

Glissements de terrain Exploration et exploitation des gaz de schiste



1^{er} avril 2014

Sommaire

The background of the slide is a photograph of a landslide on a hillside. A large area of earth and debris has slid down from the top of the hill, partially covering a wooden structure that appears to be a fence or a small building. The surrounding area is covered in dense green trees and vegetation. The sky is not visible, and the overall scene is in shades of green and brown.

- 1. Introduction**
- 2. Géologie des Basses-terres du Saint-Laurent**
- 3. Glissements de terrain au Québec**
- 4. Cartographie des zones potentiellement exposées aux glissements de terrain**
- 5. Éléments aggravants et déclencheurs potentiels liés à l'exploration et l'exploitation du gaz de schiste**
- 6. Conclusions**

An aerial photograph of Québec City, Canada, showing the city's architecture and the St. Lawrence River. The image is overlaid with a semi-transparent blue filter. A central white box with a blue border contains the text '1. Introduction'. The number '1.' is highlighted in a yellow square.

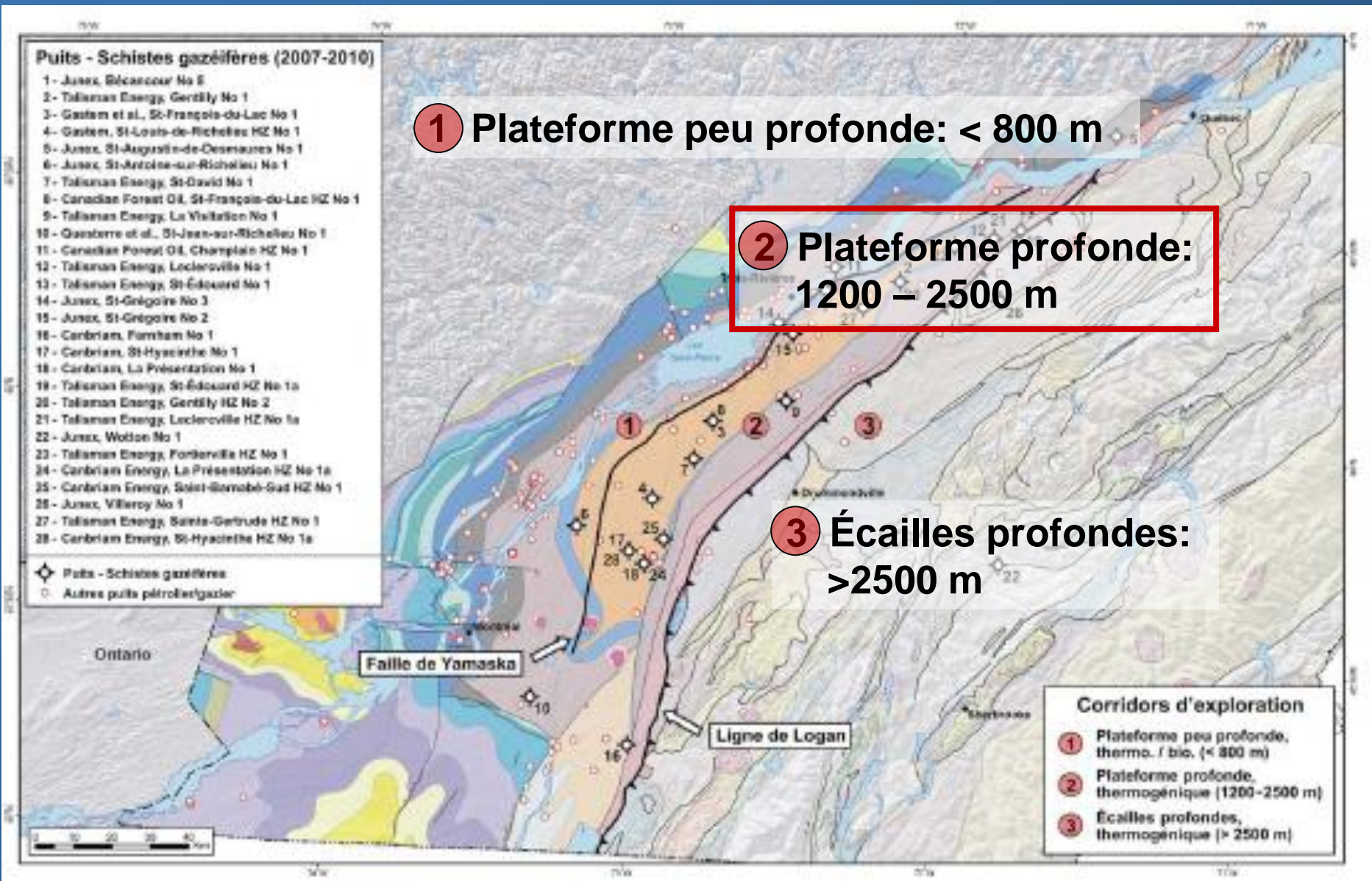
1. Introduction

Introduction

Mandat donné par le BCÉS:

Répondre aux deux projets d'acquisition de connaissances du Comité sur l'évaluation environnementale stratégique

- R1-1: Détermination des risques naturels potentiels dans la région désignée pour l'exploitation du gaz de schiste et des répercussions appréhendées de ces événements sur les installations d'un projet type et sur la sécurité de la population
- R1-2 : Analyse du risque que des phénomènes naturels soient provoqués par les activités de l'industrie du gaz de schiste et des conséquences appréhendées sur la sécurité et les biens de la population



1 Plateforme peu profonde: < 800 m

2 Plateforme profonde: 1200 – 2500 m

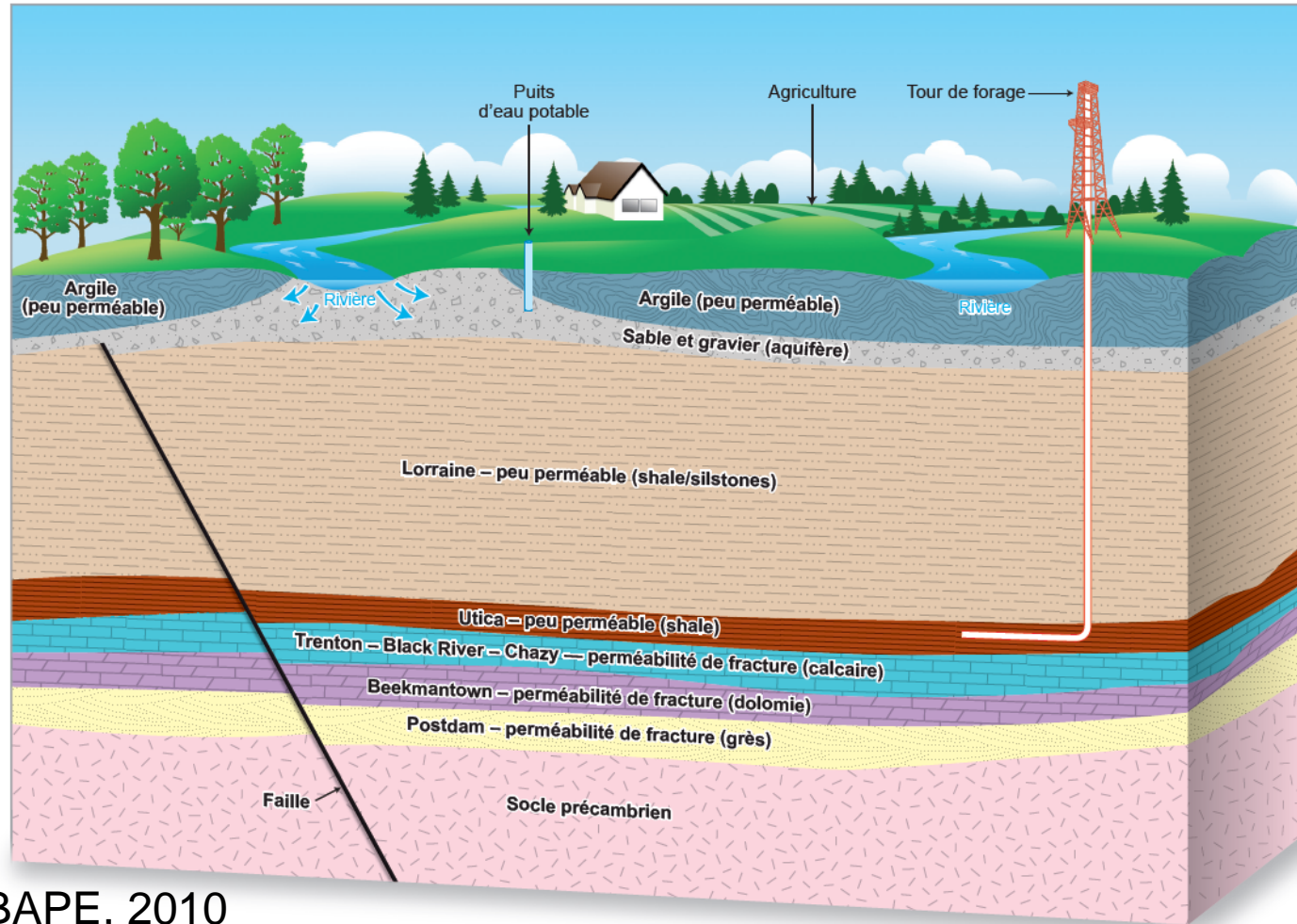
3 Écailles profondes: >2500 m

(extrait de PR3; MRNF, 2010)

