

Sayona Québec inc.

Projet Authier
La Motte, QC

Rapport technique

**Étude de stabilité des digues des bassins
BC1, BC2, BC3 et BC4**

N° document BBA / Rév. : 6015021-000000-41-ERA-0002 / R00
9 décembre 2020



Sayona Québec inc.

Projet Authier
La Motte, QC

Rapport technique**Étude de stabilité des digues des bassins BC1,
BC2, BC3 et BC4**

N° document BBA / Rév. : 6015021-000000-41-ERA-0002 / R00
9 décembre 2020

FINAL

(Signature)
Preparé par:
Vahid Maresfat, ing., Ph.D.
OIQ n° 5088729

(Signature)
Vérifié par:
Luciano Piciacchia, ing., Ph.D.
OIQ n° 35912



Projet Authier

Rapport technique

Étude de stabilité des digues des bassins
BC1, BC2, BC3 et BC4

SAYONA
QUÉBEC

HISTORIQUE DES RÉVISIONS

Révision	État du document – Description de la révision	Date
R00	Final	2020-12-09

Ce document est préparé par BBA pour le seul bénéfice de son Client et ne peut être utilisé par aucune autre partie et pour aucune autre fin sans le consentement préalable écrit de BBA. BBA ne sera en aucun cas responsable des dommages, pertes, réclamations ou frais quels qu'ils soient découlant ou en relation avec l'utilisation de ce document par toute autre personne que le Client.

Bien que les informations contenues dans ce document soient fiables sous réserve des conditions et limitations qui y sont prévues, ce document est fondé sur des informations qui ne sont pas sous le contrôle de BBA ou que BBA n'a pu vérifier; par conséquent, BBA ne peut en garantir la suffisance et l'exactitude. Les commentaires contenus dans ce document reflètent l'opinion de BBA à la lumière des informations disponibles au moment de la préparation du document.

L'utilisation de ce document confirme l'acceptation de ces conditions.

TABLE DES MATIÈRES

1.	Introduction et mise en contexte.....	1
2.	Méthodologie	2
2.1	Critères de conception	2
2.2	Caractéristiques géotechniques des sols au droit des bassins	2
2.3	Hypothèses utilisées pour les analyses de stabilité des pentes	3
2.4	Intrants du modèle	3
3.	Résultats des analyses de stabilité	5
4.	Références.....	6

LISTE DE TABLEAUX

Tableau 1 : Normes et directives utilisées pour l'analyse de stabilité	2
Tableau 2 : Caractéristiques géotechniques des sols.....	3
Tableau 3 : Résultats de l'analyse de stabilité locale et globale	5

LISTE DE FIGURES

Figure 1 : Localisation du projet Authier (Sayona, 2020)	1
Figure 2: Coupe-type d'un bassin en présence de sols graveleux	4
Figure 3 : Coupe-type d'un bassin en présence de sols argileux	4

ANNEXES

Annexe A : Résultats des analyses de stabilité

1. INTRODUCTION ET MISE EN CONTEXTE

Le projet Authier (Figure 1) vise l'exploitation d'un gisement de lithium sur un horizon de temps estimé à 14 ans. La construction de quatre bassins est prévue pour stocker et gérer les eaux de ruissellement (eaux de contact) du site minier.

Le présent document constitue une étude de stabilité des digues des quatre bassins (BC1, BC2, BC3 et BC4). Cette analyse fait partie intégrante de la gestion des risques du projet et constitue une exigence en vertu de la réglementation en vigueur.

