



Note technique

Dumont Nickel LP

Développement minier Dumont Nickel, Amos, Québec

Analyses des tassements potentiels au droit des ouvrages routiers.

Référence WSP : CA0058871.0057_NT_Rev0

2025-11-28

Destinataire(s) : Jacques Gauthier, Surintendant – Parc à résidus, Dumont Nickel

1. Mise en contexte

Dans le cadre de la demande de modification du décret en lien avec le projet Dumont Nickel (ci-après le « Projet »), le ministère des Transports et de la Mobilité durable (MTMD) a soulevé plusieurs questions concernant les impacts anticipés du projet sur les infrastructures routières, notamment au droit de la route provinciale 111 qui longe la bordure sud du projet.

Pour répondre aux interrogations du MTMD, WSP Canada Inc. (WSP) a été mandatée afin d'analyser chacune des deux causes probables qui pourraient engendrer des tassements, soit le rabattement de l'eau souterraine et la mise en place de remblais dans le cadre du développement minier.

Le présent avis technique vise à exposer les résultats concernant les deux volets à l'étude, comme précisé ci-dessous :

- Volet hydrogéologie : Modélisation hydrogéologique 3D du rabattement de l'eau souterraine causé par l'exploitation du Projet, avec la séquence d'excavation et de dénoyage de la fosse à ciel ouvert ainsi que le développement du parc à résidus.
- Volet géotechnique : Analyse des tassements potentiels dus à la consolidation des sols argileux dans le secteur de la route 111. Les tassements seront évalués en fonction des conditions critiques suivantes :
 - o À la suite de la construction des bermes de sécurité prévues au sud du parc à résidus, entre la voie ferrée du Canadien National (CN) et la route 111, pour protéger les usagers de la route en cas de bris de digues.

La distance minimale entre les bermes de sécurité projetées et la route est de l'ordre de 100 à 200 m. Une hauteur typique de l'ordre de 10 m en crête est prévue pour les bermes de sécurité, dont la construction se fera en remblai tout venant ou en stériles miniers.

- o Au moment où le rabattement de la nappe phréatique atteint l'ampleur maximale dans le secteur de la route 111. Cette analyse reprend les résultats obtenus par l'entremise de la modélisation hydrogéologique.

Le contenu de la note technique est structuré comme suit :

- **Section 2** : Intrants et données de base
- **Section 3** : Modélisation hydrogéologique
- **Section 4** : Tassements de consolidation
- **Section 5** : Conclusions et recommandations issues des analyses

Deux annexes complètent le document :

- **Annexe A** : Vue en plan et profil stratigraphique
- **Annexe B** : Cartes illustrant les résultats des modélisations hydrogéologiques

2. Intrants et données de base

2.1 Intrants

Afin d'obtenir les données stratigraphiques requises aux fins des modélisations et des calculs de tassements, les rapports d'investigations antérieures ainsi que les bases de données géomatiques publiques suivantes ont été consultés :

- Stantec (2024). Installation Dumont Nickel à Amos au Québec – Aménagement divers. Investigation géotechnique. Rapport produit pour Magneto Investment LP (N° du projet : Project No: 121625597, 22 novembre 2024), 27 pages et annexes.
- Stantec (2024). Installation Dumont Nickel à Amos au Québec - Parc à résidus (PAR). Investigation géotechnique. Rapport produit pour Magneto Investment LP (N° du projet : Project No: 121625597, 22 novembre 2024), 19 pages et annexes.
- Stantec (2024). Photo-interprétation et cartographie des dépôts de surface et des formes de terrain dans l'empreinte du parc à résidus projeté. Rapport produit pour Magneto Investment LP (N° du projet : Project No: 121626020, 4 octobre 2024), 13 pages et annexes.

- SRK Consulting (2013). Dumont Feasibility Study Geotechnical Investigation of the Overburden. Rapport produit pour Royal Nickel Corporation (N° du projet : Project No: 2CR012.003, 23 juillet 2013), 53 pages et annexes.
- Base SIG : <https://www.geostack.ca/forinto-app>
- Base SIG : <https://www.foretouverte.gouv.qc.ca/>

2.2 Données topographiques

Les analyses sont basées sur les données topographiques fournies par Dumont Nickel LP (Dumont) et listées ci-dessous :

- conditions de référence selon la topographie existante, d'après le relevé LiDAR réalisé par Mosaic 3D inc. en 2008, ainsi que le relevé LiDAR réalisé par le ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF) en 2024;
- conditions futures selon la séquence d'exploitation de la fosse provenant du plan minier daté du 10 octobre 2024.

2.3 Stratigraphie

La caractérisation des sols et du socle rocheux est limitée aux campagnes d'investigations, aux études antérieures et aux bases de données citées à la section 2.1.

Il convient de mentionner que la majorité des forages sont situés sur le site minier, à une certaine distance au nord de la route 111 et de la position projetée des bermes de sécurité. La carte 1 présentée à l'annexe A montre la position des principaux sondages considérés dans le secteur d'intérêt sous forme de vue en plan. Le profil longitudinal présenté à la carte 2 de l'annexe A montre la coupe stratigraphique représentative de l'interprétation des dépôts rencontrés selon l'axe A-A' au droit de la route 111.

La stratigraphie du site Dumont est composée principalement de dépôts quaternaires glaciolacustres, associés au lac glaciaire Barlow-Ojibway. De façon générale, il s'agit d'une plaine argileuse recouverte de tourbières. Une synthèse des unités stratigraphiques considérées pour la suite des analyses est décrite aux paragraphes qui suivent.

2.3.1 Dépôt d'argile silteuse

Un dépôt glaciolacustre cohésif de nature argilo-silteuse et généralement varvé est présent sur l'ensemble du secteur à partir de la surface ou à une faible profondeur, sous la couche superficielle de sols organiques. L'épaisseur de ce dépôt varie entre 5 et 15 m selon les points de sondages pertinents, avec une moyenne conservatrice évaluée à 12 m.

D'après les données de caractérisation et les limites de consistance mesurées au sein de ce dépôt, la classification USCS varie entre une argile de faible à grande plasticité (« CL » à « CH »).

De façon générale, la consistance de ce dépôt est qualifiée de très molle à raide, avec un degré de sensibilité faible à moyen. Dans le cadre des campagnes d'investigations de SRK en 2011 et 2012 ainsi que de Stantec en 2024, plusieurs mesures de résistance au cisaillement ont été réalisées au moyen de scissomètre Nilcon, de Torvane et d'essais au cône sur des échantillons intacts en laboratoire. Quelques échantillons récupérés au moyen de tube à paroi mince ont également été testés en laboratoire pour établir les paramètres de consolidation et de conductivité hydraulique. Le tableau 2-1 présente un sommaire des résultats d'essais réalisés sur des échantillons du dépôt argileux dans le cadre des investigations antérieures.