2. Géologie des Basses-terres du Saint-Laurent

Contexte géologique

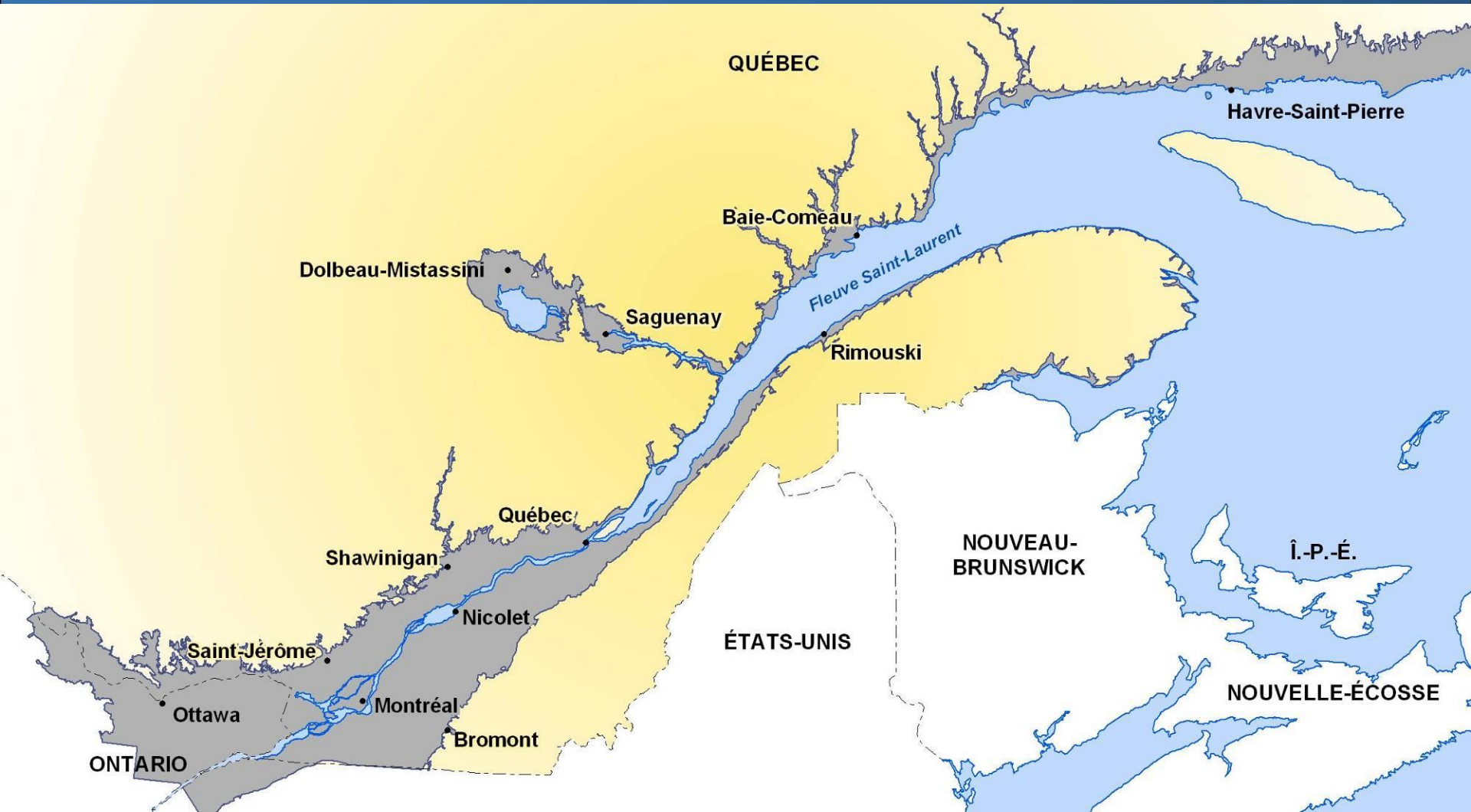
Figure 3 Schéma morphostratigraphique du secteur à l'étude



BAPE, 2010

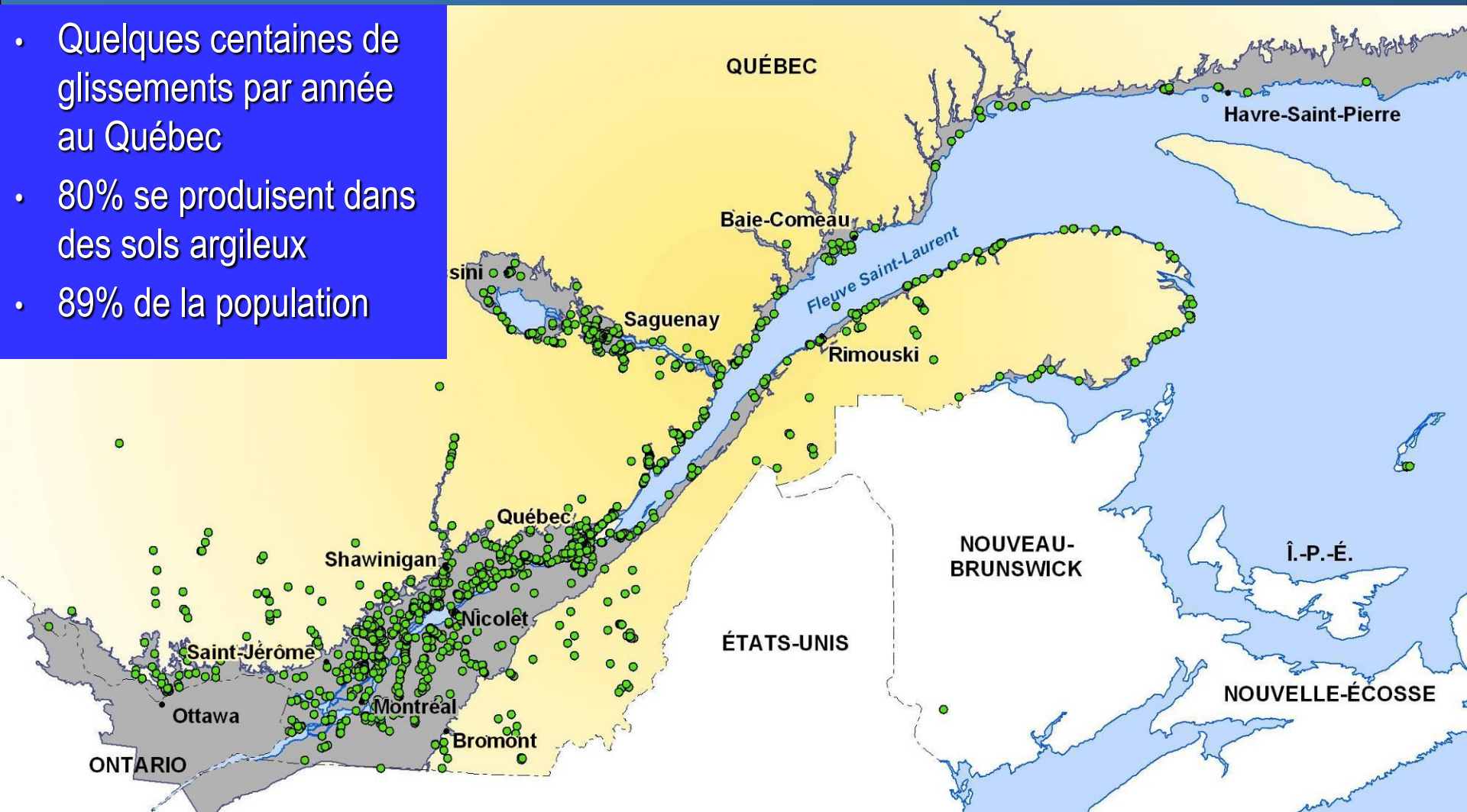


Contexte géologique



Contexte géologique

- Quelques centaines de glissements par année au Québec
- 80% se produisent dans des sols argileux
- 89% de la population



An aerial photograph of a city, likely Québec, showing a large area of landslide in the foreground. The landslide area is highlighted in white, and several arrows point to specific features within it. The city buildings and the river are visible in the background.