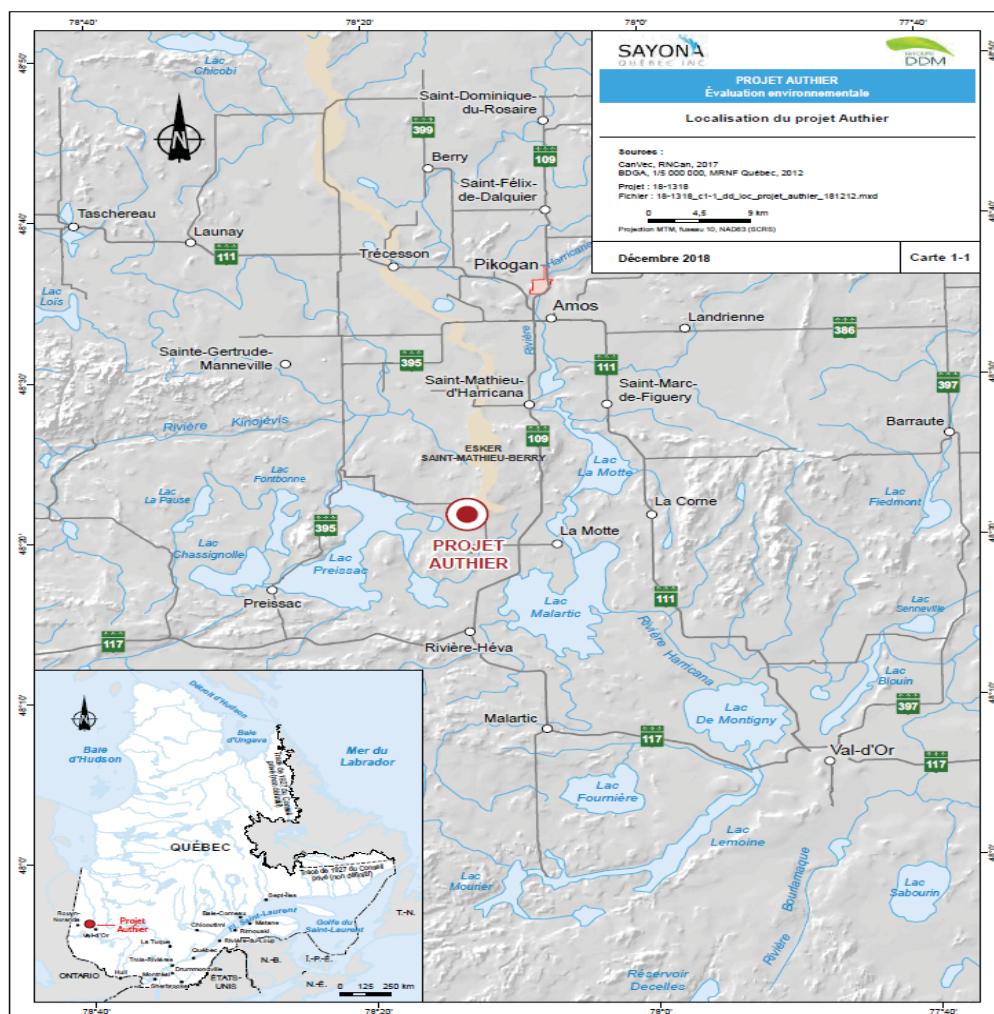


Figure 1 : Localisation du projet Authier (Sayona, 2020)

2. MÉTHODOLOGIE

2.1 Critères de conception

Les normes et les directives utilisées pour l'analyse de stabilité proviennent de la *Directive 019 sur l'industrie minière* (MDDEP; 2012) et du *Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers au Québec* (MERN, 2016). Les critères de stabilité sont présentés au Tableau 1.

Tableau 1 : Normes et directives utilisées pour l'analyse de stabilité

Condition de chargement	Facteur de sécurité (FS) minimum	
	Directive 019	Guide de préparation
Stabilité locale		
Condition statique : court terme	–	1,0 à 1,1
Condition statique : long terme	–	1,2
Stabilité globale		
Condition statique : court terme	1,3 à 1,5	1,3 à 1,5
Condition statique : long terme	1,5	1,5
Condition pseudo-statique	1,1	1,1 à 1,3
Condition post-séisme	1,3	1,3

2.2 Caractéristiques géotechniques des sols au droit des bassins

Les morts-terrains retrouvés au droit des bassins comprennent des sols fins et des sols granuleux. Des sols fins de type argilo-silteux ont été observés dans des sections de l'assise prévue pour les bassins BC1 et BC3. En ce qui concerne les bassins BC2 et BC4, les sols sont principalement des sables silteux avec un peu de gravier et d'argile. La résistance au cisaillement des sols n'est pas connue, de sorte que des valeurs conservatrices ont été utilisées pour les analyses de stabilité. Aussi, le niveau de la nappe phréatique est variable; des valeurs conservatrices ont donc également été utilisées pour ce paramètre.