Tableau 2-1 Sommaire des essais de caractérisation réalisés sur le dépôt d'argile silteuse dans le secteur à l'étude, réalisés par SRK et Stantec (SRK, 2013) (Stantec, 2024).

Essais	Nombre d'essais	Propriétés géotechniques	Type de sol (USCS)			
			Argile de plasticité élevée (CH)		Argile de plasticité faible (CL)	
			Valeur moyenne	Plage de variation (MIN - MAX)	Valeur moyenne	Plage de variation (MIN - MAX)
Limites de consistance (BNQ 2501-092)	260	Indice de plasticité, I_p (%)	38	28 - 47	14	4 - 27
		Indice de liquidité, I_L	0,9	0,4 – 1,5	1,3	0,1 – 2,5
Scissomètre Nilcon/Torvane	365	Résistance au cisaillement, S_u (kPa)	37	9 - 63	40	12 - 79
		Degré de sensibilité, St	7	3 - 16	7	3 - 22
Consolidation œdométrique (ASTM D2435)	14	Indice de compression, C_c	1,10	0,73 – 1,55	0,31	0,05 – 0,66
		Indice de recompression, C_r	0,06	0,02 – 0,08	0 04	0,01 – 0,07
		Rapport de surconsolidation, OCR	2,4	1,0 – 5,1	2,6	1,0 – 8,3
Conductivité hydraulique (ASTM D5084)	10	Conductivité hydraulique à température standard, K_{20} (m/s)	$2,5 \times 10^{-9}$	$1,2 \times 10^{-9}$ - $3,5 \times 10^{-9}$	$4,5 \times 10^{-9}$	$2,2 \times 10^{-9}$ - $7,9 \times 10^{-9}$

2.3.2 Esker

La présence de l'esker sans nom est notable dans la portion sud-est du secteur de l'étude, comme montré à la carte 1 (Annexe A). Cet esker forme un relief topographique allongé selon un axe NO-SE et se compose d'un dépôt de sable remplaçant localement le dépôt argileux.

D'après les forages disponibles dans ce secteur, le dépôt sableux associé à cet esker serait d'une profondeur de l'ordre 10 à 18 m. Les indices « N » mesurés dans ce dépôt permettent de qualifier la compacité du dépôt sableux de généralement lâche à compacte.

2.3.3 Dépôt de till

Un dépôt de till glaciaire a été intercepté dans la majorité des sondages antérieurs, sous-jacent au dépôt argileux. Ce dépôt est généralement constitué d'un sable silteux et graveleux avec traces de particules argileuses et présence de cailloux et blocs en proportion variable. Le till est généralement dans un état humide, avec une compacité dense à très dense selon les indices « N » mesurés lors des essais SPT.

2.3.4 Socle rocheux

Le socle rocheux a été intercepté à des profondeurs variant entre 10 et 30 m sous la surface du terrain naturel, au droit des sondages antérieurs dans le secteur d'intérêt pour la présente étude. La géologie du socle est composée de roches volcaniques, plus particulièrement de rhyolite et de basalte dans le secteur d'intérêt. Le roc superficiel est considéré comme étant de moindre qualité, avec une conductivité hydraulique d'environ un ordre de grandeur supérieur au roc profond.

2.4 Conditions des eaux souterraines

Les conditions d'eaux souterraines considérées pour la présente étude sont basées sur les niveaux d'eau mesurés dans les sondages équipés d'installations (tube ouvert, puits d'observation), comme montré sur la carte 1 de l'annexe A. Aucune fluctuation majeure des niveaux d'eau n'a été mesurée au cours de la période relevée, soit entre 2011 et 2025.

3. Modélisations hydrogéologiques

3.1 Modèle calibré de référence

Le modèle hydrogéologique utilisé pour prédire les rabattements de l'eau souterraine induits par l'excavation de la mine à ciel ouvert du site Dumont a été développé dans le cadre de l'étude hydrogéologique du parc à résidus miniers du site Dumont (WSP, 2025).

Les informations géologiques et hydrogéologiques ont été utilisées pour construire un modèle numérique tridimensionnel de l'écoulement des eaux souterraines. Le modèle a été élaboré à l'aide du logiciel FEFLOW (Diersch, 2025). L'équation de Richards pour l'écoulement en milieu non saturé a été utilisée pour résoudre le problème d'écoulement souterrain. Les limites du modèle construit sont basées sur les travaux de modélisation antérieurs, ce qui permet une comparaison directe avec les études antérieures.

Ces limites correspondent aux limites de bassins versants des rivières Chicobi, Villemontel et Davy. La distance minimale entre les limites du modèle et le PAR est de 3,2 km.

Ce modèle hydrogéologique a été calibré sur les charges hydrauliques mesurées dans les puits installés sur le site Dumont et sur les données disponibles dans la base de données du Système d'information hydrogéologique (SIH) (MELCCFP, 2025b). Par la suite, le parc à résidus miniers a été ajouté dans le modèle calibré, afin de simuler l'écoulement de l'eau souterraine durant et après l'exploitation de celui-ci.

Afin de simuler l'évolution de l'excavation de la fosse au cours de l'exploitation du site minier, une approche simplifiée a été appliquée. La période de minage a été divisée en six séquences d'excavation minières. Pour chacune de ces séquences, l'élévation de l'enveloppe de la fosse a été ajustée dans le modèle numérique afin de représenter la progression de l'excavation. Le tableau 3-1 présente les détails des séquences minières assignées au modèle en plus des valeurs d'élévation minimale de la fosse correspondante.

Tableau 3-1 Détails des séquences minières simulées de la fosse à ciel ouvert

Durée des opérations minières (année)	Couche du modèle	Élévation minimale du fond de la fosse (m)
0-2	1 à 9	205
2 to 5	1 à 10	75
5 to 10	1 à 11	-28
10 to 16	1 à 12	-93
16 to 25	1 à 13	-93
25 to 30	1 à 14	-214

Source des données: EOP_Solids.dxf (2024-10-11)

3.2 Modèles prédictifs

L'objectif du modèle prédictif est de déterminer les rabattements du niveau de l'eau souterraine sous la route 111 dans la couche d'argile en fonction du temps et selon l'évolution de l'excavation de la fosse Dumont. Le modèle utilisé pour réaliser les simulations découle du modèle régional calibré (voir section 3.1) et inclut les nouvelles infrastructures devant être construites sur le site, notamment la fosse et le parc à résidus. L'intégration de la géométrie de la fosse a été faite en désactivant les éléments au fur et à mesure de la progression en profondeur de la fosse, et en appliquant des conditions aux frontières de type drainage libre à l'enveloppe de la fosse pour chacune des étapes présentées au tableau 3-1. À la fin de l'exploitation (à l'année 30), les conditions aux frontières sont désactivées permettant la remontée des niveaux d'eau souterraine.

Le modèle est utilisé en régime transitoire et simule l'écoulement de l'eau souterraine depuis le niveau calibré (calculé en régime permanent, année 0) et sur une durée de 180 ans. Les rabattements sont calculés pour l'unité du roc superficiel, soit à l'interface entre le roc et les unités sédimentaires (till, argile et esker, voir coupe sur la carte 2).