3. Glissements de terrain au Québec

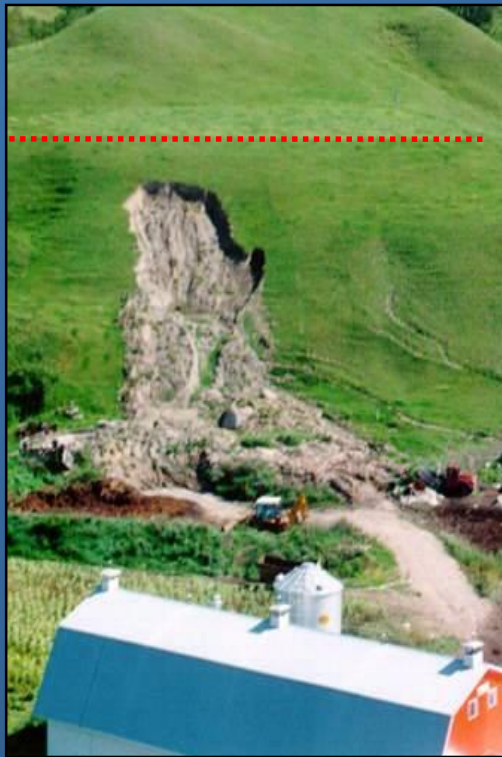
Deux familles de glissement

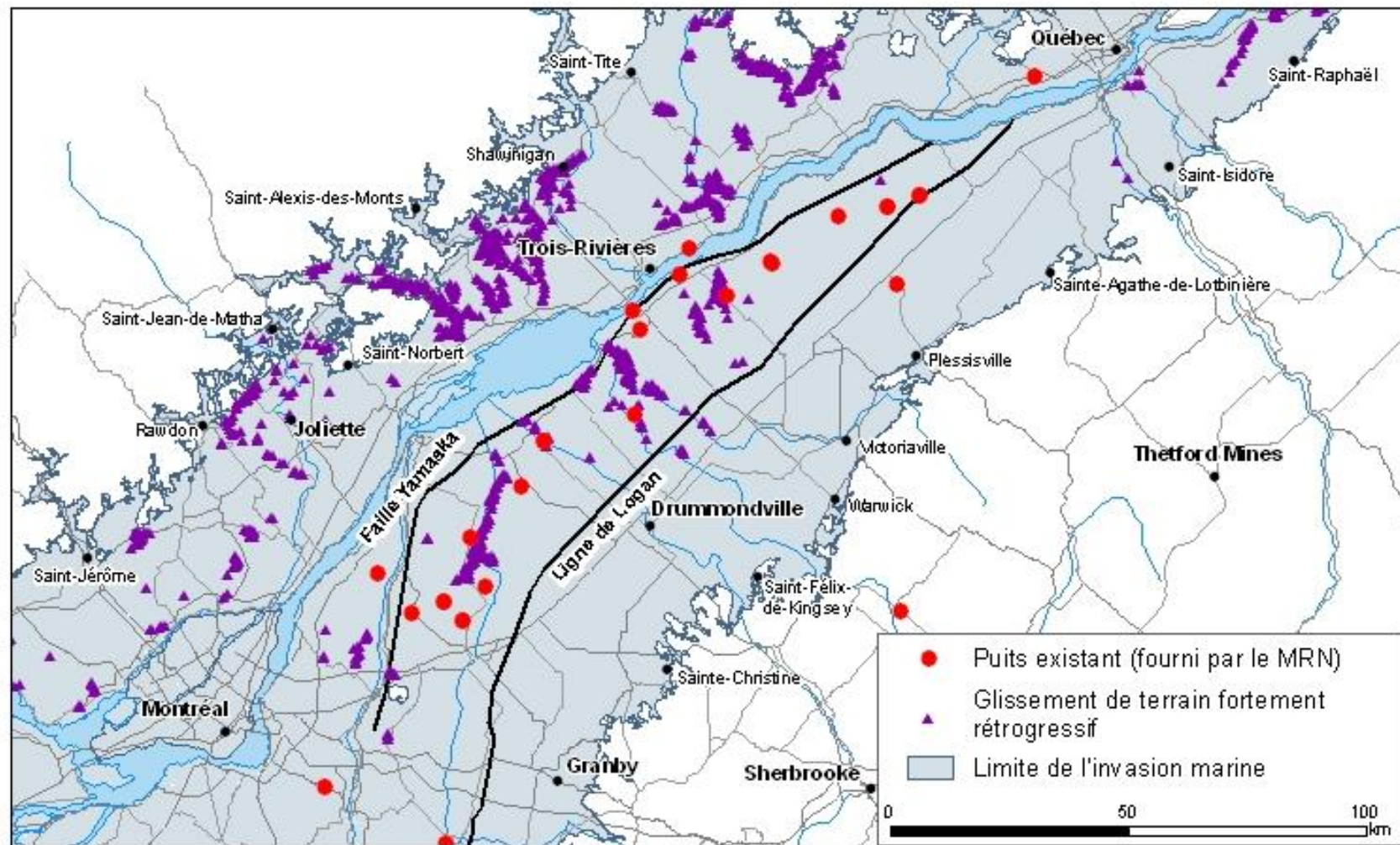
Glissement faiblement ou non rétrogressif

- Recul $\leq 2 H$ ou 40 mètres

Glissement fortement rétrogressif

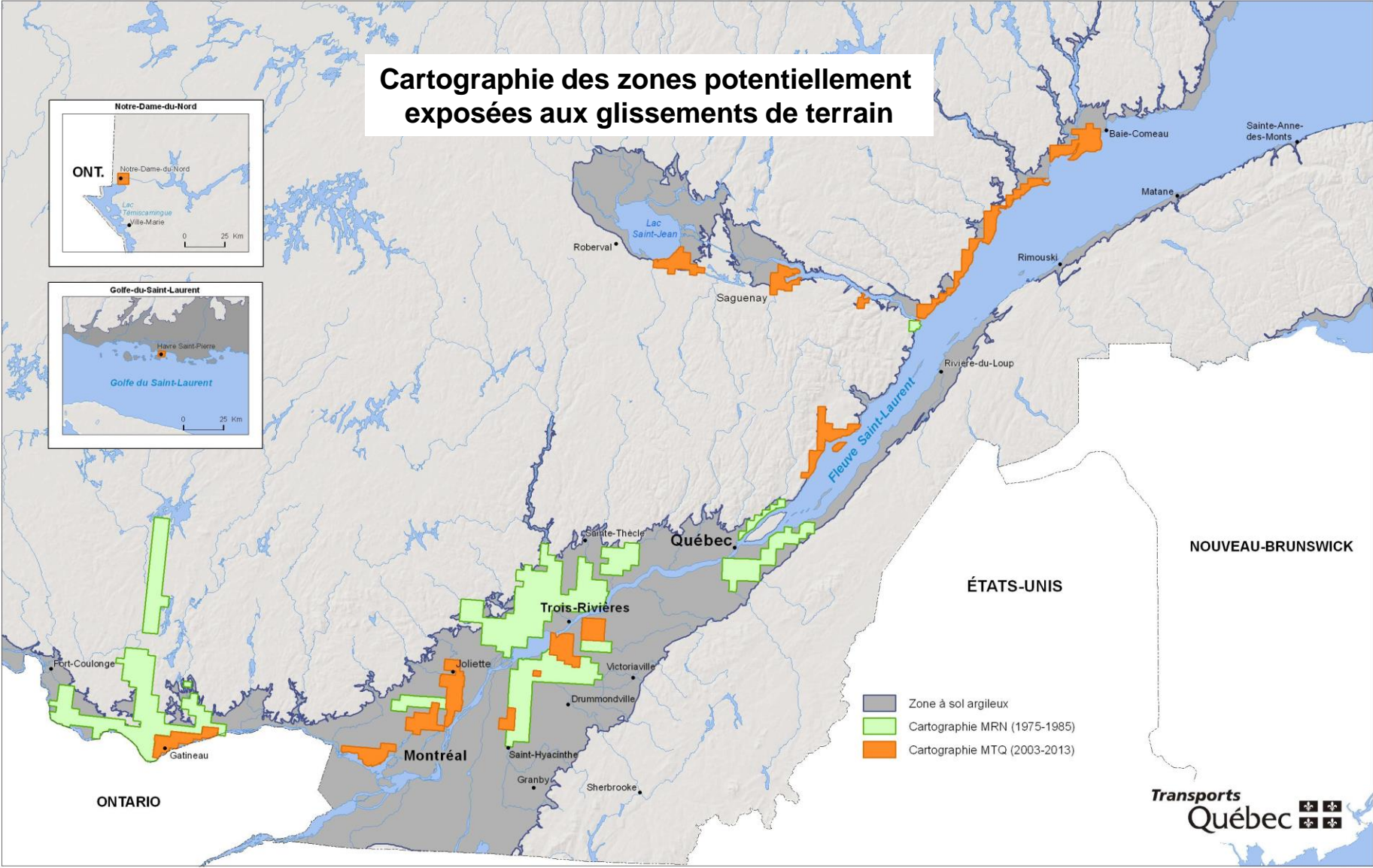
- Recul $\geq 2 H$ ou 40 m
- $H \geq 10$ m





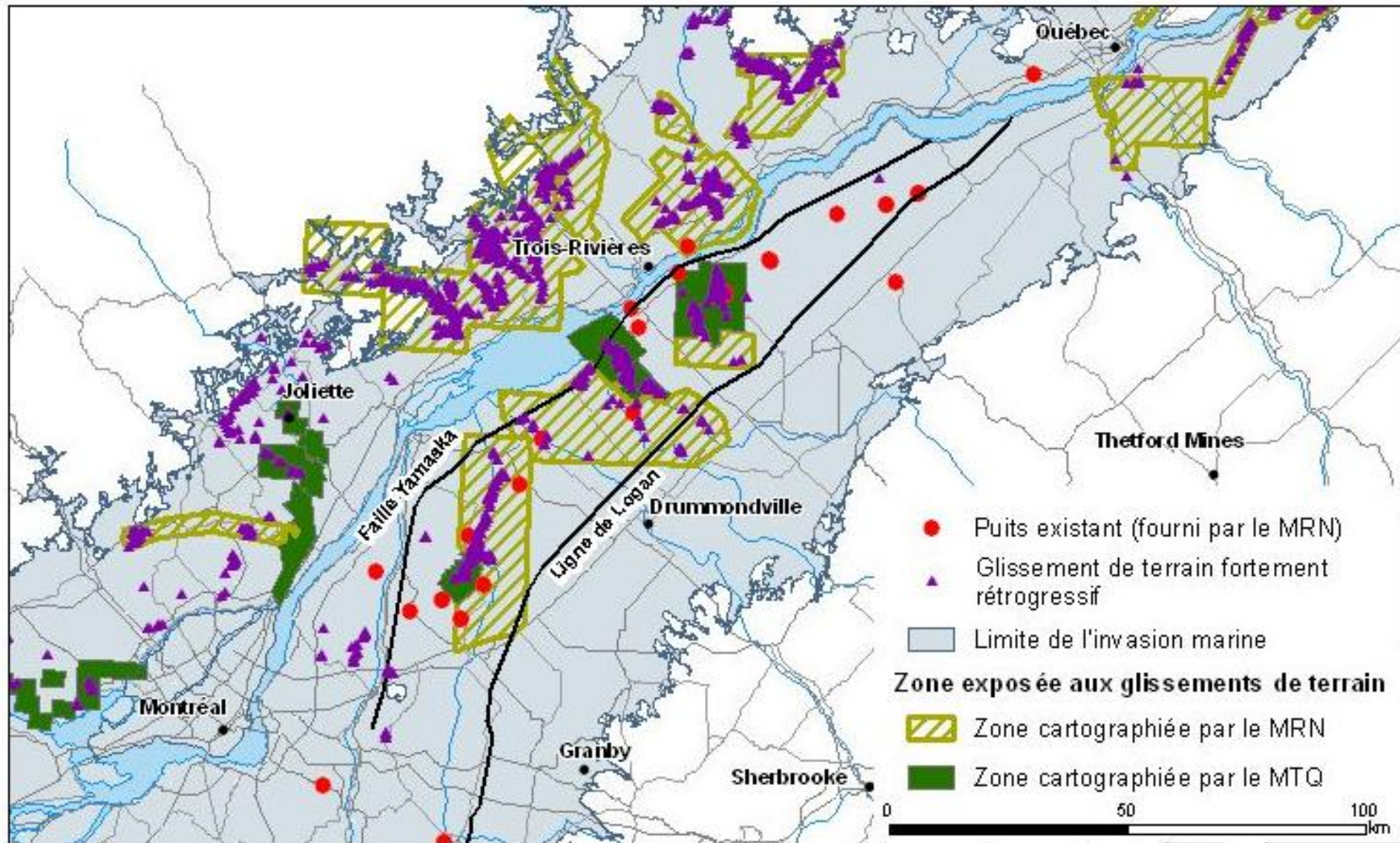
4. Cartographie des zones potentiellement exposées aux glissements de terrain