2.3 Hypothèses utilisées pour les analyses de stabilité des pentes

Les hypothèses suivantes ont été retenues :

- Pour l'analyse à court terme (aux fins de construction) et à long terme, le matériau granulaire a été modélisé par le critère de rupture de Mohr-Coulomb. La cohésion (C) du matériau granulaire a été supposée égale à zéro;
- Pour l'analyse à court terme, le matériau argileux a été modélisé à l'aide de la méthode dite de contrainte totale ($\phi = 0$);
- L'analyse de stabilité à long terme a été modélisée avec le critère de rupture de Mohr-Coulomb;
- Seule la force sismique horizontale a été utilisée dans l'analyse pseudo-statique. En effet, le coefficient sismique horizontal (K_h) augmente les forces et diminue la résistance des matériaux, et le coefficient sismique vertical est négligeable;
- Le coefficient sismique horizontal utilisé est de $K_h=0,5$ PGA/g.

2.4 Intrants du modèle

Les caractéristiques géotechniques des sols utilisées pour les analyses de stabilité sont présentées au Tableau 2.

Tableau 2 : Caractéristiques géotechniques des sols

Matériau	γ (kN/m ³)	Propriétés drainées		Propriétés non drainées		K_{sat} (m/s)
		C' (kPa)	Φ' (°)	Φ (°)	Su (kPa)	
Enrochement	21	0	37	n.a.	n.a.	1×10^{-4}
Sol grossier naturel	18	0	32	n.a.	n.a.	1×10^{-6}
Remblai grossier compact	19	0	35	n.a.	n.a.	1×10^{-6}
Sol argileux naturel	17,5	0	26*	0	10*	1×10^{-9}
Substrat rocheux	Impénétrable					1×10^{-10}

* Gamme inférieure pour l'argile molle

Puisque les morts-terrains consistent en deux types de sols et qu'il est difficile de fixer les limites respectives de ces types de sols, deux analyses de stabilité ont été réalisées afin de couvrir tous les scénarios possibles. Le premier modèle comprend uniquement des sols de type granuleux alors que le second modèle considère la présence de sols argileux. Les paramètres de conception suivants ont été utilisés pour les analyses de stabilité (Figures 1 et 2) :

- Analyse de stabilité avec des sols granuleux
 - Pentes des excavations de 2,5H:1V
 - Présence d'un enrochement (600 mm) sur les pentes pour la stabilité à long terme

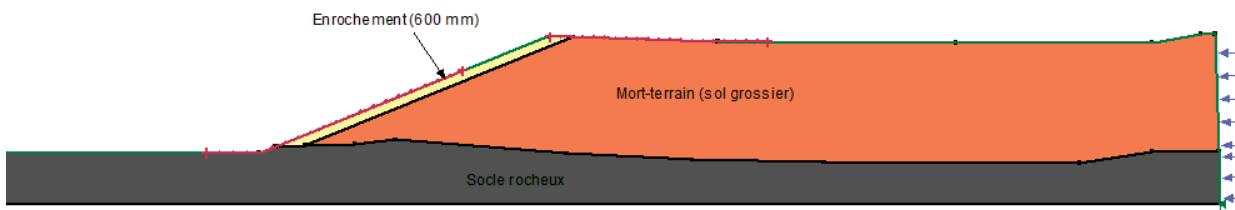


Figure 2: Coupe-type d'un bassin en présence de sols graveleux

- Analyse de stabilité avec des sols argileux
 - Pentes des excavations de 3,5H:1V
 - Mise en place de remblai grossier compacté afin d'obtenir une pente de 2.5H:1V
 - Présence d'un enrochement (600 mm) sur les pentes pour la stabilité à long terme