3.3 Approche statistique

Afin de tenir compte de l'incertitude sur les paramètres d'entrées du modèle et leur influence sur les rabattements simulés sous la route 111, une approche statistique a été utilisée et qui consiste en une méthode d'échantillonnage par rejet qui tire aléatoirement les paramètres du modèle hydrogéologiques (conductivité hydraulique) dans un intervalle probable. Pour chaque paramètre échantillonné, une simulation en régime permanent est réalisée via le modèle calibré. Seulement les combinaisons de paramètres donnant une calibration satisfaisante sont conservées. Ainsi, plusieurs réalisations du modèle calibré (c'est-à-dire, avec différents paramètres hydrogéologiques) sont générées, tous décrivant de manière satisfaisante les données de terrains. Ensuite, les rabattements sous la route 111 sont simulés pour chacune des réalisations, ce qui permet alors d'obtenir plusieurs rabattements probables d'où sont tirés le rabattement moyen et des intervalles d'incertitudes réalistes.

En pratique, seule l'incertitude de la conductivité hydraulique de la couche d'argile, du till et du roc superficiel et du roc proche de la surface (basalte et volcanite) a été considérée, les autres couches étant jugées ayant peu d'influence sur le rabattement. Pour chaque unité géologique du modèle présenté plus haut, la conductivité hydraulique a été tirée aléatoirement par la méthode de l'hypercube latin selon une loi log-uniforme sur un intervalle de ± 1 ordre de grandeur autour de la valeur calibrée. Au total, 400 jeux de paramètres ont été générés. L'acceptation ou le rejet du jeu de paramètres a été choisi en comparant les niveaux d'eau simulés à ceux mesurés et en restreignant la comparaison aux points proches de la route 111 ou dans un rayon de 8 km autour de la fosse Dumont, afin de reproduire plus fidèlement la position de la nappe phréatique. Ensuite, la racine de l'erreur moyenne quadratique normalisée (le NRMSE) de chaque réalisation a été comparée au meilleur NRMSE obtenu (c'est-à-dire, la meilleure réalisation), et si l'erreur de la réalisation est inférieure au meilleur NRMSE plus 20 %, le jeu de paramètre est accepté et considéré probable.

Parmi les 400 tirages aléatoires des paramètres sélectionnés du modèle, seuls 40 ont respecté le critère d'acceptation choisi. Le meilleur modèle ayant un NRMSE de 0,036, le seuil d'acceptation était donc de 0,046. Ce seuil est inférieur à la valeur cible de 0,1, comme requis pour qu'un modèle hydrogéologique soit considéré valable et capable de reproduire fidèlement l'écoulement de l'eau souterraine (Wels, Mackie et Scibek, 2012). La figure 3-1 montre la comparaison entre les charges observées et simulées pour la meilleure calibration.

Les intervalles verticaux indiquent la gamme des valeurs simulées à partir des 40 réalisations sélectionnées. La distribution des charges simulées contre mesurées suit une droite 1:1 (figure 3-1), ce qui indique que chacun des 40 modèles reproduit fidèlement l'écoulement autour des infrastructures minières projetées et de la route 111.

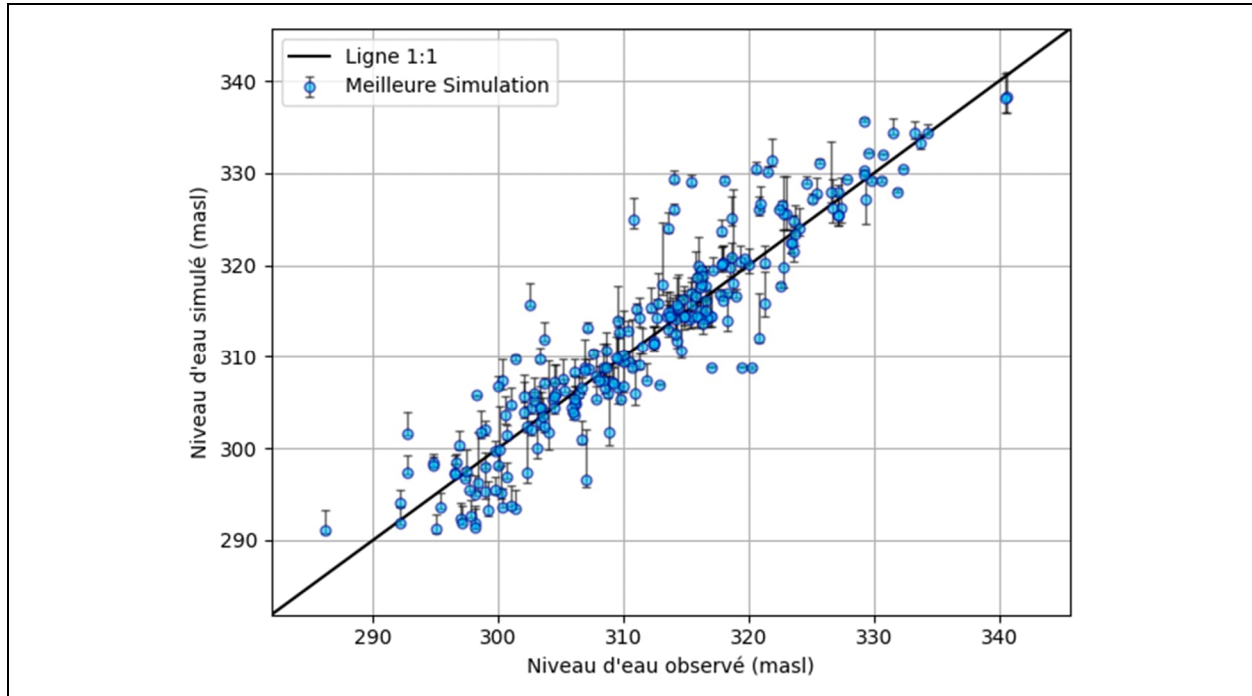


Figure 3-1 Comparaison entre niveau d'eau simulé et observé pour la meilleure des 40 simulations acceptées (plus bas NRMSE) et barre d'erreur représentant les niveaux d'eau extrême simulés des 40 simulations

3.4 Rabattement induit par le dénoyage

Aux fins de la présentation des résultats et afin de faciliter l'analyse des tassements liés au rabattement, quatre points de contrôle (ou points d'intérêt) ont été définis le long de la route 111. Leur localisation est illustrée sur les cartes des annexes A et B, ainsi qu'à la figure 3-2. La signification de ces points de contrôle est décrite ci-dessous :

- Point de contrôle 1 : Représente le segment où les bermes de sécurité sont les plus rapprochées de la route 111, soit à environ 150 m.
- Point de contrôle 2 : Correspond à l'emplacement prévu pour l'intersection avec la route 111, dans le cadre de l'aménagement du nouvel accès routier au site minier.