Cartographie des zones potentiellement exposées aux glissements de terrain



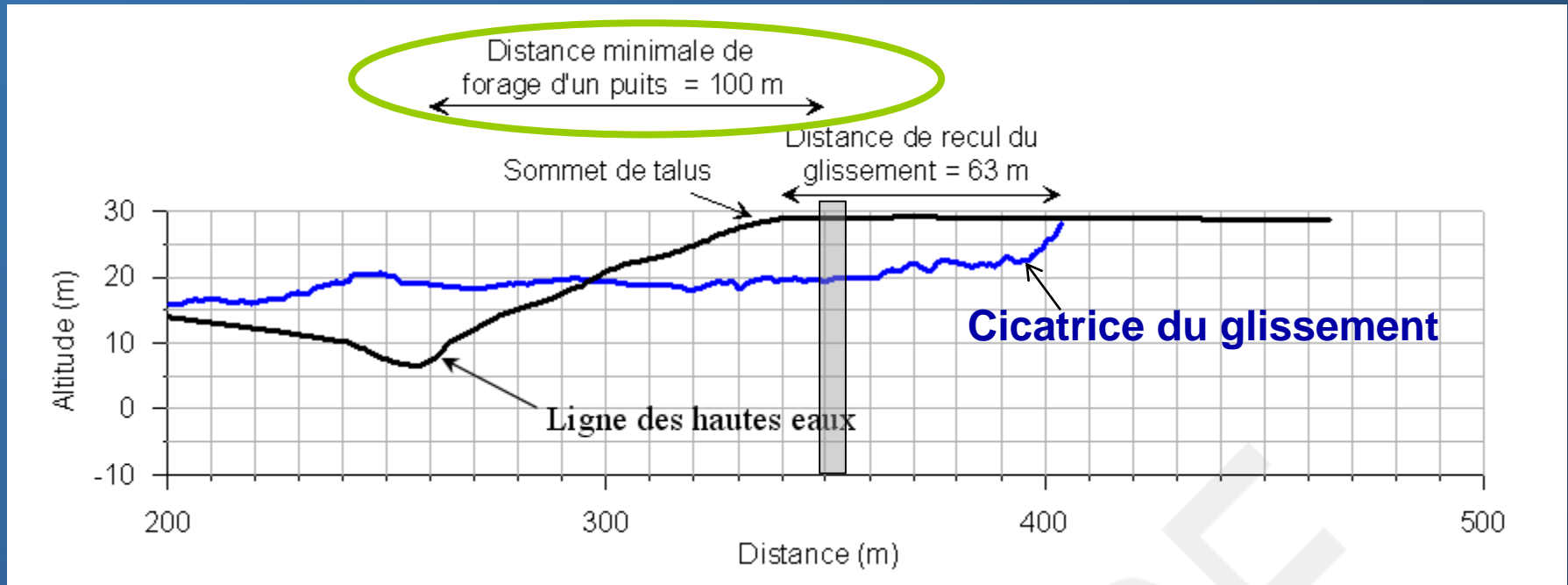
- Zone à sol argileux
- Cartographie MRN (1975-1985)
- Cartographie MTQ (2003-2013)

Constat 1



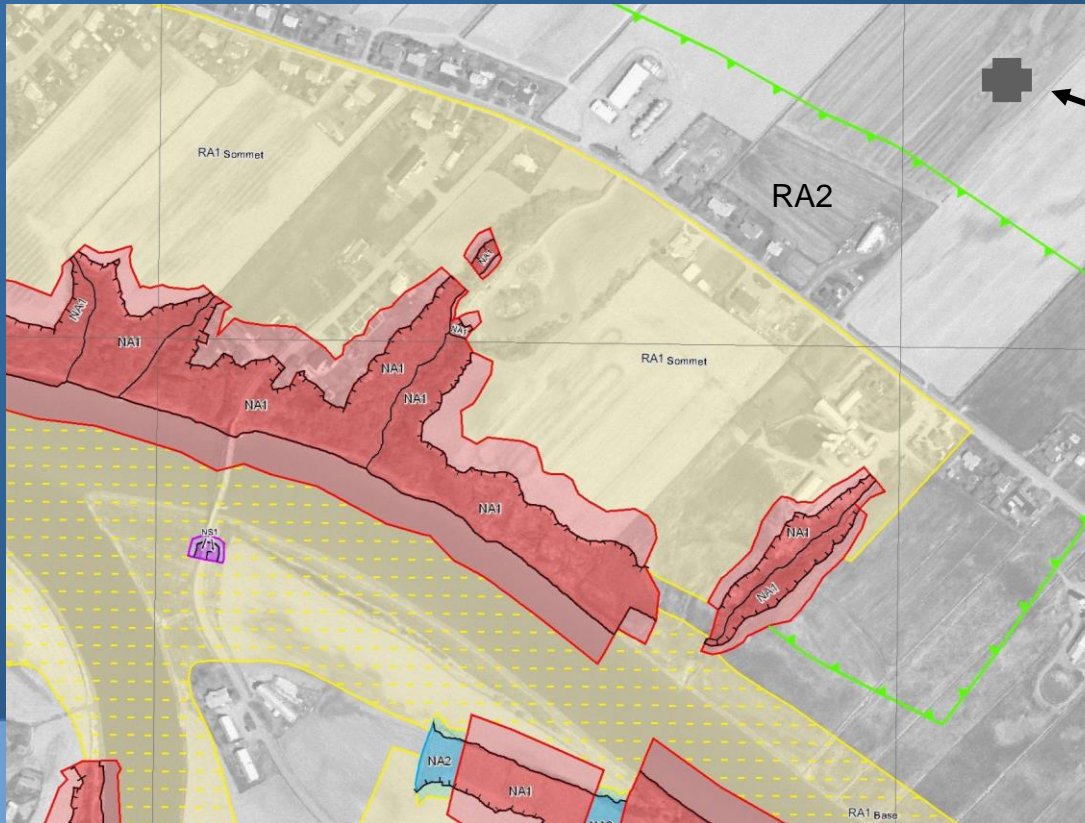
Constat 2

Règlement sur le pétrole, le gaz naturel et les réservoirs souterrains



Avis

- Implanter les puits à l'extérieur des zones potentiellement exposées aux glissements de terrain identifiées par une cartographie du gouvernement du Québec, lorsque disponible



Exemple de localisation d'un puits



5. Éléments aggravants et déclencheurs potentiels liés à l'exploration et l'exploitation du gaz de schiste

Origine des glissements de terrain

Glissement faiblement
ou non rétrogressif



≈60% ≈40%

Glissement fortement
rétrogressif



≈80% ≈20%

*cas ayant fait l'objet d'une demande
d'avis technique ou d'une investigation*

Lebuis et al. 1983

Éléments aggravants et déclencheurs

- Vibrations et sismicité
- Pressions d'eau interstitielle
- Activités connexes sur le site

Vibrations et sismicité

- Levés sismiques effectués par camions vibreurs
- Levés sismiques effectués à l'aide d'explosifs
- Perforation du tubage à l'aide d'explosifs
- Fracturation hydraulique
- Exploitation
- Trafic lourd

Constat

Levés sismiques effectués par camions vibreurs

Levés sismiques effectués à l'aide d'explosifs

Perforation du tubage à l'aide d'explosifs

Trafic lourd

- Les vibrations générées ou la séismicité induite par ces activités sont de faible intensité
- Ils n'ont pas d'effet significatif sur la stabilité des pentes

Constat

Fracturation hydraulique _ microséismes

- Des séismes d'une magnitude supérieure à 4,5 peuvent générer des glissements de terrain
- Les microséismes générés par la fracturation hydraulique ne peuvent pas provoquer de glissements de terrain dans le contexte québécois

Constat

Fracturation hydraulique _ sismicité induite

- Considérant le cas de Bâle en Suisse et de Blackpool en Angleterre où des séismes ont été provoqués par la fracturation hydraulique
- Il pourrait être possible que la sismicité induite par la fracturation hydraulique puisse avoir un effet sur la fréquence des tremblements de terre
- Ces séismes pourraient éventuellement déclencher des glissements de terrain

