

RAPPORT FINAL

ANALYSE DES ZONES À RISQUE D'ÉBOULEMENT ET CADRE POUR LA RECONSTRUCTION D'HABITATION

LE TERRITOIRE DE LA VILLE DE MONT-SAINT-HILAIRE (QUÉBEC)

CODE CLIENT : **STHILA101**

N/RÉF. : **XA-26-0530-00**

V/RÉF. : **AM 26-20**

UN RAPPORT ÉCORESPONSABLE / UNE EXPERTISE DURABLE



Ingénierie
des matériaux



Laboratoire



Métallurgie



Science
du bâtiment



Hygiène
industrielle



Géotechnique



Environnement



Mécanique
des roches



Géophysique



Préparé par

Saeed Kharaghani, ing., Ph. D.

Directeur de projets | Mécanique des roches

N° OIQ : 5010487



Vérifié par

Antoine Perrot, ing., M. Ing., PMP

Gestionnaire d'équipe | Mécanique des

N° OIQ : 6013456

CONFIDENTIEL

Rapport présenté à :

Monsieur Benoit Larivière urb.
Directeur
Service de l'aménagement du territoire et de
l'environnement
Ville de Mont-Saint-Hilaire
100, rue du Centre-Civique
Mont-Saint-Hilaire (Québec) J3H 3M8

Code client : **STHILA101**

N/Réf. : **XA-26-0530-00**

V/Réf. : **AM 26-20**

Ce document est présenté et destiné à l'attention exclusive du directeur du service de l'aménagement du territoire et de l'environnement de la ville de Mont-Saint-Hilaire Monsieur Benoit Larivière urb., et n'a été distribué ni transmis à aucun autre organisme, ministère, gouvernement ou individu. Ce rapport contient des informations qui sont légalement privilégiées et de nature confidentielle.

Toute diffusion, partielle ou complète, de quelque manière que ce soit, est strictement interdite sans l'obtention préalable du consentement écrit de la **ville de Mont-Saint-Hilaire** et **Groupe ABS inc.**

REGISTRE DES RÉVISIONS ET ÉMISSIONS

N° RÉVISION	DATE	DESCRIPTION MODIFICATION ET/OU ÉMISSION
00	2026-07-15	Rapport pour commentaires
00	2026-07-30	Rapport final

DISTRIBUTION

DESCRIPTION	NOM(S) FONCTION
Une copie électronique en format PDF	Monsieur Benoit Larivière urb. Directeur

TABLE DES MATIÈRES

1.0	INTRODUCTION	1
1.1	LOCALISATION.....	1
1.2	PORTÉE DE L'ANALYSE	1
2.0	DESCRIPTION DU SITE	3
2.1	DESCRIPTION SOMMAIRE DU SITE	3
2.2	CONTEXTE GÉOLOGIQUE	4
3.0	ANALYSE DOCUMENTAIRE	6
3.1	DOCUMENTS CONSULTÉS	6
3.2	ÉTUDES ANTÉRIEURES ET HISTORIQUE DU SITE	6
3.3	SYNTHÈSE DES RAPPORTS DE QUÉFORMAT	7
4.0	RÉSUMÉ DE LA VISITE.....	8
5.0	CONCLUSIONS DE LA VISITE.....	12
5.1	CARTOGRAPHIE GÉOLOGIQUE SOMMAIRE	12
5.2	CLASSIFICATION DU MASSIF ROCHEUX	13
6.0	ANALYSE STÉRÉOGRAPHIQUE ET CINÉMATIQUE	14
6.1	TRAITEMENT STATIQUE ET FAMILLES IDENTIFIÉES	14
6.2	ANALYSE CINÉMATIQUE ET MODE DE RUPTURE	15
7.0	ANALYSE DES CHUTES DE BLOCS.....	18
7.1	REPÉRAGE DES SECTEURS CRITIQUES	18
7.2	ANALYSE DES PROFILS TOPOGRAPHIQUES ET CONDITIONS DE CHUTES DE BLOCS	18
7.4	BILAN DU DIAGNOSTIC GLOBAL	20
7.5	COMPARAISON AVEC LA ZONE DE CONTRAINTE RÉGLEMENTAIRE ACTUELLE	20
8.0	RECOMMANDATIONS	21
8.1	VALIDITÉ DES LIMITES ACTUELLES	21
8.2	CONDITIONS DE RECONSTRUCTION SÉCURITAIRE	22
8.3	EXIGENCES POUR L'ATTESTATION INDIVIDUELLE	23
8.4	MESURES D'ATTÉNUATION, SI REQUISES.....	24
8.5	CONTRAINTES D'ACCÈS ET CONSIDÉRATIONS DE SÉCURITÉ	25
9.0	PORTÉE, UTILISATION DU RAPPORT ET LIMITATION DE RESPONSABILITÉ.....	26

LISTE DES TABLEAUX

TABEAU 1 : CLASSIFICATION DU MASSIF ROCHEUX SELON L'INSPECTION VISUELLE DE LA PAROI	13
---	----

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : VUE EN PLAN ET DÉLIMITATION DE LA ZONE À RISQUE D'ÉBOULEMENT	1
FIGURE 2 : ILLUSTRATION DE LA DISTRIBUTION DES PRINCIPALES FAMILLES DE DISCONTINUITÉS SUR LES DEUX PAROIS	12
FIGURE 3 : PROJECTION STÉRÉOGRAPHIQUE DES DISCONTINUITÉS OBSERVÉES SELON LEUR AZIMUT ET PENDAGE	15
FIGURE 4 : MODES DE GLISSEMENT POSSIBLES SUR LE SITE À L'ÉTUDE (MODÈLE TIRÉ DE HOEK, 2009)	15
FIGURE 5 : LES PRINCIPAUX MODES DE GLISSEMENT POSSIBLES SUR LES PAROIS	17
FIGURE 6 : EXEMPLES D'ATTÉNUATEURS UTILISANT DES INSTALLATIONS D'ÉCRAN DYNAMIQUE	25

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : RAPPORT D'INSPECTION

ANNEXE 2 : RAPPORT PHOTOGRAPHIE

ANNEXE 3 : ANALYSE ROCFALL2

ANNEXE 4 : PLAN DE ZONAGE (EXTRAIT DU RAPPORT QUÉFORMAT 2003)

Les services de Groupe ABS inc. (ABS) ont été retenus afin d'effectuer une analyse globale du secteur visé pour évaluer la possibilité d'établir un cadre permettant la reconstruction sécuritaire en zone à risque d'éboulement. Les résultats de cette analyse seront consignés dans un rapport à caractère réglementaire destiné à soutenir les démarches nécessaires auprès des autorités municipales compétentes. Ce mandat est exécuté dans des limites géographiques et documentaires strictes afin de fournir une évaluation technique rigoureuse, proportionnée aux enjeux de sécurité publique du secteur.

Le mandat vise un secteur résidentiel de la Ville de Mont-Saint-Hilaire situé à proximité des rues Cardinal, Ernest-Choquette, Édouard-Clerk et Lacroix. Ce secteur s’inscrit dans un contexte où certaines propriétés privées sont directement assujetties à une zone de contrainte associée au risque d’éboulement rocheux. La figure suivante (Figure 1) présente la vue en plan ainsi que la délimitation de la zone à risque d’éboulement englobant les habitations du secteur à l’étude.

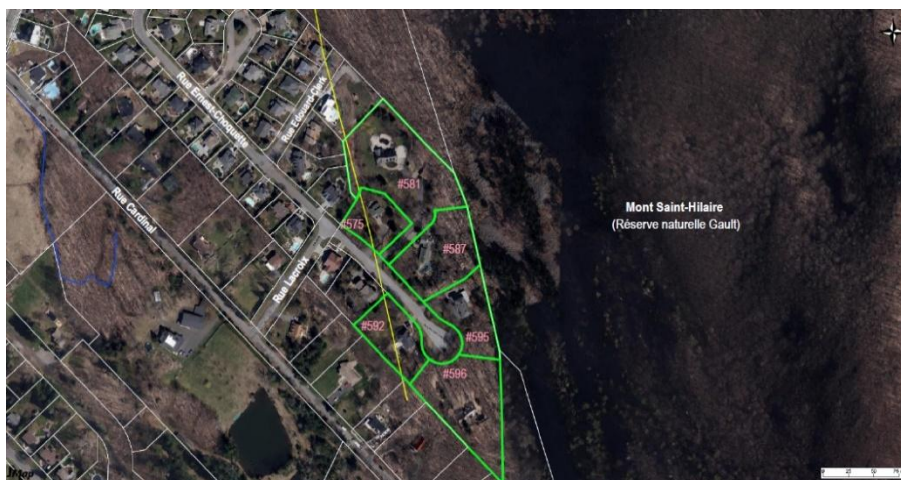


Figure 1 : Vue en plan et délimitation de la zone à risque d'éboulement

Ce mandat est exécuté dans des limites géographiques et documentaires strictes afin de fournir une évaluation technique rigoureuse, proportionnée aux enjeux de sécurité publique du secteur. Spatialement, la portée de cette analyse exhaustive se limite au corridor résidentiel du Mont-Saint-Hilaire, délimité par les rues Cardinal, Ernest-Choquette, Édouard-Clerk et Lacroix, où les cours arrière des propriétés privées jouxtent directement le pied du versant de la Réserve naturelle Gault. L'étude porte plus particulièrement sur la paroi rocheuse, d'environ 270 m de long, identifiée lors de la visite du site du 30 avril 2026, et notamment sur sa zone d'influence immédiate, estimée s'étendre de 5 m à 15 m à l'intérieur des terres à partir de la crête. Du point de vue temporel et technique, l'étude se limite à la validation et à la mise à jour des enveloppes de trajectoire historiques établies dans les secteurs E2, P30,

H68 et H75 par la firme Quéformat entre 1991 et 2003. L'évaluation des risques repose sur l'état mécanique actuel de la paroi rocheuse – caractérisé par l'absence d'écaillage récent et de gel actif au printemps 2026 – sans tenir compte des modifications anthropiques futures du terrain ni des vibrations exceptionnelles hors des normes sismiques normales. Enfin, le présent rapport vise à établir la validité réglementaire de la zone de contrainte actuelle (Annexe 3 du règlement de zonage n° 1235) et à définir les critères d'ingénierie minimaux requis pour la délivrance des certificats techniques individuels. Bien que l'analyse oriente le choix conceptuel d'une méthode de protection passive en privilégiant l'écran dynamique face au remblai, la production des plans de construction définitifs, le calcul précis des ancrages structurels dans la roche et le suivi d'un programme préliminaire d'écaillage font l'objet de livrables d'ingénierie distincts et ne sont pas inclus dans le champ d'application de ce diagnostic global.

2.0 DESCRIPTION DU SITE

2.1 DESCRIPTION SOMMAIRE DU SITE

Le mandat vise un secteur résidentiel de la Ville de Mont-Saint-Hilaire situé à proximité des rues Cardinal, Ernest-Choquette, Édouard-Clerk et Lacroix. Ce secteur s'inscrit dans un contexte où certaines propriétés privées sont directement assujetties à une zone de contrainte associée au risque d'éboulement rocheux (le schéma d'aménagement révisé de la MRC de la Vallée-du-Richelieu identifie ce secteur comme une zone présentant des risques élevés de chute de blocs). Le secteur à l'étude s'implante plus précisément au pied des escarpements rocheux du Mont-Saint-Hilaire (secteurs du Pain-de-Sucre et de la Montagne-du-Brûlé), en bordure immédiate d'un développement résidentiel établi le long de ces rues. Le site d'intérêt se caractérise par une interface abrupte et boisée où les cours arrière des propriétés privées voisinent directement les limites de la Réserve naturelle Gault.