- Point de contrôle 3 : Situé en bordure de l'esker, vis-à-vis de la pointe sud-est de la fosse à ciel ouvert. À cet endroit, le rabattement de la nappe phréatique s'effectue plus rapidement et atteint sa valeur maximale après environ 35 ans suivant le début de l'exploitation minière.
- Point de contrôle 4 : Représente la zone la plus affectée par les rabattements à long terme au sein du dépôt argileux, où la valeur maximale est atteinte après environ 50 ans suivant le début de l'exploitation minière.

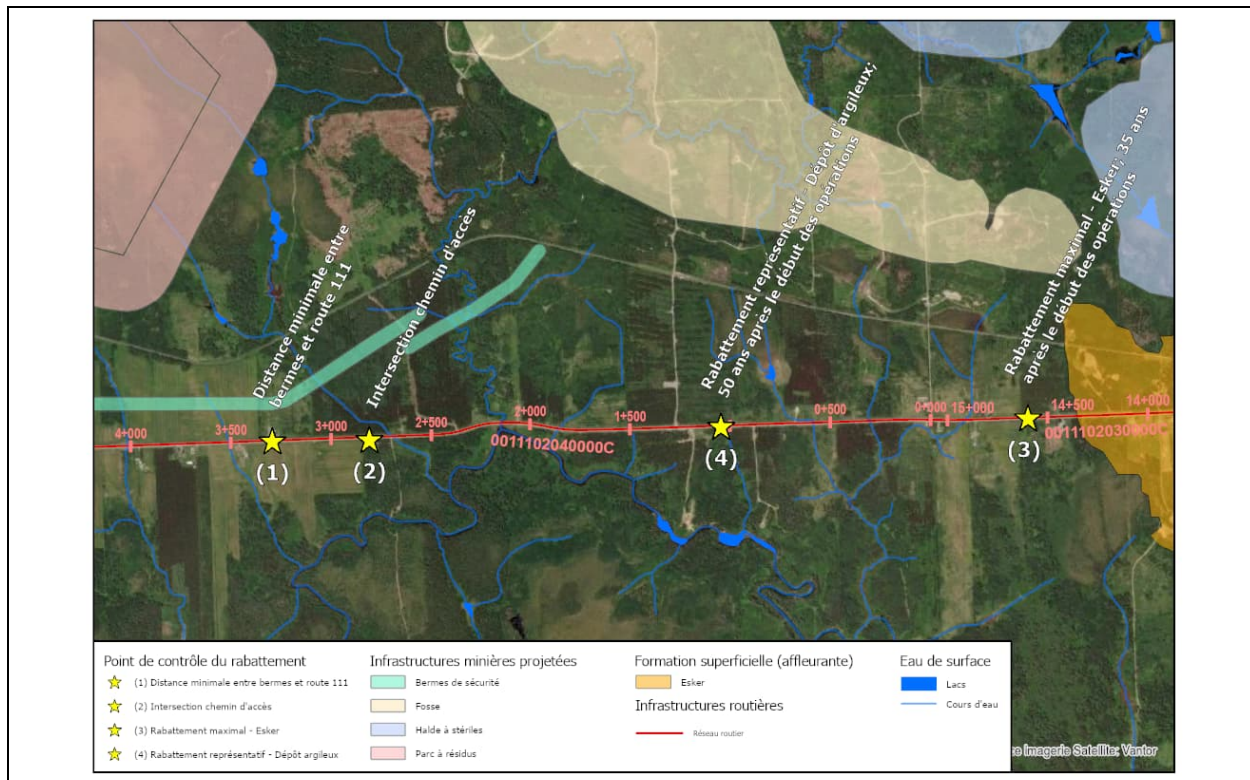


Figure 3-2 Vue en plan rapprochée du secteur de la route 111 impacté par les rabattements avec l'emplacement des points de contrôle et chainage du MTMD

3.4.1 Analyse générale

Les rabattements induits par le dénoyage ont été estimés à l'aide du modèle prédictif avec les 40 jeux de paramètres calibrés dans la procédure d'échantillonnage (voir section précédente).

L'analyse probabiliste permet d'obtenir des valeurs de rabattements probables à partir de la meilleure simulation (c'est-à-dire, qui calibre au mieux les données de terrain), de la simulation moyenne et médiane, puis des rabattements optimistes obtenus en considérant le 5^e percentile des 40 réalisations, puis des rabattements pessimistes à partir du 95^e percentile.

À noter que les valeurs moyennes, médianes et les percentiles sont obtenus d'abord en calculant les rabattements des 40 réalisations sélectionnées, puis en intégrant les résultats soit le long de la route (comme dans la présente section) ou du temps (section 3.4.3), et en analysant les quantités d'intérêts pour chaque point de donnée obtenu. Cela implique que les valeurs et les courbes et tendances décrites ci-bas ne découlent pas d'une réalisation, mais considèrent toutes les réalisations à la fois. Cette approche donne notamment une simulation pessimiste conservatrice.

Dans un premier temps sont présentés les rabattements maximums et intégrés le long de la route (figure 3-2). En pratique, cela signifie que pour un temps donné, le rabattement maximum présenté est le plus grand rabattement obtenu en tout point de la route. De manière générale, ce rabattement maximum augmente durant la période d'exploitation de la mine (les 35 premières années). Par exemple, à la fin de la période d'exploitation, le rabattement donné par la meilleure simulation et la simulation médiane atteignent 4,5 m (courbe bleu et rouge sur la figure 3-2). Ce rabattement est obtenu dans la portion de la route 111 située au-dessus de l'esker (voir carte 3), qui est connectée au mur sud de la fosse. Les rabattements décroissent ensuite pendant quelques années, puis repartent à la hausse pour atteindre un deuxième maximum local 50 ans après le début des opérations. Ce deuxième maximum d'environ 4 m dans la meilleure simulation est obtenu dans la couche d'argile (voir carte 4), qui semble plus lente à réagir au dénoyage de la fosse dû à sa conductivité hydraulique plus faible. La position dans le temps du deuxième maximum est néanmoins variable et peut arriver jusqu'à 80 ans après le début des travaux pour certaines réalisations. Finalement, les rabattements décroissent après le deuxième maximum jusqu'à atteindre une valeur quasi-nulle après 150 ans (meilleure simulation, simulation médiane, moyenne et optimiste). Le rabattement maximum après 150 ans n'atteint cependant pas une valeur de zéros à cause des nouvelles constructions en surface (haldes à stérile et parc à résidus) qui modifient légèrement le comportement hydrogéologique à long terme.

Dans la simulation pessimiste obtenue à partir du 95^e percentile des rabattements simulés, seul un maximum est obtenu après 35 ans et atteint environ 7 m de rabattement. Ensuite, le rabattement maximum décroît lentement au cours du temps et il demeure d'environ 1 m, 125 ans après la fin des opérations.