Constat

Séismicité induite lors de l'exploitation

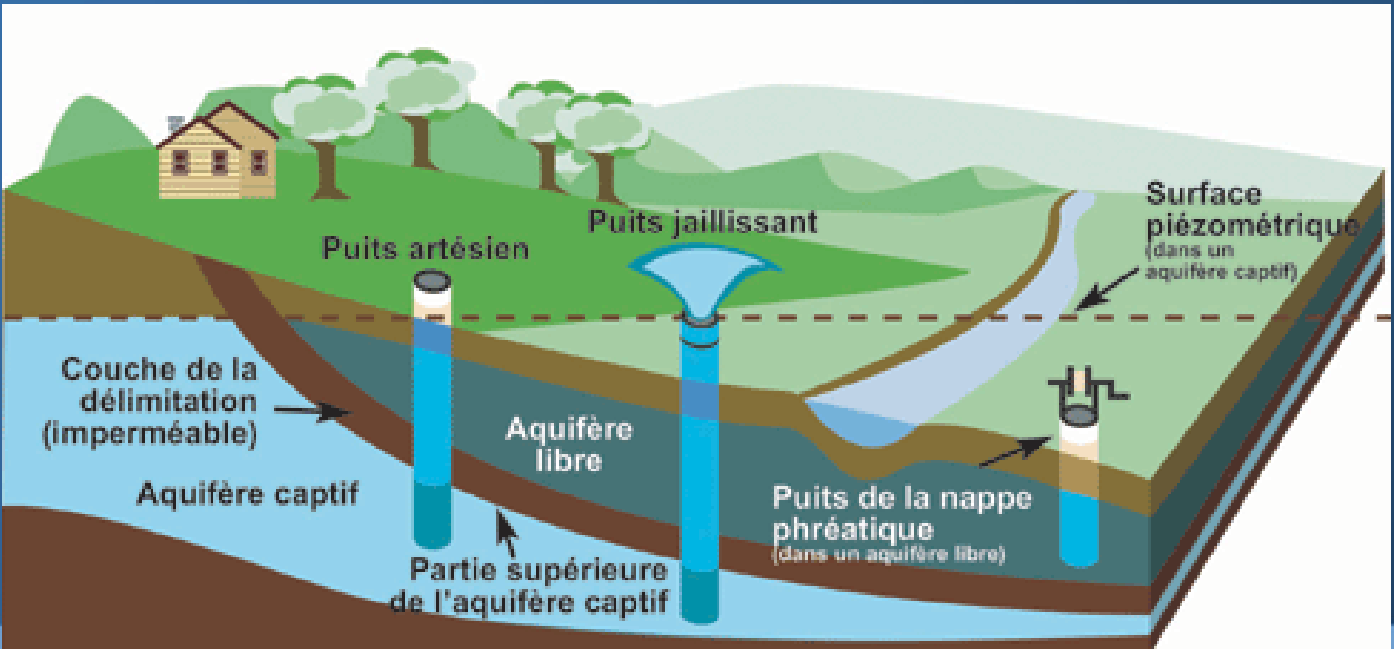
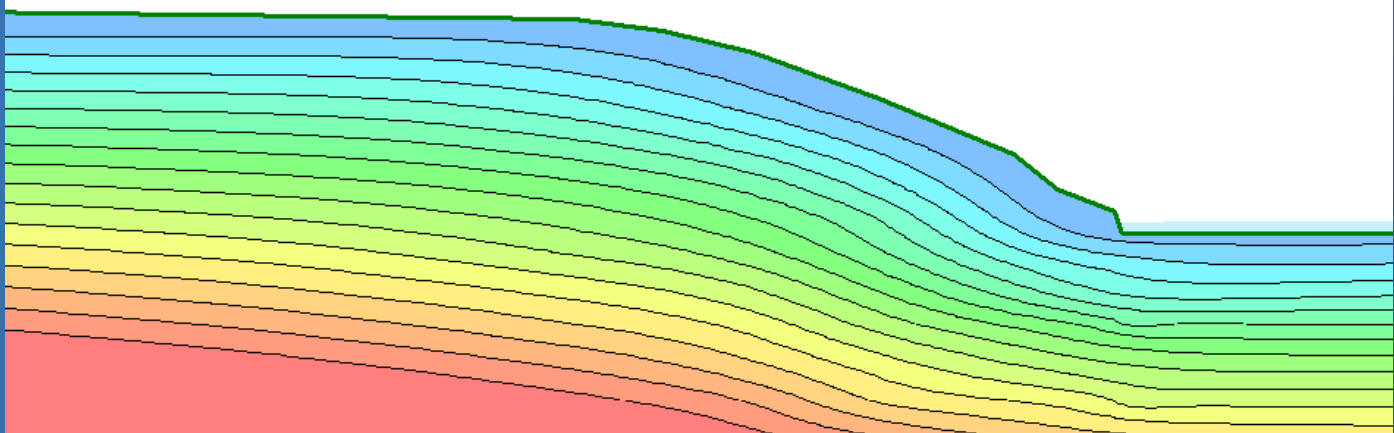
- Considérant que des cas de séismicité induite par l'exploitation pétrolière et gazière sont rapportés dans la littérature
- Il est possible que la séismicité induite par l'exploitation puisse avoir un effet sur la fréquence des tremblements de terre et pourrait éventuellement déclencher des glissements de terrain

Avis

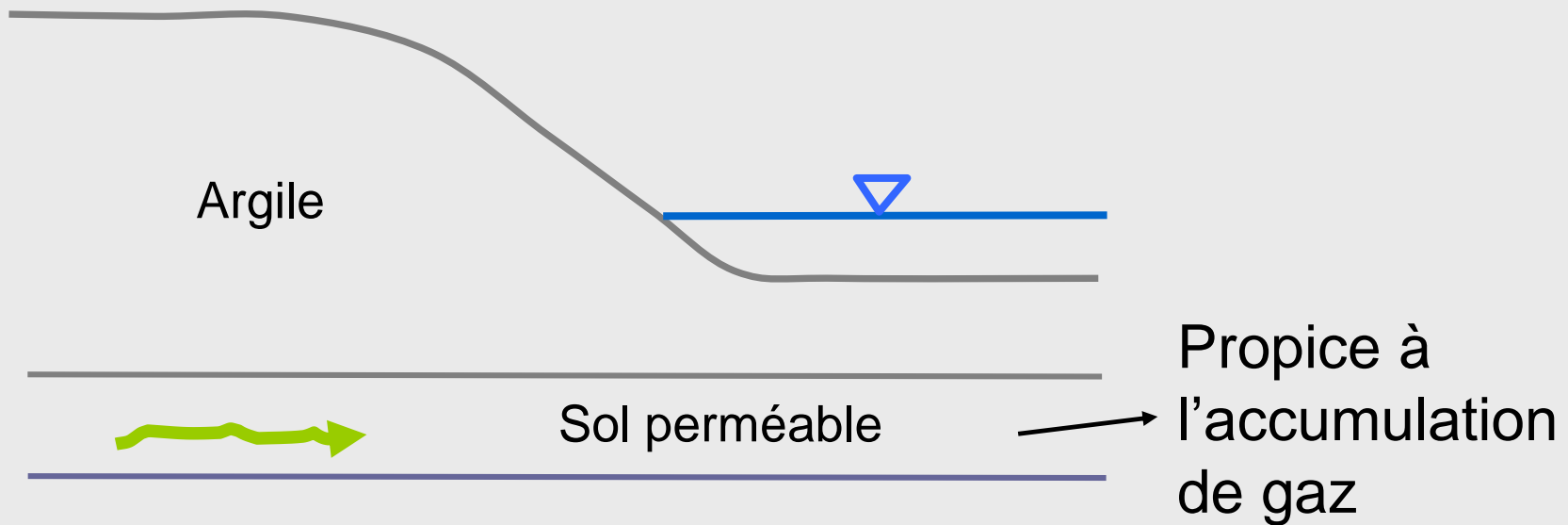
- Une étude portant sur les effets de la fracturation hydraulique et sur l'exploitation du gaz de schiste sur la sismicité induite devrait être réalisée
- Elle devrait statuer sur la sismicité induite et estimer la magnitude des séismes provoqués, le cas échéant

Pressions d'eau interstitielle

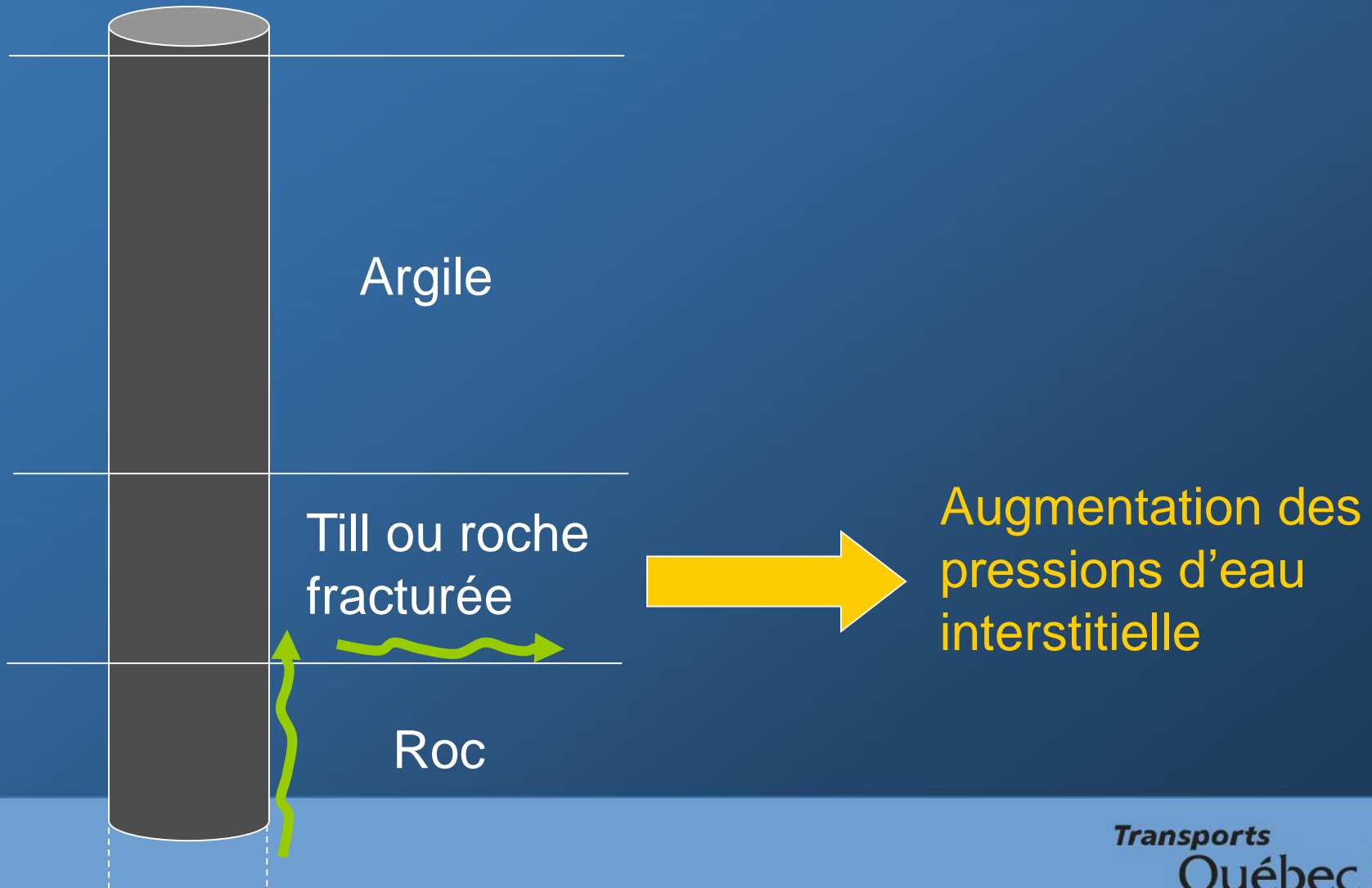
- **Migration de gaz**
 - Fuite entre le puits et la formation géologique
 - Fracturation hydraulique
- **Battage des tubages**
- **Transmission des pressions lors de la fracturation hydraulique**



Migration des gaz



Migration des gaz: Fuite entre le puits et la formation géologique



Constat

- L'apport supplémentaire de gaz causé par la migration de gaz dans des couches drainantes sous les massifs argileux pourrait avoir un effet sur la stabilité des talus argileux situés à proximité
- Il est impossible pour l'instant de tirer des conclusions sur l'importance de cet effet

Avis

- Une étude scientifique pourrait être réalisée considérant le manque d'information concernant les effets de la migration des gaz sur l'augmentation des pressions d'eau interstitielle lorsqu'il existe un problème d'intégrité du puits
- Elle devrait porter entre autres sur la propagation du gaz dans le dépôt glaciaire ou dans la roche fracturée