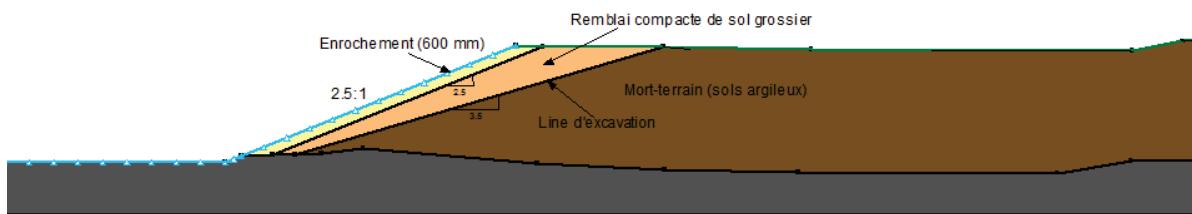


Figure 3 : Coupe-type d'un bassin en présence de sols argileux

3. RÉSULTATS DES ANALYSES DE STABILITÉ

Les modèles de stabilité pour la section transversale sélectionnée ont été définis sur la base des données/informations des tranchées exploratoires sur les empreintes des bassins. Les sections analysées pour la pente interne des digues sont présentées aux Figures 1 à 6 de l'annexe A. Les sections analysées pour la pente externe des digues sont, quant à elles, présentées aux Figures 7 à 9 de l'annexe A. Dans le cas des pentes externes des digues, seules les analyses de stabilité pour les conditions les plus contraignantes (présence des sols argileux) ont été réalisées.

Le Tableau 3 présente les facteurs de sécurité obtenus pour les sections sélectionnées. Comme il peut être constaté, tous les facteurs de sécurité calculés respectent les critères applicables.

L'annexe A présente les coupes correspondantes aux résultats des analyses de stabilité.

Tableau 3 : Résultats de l'analyse de stabilité locale et globale

		Fs minimum estimé		
		Court terme	Long terme	Pseudo-statique
		Critère = 1,3	Critère = 1,5	Critère = 1,1
Pentes internes des digues	Excavation dans des sols grossiers	1,3	1,5	1,3
	Excavation dans des sols argileux	1,4	1,6	1,4
Pentes externes des digues	Excavation dans des sols grossiers	2,9	2,4	1,8
	Excavation dans des sols argileux	>2,9	>2,4	>1,8



Projet Authier

Rapport technique

Étude de stabilité des digues des bassins
BC1, BC2, BC3 et BC4



4. RÉFÉRENCES

Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN). 2016. *Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers au Québec.*

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). 2012.

Directive 019 sur l'industrie minière

Sayona Québec. 2020. Étude d'impact environnementale.



Projet Authier

Rapport technique

Étude de stabilité des digues des bassins
BC1, BC2, BC3 et BC4



Annexe A : Résultats des analyses de stabilité

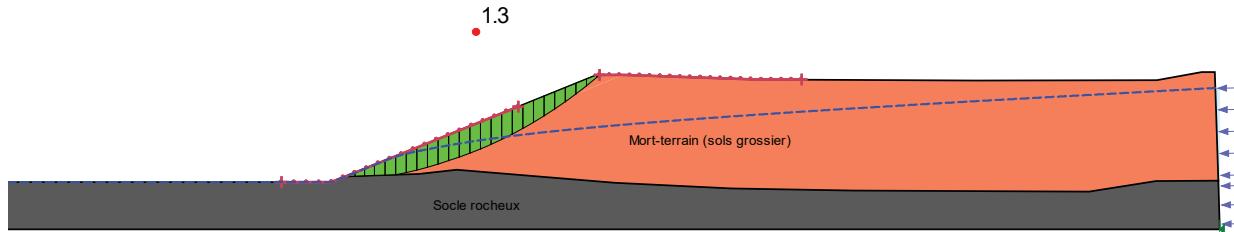


Figure 1 : Stabilité court terme, excavation dans des sols grossiers

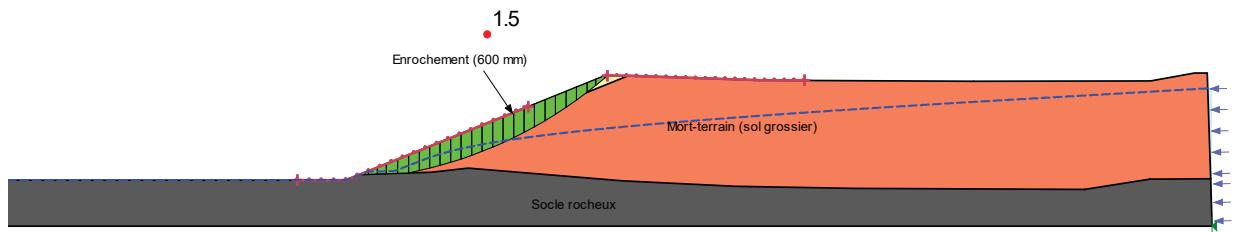


Figure 2 : Stabilité long terme avec une couche d'enrochement de 600 mm,
excavation dans des sols grossiers