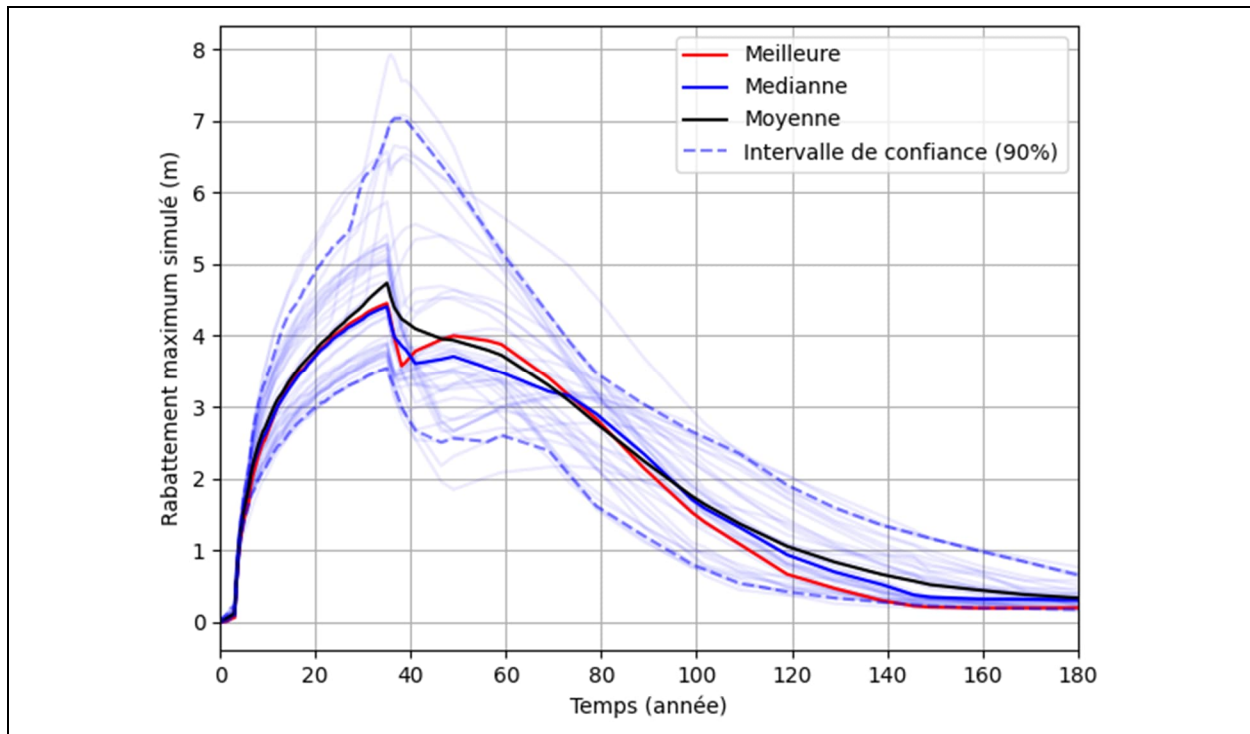


Figure 3-2 Rabattement maximum simulé en fonction du temps le long de la route 111 par les 40 réalisations avec intervalle de confiance (5^e et 95^e percentile). La ligne rouge indique le résultat de la meilleure calibration.

3.4.2 Analyse spatiale et temporelle

La précédente section s'intéresse au rabattement maximum en fonction du temps, quelle que soit la position le long de la route. La présente section s'intéresse aux rabattements indexés selon la coordonnée X (Estant) le long de la route et à des temps précis. Les temps sélectionnés découlent de l'analyse des résultats de la section précédente. L'année 20 a été sélectionnée pour illustrer le profil de rabattement le long de la route durant l'exploitation de la mine, puis l'année 35 qui correspond au premier maximum de rabattement, l'année 50 pour le second (approximativement), et enfin l'année 100 pour l'illustrer la lente décroissante des rabattements (figure 3-3). Comme pour la section précédente, les 40 réalisations ont été utilisées pour dériver les rabattements médians, moyens ainsi que le minimum et le maximum probable (en pratique, 5^e et 95^e percentile, figure 3-3). La meilleure simulation, c'est-à-dire celle qui calibre au mieux aux données de terrain, est aussi présentée.