Avis

- Les puits devraient être implantés à l'extérieur des zones potentiellement exposées aux glissements de terrain identifiées par une cartographie du gouvernement du Québec
- Si pas de cartographie, des bandes au sommet et à la base du talus devraient être respectées pour la localisation des puits

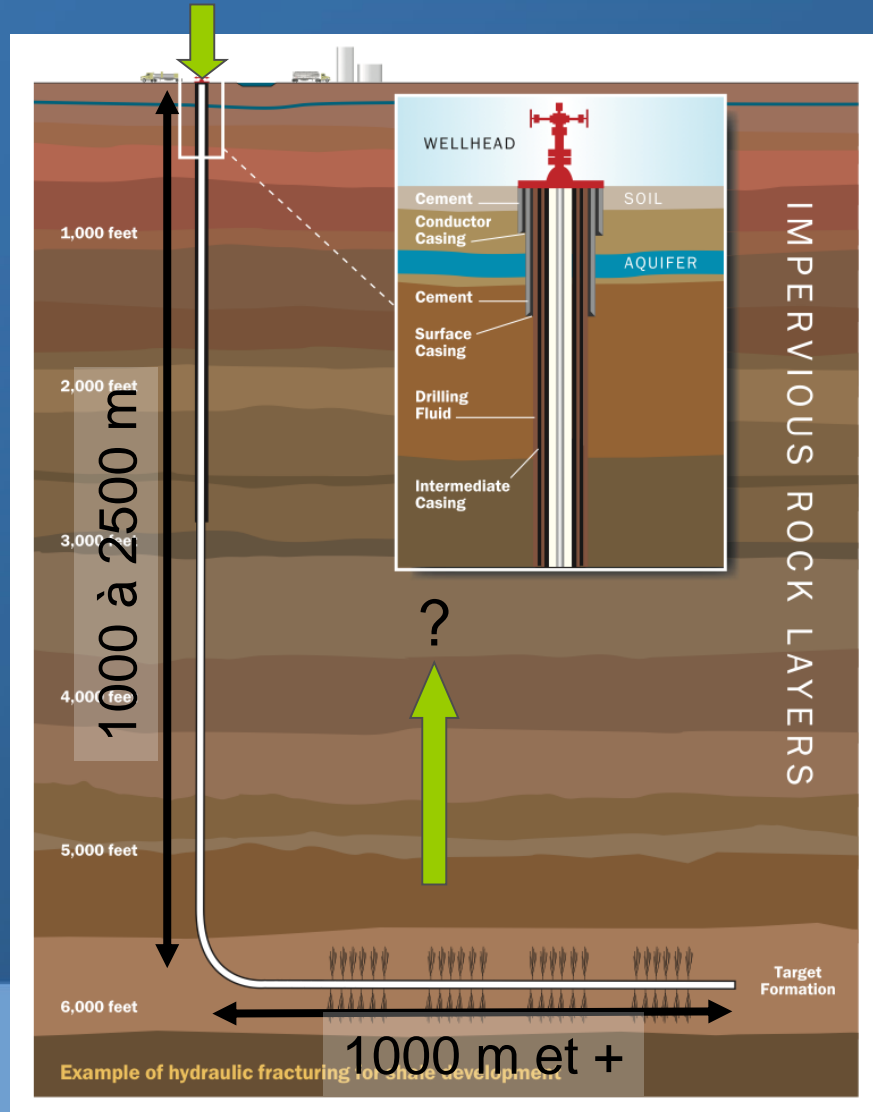
Distance d'un talus	
$H < 10 \text{ m}$	$H \geq 10 \text{ m}$
$2 H \text{ max } 40 \text{ m}$	2000 m

- Des mesures devraient être prises pour éviter des augmentations des pressions d'eau interstitielle dans le dépôt glaciaire ou le roc altéré (pose de piézomètres)

* Ces valeurs pourraient être revues à la suite d'une étude scientifique

Transmission des pressions lors de la fracturation

2 fois la pression hydrostatique au fond du puits, jusqu'à 60 à 70 MPa



Constat

- Le manque d'information sur les effets de la fracturation hydraulique
- Peu de connaissances sur les propriétés physiques des formations rocheuses profondes du Québec
- Il n'est pas possible d'évaluer adéquatement, la probabilité que cette opération entraîne une transmission des pressions jusqu'au massif argileux et favorise le développement de glissements de terrain
- Toutefois, il semble peu probable que les contraintes induites lors de la fracturation modifient l'état des contraintes in situ du massif argileux

Avis

- Une étude scientifique devrait être réalisée afin d'examiner les effets potentiels de l'opération de fracturation hydraulique sur la transmission des pressions jusqu'au massif argileux pour le contexte québécois

Constat

Fracturation hydraulique

- Selon une étude effectuée aux États-Unis, la fracturation contribuerait à augmenter la connectivité hydraulique entre le roc profond et la partie superficielle de celui-ci
- Le contexte québécois est très différent
 - Shale de Lorraine a une faible perméabilité

Constat

Fracturation hydraulique

- Le manque d'information sur les effets de la fracturation hydraulique
- Peu de connaissance sur la dynamique hydrogéologique dans les formations rocheuses profondes du Québec et sur la géologie structurale à grande échelle
- Il est impossible d'évaluer adéquatement, la probabilité que la fracturation hydraulique entraîne une augmentation des pressions d'eau interstitielle et, par conséquent, des glissements de terrain

Fracturation hydraulique

Une étude scientifique devrait être réalisée afin d'examiner

- La possibilité que la fracturation hydraulique développe des chemins préférentiels propices à la migration de gaz
- Une connectivité hydraulique entre la zone exploitée en profondeur et les couches de sols plus perméables du contexte québécois.

Battage des tubages

- L'utilisation de la méthode de battage pour enfoncer les tubages dans les dépôts meubles aurait un effet minime sur la stabilité des talus si les puits verticaux étaient situés au-delà d'une distance égale à deux fois la hauteur du talus

Activités connexes sur le site

- **Surcharge au sommet d'un talus**
- **Déblai ou excavation à la base du talus**
- **Concentration d'eau vers la pente**

(extrait du BAPE, 2010)

Avis

- Ces travaux pouvant être néfastes pour la stabilité des pentes, ils devraient être effectués à l'extérieur de bandes de protection définies

Conclusions

Projet R1-1:

Détermination des risques naturels potentiels dans la région désignée pour l'exploitation du gaz de schiste et des répercussions appréhendées de ces événements sur les installations d'un projet type et sur la sécurité de la population

- La cartographie devrait permettre que les installations des sites de forage ne soient pas touchées par un glissement de terrain
- Les secteurs les plus exposés aux glissements fortement rétrogressifs sont déjà cartographiés
- Les travaux de cartographie se poursuivent

Conclusions

Projet R1-2:

Analyse du risque que des phénomènes naturels soient provoqués par les activités de l'industrie du gaz de schiste et des conséquences appréhendées sur la sécurité et les biens de la population

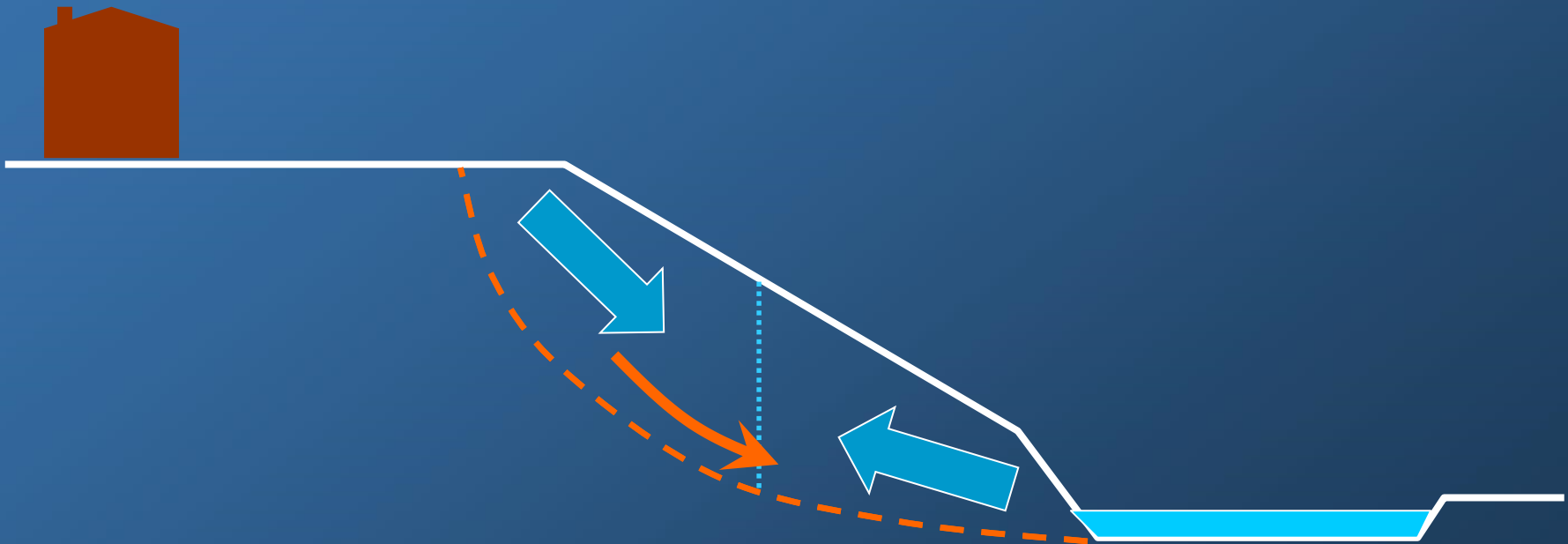
- Le respect des bandes de protection définies dans le présent rapport permettra d'éviter de compromettre les conditions d'équilibre d'un talus par les activités de l'industrie en attendant les résultats des études



