Avec trop de vides, le poids du massif est moins grand limitant ainsi la résistance au renversement et au glissement.
- Aucune membrane géotextile n'a été placée le long de la paroi verticale faisant en sorte que les particules fines s'érodent par les vides causant ainsi des tassements différentiels à la tête du mur.
- La membrane géotextile installée horizontalement à la tête du mur n'est d'aucune utilité.
- La première rangée de roches au bas du mur devrait être enfoncée d'au moins 300 mm dans le sol pour avoir une certaine butée pour lutter contre le glissement. La profondeur de la butée dépend de la résistance au glissement

en fonction des caractéristiques du sol en place. Elle dépend également du poids du mur versus la charge horizontale qui est calculée en fonction de la hauteur du mur.

- Il est impossible de savoir s'il y a un drain à la base du mur, mais puisqu'il y a absence de matériel drainant derrière le mur, le drain à la base n'est pas efficace. En l'absence de matériel drainant, l'eau de ruissellement peut s'accumuler derrière le mur créant une pression horizontale supérieure qui peut générer des déplacements de la structure rocheuse.
- La base du mur est localisée sur un haut d'un talus. Le poids du mur peut générer une pression suffisamment grande pour avoir rupture du sol et ainsi risquer l'effondrement du mur. Une analyse de sol permettrait d'établir le poids maximal permis au-dessus des talus en fonction des pentes et des différences de niveaux requises.

5.0 Calculs de stabilité

Les calculs de stabilité au renversement et au glissement sont présentés en annexe.

Un bon drainage derrière le mur est requis pour éviter d'avoir à additionner la pression hydrostatique à la pression des terres. Pour alléger les calculs, une première vérification a été faite sans considérer la pression hydrostatique. Les résultats démontrent que même sans la pression hydrostatique, la stabilité du mur est compromise.

Le tableau 8.3 du Manuel Canadien des Fondations spécifie d'utiliser un facteur de sécurité de 2 pour la stabilité au renversement et de 1.5 pour la stabilité au glissement.

Avec un résultat de 139% pour la stabilité au renversement et 288% pour la stabilité au glissement, le mur de soutènement existant n'est pas structuralement stable.

L'absence de membrane géotextile verticale le long du mur de pierre laisse les particules fines s'échapper par les vides entre les roches créant des vides et des tassements différentiels importants qui affectent directement la stabilité du mur. À long terme, le haut du mur pourrait basculer vers l'arrière. La charge verticale du massif rocheux s'inclinerait vers l'arrière créant ainsi une pression horizontale supérieure à la base du mur pouvant mener jusqu'à l'effondrement. Voir figure 2.

6.0 Conclusion

Le mur en place présente d'importants vices de construction. Le matériel rocheux n'est pas adéquat pour un mur aussi haut. Le remplacement du mur est recommandé.

Le document à venir va spécifier les différents critères de construction à suivre en fonction de différentes hauteurs de mur à réaliser.

Isabelle Messier ing. (#OIQ 133189)