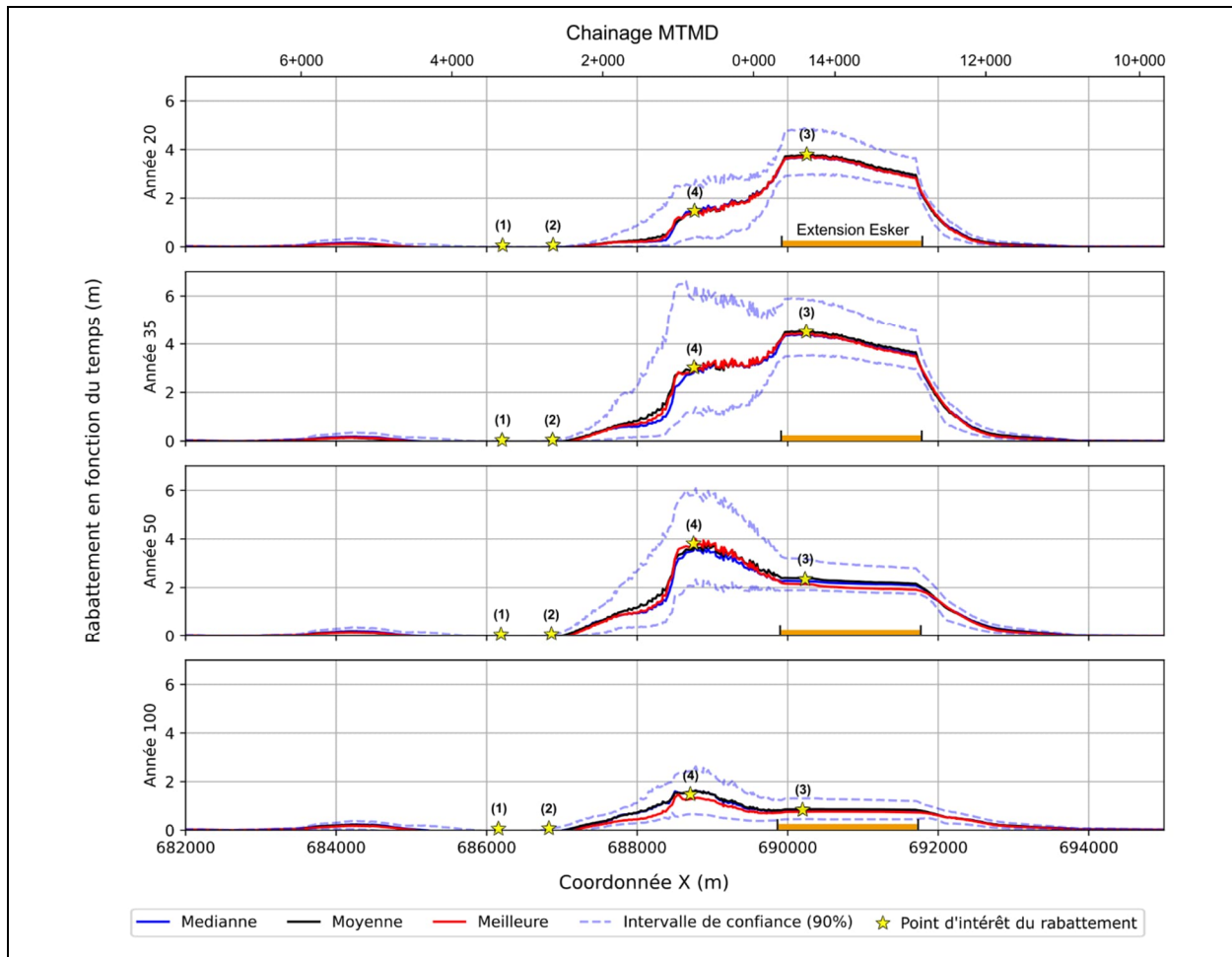


Figure 3-3 Rabattements simulés le long de la route 111 après 20, 35, 50 et 100 ans. La ligne rouge indique le résultat de la meilleure calibration. Les points d'intérêts du rabattement sont indexés comme sur la carte 2.

L'année 20 (graphique du haut sur la figure 3-3) après le début des opérations voit le développement d'un rabattement important sur toute la largeur de l'esker (entre les coordonnées $X=690000$ m et $X=691700$ m, voir coupe sur la carte 2), qui atteint environ 3,8 m en moyenne et 4,8 m au maximum (point d'intérêt 3). En dehors de l'esker, le rabattement décroît rapidement et devient négligeable à moins de 500 m à l'est tandis qu'à l'ouest, le rabattement augmente progressivement dans l'argile (voir carte 3). Le rabattement aux points d'intérêt 1 et 2, soit à la distance minimum avec les bermes et à l'entrée du site respectivement, est négligeable, à l'année 20 et aussi tout au long de la simulation. À l'année 35 (second graphique sur la figure 3-3, carte 4), le rabattement dans l'esker atteint son maximum à 4,5 m en moyenne et 6 m au maximum (point d'intérêt 3). En revanche, le rabattement dans l'argile continue de croître, atteignant 3 m en moyenne et jusqu'à 6,5 m au maximum (point d'intérêt 4), surpassant la valeur

maximum dans l'esker. Plus à l'est de l'argile (abscisse X=688400 m), le rabattement décroît fortement. La chute du rabattement correspond à un passage de la nappe dans le roc superficiel qui semble découpler les niveaux d'eau à l'est et l'ouest du roc (voir coupe sur la carte 2). À l'année 50 (troisième graphique sur la figure 3-3, carte 5), année du second maximum, le rabattement est maximum dans l'argile et atteint 3,7 m en moyenne, contre 2,4 m et décroissant dans l'esker. Finalement, à l'année 100 (figure 3-3, carte 6), les rabattements se dissipent progressivement, mais gardent la même répartition spatiale que dans l'année 50.

3.4.3 Analyse des rabattements maximums le long de la route

De manière plus synthétique que la section précédente, les rabattements sous la route 111 peuvent être présentés en intégrant la dimension temporelle du problème et en présentant uniquement les rabattements maximums le long de la route (figure 3-4). Cette manière de présenter les résultats est d'intérêt, car d'elle permet d'intégrer les rabattements maximaux le long de la route 111 dans l'analyse des tassements instantanés. Les rabattements maximums oscillent entre 4 m en moyenne dans l'argile avec maximum à 6,9 m contre 4,5 m en moyenne dans l'esker avec maximum à 5,9 m. Les rabattements maximaux supérieurs à 1 m sont localisés sur une zone d'une longueur d'environ 4 km le long de la route 111.

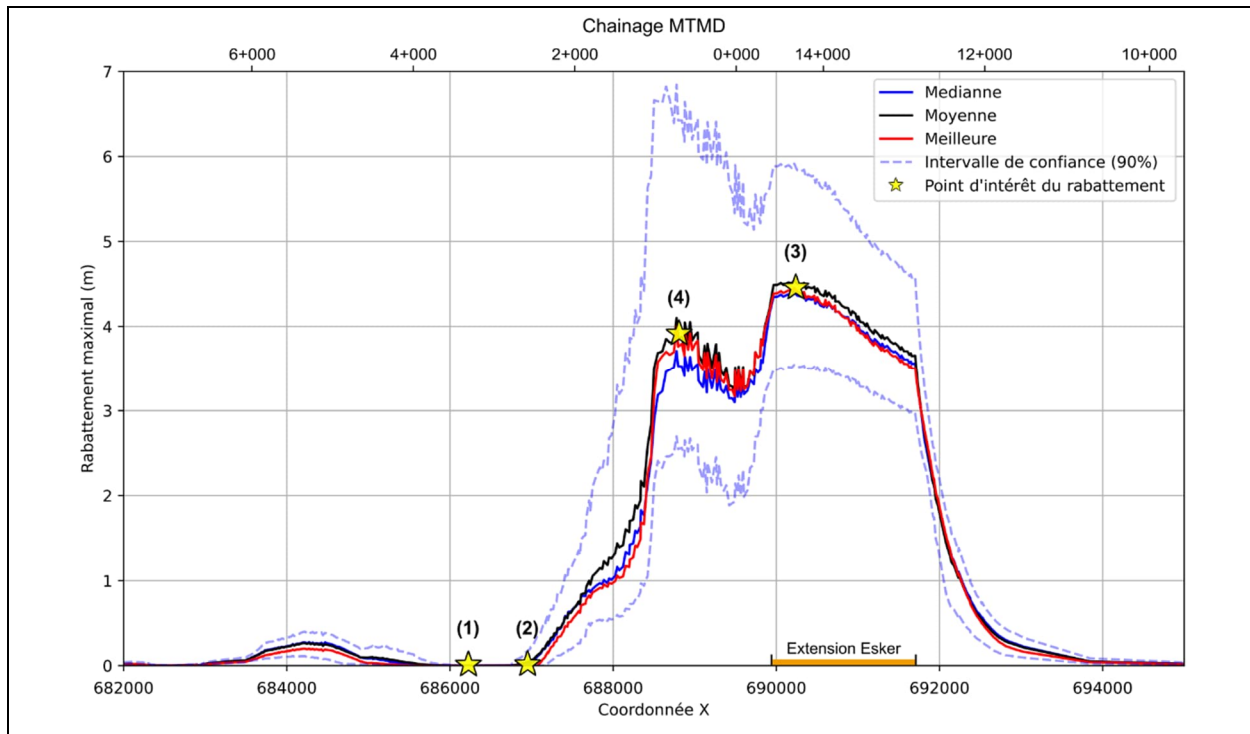


Figure 3-4 Rabattements maximums médians et moyens simulés pour la période 0 jusque 180 ans en fonction de la position le long de la route 111. La ligne rouge indique le résultat de la meilleure calibration. Les points d'intérêts du rabattement sont indexés comme sur la carte 2.