Les relevés et observations consignés lors de la visite du 30 avril 2026, couplés à la révision des données géotechniques historiques, permettent de dresser le portrait géométrique et morphologique sommaire suivant :

- **Linéaire et emprise de la paroi** : Le front rocheux analysé présente un développement linéaire continu d'environ 270 m, correspondant spécifiquement au tronçon identifié entre les stations 6 et 9 dans le rapport géotechnique historique de la firme Quéformat (2003). Ce front complexe ne se limite pas à un escarpement unique, mais se compose plutôt de plusieurs parois rocheuses étagées à différentes altitudes :
 - **Partie inférieure du front rocheux** : Elle correspond aux affleurements rocheux directement observés et mesurés au pied du versant lors de l'inspection, affichant des hauteurs de paroi variant de 10 à 20 m et une profondeur d'influence variant de 5 à 15 m en retrait de la crête;
 - **Parties supérieures et escarpements sommitaux** : Afin de caractériser l'ensemble du massif s'étendant sur les hauteurs de la montagne (inaccessibles par cheminement piétonnier);
- **Profil et inclinaison du versant** : La paroi naturelle présente un profil escarpé non excavé avec des pentes fortes à subverticales comprises entre 60° et 80°. Le pied de ce front rocheux débouche sur un talus d'éboulis historique caractérisé par une topographie très accidentée et un encombrement de surface important par des débris rocheux métastables ;
- **Contexte structural et hydrogéologique** : Le massif rocheux, marqué par une altération et une météorisation observable, est intensément découpé par plusieurs familles de joints et de discontinuités critiques créant des surplombs et des blocs isolés fissurés. De plus, des infiltrations et des résurgences d'eau actives sont visibles en paroi, augmentant la vulnérabilité du site aux cycles de gel-dégel ;

- **Contraintes d'accès et d'aménagement** : En raison de la densité de la végétation, de la topographie du talus et de la proximité immédiate des habitations construites en aval, il n'existe actuellement aucun moyen d'accès ou de sortie carrossable adéquat pour l'acheminement d'équipements lourds de chantier au pied de la paroi.

2.2 CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Le secteur à l'étude s'inscrit au sein d'une structure géologique remarquable du sud du Québec, soit l'intrusion complexe du mont Saint-Hilaire, qui constitue l'un des membres les plus alcalins et les mieux différenciés de la province pétrographique des collines montérégiennes. Selon les données de cartographie et de compilation géoscientifique officielles du SIGÉOM (Système d'information géominière du Québec), cette intrusion d'âge Crétacé inférieur (mise en place vers 124 à 120 Ma) a percé passivement la séquence sédimentaire ordovicienne préexistante des Basses-Terres du Saint-Laurent.

Les données du SIGÉOM permettent de distinguer deux grands ensembles lithologiques et structuraux qui contrôlent directement la morphologie escarpée de la paroi de 270 m faisant l'objet de la présente analyse :

- **Le cœur intrusif igné (Secteur Ouest / Pain-de-Sucre)** : La section inspectée correspond principalement à la suite du Pain-de-Sucre. Les lithologies dominantes y sont composées d'une succession concentrique de roches mafiques à intermédiaires résistantes, incluant des gabbros à kaersutite, des gabbros anorthositiques, des monzonites et des diorites à néphéline. Ces roches ignées massives se caractérisent par une excellente résistance mécanique intrinsèque, mais elles ont subi d'importantes contraintes de relaxation post-glaciaire ;
- **L'auréole de métamorphisme de contact (Cornéennes)** : Au contact direct de l'intrusion, les shales calcaireux, les siltstones et les calcaires de l'Ordovicien supérieur (Groupes d'Utica et de Lorraine) ont été intensément cuits et transformés sur un ruban de moins de 150 m en une roche métamorphique ultra-dense et cassante : la cornéenne (*hornfels*). Les falaises abruptes du secteur d'étude résultent de ce contraste de dureté, où la cornéenne et le gabbro résistent à l'érosion régionale et forment le relief subvertical actuel.

D'un point de vue structural, les levés du SIGÉOM confirment que le massif n'est pas homogène. Il est affecté par un réseau de décompression structural majeur. Lors du retrait des glaciers quaternaires, la détente des contraintes lithostatiques (relaxation) a provoqué le développement de fractures de décollement subparallèles à la topographie, créant des structures en « plaques » (*slabs*) de 0,5 à 1,5 m d'épaisseur.

Ce réseau de relaxation est recoupé orthogonalement par les familles de diaclases régionales (notamment les réseaux subverticaux orientés N-S à N020°E et E-O). C'est l'intersection géométrique de ces structures de décompression avec les familles de joints régionaux, documentée dans la base de données du SIGÉOM,

qui fragmente le front rocheux en blocs polyédriques et génère les surplombs métastables identifiés en paroi. Ce découpage structural dicte le mode de rupture du massif (glissement de blocs et basculement).

3.0 ANALYSE DOCUMENTAIRE

3.1 DOCUMENTS CONSULTÉS

Dans le cadre de la réalisation de la présente étude, les documents suivants, transmis par le client, ont été consultés :

- Habitations situées dans la zone à risque d'éboulement, Ville de Mont-Saint-Hilaire, préparé par B. Larivière, urb, date février 2026;
- Carte du périmètre de sécurité et d'observation sur le terrain, Quéformat, approuvé par M.G. Tanguay, ing. PhD, juin 1991;
- L'analyse repose également sur la matrice graphique des propriétés problématiques, sur l'Annexe 3 du règlement de zonage numéro 1235 de la Ville de Mont-Saint-Hilaire relative aux zones à risque d'éboulement, ainsi que sur le cadre réglementaire municipal en vigueur.

3.2 ÉTUDES ANTÉRIEURES ET HISTORIQUE DU SITE

Les rapports de Quéformat produits en 1991, 1997 et 2003 présentent d'abord les conclusions de plusieurs experts s'étant penchés sur la stabilité des talus et des falaises du Mont-Saint-Hilaire entre 1979 et 1990.

- Udd (1979) – Masse de la « Tour Rouge » : Cette étude portait sur une fissure ouverte de 13 à 18 pouces, d'une profondeur de 25 pieds, menaçant le Foyer Savoy. L'auteur y décrit un réseau de diaclases comportant trois à quatre familles et conclut que cette masse est en voie de renversement par l'effet de coin dû à la glace. Il recommandait une auscultation permanente et la conception d'une méthode de stabilisation;
- Peckover (1980) – Mesures de protection au Foyer Savoy : Cet expert a évalué les risques de chutes de blocs pour le Foyer Savoy et a recommandé l'aménagement d'une tranchée d'interception couplée à une barrière en terre, soit un merlon, entre le bâtiment et la falaise. Il mentionne la présence de nombreux autres blocs à stabilité marginale;
- Durville (1980) – Délimitation de l'aléa : Travaillant pour le ministère de l'Énergie et des Ressources, cet auteur a tracé une première ligne englobant les zones à risque du côté nord-ouest. Il recommandait d'éviter les constructions dans ce périmètre et de mandater des experts pour formuler des mesures protectrices;
- Sinh, Philibert et Ballivy (septembre et octobre 1980) – Protection et dynamitage : Ces rapports proposaient la méthode d'exécution pour purger la falaise en faisant tomber la « Tour Rouge » et les blocs instables environnants. Ils décrivent également trois familles de diaclases et détaillent la réalisation de la tranchée et du merlon de protection du Foyer Savoy;
- Ballivy (1990) – Évaluation post-dynamitage : Réalisé après le dynamitage de la « Tour Rouge » en 1981, ce rapport conclut que la tranchée et le merlon sont hautement sécuritaires puisque les

blocs dynamités ne s'y sont pas rendus. L'auteur y établit que la limite des éboulements possibles correspond au pied du talus actuel et insiste sur l'interdiction de couper des arbres, préconisant plutôt le reboisement comme protection naturelle;

- Vallée (1990) – Lots 236 et 239, flanc nord : Basé sur des observations réalisées au printemps, ce rapport note des blocs de volumes considérables, de l'ordre de 10 à 12 m cubes, ayant déboulé jusqu'à une distance de 45 à 50 m. Il conclut au maintien d'une zone de sécurité de 45 m et recommande de laisser les gros blocs au sol, car ils freinent l'avancée d'éboulis futurs;
- Tanguay (1990) – Analyse du flanc nord : Portant sur le même terrain que Vallée (1990), cette étude confirme le rôle du gel hivernal et de la glace printanière dans le détachement des blocs. Constatant la présence d'une forêt mature faisant office de barrière naturelle, l'auteur recommandait une bande neutre non constructible de 40 à 50 m le long du pied de la falaise, l'installation d'une clôture d'accès et la préservation absolue du boisé.

3.3 SYNTHÈSE DES RAPPORTS DE QUÉFORMAT

Rapport de 1991 (Quéformat) : Visait à évaluer la stabilité des parois rocheuses situées au nord-ouest de la montagne, à proximité des développements résidentiels, et à caractériser l'aléa de chutes de pierres ou de blocs. L'objectif principal était de définir la ligne de risque, ou zone de contrainte, afin de protéger les infrastructures et les résidences en aval. L'étude mettait en évidence un profil abrupt de falaise avec des pentes très raides à subverticales, un massif de gabbro/diorite et de cornéennes, ainsi qu'un réseau de discontinuités (joints et fractures de décompression) découpant le massif en blocs polyédriques distincts. Les recommandations comprenaient le maintien d'une marge de recul pour éviter toute construction lourde ou agrandissement, ainsi que des mesures de contrôle passives (fossés de réception ou clôtures de protection en bas de talus).

Rapport de 2003 (Quéformat) : Portait sur les conditions de stabilité des pentes du secteur du « Pain-de-Sucre », situé dans la partie ouest du massif. Il a recensé plusieurs facteurs d'instabilité majeurs : la gravité, la relaxation post-glaciaire qui fracture la roche en plaques, les réseaux de fractures fragmentant le massif, le gel-dégel propice à la propagation des diaclases et à la création de pressions hydrauliques/cascades de glace, les variations thermiques diurnes, les séismes et le glissement des blocs sur la neige ou la glace en hiver. Le rapport classait les mouvements observés en quatre types : le *creep* (rampement), les chutes de blocs, les renversements et le glissement de blocs. Concluant que la zone est active et que les éboulements se répéteront, l'expert stipulait d'appliquer rigoureusement les recommandations antérieures : gestion des eaux en pied de talus, protection forestière stricte avec interdiction de déboisement et aménagement de clôtures de sécurité.

4.0 RÉSUMÉ DE LA VISITE

La reconnaissance visuelle des parois rocheuses à proximité des habitations concernées s'appuie sur la visite de terrain effectuée le 30 avril 2026 par un représentant en ingénierie géotechnique de Groupe ABS inc. (ABS). Cette investigation visait à établir les conditions géologiques du site, caractériser l'état de fracturation, examiner les trajectoires des blocs gisant au sol et évaluer les contraintes logistiques.

Le front rocheux analysé présente un développement linéaire continu d'une largeur d'environ 270 m le long du versant. Lors de cette visite, une structure de falaise complexe a été observée, se déployant en plusieurs parois rocheuses distinctes étagées à différentes hauteurs sur le versant de la montagne. Cette configuration multiniveau combine des escarpements inférieurs verticaux à subverticaux et des gradins rocheux intermédiaires en retrait, entrecoupés de replats structuraux où s'accumulent de la litière forestière, des débris sédimentaires et une couverture forestière plus ou moins dense. La hauteur cumulée des escarpements varie de 10 m à 20 m, la profondeur du massif impliqué en retrait de la crête oscille entre 5 m et 15 m, et les pentes locales des parois se situent entre 60° et 80°. La paroi n'étant pas excavée (profil naturel), les observations confirment un contexte structural complexe.

La reconnaissance sur le terrain a débuté au droit de la propriété sise au 581, rue Ernest-Choquette. Un bloc rocheux métrique de grande dimension a été répertorié à proximité immédiate de la zone de transition (photographie 1), témoignant de la portée des événements d'éboulement historiques dans ce secteur. Un sentier pédestre abrupt permet d'accéder aux parois depuis la base du versant (photographie 2). L'inspection s'est conclue par une descente vers le terrain de la résidence située au 595, rue Ernest-Choquette.