FIGURE 1

Coupe transversale du mur existant

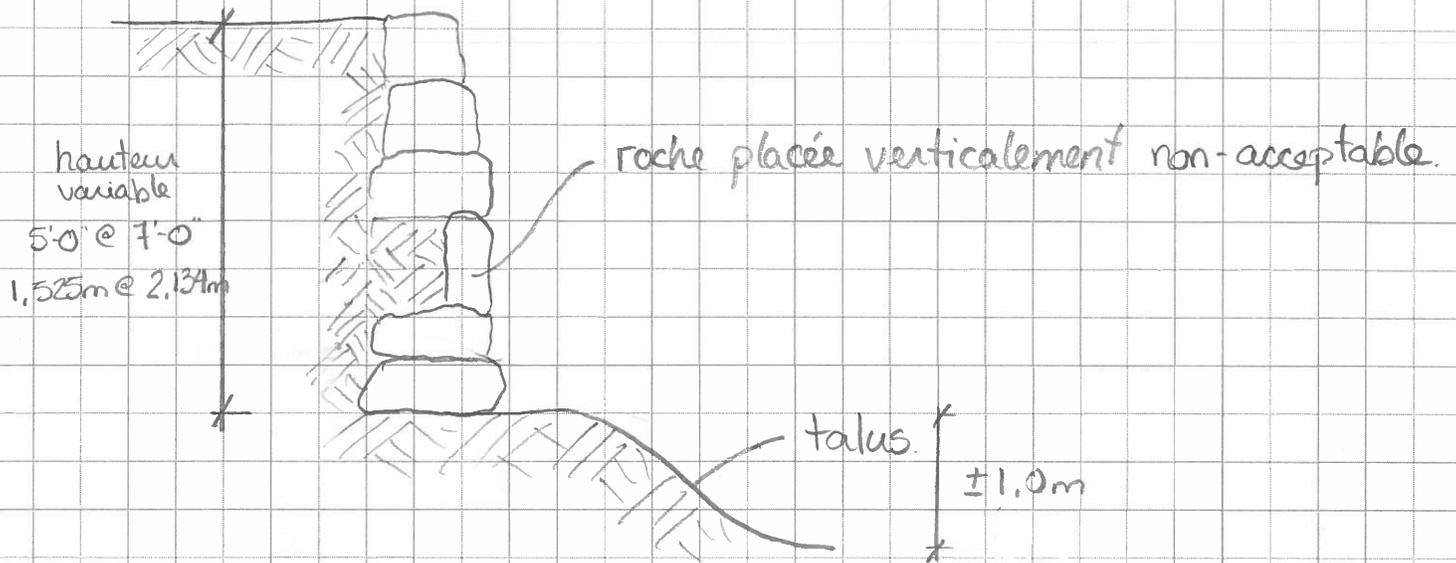


FIGURE 1

Projet: Mur de soutènement Municipalité St-Elzéar

Feuille N° 1 de 1

Date: 4 juin 2020

Objet: Figure 1 => coupe transversale du mur existant.

Par: I.H.

N° de projet: PP20-026

FIGURE 2

Situation de mur basculé vers l'arrière

Mur qui bascule vers l'arrière
générant une composante horizontale
à additionner à la pression active.



FIGURE 2

Projet: Mur de soutènement Municipalité St-Elzéar

Feuille N° 1 de 1

Date: 4 juin 2020

Objet: Figure 2 \Rightarrow mur déversé vers l'arrière

Par: I.M.

N° de projet: PP20-026

ANNEXE

Calculs de stabilité au renversement et au glissement



Calculs Poussée sur le mur

Poids du sol drainé - $20 \text{ kN/m}^3 = \gamma \Rightarrow$ Dans notre cas, il faut au moins considérer le sol non-drainé.

ϕ estimé à 34°

$$K_a = \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} = 0,28.$$

$$\text{Poussée active du sol} = P_a = \frac{\gamma h^2}{2} K_a$$

hauteur du mur varie de $1,5 \text{ m}$ @ $2,134 \text{ m} \Rightarrow$ calcul avec $1,83 \text{ m}$ (6')

La poussée sur le mur provient de la poussée de terres, mais aussi de la charge appliquée sur le sol au haut du mur. Cette charge est estimée à 6 kPa (125 lbs/pi^2).

$$\text{Poussée du sol} = \frac{20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \times 1,83 \text{ m}^2}{2} \times 0,28 = 9,38 \text{ kN/m}$$

$$\text{Poussée provenant de la charge vive} = 6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \times 1,83 \text{ m} \times 0,28 = 3,08 \text{ kN/m}$$

$$\text{Poussée totale} = 9,38 \text{ kN/m} + 3,08 \text{ kN/m} = 12,5 \text{ kN/m}$$

Projet: Mur de soutènement Municipalité St-Elzéar

Feuille N° de

Date:

Objet: Mur localisé entre les rues du Bon et de la T
Calculs de stabilité au renversement
ou glissement

Par:

N° de projet:

Calculs du poids du mur.

masse volumique estimée de la roche = $2200 \text{ kg/m}^3 = 21,6 \text{ kN/m}^3$

40 % vides estimé dans le volume du mur de roche

largeur moyenne du mur = $0,762 \text{ m}$ ($2'-6''$)

poids du mur = $21,6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \times (1-0,4) \times 0,762 \times 1,83 = 18 \text{ kN/m}$

Stabilité au renversement = $\frac{18 \text{ kN/m}}{12,5 \text{ kN/m}} = 1,44 < 2 = \text{insuffisant}$