Fin

Formation d'un glissement de terrain

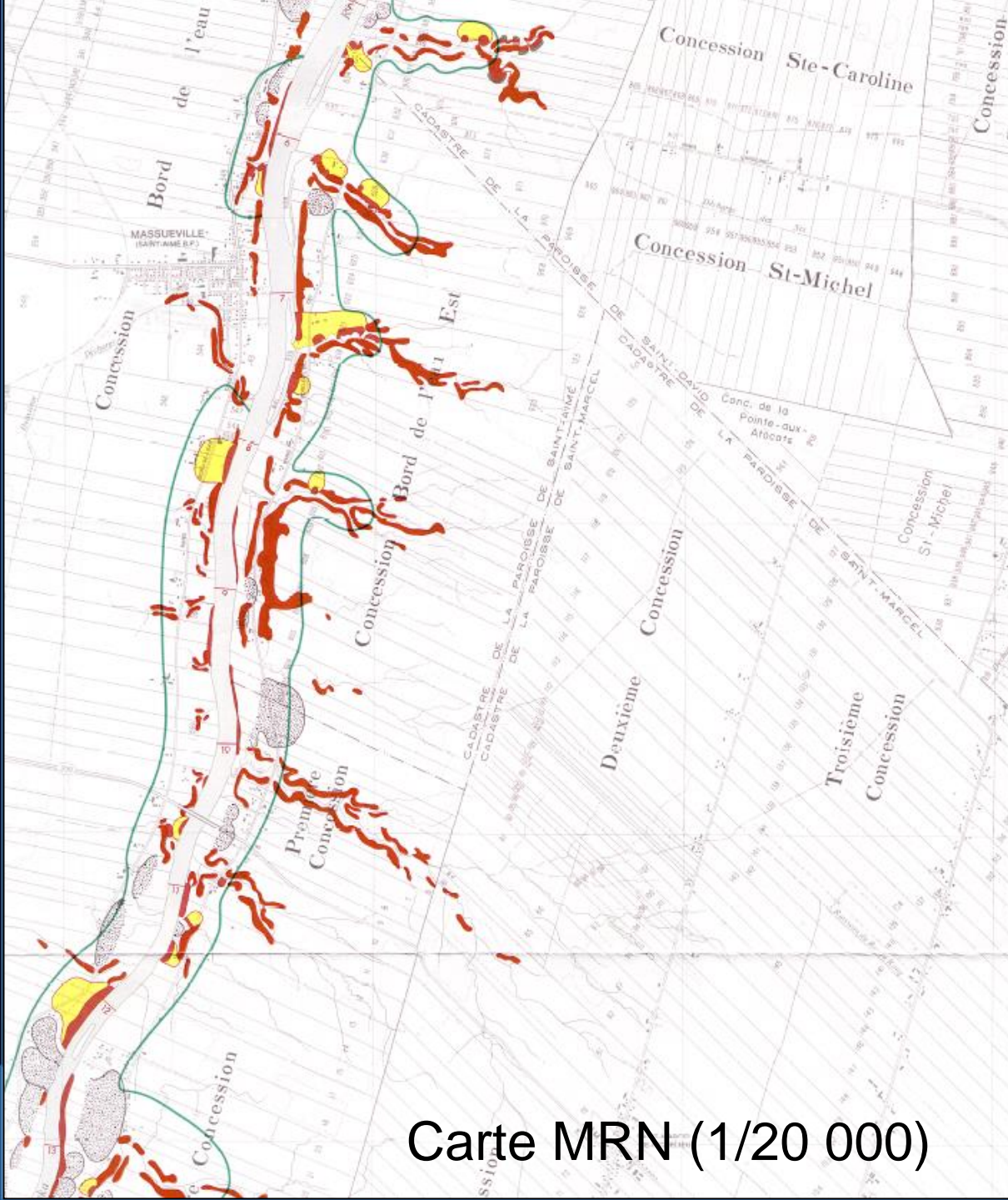
Mouvement rapide ou lent, d'une masse de sol ou de roc, le long d'une surface de rupture, sous l'action de la force de la gravité, résultant de la conjonction de certaines circonstances






Glissement \Rightarrow rupture de l'équilibre des forces dans une pente



Saint-Jude, mai 2010



-  Anciennes coulées argileuses.
-  **Zone à risque élevé.** Des signes d'instabilité ont été observés sur le terrain et des processus géodynamiques contribuent à détériorer la stabilité précaire du terrain. La probabilité de mouvement est forte mais le glissement sera de faible ampleur. La zone correspond à un talus instable avec, à son sommet, une bande de terrain égale à 2 fois la hauteur du talus et, à sa base, une bande de terrain égale à 1/3 fois la hauteur.
-  **Zone à risque moyen.** La géométrie et la topographie du terrain laissent supposer une instabilité potentielle bien qu'aucun signe de mouvement n'ait été observé au moment de la cartographie. Les talus inclus dans cette zone ont une pente qui excède 25%. Des constructions ou des aménagements dans ces talus pourraient provoquer un mouvement de sol. Cette zone a les mêmes dimensions que la zone de risque élevé.
-  **Zone à risque faible.** Aucun signe d'instabilité n'a été observé au moment de la cartographie mais les propriétés géotechniques du sol et le contexte géologique local indiquent que le terrain pourrait subitement être impliqué dans un glissement de grande envergure. La méthodologie suivie pour fixer l'extension de cette zone est expliquée en détail dans la notice accompagnant cette carte.
-  **Zone à risque hypothétique.** Aucun signe d'instabilité n'a été observé au moment de la cartographie, mais les propriétés géotechniques du sol et le contexte géologique local indiquent qu'un mouvement de terrain de très grande ampleur pourrait se produire si des conditions naturelles exceptionnellement défavorables étaient réunies au même endroit. L'extension de cette zone se base sur la dimension des anciennes coulées argileuses dans la région.
-  **Zone à risque nul.** Aucun signe d'instabilité n'a été observé sur le terrain. Compte tenu du contexte géologique local, de la situation géographique et/ou des propriétés géotechniques des matériaux, le risque de mouvement de terrain naturel est nul.



Carte MRN (1/20 000)

Carte MTQ (1/5 000)



Zones de contraintes relatives aux glissements
Faillement ou vers instabilité

- M1** Zone à risque de vers à pente raide susceptible de glissement de terrain en raison de la présence de failles, de zones de cisaillement ou de zones de cisaillement.
- M2** Zone à risque de vers à pente raide susceptible de glissement de terrain en raison de la présence de failles, de zones de cisaillement ou de zones de cisaillement.
- M3** Zone à risque de vers à pente raide susceptible de glissement de terrain en raison de la présence de failles, de zones de cisaillement ou de zones de cisaillement.
- M4** Zone à risque de vers à pente raide susceptible de glissement de terrain en raison de la présence de failles, de zones de cisaillement ou de zones de cisaillement.

Nota bene Les zones exposées aux glissements de terrain sont classées en fonction de leur degré de dangerosité.

Zones de contraintes relatives aux glissements
Instabilité sélective

- L1** Zone à risque de vers à pente raide susceptible de glissement de terrain en raison de la présence de failles, de zones de cisaillement ou de zones de cisaillement.
- L2** Zone à risque de vers à pente raide susceptible de glissement de terrain en raison de la présence de failles, de zones de cisaillement ou de zones de cisaillement.
- L3** Zone à risque de vers à pente raide susceptible de glissement de terrain en raison de la présence de failles, de zones de cisaillement ou de zones de cisaillement.

Nota bene Les zones exposées aux glissements de terrain sont classées en fonction de leur degré de dangerosité.

Autre à l'Évaluation

Cette carte a pour but de fournir au public de l'information sur les zones à risque de vers à pente raide susceptible de glissement de terrain en raison de la présence de failles, de zones de cisaillement ou de zones de cisaillement.