Photographie 1 : Un bloc s'étant déplacé antérieurement jusqu'à cet emplacement



Photographie 2 : Un accès permet de se rendre vers les parois

L'inspection a permis de cartographier directement et de répertorier deux zones d'éboulement (couloirs de débris) distinctes et actives (*photographies 3 et 4*) :

- **La première zone d'éboulement (portion nord-ouest)** : Correspond à un couloir actif où les cicatrices d'arrachement en paroi sont fraîches et exemptes de patine ou de lichens. Au pied de celle-ci, le talus est constitué d'un amas lâche de blocs anguleux métastables de taille métrique, démontrant une activité érosive récente et récurrent;
- **La deuxième zone d'éboulement (portion sud, Pain-de-Sucre)** : Se caractérise par un glissement de blocs volumineux et de dalles rocheuses tabulaires qui ont dévalé le versant pour s'immobiliser à la transition entre le talus de gravier et les limites de propriétés privées (notamment près du n° 595). Cette zone montre des signes de déstabilisation structurale à grande échelle, où des masses rocheuses d'envergure se trouvent actuellement dans un équilibre précaire en raison de la perte de leurs appuis inférieurs.



Photographie 3 : Secteurs de déboulis



Photographie 4 : Secteurs de déboulis

Bien que la densité arboricole et la végétation arbustive masquaient localement la surface rocheuse (*photographies 5 et 6*), les zones à nu ont permis un accès direct au roc sain (*photographies 7 et 8*) afin de procéder aux mesures systématiques des familles de discontinuités majeures et mineures (persistance, ouverture, espacement et orientation).



Photographie 5 : Secteurs avec la présence d'arbustes et de végétation



Photographie 6 : Secteurs avec la présence d'arbustes et de végétation



Photographie 7 : Paroi rocheuse



Photographie 8 : Paroi rocheuse (la présence de surplombs)

Le massif, constitué principalement de roches ignées et métamorphiques denses, présente des signes évidents d'altération superficielle et de météorisation active (*photographies 9 et 10*). Des indices critiques d'instabilité ont été cartographiés, notamment des fissures de relaxation ouvertes (*photographie 12*), des blocs isolés instables (*photographie 11*) et de nombreux surplombs structuraux au droit des parois subverticales (*photographie 8*).



Photographie 9 : La présence d'altération et de météorisation



Photographie 10 : La présence d'altération et de météorisation



Photographie 11 : La présence de blocs instables



Photographie 12 : La présence de fissures clairement visibles

Ces éléments confirment un fort potentiel de détachement et de propagation. L'inspection s'est conclue par une descente vers le terrain de la résidence située au 595, rue Ernest-Choquette. La documentation photographique complète est disponible en annexe 2 du présent rapport.

5.0 CONCLUSIONS DE LA VISITE

5.1 CARTOGRAPHIE GÉOLOGIQUE SOMMAIRE

Compte tenu de l'extension linéaire du site, deux parois rocheuses représentatives ont été sélectionnées pour servir de modèles géométriques et structuraux de référence, une approche dont les conclusions analytiques pourront être appliquées par analogie aux autres parois du massif présentant des caractéristiques similaires.

Une cartographie structurale sommaire a été établie au droit de ces deux parois afin de définir les mécanismes de rupture cinématique et les paramètres d'entrée pour les analyses de trajectographie :

- Première paroi témoin : Présente une orientation globale (azimut) de 275° et un pendage quasi vertical variant entre 80° et 90°;
 - Deuxième paroi témoin : Présente une orientation de 270° et un pendage vertical franc de 90°.
- Les hauteurs locales de ces deux parois d'affleurement varient approximativement entre 5 m et 8 m.

La distribution spatiale, le recoupement et les conditions des principales familles de diaclases cartographiées sur ces parois sont illustrés à la *Figure 2*.

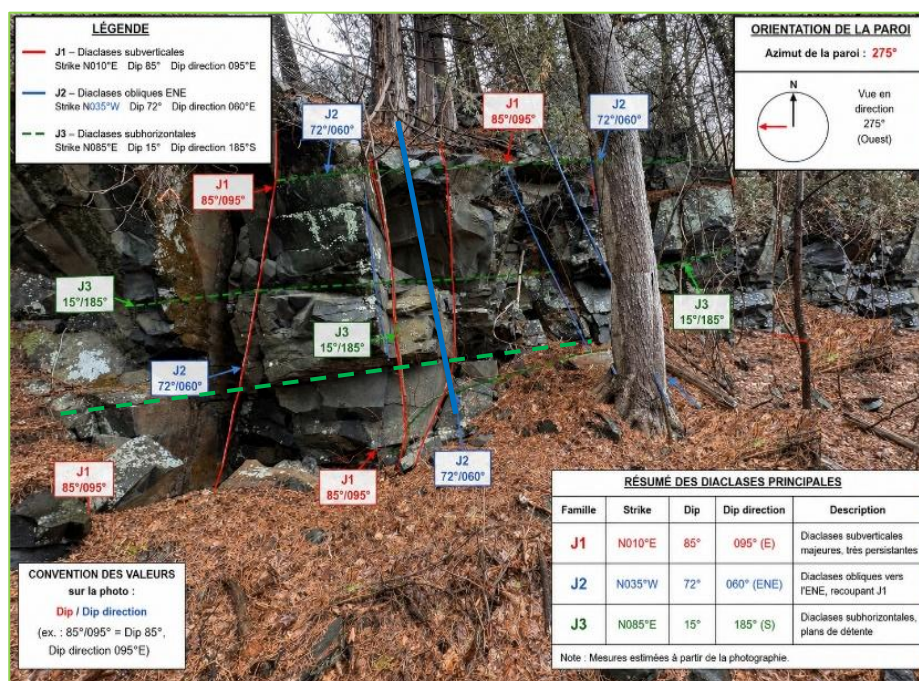


Figure 2 (a) : Illustration de la distribution des principales familles de discontinuités sur la paroi 1

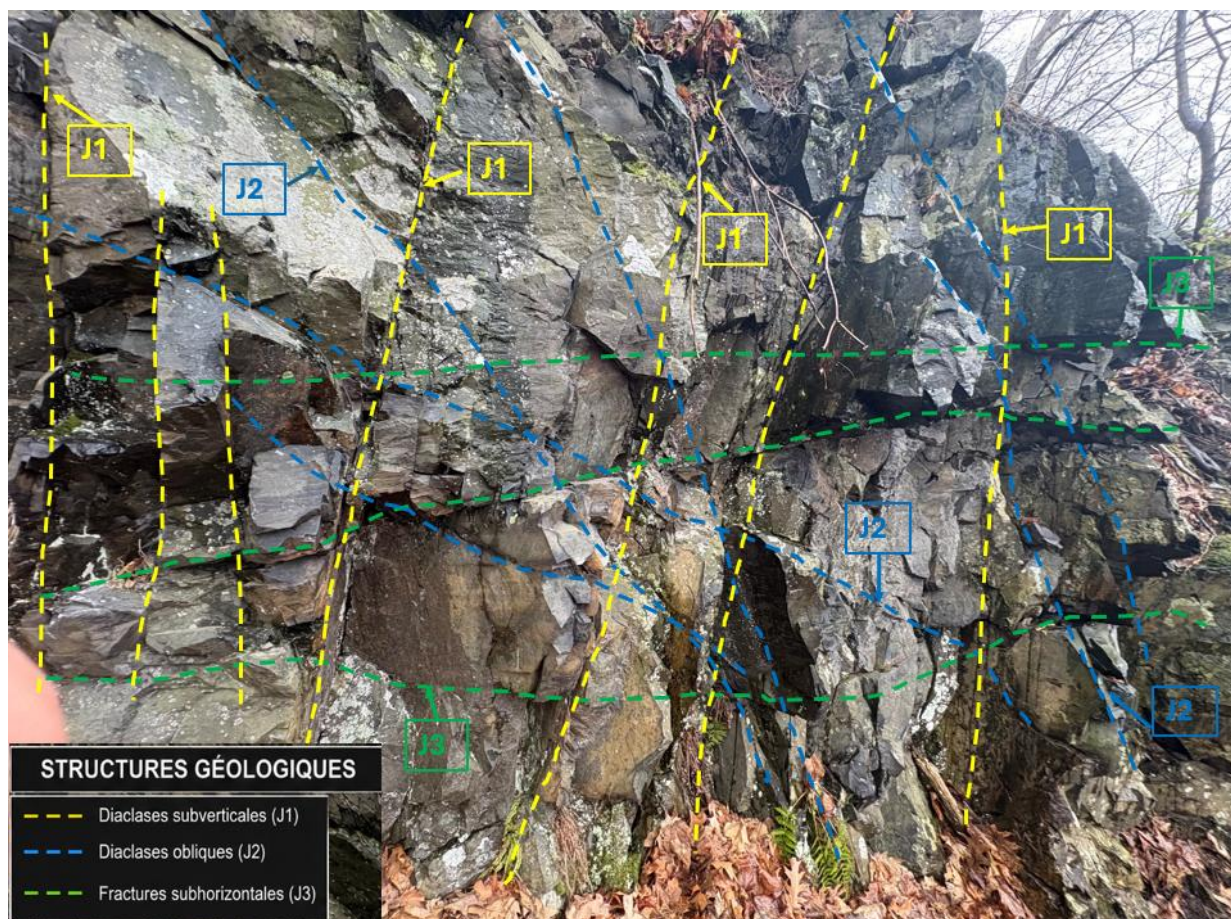


Figure 2 (b) : Illustration de la distribution des principales familles de discontinuités sur la paroi 2

5.2 CLASSIFICATION DU MASSIF ROCHEUX

L'indice de résistance géologique GSI (Geological Strength Index) a été employé pour caractériser la qualité globale de la masse rocheuse et estimer la réduction de sa résistance mécanique par rapport au roc intact en fonction du degré de fracturation et de l'état des joints. Cet indice a été évalué sur le site à l'aide de la charte de Marinos et Hoek (2005), en corrélant les observations visuelles avec l'estimation de l'indice RQD (Rock Quality Designation) du massif affleurant.

Le RQD, qui mesure le degré de fragmentation du massif, indique une variabilité structurale se déclinant en deux domaines géotechniques distincts le long de la paroi:

TABLEAU 1 : CLASSIFICATION DU MASSIF ROCHEUX SELON L'INSPECTION VISUELLE DE LA PAROI

UNITÉ LITHOLOGIQUE / SECTEUR DE PAROI	VALEUR RQD ESTIMÉE (%)	COTE GSI DÉTERMINÉE	QUALITÉ GLOBALE DU MASSIF
Massif altéré et zones de débris (Secteurs des couloirs actifs)	25-50	21-40	Pauvre à médiocre (Massif très fracturé / joints altérés)
Massif sain et dômes subverticaux (Secteurs des parois témoins)	50-75	41-60	Moyenne (Massif bloquant / emboîté, joints sains)

6.0 ANALYSE STÉRÉOGRAPHIQUE ET CINÉMATIQUE

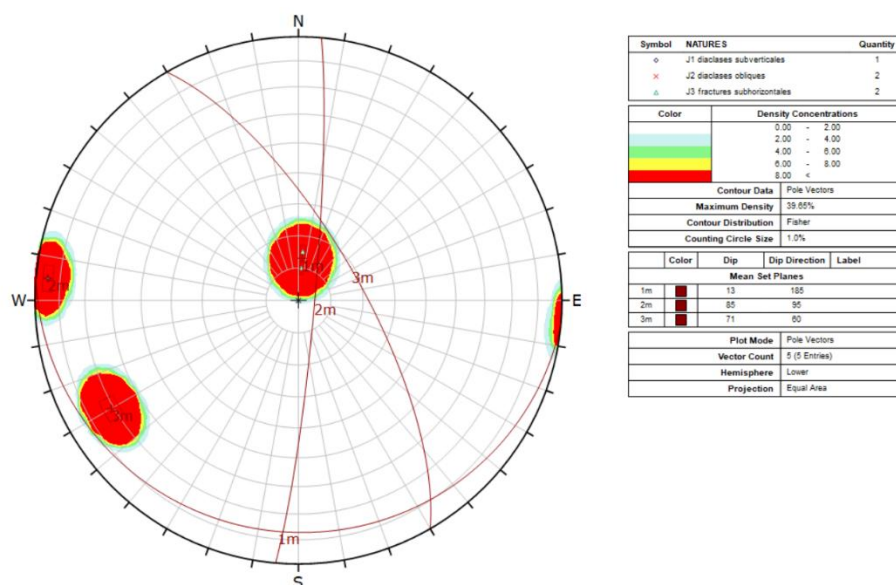
6.1 TRAITEMENT STATIQUE ET FAMILLES IDENTIFIÉES

Les mesures d'orientation des discontinuités recueillies sur le site ont été traitées statistiquement et projetées sur canevas stéréographique au moyen du logiciel **DIPS** (Rocscience). La correction de Terzaghi a été appliquée aux données afin de corriger les biais d'échantillonnage directionnel et d'obtenir une densité de concentration représentative de l'état de fracturation réel du massif rocheux.