4. Tassements de consolidation

4.1 Méthodologie

Le logiciel Settle 3D (version 5.023), développé par la suite Rocscience, a été utilisé pour effectuer les calculs des tassements. Ce logiciel permet d'évaluer les tassements de façon tridimensionnelle en intégrant les données des forages de façon à reproduire la stratigraphie et les propriétés initiales des sols. La méthode de Boussinesq, intégrée au logiciel Settle 3D, a été suivie pour le calcul de la distribution des contraintes. Cette méthode est bien adaptée au cas de la présente étude, pour laquelle le dépôt compressible est considéré homogène et isotrope.

La méthode de Westergaard a également été utilisée pour estimer l'impact latéral des déformations, selon l'augmentation des contraintes verticales associées à la construction des bermes de sécurité. Cette méthode permet de considérer l'anisotropie des sols avec le coefficient de Poisson, et ainsi de mieux évaluer la portée d'une charge ponctuelle sur les contraintes dans les sols, calculées en s'éloignant du centre de la surcharge.

Les modèles de calculs ont été établis spécifiquement pour évaluer les tassements de consolidation en fonction des deux causes probables :

1. la construction des bermes de sécurité et
2. le rabattement de la nappe phréatique lié à l'exploitation de la fosse à ciel ouvert.

Dans le cas des bermes, la surcharge provenant de la mise en place de remblai est intégrée au modèle sous forme d'une région avec un poids volumique représentatif de 21 kN/m^3 . Les tassements finaux sont estimés lorsque la consolidation associée atteint 95 %.

Dans le cas du rabattement de la nappe, les tassements de consolidation sont calculés en fonction de l'augmentation de la contrainte verticale effective. Les analyses sont présentées le long de l'axe A-A' qui se superpose à la route 111, et ciblent particulièrement les points de contrôle établis lors des modélisations hydrogéologiques (voir section 3.4). Dans le modèle Settle 3D, la méthode de « grille hydraulique » est utilisée pour représenter la nappe souterraine en reliant les différents points de données de rabattement. Cette approche permet de calculer les tassements en fonction de l'évolution du niveau de la nappe par incrément de temps, aux emplacements les plus significatifs.

4.2 Hypothèses de calcul

Les hypothèses générales suivantes ont été considérées pour les calculs :

- Les tassements se produisent dans le dépôt argileux et sont causés par la consolidation associée à l'ajout de surcharges imposées par la construction des bermes de sécurité ou par le rabattement de la nappe phréatique lors de l'exploitation de la mine à ciel ouvert.
- Les calculs concernant la durée et l'ampleur des tassements sont effectués conformément à la théorie de l'élasticité et de la compressibilité, liées à la consolidation des sols cohésifs.
- Les tassements totaux proviennent de la consolidation primaire du dépôt argileux dont la transition vers la consolidation secondaire, ou fluage, est établie à un pourcentage moyen de consolidation de 95 %. Le fluage est donc considéré comme étant non significatif pour l'évaluation de l'ampleur des tassements.
- Pour l'analyse des tassements liés à la surcharge venant des bermes, le dépôt argileux est considéré doublement drainé, c'est-à-dire que les surpressions interstitielles peuvent se dissiper par le dépôt de till à la base de l'argile et par l'horizon granulaire en surface.
- Pour l'analyse des tassements liés au rabattement, comme l'augmentation de la contrainte verticale effective provient de l'abaissement de la nappe phréatique et non d'une surcharge en surface, le drainage du dépôt argileux est considéré unidirectionnel par le dépôt de till de base.
- Le dépôt argileux présent sur l'ensemble du site se situe dans le domaine légèrement surconsolidé, comme indiqué par les valeurs du rapport de surconsolidation (OCR) dont les valeurs mesurées sont indiquées sous forme synthèse au tableau 4-1.
- En fonction des données de forages répartis sur le site minier et considérant que ceux-ci ne sont pas localisés directement dans le secteur d'intérêt pour la présente étude, le modèle simplifié représentant la stratigraphie est basé sur une épaisseur constante de 12 m pour le dépôt d'argile.
- Le dépôt de till dense sous-jacent au dépôt argileux ne contribue pas au tassement, comme il s'agit d'un matériau élastique pour lequel le module sécant est élevé et la surcharge est insuffisante pour imposer des tassements immédiats au niveau de ce dépôt, à plus de 12 m de profondeur.
- Les eaux souterraines suivent un régime hydrostatique, avec un niveau initial estimé à la surface du terrain naturel pour tous les scénarios analysés.

- Les valeurs de rabattement considérées proviennent de la modélisation hydrogéologique présentée dans les sections précédentes. Les valeurs associées au cas le plus probable ont été retenues. Les tassements maximums anticipés ont également été calculés en fonction des courbes de rabattement selon le 95^e percentile, de façon à évaluer l'amplitude des tassements selon un cas particulièrement conservateur et peu probable.
- Les bermes de sécurité sont construites en une seule étape. Cette approche est conservatrice puisqu'il est considéré que toute la surcharge s'applique au même moment sans que le dépôt d'argile ne puisse bénéficier d'un gain de résistance, comme ce serait le cas si la berme était érigée par étape subséquente.
- La position et la configuration des bermes de sécurité sont tirées des plans conceptuels de ces ouvrages. La vue en plan de la carte 1 montre l'emplacement des bermes, dont la distance minimale avec la route 111 est de l'ordre de 150 m. Une hauteur totale de 10 m de remblai est considérée comme étant représentative, avec une largeur en crête de 6 m et des pentes de 3H :1V (18,4°). La hauteur de remblai pour la construction des bermes a toutefois été variée afin d'évaluer la sensibilité de ce paramètre sur la zone impactée par les tassements.
- La berme sera construite à partir de stérile minier ou de remblai tout-venant compacté, composé de till ou de sable et gravier. Un poids volumique moyen de 21 kN/m³ est considéré.

4.3 Propriétés géotechniques des matériaux

4.3.1 Analyse de sensibilité

Les paramètres utilisés pour les calculs ont été soumis à une analyse de sensibilité afin d'évaluer leur influence sur les résultats et d'assurer l'utilisation de valeurs représentatives, malgré la dispersion des données disponibles sur le site minier. À cette fin, l'ensemble des résultats et des interprétations des essais de consolidation œdométrique réalisés en laboratoire, dans le cadre des campagnes d'investigation menées par Stantec et SRK, ont été révisés.

Quatorze (14) essais de consolidation ont ainsi été retenus, fournissant une base statistique suffisante pour extraire les plages de valeurs probables des paramètres ciblés pour l'analyse de sensibilité. La localisation des forages dans lesquels un échantillon prélevé au moyen de tube mince a fait l'objet d'un essai de consolidation est illustrée à la carte 1 de l'annexe A. Les paramètres analysés sont présentés aux sections suivantes.