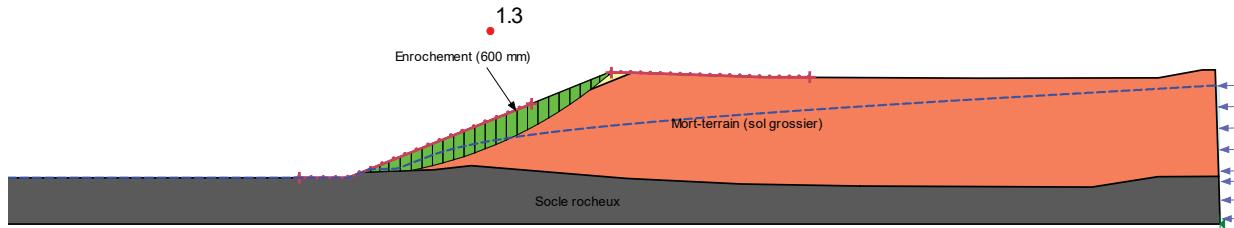
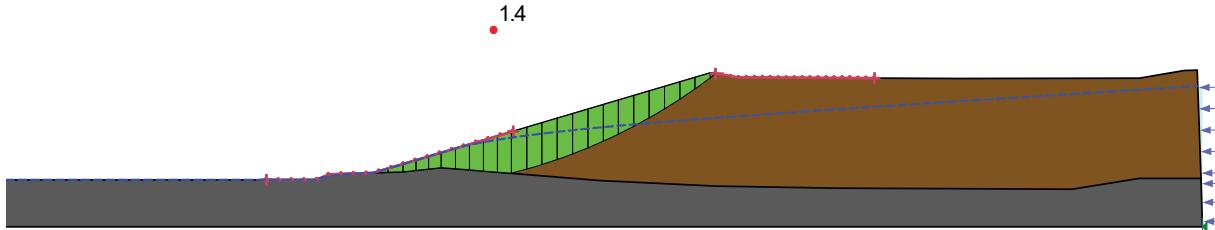
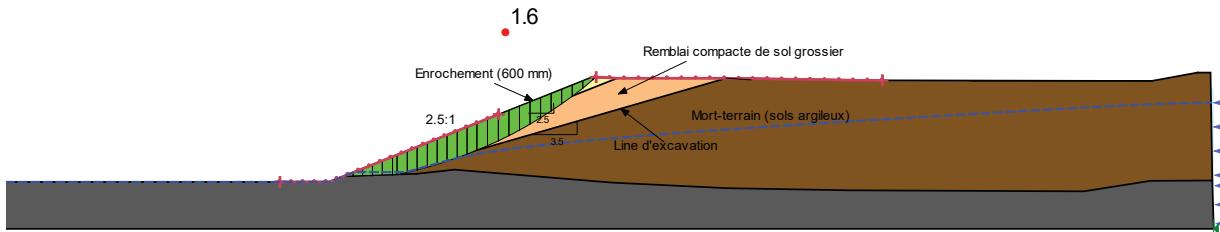


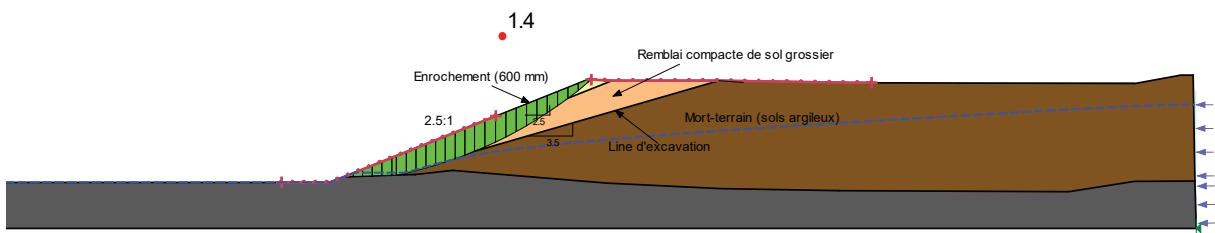
Figure 3 : Stabilité pseudo statique, excavation dans des sols grossiers



**Figure 4 : Stabilité court terme, pente d'excavation 3.5H:1V,
excavation dans des sols argileux**



**Figure 5 : Stabilité long terme avec une couche d'enrochement de 600 mm,
pente d'excavation 3,5H:1V et pente après le remblayage 2,5H:1V,
excavation dans des sols argileux**