L'analyse stéréographique a mis en évidence la prépondérance de trois (3) principales familles de joints structurales, homogènes sur les deux parois témoins :

- J1 (Diaclasses subverticales) : Orientation moyenne (Dip/Dip Direction) de 85° / 095° (Strike N010°E). Il s'agit de discontinuités majeures, très persistantes, subparallèles au front de taille et dictant le détachement des dalles;
- J2 (Diaclasses obliques ENE) : Orientation moyenne de 71° à 72° / 060° (Strike N035°W), recoupant la famille principale J1;
- J3 (Fractures subhorizontales) : Orientation moyenne de 13° à 15° / 185° (Strike N085°E). Ces joints correspondent aux plans de détente et de relaxation post-glaciaire du massif, agissant comme bases de glissement ou de déchaussement.

La distribution des pôles et les contours de densité de concentration associés à ces familles pour les parois 1 et 2 sont présentés à la *Figure 3*.



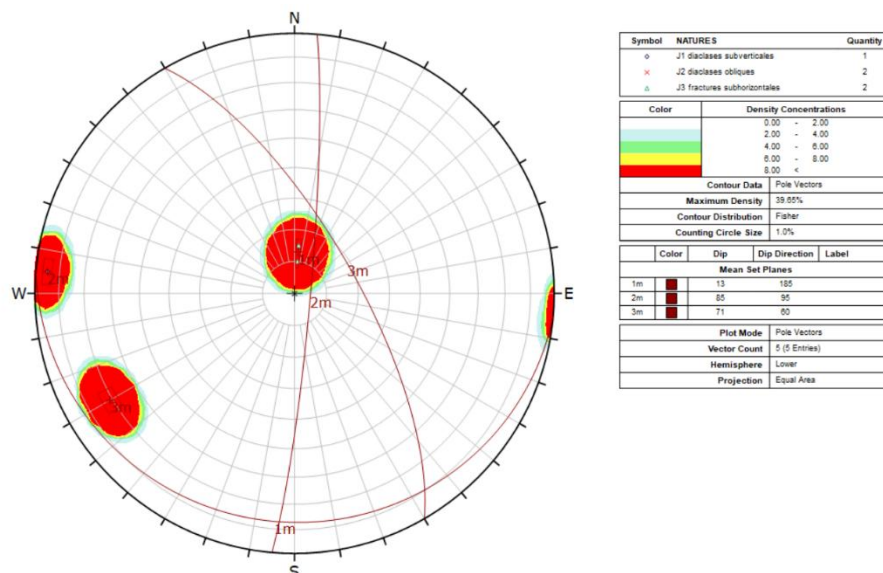


Figure 3 : Projection stéréographique des discontinuités observées selon leur azimut et pendage (paroi 1 et 2)

6.2 ANALYSE CINÉMATIQUE ET MODE DE RUPTURE

D'abord, nous présenterons les modes possibles de glissement des parois cartographiées. Les modes de glissement et de détachement potentiels dans le massif rocheux du Pain-de-Sucre sont intimement liés aux structures géologiques héritées, à l'orientation des discontinuités majeures et à la géométrie abrupte de la falaise. Dans ce type de versant rocheux naturel à forte inclinaison, les instabilités se manifestent principalement par des chutes libres, des glissements polyédriques et des basculements de blocs formés par l'intersection des réseaux de joints. La Figure 4 illustre de façon schématique les types généraux d'instabilités mécaniques susceptibles de se produire sur un front rocheux.

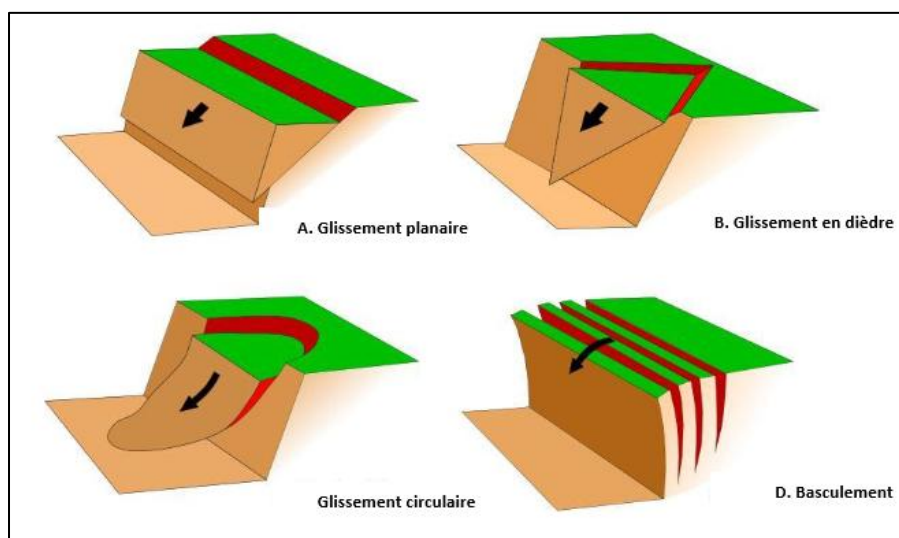
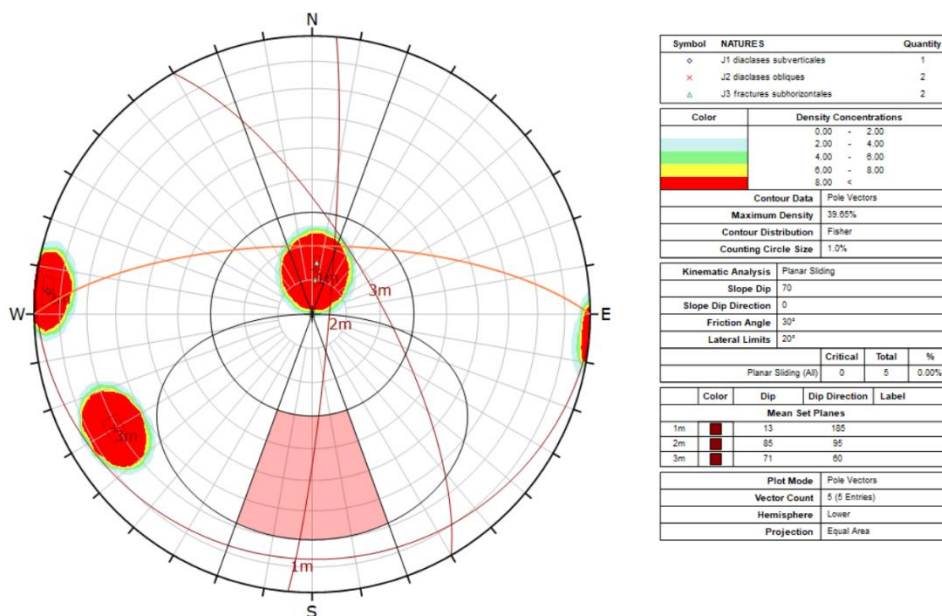


Figure 4 : Modes de glissement possibles sur le site à l'étude (modèle tiré de Hoek, 2009)

Les caractéristiques des différents modes de glissements sont les suivantes :

- **Glissement planaire** : Ce type d'instabilité survient lorsque des plans de faiblesse orientés parallèlement à la pente permettent le glissement d'un bloc rocheux le long de ces plans;
- **Glissement en dièdre** : Il s'agit d'un glissement le long de deux (2) plans de faiblesse qui se croisent, formant un dièdre. Ce mode est caractérisé par un mouvement de glissement le long des lignes d'intersection de ces plans;
- **Glissement circulaire** : Ce glissement est caractérisé par une rupture de pente où la masse rocheuse se déplace le long d'une surface de glissement courbe. Bien qu'il soit moins probable que ce glissement se produise sur la paroi rocheuse elle-même, ce type de glissement est possible sur le remblai accumulé au pied de la paroi;
- **Basculement (*Toppling*)** : Ce mode d'instabilité se produit lorsque des blocs rocheux sont poussés à basculer autour d'une ligne de pivot en raison de leur poids et de la gravité, souvent en présence de fractures verticales ou inclinées.

L'analyse cinématique subséquente a été menée pour évaluer les modes de rupture géométriquement admissibles (glissement plan, basculement, rupture en coin) sous l'effet de la gravité, en considérant un angle de friction résiduel de 30° pour les joints. Les stéréonets de synthèse (*Figure 5*) indiquent que la combinaison des familles subverticales J1 et des plans de relaxation J3 crée des conditions hautement favorables à des mécanismes de basculement de blocs (*toppling*) et de glissements de dalles polyédriques, confirmant que le mode de détachement principal est dicté par la décompression structurale du front rocheux.



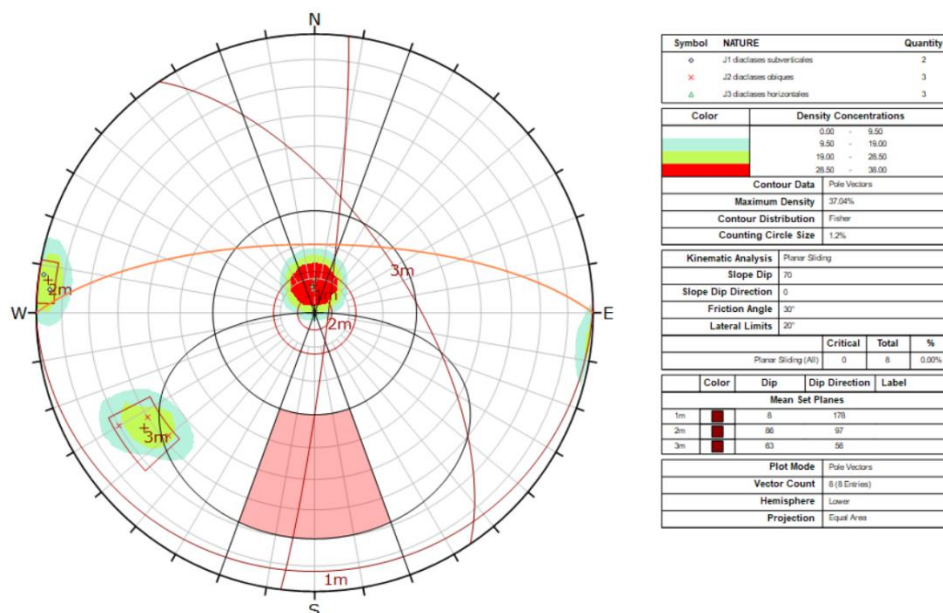


Figure 5 : Les principaux modes de glissement possibles sur les deux parois

Sur l'intégration des mesures structurales des parois témoins dans le logiciel DIPS (Section 5.4) permet de préciser la représentativité de ces mécanismes pour le secteur à l'étude :

- Sur la première paroi témoin (Azimut 275°, pendage 80° à 90°), l'analyse met en évidence une prédominance marquée des mécanismes de basculement (*toppling*) et de glissements en dièdre. Le détachement est gouverné par la famille subverticale J1 (85°/095°) qui isole les blocs, tandis que les plans subhorizontaux de relaxation J3 (15°/185°) agissent comme pivots de rotation ou bases de détachement. Les conditions pour les glissements plans et circulaires y sont jugées marginales et peu représentatives;
- Sur la seconde paroi témoin (Azimut 270°, pendage 90°), la portion supérieure est également caractérisée par un potentiel élevé de ruptures en dièdre, dicté par l'intersection fréquente des joints obliques J2 et subverticaux J1, créant des surplombs instables. Un mécanisme de basculement franc est identifié au centre de la section, là où les fissures de décompression sont les plus ouvertes. Les glissements plans et circulaires demeurent ici aussi secondaires.