Échelle

1/5 000

0 100 200 300 400 500 m

Source

Ministère des Transports du Québec

1987 et 2004

Ministère des Transports du Québec

2004

Ministère des Transports du Québec

15 mai 2005

Copyright

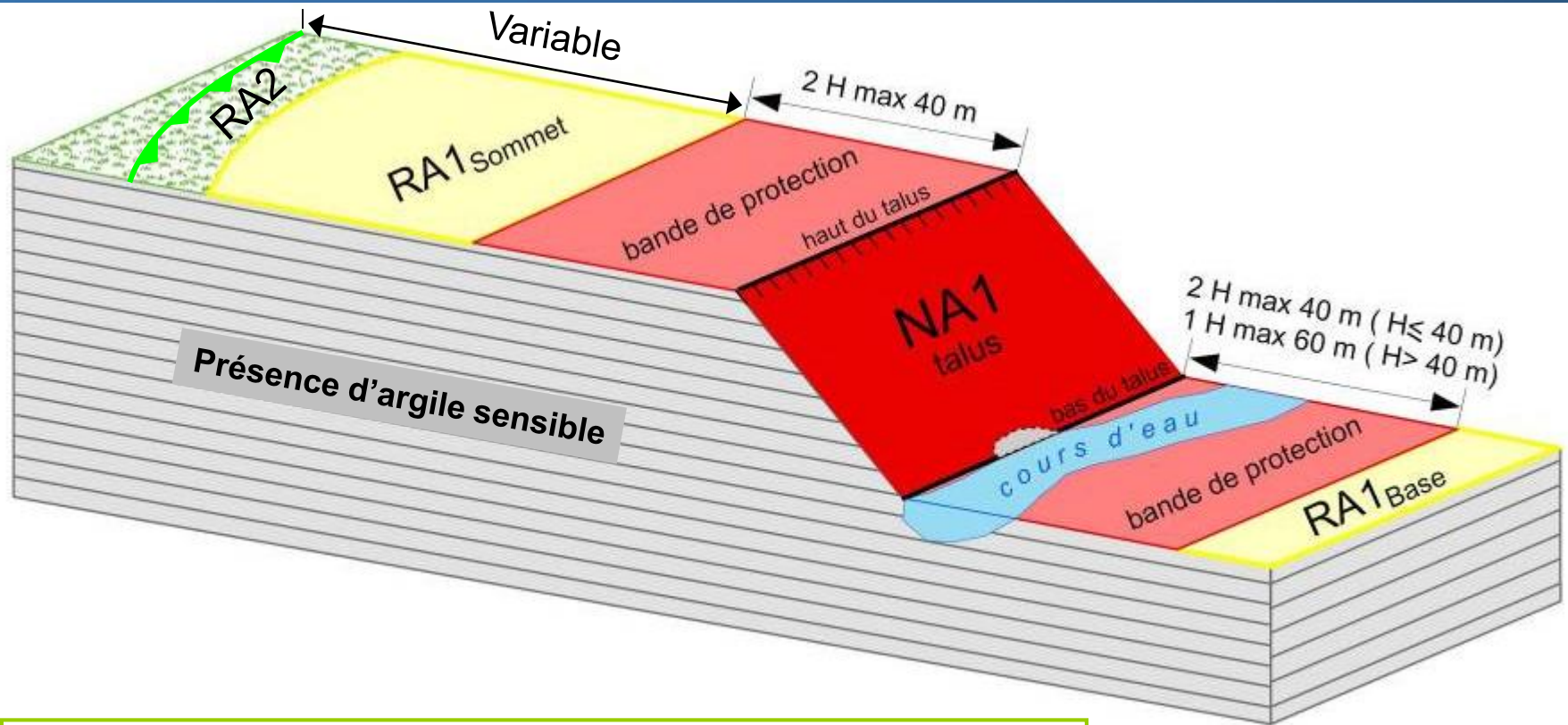
© Gouvernement du Québec

1987 et 2004

© Gouvernement du Québec

1987 et 2004

Talus et bandes de protection

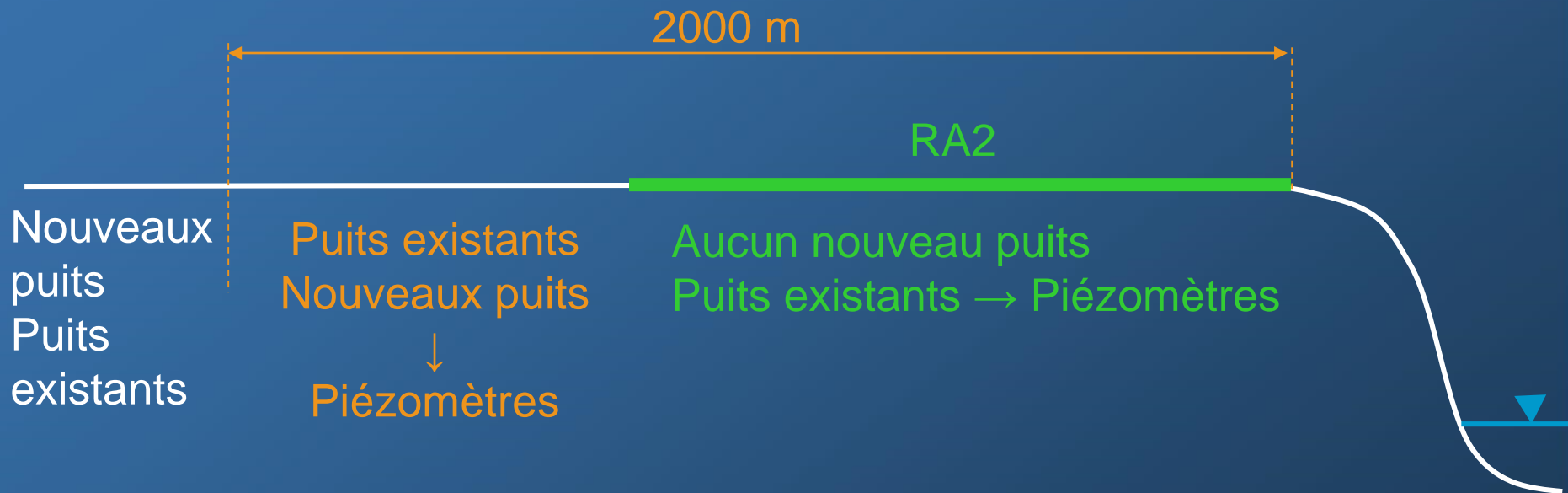


Largeur des bandes de protection est fonction de:

- Nature du sol
- Hauteur du talus
- Type de danger appréhendé

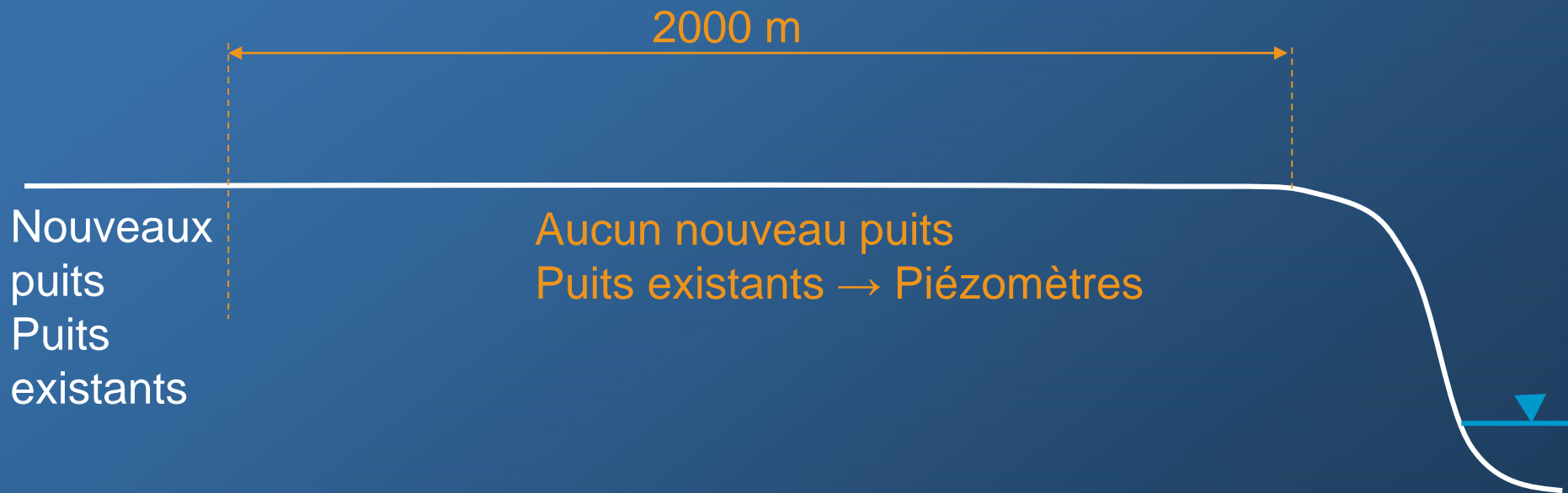
Recommandations

Cartographie disponible



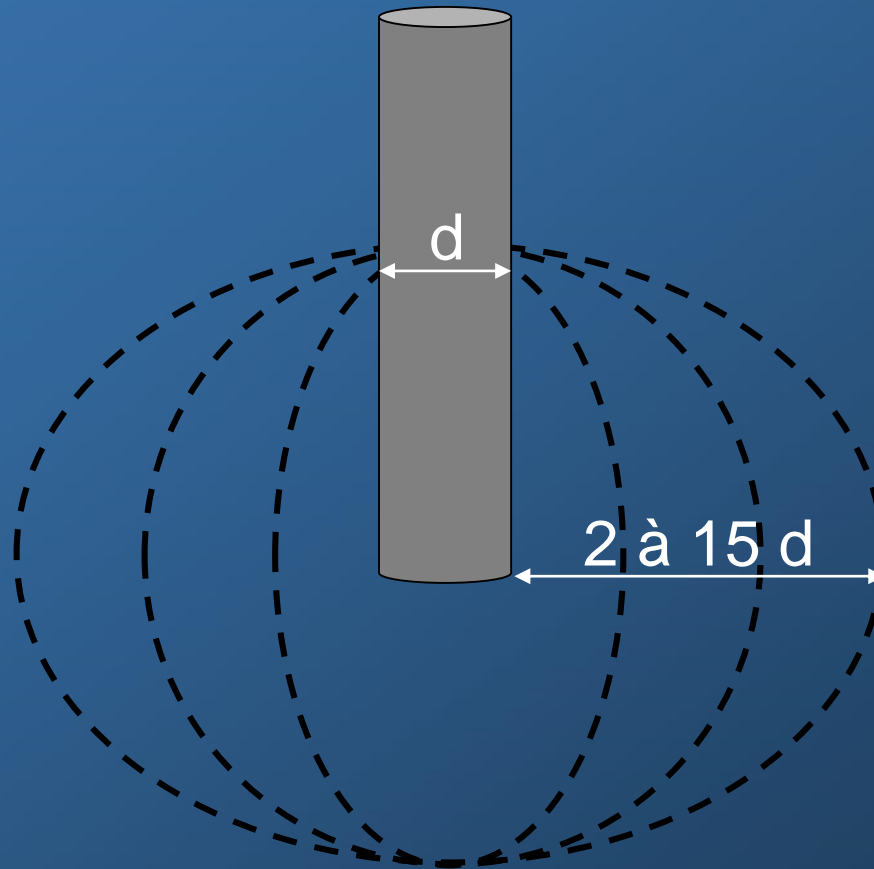
Recommandations

Cartographie non disponible



Battage des tubages

Champ d'influence des pressions d'eau interstitielles générées lors du battage d'un pieu de fondation dans un dépôt argileux



Battage des tubages

Rigaud, 1978



Activités connexes sur le site

- **Surcharge au sommet d'un talus**
- **Déblai ou excavation à la base du talus**
- **Concentration d'eau vers la pente**

(extrait du BAPE, 2010)

Avis

Distances à respecter au sommet du talus pour les remblais et les concentrations d'eau

Type de zone*	Distance au sommet du talus
NA1 - N1 - 1 - 2 - ZRE - ZRM - A - A1 - a - b - Zone rouge - Zone orange	2 H
NA2 - A2 - RA1—NA2	1 H max 40 mètres
NS1 - NS2 - NH - NC	5 mètres

Distances à respecter au sommet du talus pour les déblais

Type de zone*	Distance à la base du talus
NA1 - N1 - 1 - 2 - ZRE - ZRM - A - A1 - a - b - Zone rouge - Zone orange	½ H min. 5 mètres max. 15 mètres
NA2 - A2 - RA1—NA2	½ H min. 5 mètres max. 10 mètres
NS1 - NS2 - NH - NC	5 mètres

Avis

- Si la cartographie n'est pas disponible:

Éléments	Distance au sommet du talus	Distance à la base du talus
Surcharge en sommet de talus	2 H	
Déblai ou excavation à la base du talus		$\frac{1}{2}$ H min 5 m et max 15 m
Concentration d'eau vers la pente	2 H	

Avis