**Figure 6 : Stabilité pseudo statique, pente d'excavation 3,5H:1V
et pente après le remblayage 2,5H:1V, excavation dans des sols argileux**

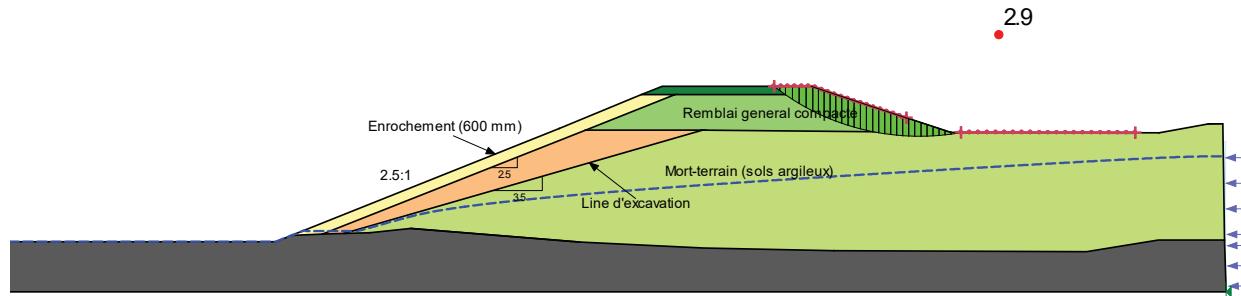


Figure 7 : Stabilité court terme, pente externe de la digue,
excavation dans des sols argileux

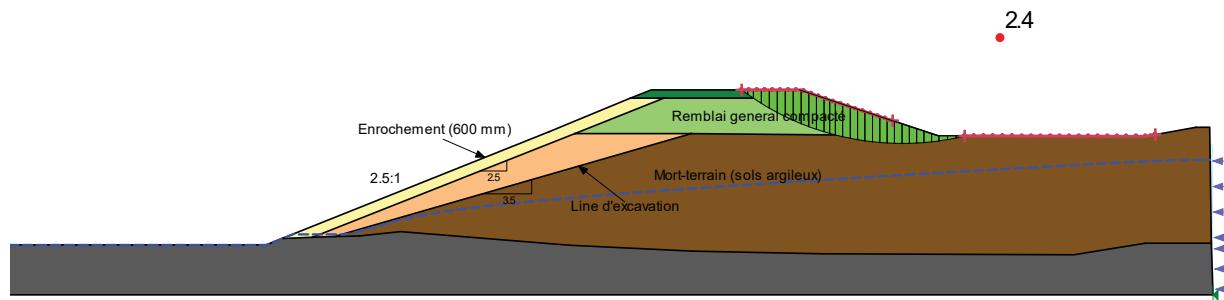


Figure 8 : Stabilité long terme, pente externe de la digue,
excavation dans des sols argileux

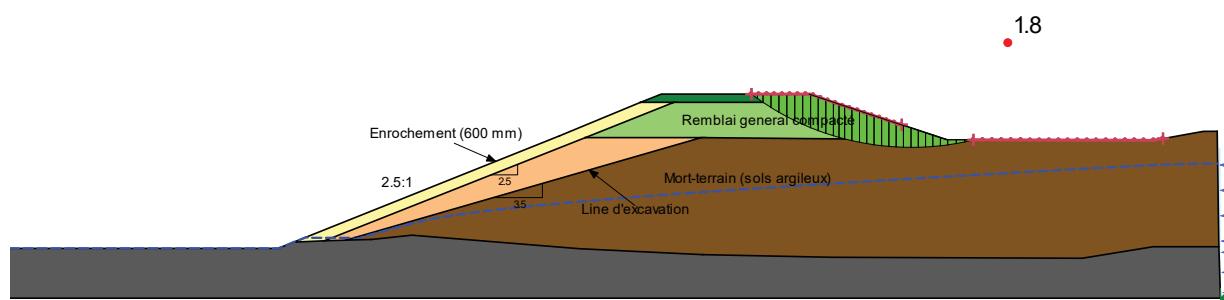


Figure 9 : Stabilité pseudo-statique, pente externe de la digue,
excavation dans des sols argileux