7.0 ANALYSE DES CHUTES DE BLOCS

7.1 REPÉRAGE DES SECTEURS CRITIQUES

Les constats de terrain et les analyses cinématiques mettent en exergue la présence de secteurs critiques en surplomb direct ou à forte pente en amont des résidences. Le risque est accentué par la mise en évidence d'infiltrations d'eau actives le long des joints majeurs lors de l'inspection. Ces circulations hydrauliques altèrent à moyen terme les parois (météorisation chimique) et induisent, en période hivernale et printanière, des pressions hydrostatiques et cryogéniques élevées au sein des fissures (phénomène de *frost-jacking*).

Sur la base de ce diagnostic structural et géomorphologique, et en s'appuyant sur les géométries types validées pour les deux parois témoins, cette section aborde la modélisation quantitative des trajectoires au moyen de *Rocfall2* afin de cartographier précisément les distances d'arrêt et de statuer sur la validité des zones de contrainte actuelles.

7.2 ANALYSE DES PROFILS TOPOGRAPHIQUES ET CONDITIONS DE CHUTES DE BLOCS

L'analyse géotechnique des trajectoires et des conditions de propagation des blocs au moyen des logiciels DIPS et *Rocfall2* s'appuie sur la modélisation des deux profils d'élévation critiques obtenus face aux propriétés situées au pied du versant ouest (Pain-de-Sucre). Les données géométriques extraites de ces profils mettent en évidence des conditions morphologiques particulièrement sévères, propices à des chutes de pierres à haute énergie cinétique.

7.2.1 Profil de la propriété du 595, rue Ernest-Choquette

Le profil topographique modélisé pour le secteur du 595, rue Ernest-Choquette révèle les caractéristiques géométriques et dynamiques suivantes :

- Dénivelé et géométrie du versant : La ligne de profil montre une élévation minimale en pied de pente de 85 m et un sommet culminant à 322 m, ce qui représente un gain d'élévation massif et direct de 237 m sur une distance horizontale très courte;
- Pente maximale et zones de rebond : Le logiciel enregistre une pente maximale abrupte de 79,7 % (environ 39°). Cette forte inclinaison caractérise la falaise supérieure subverticale. Le profil met en évidence une transition brusque entre la zone d'arrachement sommitale et un talus intermédiaire escarpé, ce qui implique que tout bloc se détachant de la crête basculera initialement en chute libre avant d'initier une série de rebonds à haute vitesse sur le versant sédimentaire inférieur;
- Conditions d'arrêt (Runout) : La pente moyenne du versant de descente s'établit à -18,2 %. L'absence de replat structural significatif entre la base de la falaise active et la zone résidentielle (située au bas de la transition rapide) indique que l'énergie cinétique cumulative des blocs de

taille métrique ne sera que faiblement dissipée par le sol, augmentant la probabilité statistique que les débris franchissent la marge de recul théorique pour atteindre la propriété.

7.2.2 Profil de la propriété du 581, rue Ernest-Choquette

Le profil topographique modélisé au droit du 581, rue Ernest-Choquette présente une configuration légèrement différente, mais tout aussi critique:

- Dénivelé et géométrie du versant : Ce profil se caractérise par une élévation minimale de 85 m à la rue et un sommet atteignant 290 m, pour un dénivelé vertical net de 205 m;
- Pente maximale et profil étagé : La pente maximale s'élève à 77,6 % (environ 38°). Le graphique d'élévation montre un profil étagé avec un replat ou un changement de pente, mais plus marqué vers le tiers inférieur du versant (autour de l'élévation 125-150 m), suivi d'une reprise de pente avant d'atteindre le pied du talus. La pente moyenne de descente y est de -15,7 %;
- Conditions d'arrêt et risques d'impact : Bien que les paliers intermédiaires identifiés sur ce profil puissent intercepter et dissiper une fraction de l'énergie des débris de faibles dimensions, la modélisation statistique démontre que les blocs volumineux ou les dalles tabulaires acquièrent une inertie suffisante pour sauter ces replats par rebond. Lors de l'impact sur le talus de blocs inférieur, ces trajectoires aériennes accentuent les risques de fractionnement (fragmentation en blocs secondaires), projetant des débris résiduels à haute vitesse vers les infrastructures résidentielles gisant à l'élévation 91 m.

Les résultats de ces analyses sont présentés en annexe 3.

7.3 DÉFINITION DES ZONES D'IMPACT POTENTIELLES

Les résultats de la modélisation statistique croisés avec le diagnostic structural permettent de cartographier précisément l'enveloppe des zones d'impact potentielles en aval du massif. L'analyse démontre que les secteurs situés en contrebas de la grande falaise du Pain-de-Sucre (notamment face aux propriétés 581 et 595 de la rue Ernest-Choquette) sont exposés à un aléa élevé. En raison de l'amplitude verticale importante du versant (dénivelés nets de 205 m à 237 m) et des pentes maximales de 77,6 % à 79,7 %, les blocs qui échappent à la zone de captage immédiate accumulent une énergie cinétique considérable lors de leur descente. L'appréciation qualitative des paramètres de propagation confirme que la rugosité naturelle du sol (litière forestière, blocs historiques au sol) joue un rôle d'amortisseur indispensable. Toutefois, pour les blocs volumineux ou en cas de fractionnement en paroi, la portée des trajectoires dynamiques aériennes s'étend de manière critique vers les zones habitées en aval, définissant une trajectoire d'impact direct sur les cours arrière et les structures résidentielles implantées au bas du talus.

7.3.1 Synthèse des paramètres dynamiques

L'intégration de ces deux profils de référence dans *Rocfall2* démontre de façon non équivoque que les conditions de chutes de blocs pour les adresses 581 et 595 sont dictées par des hauteurs de chute libre importantes et des pentes de versant supérieures à l'angle de repos naturel des éboulis.

Par conséquent, les enveloppes de trajectoires obtenues confirment la nécessité d'implanter un ouvrage de protection passive collectif calculé pour intercepter des hauteurs de rebond significatives en pied de versant et capable de dissiper l'énergie cinétique maximale générée par des chutes provenant d'une amplitude verticale s'étalant sur plus de 200 m de dénivelé.

7.4 BILAN DU DIAGNOSTIC GLOBAL

La présente analyse globale permet de dresser un portrait technique et réglementaire définitif pour encadrer la reconstruction sécuritaire en zone à risque d'éboulements. Les données issues de l'inspection géomorphologique, confrontées à l'historique des rapports de la firme Quéformat et aux données du SIGÉOM, confirment que le massif rocheux de 270 m de longueur associé au Pain-de-Sucre doit être considéré comme une zone structurellement active au sens géotechnique. La présence combinée de fractures de décompression post-glaciaire, de diaclases subverticales critiques (famille J1) et d'infiltrations d'eau actives (frost-jacking) expose le front rocheux à des mécanismes continus de basculement (*toppling*) et de chutes de blocs, accentués par les cycles saisonniers de gel-dégel.

7.5 COMPARAISON AVEC LA ZONE DE CONTRAINTE RÉGLEMENTAIRE ACTUELLE

L'analyse de concordance réalisée entre les résultats de la modélisation tridimensionnelle, les constats géomorphologiques de l'inspection du 30 avril 2026 et les limites réglementaires de l'Annexe 3 du règlement de zonage n° 1235 de la Ville de Mont-Saint-Hilaire démontre que le périmètre de sécurité actuel (marge de 30 à 100 m) offre une enveloppe de protection globale cohérente pour les secteurs non développés (stations 1 à 6 extraits du rapport Quéformat 2003, voir annexe 4).

Cependant, pour le secteur habité compris entre les stations 6 et 9 (extraits du rapport Quéformat 2003, voir annexe 4), la modélisation sous *Rocfall2* démontre que les enveloppes de trajectoires et les points d'arrêt statistiques des blocs de design débordent des limites graphiques réglementaires actuelles et viennent intercepter les structures bâties (résidences et garages des lots 581, 595 et 596). Cette non-concordance confirme l'obsolescence de la ligne actuelle si elle est utilisée seule comme unique outil de gestion du risque pour autoriser de nouvelles constructions ou des reconstructions.

Par conséquent, l'analyse justifie pleinement l'opportunité de recommander un élargissement et un ajustement de la zone de contrainte municipale pour les résidences situées en aval, à moins que l'autorisation de reconstruire ne soit assujettie de façon stricte et obligatoire à la mise en œuvre de mesures de protection structurelles collectives ou individuelles (tel qu'un écran dynamique pare-blocs en pied de talus) doublée de l'exigence d'une attestation technique individuelle pour chaque lot.

8.0 RECOMMANDATIONS

8.1 VALIDITÉ DES LIMITES ACTUELLES

L'analyse de concordance réalisée entre l'historique des études géotechniques de la firme Quéformat (1991, 1997, 2003), les limites de la zone de contrainte actuellement définies à l'Annexe 3 du règlement de zonage numéro 1235 de la Ville de Mont-Saint-Hilaire et les constats de l'inspection visuelle du 30 avril 2026 met en évidence la pertinence globale de maintenir le périmètre de sécurité en vigueur, tout en soulignant le besoin d'ajustements locaux dictés par la prudence.

Les critères de délimitation développés en 2003 par le Dr Marc G. Tanguay, fixant une marge sécuritaire de retrait variant de 30 à 100 m à partir du pied du talus, s'avèrent historiquement et statistiquement réalistes pour la portion s'étendant des stations 1 à 6. En effet, la présence continue d'affleurements rocheux, la faible épaisseur du mort-terrain et le risque persistant de glissements de masse de roc et de sols confirment que l'enveloppe actuelle protège adéquatement les secteurs où l'implantation d'infrastructures municipales s'avérerait de surcroît techniquement complexe et économiquement prohibitive.

Toutefois, la validité absolue de ces limites doit être nuancée et réévaluée de manière critique pour le secteur hautement sensible compris entre les stations 6 et 9, qui borde la grande falaise subverticale du Pain-de-Sucre. Les observations effectuées au printemps 2026 révèlent une progression active de la météorisation du massif, des ouvertures de joints visibles et des infiltrations d'eau continues favorables à un effet de coin (frost-jacking) accru lors des cycles de gel-dégel. Ces conditions de décompression structurale activent du massif de 270 m de largeur, combinées à l'absence d'écaillage récent ou de travaux de stabilisation en paroi, augmentent l'aléa de mouvements à haute énergie de type basculement (toppling) ou glissement de blocs polyédriques.

Par conséquent, considérant que les modélisations numériques de trajectographie tridimensionnelle réalisées au moyen du logiciel RocFall2 (Section 7.0) indiquent des enveloppes de rebonds ou des portées maximales de blocs dépassant les bornes graphiques du règlement actuel (voir l'annexe 3), il est fermement recommandé à la municipalité de procéder à une bonification et à un élargissement de la zone de contrainte pour les propriétés situées en aval, en s'appuyant sur une étude complémentaire plus précise. Le maintien de la ligne actuelle ne peut être considéré comme valide à long terme pour soutenir un cadre de reconstruction sécuritaire sans l'intégration stricte de mesures d'atténuation adaptées à chaque résidence, principalement l'implantation d'un écran pare-blocs dynamique à haute capacité d'absorption, et l'exigence d'une validation géotechnique rigoureuse à l'échelle de chaque lot via une attestation technique individuelle.