139% d'utilisation

↙ facteur de sécurité selon le Manuel Canadien des Fondations

Résistance au glissement

angle de frottement entre la roche et le sol = $\delta = 20^\circ$

$F_{rg} = \text{poids mur} \times \tan \delta = 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \times \tan 20^\circ = 6,55 \text{ kN/m de mur}$

$F_{sg} = \frac{F_{rg}}{P_a} = \frac{6,55}{12,55} = 0,52 < 1,5$ insuffisant 288% d'utilisation

↙ facteur de sécurité selon le Manuel Canadien des Fondations

Projet: Mur de soutènement Municipalité St-Elzéar

Feuille N° 2 de 2

Date: 4 Juin 2020

Objet: Mur localisé entre les rues

Par: J.H.

de Baron et de la Tour.

N° de projet: PP20-026

Calculs de stabilité au renversement et au glissement

Photos

La gouttière du
cabanon se vide à
la tête du mur de
soutènement



érosion du sol
sous le cabanon



Les 2 photos montrent encore les problèmes d'érosion du sol sous les fondations du même cabanon.





Le sol se creuse à la tête du mur. Ces tassements différentiels sont tcausé par l'érosion des particules fines qui sortent par les vides entre les roches du mur de soutènement.



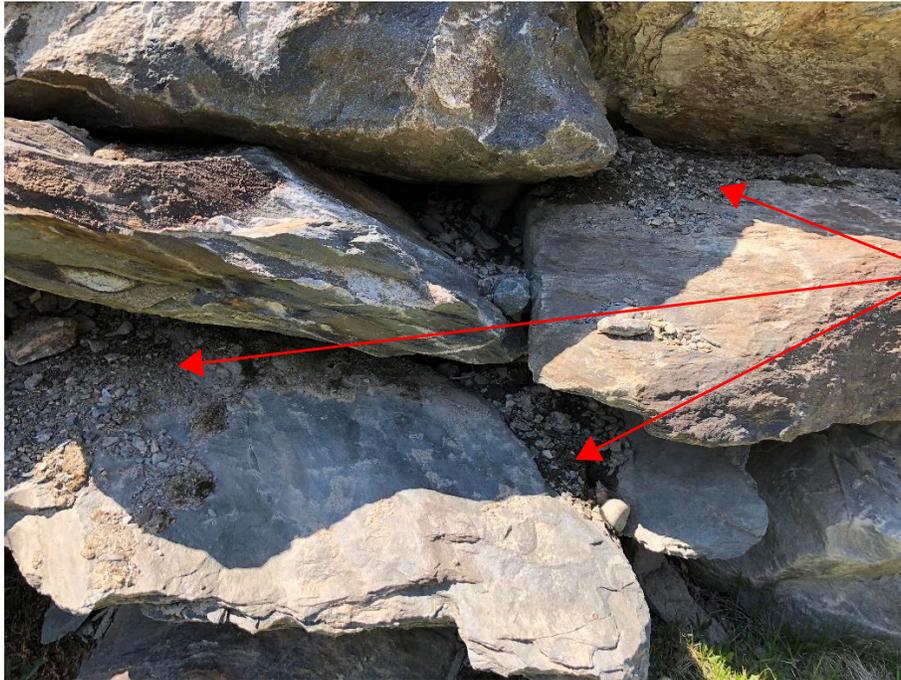
À l'origine, le haut de la cloture était droit.



Le mur de soutènement a glissé vers le module de jeux. Le propriétaire a du modifier à quelques reprises le module pour ramener les colonnes le plus vertical possible



À l'origine, la haie de cèdres était rectiligne. On voit maintenant qu'elle dévie vers la droite.



L'absence de membrane géotextile le long du mur à la vertical laisse les particules fines s'échapper par les vides entre les roches



Roche friable qui présente des fissures



Galets qui se détachent des roches friables.



Les 2 photos montrent des roches qui ont basculé vers l'arrière du mur.



La déformée dans le petit mur de soutènement est le résultat de la pression horizontale du sol à la base du mur de soutènement.



talus à la base du mur



Cette portion de mur aurait été poussée à l'aide d'équipement mécanique pour ramener le mur vertical.