8.2 CONDITIONS DE RECONSTRUCTION SÉCURITAIRE

Bien que le secteur d'étude soit caractérisé géotechniquement comme une zone active sujette à des mouvements de blocs récurrents, l'établissement d'un cadre d'autorisation pour la reconstruction ou la modification de bâtiments existants demeure envisageable, à la condition stricte que les projets soient assujettis à des critères de sécurité rigoureux et non négociables :

- La première condition fondamentale réside dans la mise en œuvre préalable, ou concomitante aux travaux de reconstruction, d'une solution de protection collective efficace, validée par l'analyse globale du site. Compte tenu des contraintes d'emprise et d'accès carrossables documentées au printemps 2026, cette protection doit impérativement prendre la forme d'un écran pare-blocs dynamique à haute performance, positionné de manière à intercepter l'ensemble des trajectoires critiques modélisées par le logiciel RocFall2 avant qu'elles n'atteignent les structures habitées. Aucune reconstruction ne pourra être autorisée à l'échelle individuelle tant que la pérennité et la conformité de cet ouvrage barrière n'auront pas été certifiées par un ingénieur compétent;
- Sur le plan architectural et structurel, toute nouvelle construction ou tout agrandissement projeté devra respecter des critères de conception défensive. Les bâtiments devront être orientés et configurés de manière à minimiser la surface d'exposition face au front rocheux de 270 m. Il sera formellement exigé que les nouvelles structures intègrent des éléments de blindage ou des murs pare-chocs en béton armé sur leur façade amont si la modélisation fine démontre un risque résiduel de saltation ou de roulement secondaire;
- De plus, une marge de recul stricte devra être maintenue entre le pied du talus d'éboulis historique et la ligne de fondation du bâtiment réhabilité, interdisant de facto toute avancée résidentielle vers la montagne par rapport à l'emprise des fondations d'origine;
- Sur le plan des travaux de génie civil à l'échelle des lots, la reconstruction sera conditionnée par une interdiction absolue d'altérer la morphologie naturelle de la base de la pente. Aucune excavation, coupe de talus ou retrait de débris rocheux métastables historiques ne sera toléré en pied de versant, ces actions étant reconnues pour déstabiliser la base des blocs supérieurs et modifier l'équilibre précaire des cornéennes et des gabbros sous-jacents;
- Parallèlement, un plan de gestion des eaux de surface devra être soumis pour chaque projet afin de garantir que les fondations et le nivellement du terrain n'entravent pas le drainage naturel et ne provoquent aucune concentration ou canalisation des eaux de ruissellement printanières vers la paroi rocheuse, limitant ainsi les risques d'érosion locale et l'activation des cycles de gel-dégel;
- Enfin, l'obtention du permis de reconstruction sera définitivement subordonnée à la production d'une attestation technique individuelle, préparée à la charge du propriétaire, démontrant la parfaite conformité du projet avec ces exigences globales et le respect de la zone de déformation de l'écran dynamique.

8.3 EXIGENCES POUR L'ATTESTATION INDIVIDUELLE

Afin d'encadrer de façon sécuritaire les projets de reconstruction ou de modification de bâtiments au sein du secteur résidentiel visé, la Ville de Mont-Saint-Hilaire devra exiger de chaque propriétaire demandeur le dépôt d'une attestation technique individuelle. Cette attestation, scellée par un ingénieur géotechnicien membre en règle de l'Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ), constitue une validation obligatoire menée spécifiquement à l'échelle du lot concerné. Elle vise à confirmer que le projet de construction projeté n'accroît pas la vulnérabilité de la propriété face à l'aléa de chutes de blocs et qu'il ne compromet aucunement l'efficacité des mesures de protection collectives mises en œuvre dans le secteur. L'ingénieur responsable de l'attestation individuelle devra impérativement analyser et valider les paramètres techniques minimaux suivants :

- Validation de la zone de déformation et d'impact : L'analyse devra démontrer de façon rigoureuse que l'implantation du bâtiment projeté, de ses agrandissements futurs ou de ses structures secondaires (comme un garage ou une remise) se situe entièrement en retrait de la zone d'allongement et de déformation maximale théorique de l'écran pare-blocs dynamique collectif. L'attestation doit certifier qu'aucune structure rigide n'intercepte l'effet de poche indispensable au bon fonctionnement et à la dissipation d'énergie de la barrière de filets lors d'un impact;
- Vérification des infrastructures de fondation : Les travaux d'excavation et la conception des fondations de la nouvelle résidence doivent être analysés pour s'assurer qu'ils n'altèrent pas la stabilité du sol sédimentaire de surface ou du talus d'éboulis. L'ingénieur devra confirmer que les ancrages ou empattements projetés ne viennent pas fragiliser ou entrer en conflit avec les massifs d'ancrage et les haubans de l'écran dynamique implanté en amont;
- Conformité des aménagements de surface et marges de recul : La configuration finale du lot, incluant les travaux de nivellement, de terrassement ou l'installation de clôtures résidentielles privées, ne doit en aucun cas restreindre l'accès physique à l'ouvrage de protection pour les futures opérations de maintenance obligatoires, telles que la vidange des débris rocheux interceptés. Les marges de recul fixées par rapport au pied du talus de blocs doivent être scrupuleusement respectées et validées sur plan;
- Intégrité du drainage et topographie du lot : L'ingénieur devra certifier que les plans de gestion des eaux de surface de la propriété n'induisent aucune modification néfaste au drainage naturel du versant. Le projet ne doit créer aucune zone de rétention d'eau stagnante ni de fossé profond artificiel à proximité du pied de la paroi, afin de prémunir le talus de gravier contre les risques d'érosion locale ou d'augmentation des pressions interstitielles, particulièrement critiques lors des cycles de gel-dégel;
- Préservation des barrières naturelles : L'attestation individuelle devra confirmer le respect absolu de l'interdiction de déboisement, d'essouchement ou de déplacement des blocs d'éboulis historiques gisant au sol à l'arrière de la propriété, préservant ainsi l'effet d'amortissement et de rugosité naturelle du terrain documenté lors des inspections.

L'obtention de cette attestation technique individuelle, validant la parfaite compatibilité entre le bâtiment projeté et l'infrastructure de protection collective, sera une condition de performance essentielle et préalable à la délivrance de tout permis de construction ou de reconstruction par les autorités municipales.

8.4 MESURES D'ATTÉNUATION, SI REQUISES

Dans l'éventualité où les autorités de la Ville de Mont-Saint-Hilaire considéreraient la mise en œuvre de mesures de protection structurelles pour sécuriser et soutenir un cadre de reconstruction au sein du secteur visé, l'analyse technique des contraintes du site conduit à **privilégier de manière définitive l'implantation d'un écran pare-blocs dynamique** plutôt que la construction d'un merlon pare-blocs en remblai renforcé. Bien que les deux options soient reconnues pour leur capacité à intercepter les chutes de pierres, les caractéristiques morphologiques, logistiques et foncières propres aux propriétés résidentielles 581, 575, 587, 592, 595 et 596 imposent des restrictions qui éliminent la faisabilité d'un ouvrage massif en terre.

La construction d'un merlon de protection exigerait l'acheminement de volumes considérables de matériaux granulaires et de remblais de haute qualité, ce qui nécessiterait une circulation lourde et répétée de camions de grand gabarit dans un réseau routier résidentiel restreint. De plus, sa mise en œuvre requerrait l'utilisation d'équipements d'excavation et de compactage lourds, ce qui s'avère techniquement incompatible avec l'encombrement de surface majeur, la densité arboricole et surtout l'absence de voies d'accès carrossables adéquates constatée lors de l'inspection géotechnique du 30 avril 2026. D'un point de vue spatial et foncier, un merlon pare-blocs conçu pour une paroi dont la hauteur atteint localement 20 m imposerait une emprise au sol disproportionnée. Compte tenu des pentes fortes du versant et de l'énergie cinétique importante des trajectoires simulées, l'ouvrage exigerait une base de plusieurs mètres de largeur qui empiéterait directement sur les espaces de vie et les cours arrière utilisables des propriétés privées, voire sur les limites protégées de la Réserve naturelle Gault, ce qui soulèverait d'importants conflits juridiques et environnementaux.

À l'inverse, une barrière dynamique (écran pare-blocs flexible) s'impose comme la seule solution réaliste et durable adaptée à la configuration des lieux (exemples dans la figure 6). Ce dispositif offre une emprise au sol extrêmement réduite, ce qui permet de l'implanter directement dans la zone de transition ou en pied de talus sans altérer la topographie générale ni empiéter sur les propriétés riveraines. La logistique d'installation d'une barrière dynamique est nettement plus légère, puisqu'elle permet de composer avec les difficultés d'accès en recourant à des foreuses légères sur chenilles ou suspendues pour l'ancrage des poteaux et des câbles d'haubanage directement dans les unités saines de gabbro ou de cornéenne répertoriées par le SIGÉOM. Enfin, la flexibilité structurelle de l'écran dynamique permet de concevoir une protection sur mesure, dont la hauteur et la capacité d'absorption énergétique (exprimée en kJ) correspondront précisément aux enveloppes de rebond maximales définies par le logiciel RocFall2, garantissant une interception optimale de l'aléa tout en minimisant les impacts visuels et environnementaux en bordure du massif forestier.



Figure 6 : Exemples d'atténuateurs utilisant des installations d'écran dynamique

8.5 CONTRAINTES D'ACCÈS ET CONSIDÉRATIONS DE SÉCURITÉ

Le rapport d'inspection du 30 avril 2026 indique qu'il n'existe pas actuellement de moyens d'accès et de sortie adéquats vers la paroi, que des encombrements de surface sont présents et que des structures adjacentes existent à proximité. Ces contraintes influencent directement le choix des mesures de protection envisageables. Elles réduisent substantiellement la faisabilité d'un merlon pare-blocs, lequel nécessiterait des travaux de terrassement majeurs, une circulation répétée de camions lourds et une aire de travail importante. À l'inverse, elles favorisent le recours à un écran pare-blocs dynamique pouvant être installé avec une logistique plus légère et une emprise réduite, tout en limitant les perturbations dans l'environnement immédiat.

9.0 PORTÉE, UTILISATION DU RAPPORT ET LIMITATION DE RESPONSABILITÉ

Le présent rapport d'expertise géotechnique a été préparé par Groupe ABS inc. (ABS) à la demande exclusive de la Ville de Mont-Saint-Hilaire et pour son bénéfice direct. Les conclusions, avis, recommandations et critères d'ingénierie qui y sont formulés découlent d'un mandat précis s'inscrivant dans des limites géographiques, temporelles et documentaires stricts, définies conjointement avec le client.

Les avis techniques contenus dans ce diagnostic global reposent essentiellement sur la révision de la documentation historique disponible (notamment les rapports de la firme Quéformat produits entre 1991 et 2003) et sur des observations géomorphologiques de surface consignées lors d'une reconnaissance visuelle menée le 30 avril 2026. L'évaluation de l'état mécanique du massif rocheux est basée sur les conditions physiques observables au moment de cette visite. Elle ne tient pas compte des modifications anthropiques futures qui pourraient être apportées aux terrains (travaux d'excavation, de nivellement ou de sautage non autorisés) ni de l'occurrence d'événements vibratoires ou de secousses sismiques exceptionnels dépassant les normes normales de conception prescrites par le Code National du Bâtiment (CNB).

Ce rapport a été élaboré dans un but purement réglementaire et d'orientation conceptuelle pour soutenir les démarches administratives de la municipalité et définir les critères géotechniques minimaux applicables à un cadre de reconstruction sécuritaire. Bien que ce document oriente le choix préférentiel d'une méthode de protection passive vers un écran pare-blocs dynamique (barrière flexible), il ne constitue en aucun cas un plan de construction définitif, un devis d'exécution ou une note de calcul pour l'ancrage structurel des poteaux dans le roc. La production de ces documents techniques ainsi que la direction d'un programme d'écaillage préliminaire constituent des livrables d'ingénierie distincts et ne sont pas inclus dans le champ d'application de la présente étude.

Toute utilisation, interprétation, reproduction ou publication du présent rapport, en tout ou en partie, par un tiers autre que la Ville de Mont-Saint-Hilaire et ses conseillers légaux autorisés, est strictement interdite sans l'autorisation écrite préalable d'ABS. Groupe ABS inc. décline toute responsabilité pour les dommages, pertes matérielles ou préjudices subis par des tiers découlant d'une mauvaise interprétation des données ou d'une utilisation non autorisée des recommandations émises. L'application des conclusions de ce diagnostic à l'échelle d'une propriété individuelle demeure assujettie à la réalisation d'une analyse géotechnique spécifique sur chaque lot, concrétisée par la délivrance d'une attestation technique individuelle scellée par un ingénieur compétent.

Le présent rapport ne doit pas être reproduit, sinon entier, sans l'autorisation de Groupe ABS inc.

ANNEXE 1

RAPPORT D'INSPECTION

Client : Ville de Mont-Saint-Hilaire	# Client : STHILA101
Projet : Étude géotechnique	# OTP :
Endroit : Territoire, Mont-St-Hilaire	# Rapport : 2026-01
	# Bon de travail : -

1. ITEMS À VÉRIFIER SUR LA PAROI			
QUESTIONS	RÉPONSES		COMMENTAIRES
1.1. La paroi à inspecter est-il excavé?	☐ Oui	☒ Non	La paroi rocheuse est d'origine naturelle, sans intervention humaine, et le massif est soumis à une altération active et à une fracturation intense, avec la présence de familles de diaclases. L'ouverture de fissures de relaxation subverticales et leur intersection avec des plans de décompression génèrent de nombreux surplombs et des dièdres très instables. Des infiltrations d'eau et des suintements actifs sont visibles le long des discontinuités, ce qui amplifie le risque de détachement de coin lors des cycles saisonniers de gel-dégel.
1.2. Est-ce que l'altération ou la météorisation du massif sont observables?	☒ Oui	☐ Non	
1.3. Observe-t-on des conditions d'instabilité?	☒ Oui	☐ Non	
1.4. Observe-t-on des surplombs?	☒ Oui	☐ Non	
1.5. Observe-t-on des blocs instables?	☒ Oui	☐ Non	
1.6. Y a-t-il des fissures clairement visibles?	☒ Oui	☐ Non	
1.7. Est-ce que des familles de joints sont présentes?	☒ Oui	☐ Non	
1.8. Est-ce que des combinaisons de joints critiques sont observables ?	☒ Oui	☐ Non	
1.9. Est-ce que de joints aléatoires sont présents?	☒ Oui	☐ Non	
1.10. Existe-t'il des infiltration d'eau sur la paroi?	☒ Oui	☐ Non	
1.11. Autres :	☐ Oui	☐ Non	
2. ITEMS À VÉRIFIER POUR ACCÉDER À LA PAROI			
2.1. Existe-t-il des moyens d'accès et de sortie adéquats ?	☐ Oui	☒ Non	Le secteur ne dispose d'aucun moyen d'accès ou de sortie carrossable adéquat pour de la machinerie. Les déplacements et les approches de parois sont fortement entravés par une densité végétale importante et un encombrement de surface majeur causé par des amas de blocs métriques métastables (champs d'éboulis historiques). Plusieurs résidences et rues résidentielles (Ernest-Choquette et Cardinal) se trouvent implantées directement au pied du talus, dans la zone d'arrêt et d'impact direct des trajectoires de chutes de blocs. Ces structures adjacentes ne bénéficient actuellement d'aucune mesure de stabilisation ou de protection en amont.
2.2. Existe-t-il des encombrements de surface ?	☒ Oui	☐ Non	
2.3. Existe-t'elle d'autres structures adjacentes?	☒ Oui	☐ Non	
2.4. Les structures adjacentes sont-elles stabilisées ?	☒ Oui	☐ Non	
2.5. Autres	☐ Oui	☐ Non	
3. ITEMS À VÉRIFIER SUR LE DIMENSIONNEMENT / PENTE			
3.1. La largeur de la paroi :	270 m		La paroi s'insère dans une structure de montagne à forte dynamique verticale. Les profils topographiques extraits de Google Earth révèlent des dénivelés nets très importants s'étalant sur une courte distance horizontale.
3.2. La profondeur :	5 m à 15 m		
3.3. La hauteur :	10 m à 20 m		
3.4. La pente :	60° à 80°		
3.5. Autres	-		
4. ITEMS À VÉRIFIER SUR LA SÉCURITÉ			
4.1. L'écaillage de la paroi a-t-il été fait?	☐ Oui	☒ Non	La paroi n'est pas sécurisée et aucun écaillage récent n'a été effectué. Le risque de rupture par basculement (toppling) ou glissement polyédrique demeure entier et actif. Une mesure de protection active ou passive doit être mise en œuvre.
4.2. La paroi est-elle sécurisée avec une méthode appropriée?	☐ Oui	☒ Non	
4.3. Existe-t-il une documentation sur l'inspection minimale de la paroi?	☒ Oui	☐ Non	
4.4. Des procédures sont-elles nécessaires pour surveiller, tester et contrôler les atmosphères dangereuses ?	☒ Oui	☐ Non	
4.5. Autres	☐ Oui	☐ Non	

Conclusion : Les observations réalisées lors de l'inspection visuelle indiquent que la paroi rocheuse du Pain-de-Sucre doit être classée comme zone géotechniquement active présentant un risque élevé et incontrôlé de chutes de pierres. L'absence d'écaillage, l'ouverture de fissures de décompression, la présence de surplombs métastables et une infiltration d'eau active confirment que le massif est soumis à des mécanismes de chutes et de basculements continus. Des simulations numériques de trajectoires sont

Vérifié par : Saeed Kharaghani, ing. PhD
Date : 2026-04-30

Client : Ville de Mont-Saint-Hilaire		# Client : STHILA101
Projet : Étude géotechnique	# OTP :	# Rapport : 2026-01
Endroit : Territoire, Mont-St-Hilaire		# Bon de travail : -

nécessaires pour cartographier les zones de rebond, et les distances d'arrêt des blocs de conception dépassent les marges de recul théoriques et interfèrent directement avec les zones habitées et les structures des habitations situées en contrebas.

Recommandations impératives : Bien qu'un ouvrage en terre soit théoriquement efficace, l'absence complète de voies d'accès carrossables pour la machinerie lourde, l'encombrement par les blocs historiques et l'étroitesse de l'emprise foncière rendent la construction d'une berme ou d'un merlon de remblai techniquement et logistiquement difficile. Il peut être recommandé de déployer une solution de protection passive collective de type écran pare-blocs dynamique (barrière de filets flexibles à câbles d'acier) en pied de talus. Cette approche permet de composer avec les difficultés d'accès en utilisant des équipements de forage légers sur chenilles, tout en assurant l'interception et la dissipation des énergies maximales calculées. Afin d'autoriser tout projet de reconstruction ou d'agrandissement sécuritaire dans ce secteur contraint, la Ville de Mont-Saint-Hilaire doit lier l'émission des permis à la finalisation de la sécurisation nécessaire à l'exigence, pour chaque lot, d'une attestation technique individuelle scellée par un ingénieur géotechnicien.

Vérifié par : Saeed Kharaghani, ing. PhD

Date : 2026-04-30

☐ **St-Rémi**

17, rue de l'industrie,
St-Rémi, Qc, J0L 2A0

☐ **Vaudreuil**

181, Joseph-Carrier,
Vaudreuil, Qc, J7V 5V5

☐ **Blainville**

20, Émilien Marcoux (110)
Blainville, Qc, J7C 0B5

☐ **Montréal**

7950, rue Vauban,
Montréal, Qc, H1J 2X5

☐ **Gatineau**

531, boul. Maloney,
Gatineau, Qc, J8P 1E8

☐ **Lévis**

44 rue John-A.-Scott, local 200
Lévis, QC, G6Z 8K7

ANNEXE 2

RAPPORT PHOTOGRAPHIE

PHOTOGRAPHIE 1 :



Vue à l'entrée de la résidence 598.

PHOTOGRAPHIE 2 :



Début d'accès aux parois.

PHOTOGRAPHIE 3 :



Vue de la condition du terrain.

PHOTOGRAPHIE 4 :



Vue des blocs de rocs instables.

PHOTOGRAPHIE 5 :



Première zone d'éboulis.

PHOTOGRAPHIE 6 :



Une autre vue de la zone d'éboulis.

PHOTOGRAPHIE 7 :



Les blocs de roc au-dessous de la paroi.

PHOTOGRAPHIE 8 :



Deuxième zone d'éboulis et une résidence au pieds du talus.

PHOTOGRAPHIE 9 :



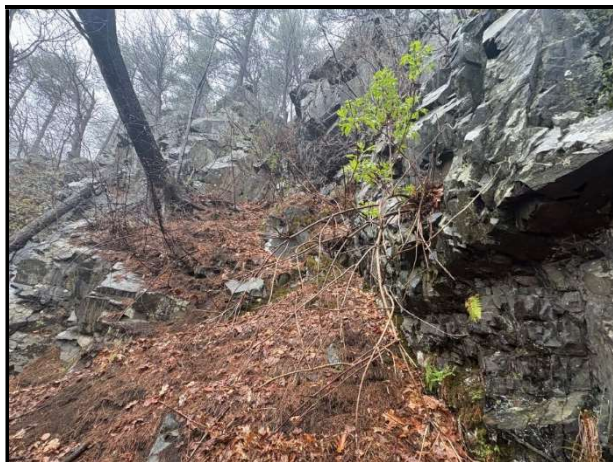
Une des parois rocheuses.

PHOTOGRAPHIE 10 :



Une vue de pied de la paroi avec la vue de la résidence au pieds du talus .

PHOTOGRAPHIE 11 :



La suite de parois rocheuses.

PHOTOGRAPHIE 12 :



L'état d'une des parois de proche.

Photographie 13 :



La paroi avec les fissures.

Photographie 14 :



Le pied de la paroi.

Photographie 15 :



La vue de deux résidences au pieds du talus.

Photographie 16 :



La couverte végétale et frostière du talus.

PHOTOGRAPHIE 17 :



Les grosses blocs du roc détachés.

PHOTOGRAPHIE 18 :



Une autre paroi rocheuse.

PHOTOGRAPHIE 19 :



Les blocs de roc au-dessous de la paroi.

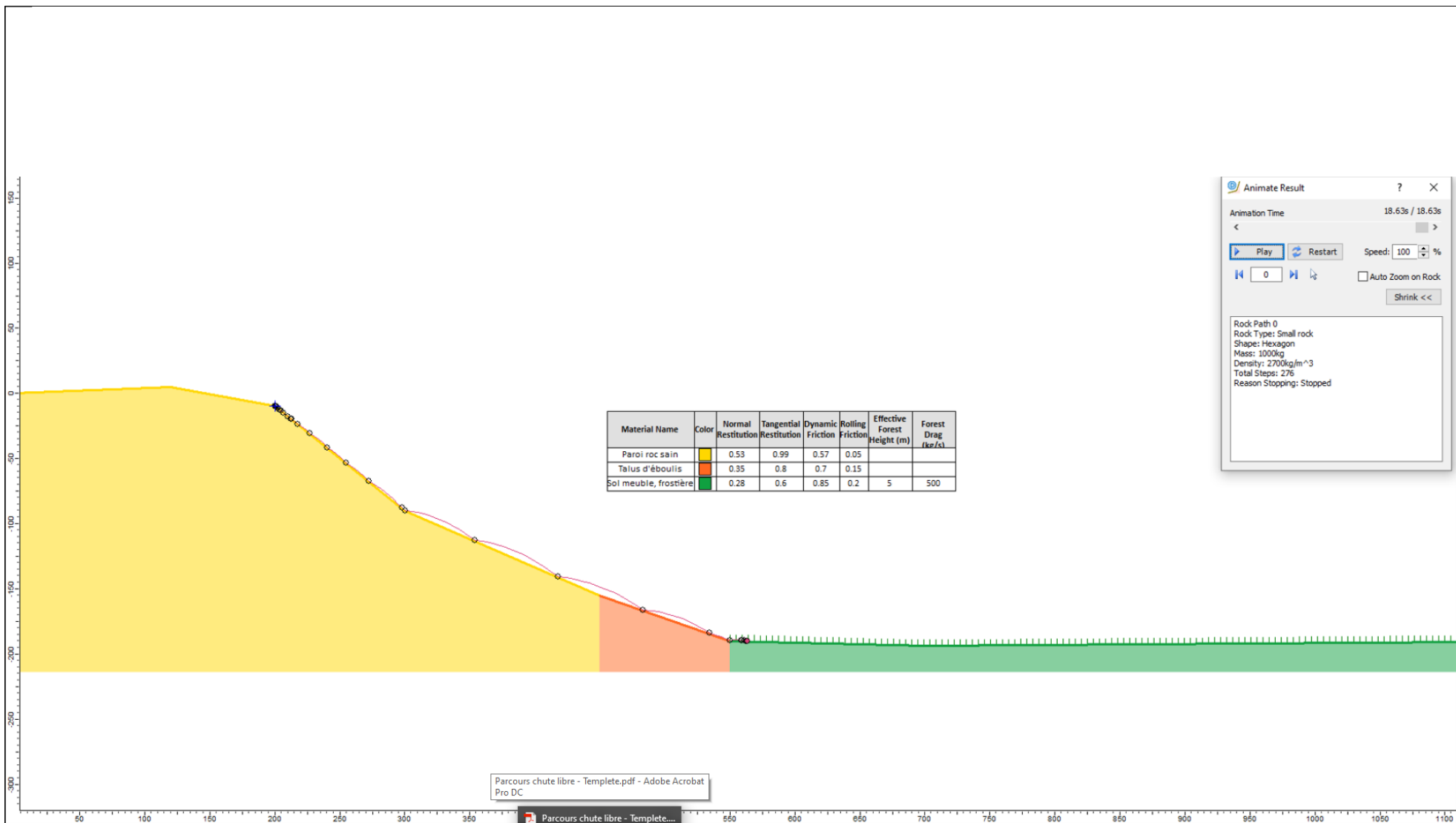
PHOTOGRAPHIE 20 :



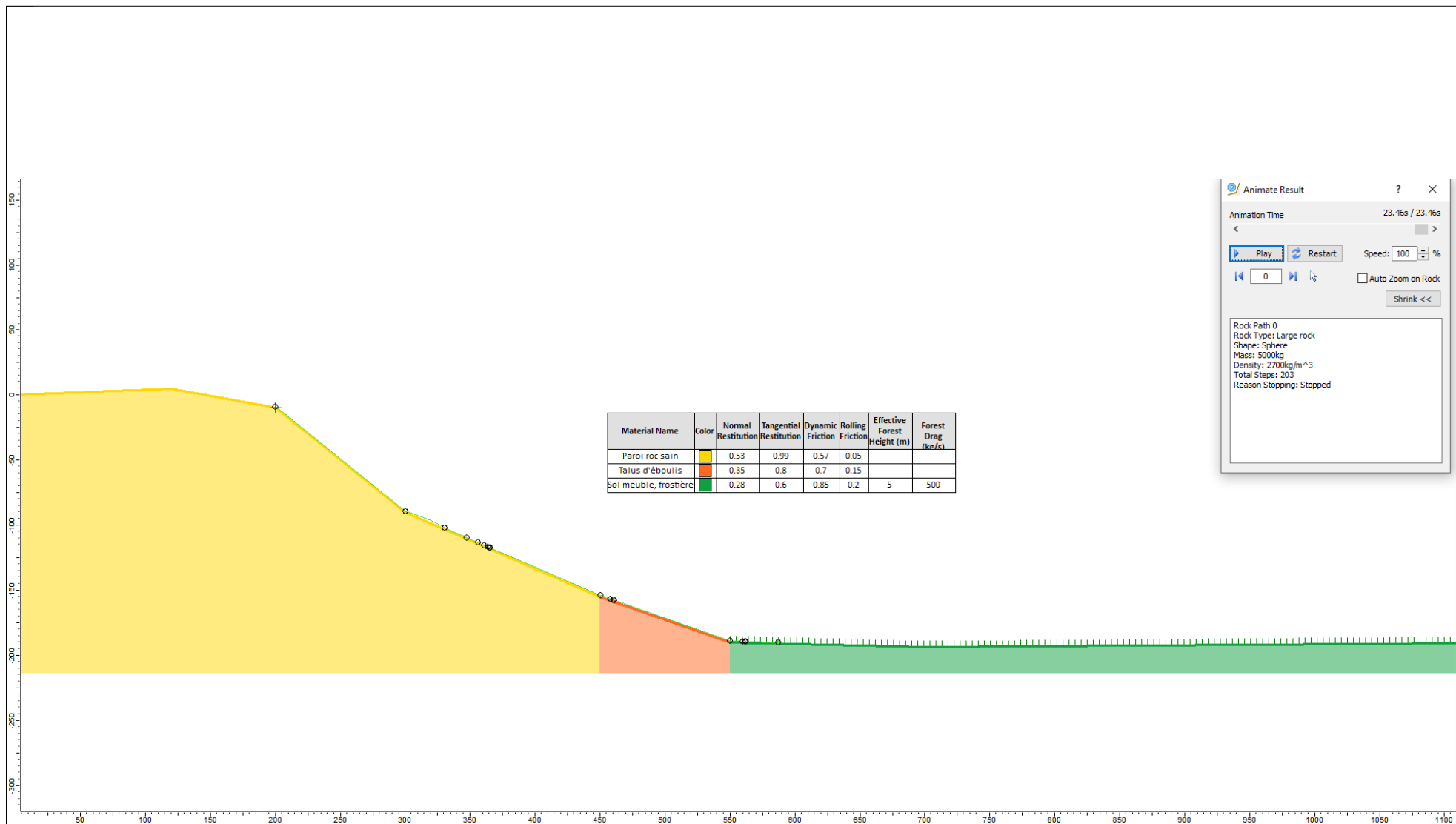
Une autre paroi rocheuse.

ANNEXE 3

ANALYSE ROCFALL2



 rocscience	Project			Analyse des zones à risque d'éboulement et cadre pour la reconstruction d'habitation	
	Analysis Description			Le secteur des rues Cardinal, Ernest-Choquette, Édouard-Clerk et Lacroix	
	Drawn By			S.K.	Company Groupe ABS - Ville De Mont-Saint-Hilaire
	Date			2026-07-07	File Name Parcours chute libre (Small rock) - Profil du 581



Animate Result

?

×

Animation Time

23.46s / 23.46s

<

>

▶ Play

↺ Restart

Speed: 100 %

⏮

0

⏭

☐ Auto Zoom on Rock

Shrink <<

Rock Path 0

Rock Type: Large rock

Shape: Sphere

Mass: 5000kg

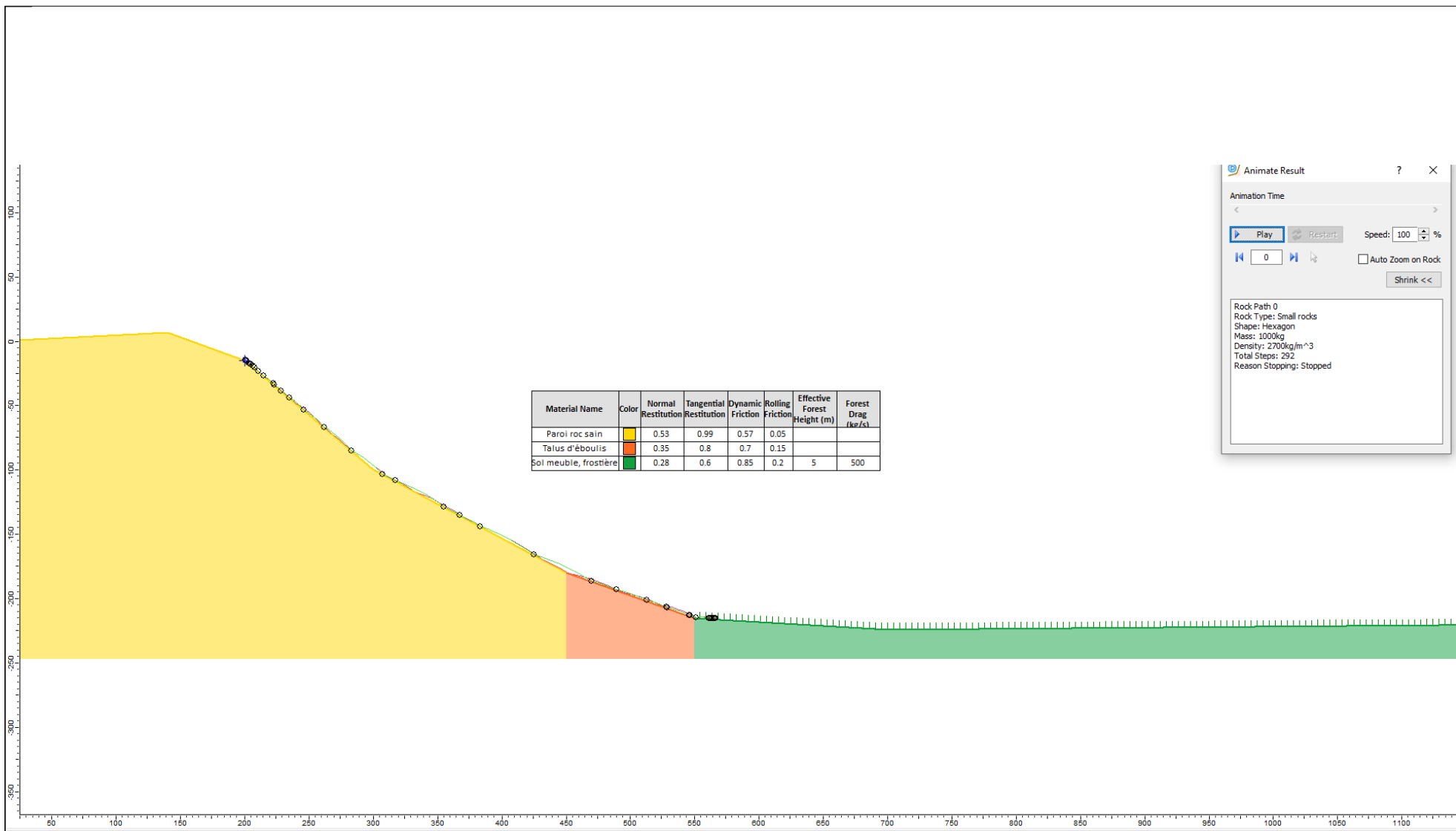
Density: 2700kg/m³

Total Steps: 203

Reason Stopping: Stopped

rocscience	Project			Analyse des zones à risque d'éboulement et cadre pour la reconstruction d'habitation	
	Analysis Description			Le secteur des rues Cardinal, Ernest-Choquette, Édouard-Clerk et Lacroix	
	Drawn By			S.K.	Company Groupe ABS - Ville De Mont-Saint-Hilaire
	Date			2026-07-07	File Name Parcours chute libre (Large rock)- Profil du 581

ROCFALL 8.024



Animate Result
?
×

Animation Time

Play

Restart

Speed: 100 %

0

Auto Zoom on Rock

Shrink <<

Rock Path 0

Rock Type: Small rocks

Shape: Hexagon

Mass: 1000kg

Density: 2700kg/m³

Total Steps: 292

Reason Stopping: Stopped

	Project			Analyse des zones à risque d'éboulement et cadre pour la reconstruction d'habitation	
	Analysis Description			Le secteur des rues Cardinal, Ernest-Choquette, Édouard-Clerk et Lacroix	
	Drawn By			S.K.	Company Groupe ABS - Ville De Mont-Saint-Hilaire
	Date			2026-07-07	File Name Parcours chute libre (Small rock)- Profil du 595

ANNEXE 4

PLAN DE ZONAGE (EXTRAIT DU RAPPORT QUÉFORMAT 2003)

1 . 8 6 6 . 4 5 4 . 5 6 4 4
WWW.GROUPEABS.COM