4.3.1.1 Indice de compression (Cc)

L'indice de compression (Cc), déterminé à partir des essais œdométriques, permet d'estimer les tassements dans le domaine normalement consolidé.

Cette composante des tassements est généralement la plus significative, ce qui rend le choix de l'indice de compression particulièrement déterminant.

Ce paramètre est influencé par le degré de plasticité et l'indice des vides (ou la teneur en eau) du dépôt argileux. Des plages de variation typiques ainsi que des corrélations entre l'indice de compression et l'indice des vides sont bien documentées dans la littérature. En particulier, la publication de Drevininkas et al. (2015) traite des propriétés de consolidation des dépôts argileux glaciolacustres associés au lac glaciaire Barlow-Ojibway, qui recouvrait l'ensemble du secteur de l'Abitibi, incluant le site Dumont.

Les valeurs moyennes d'indice de compression obtenues pour les argiles de type « CL » et « CH », à partir des essais de consolidation, ont été comparées aux corrélations disponibles dans la littérature afin d'évaluer la validité des données utilisées dans l'étude. La figure 4-1 présente cette comparaison sous forme graphique, illustrant que les données représentatives du site (points en forme d'étoile) s'inscrivent bien dans la plage de valeurs établie pour les argiles du Barlow-Ojibway (Drevininkas et al., 2015), confirmant ainsi la pertinence des données.

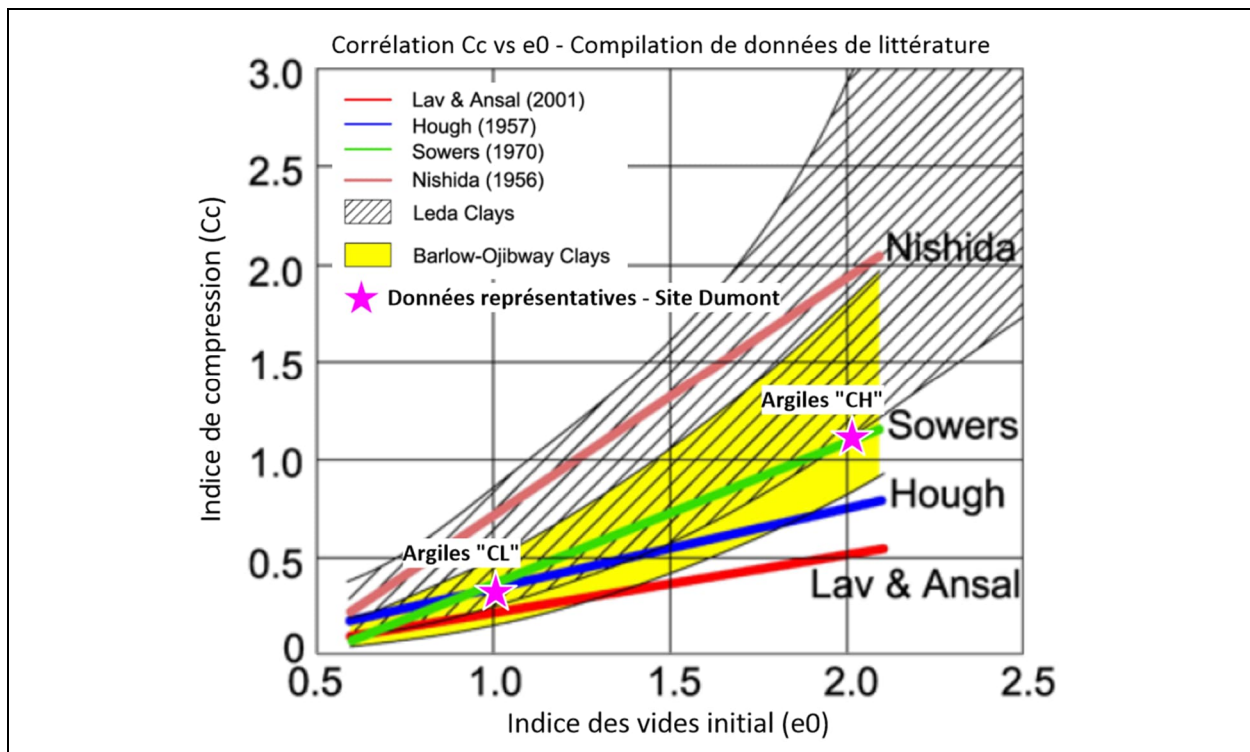


Figure 4-1 Corrélation entre l'indice de compression (C_c) et l'indice des vides initial (e_0) provenant d'une compilation de données de la littérature (Drevininkas, et al., 2015) avec la superposition des données moyennes considérées comme étant représentatives des dépôts argileux du site Dumont.

4.3.1.2 Rapport de surconsolidation (OCR)

Le rapport de surconsolidation (OCR, *Over Consolidation Ratio*) est défini comme le ratio entre la contrainte de préconsolidation (σ'_p) déterminée à partir des essais de consolidation, et la contrainte effective due au poids des sols (σ'_{vo}). En général, la contrainte de préconsolidation est influencée par l'historique de déposition et d'érosion des sols argileux ainsi que par des processus de vieillissement tels que la cimentation naturelle, qui peuvent affecter la résistance au cisaillement.

Les argiles glaciolacustres du secteur de l'Abitibi sont reconnues comme étant légèrement surconsolidées, principalement en raison des réavancées glaciaires et de l'érosion qui en découle (Drevininkas et al., 2015).

Afin d'illustrer l'influence de ce paramètre sur l'amplitude des tassements calculés, un modèle simplifié basé sur la stratigraphie représentative du secteur a été utilisé. Ce modèle considère une couche homogène de 12 m d'argile, classée selon les propriétés « CH » ou « CL », conformément aux types de dépôts présents sur le site. Le scénario retenu pour l'ensemble des analyses de sensibilité correspond au rabattement maximal anticipé au point d'intérêt 3, soit une baisse de 4,4 m du niveau piézométrique par rapport à la surface naturelle du terrain.

Pour les besoins de l'analyse, les valeurs d'OCR et de l'indice de compression (C_c) ont été modulées selon les statistiques issues des essais œdométriques, en tenant compte des moyennes et de leurs écarts types. Lorsqu'un paramètre était varié, les valeurs moyennes des autres paramètres étaient maintenues constantes.

Les résultats de cette analyse de sensibilité sont présentés à la figure 4-2. Ce graphique met en évidence que l'OCR exerce une influence déterminante sur l'amplitude des tassements calculés, notamment davantage par rapport à l'indice de compression. Ce graphique illustre également que les valeurs retenues pour chaque type d'argile, correspondant aux moyennes excluant les extrêmes, permettent d'obtenir une estimation conservatrice des tassements, avant que ne survienne un point d'inflexion menant à une augmentation marquée des tassements calculés.

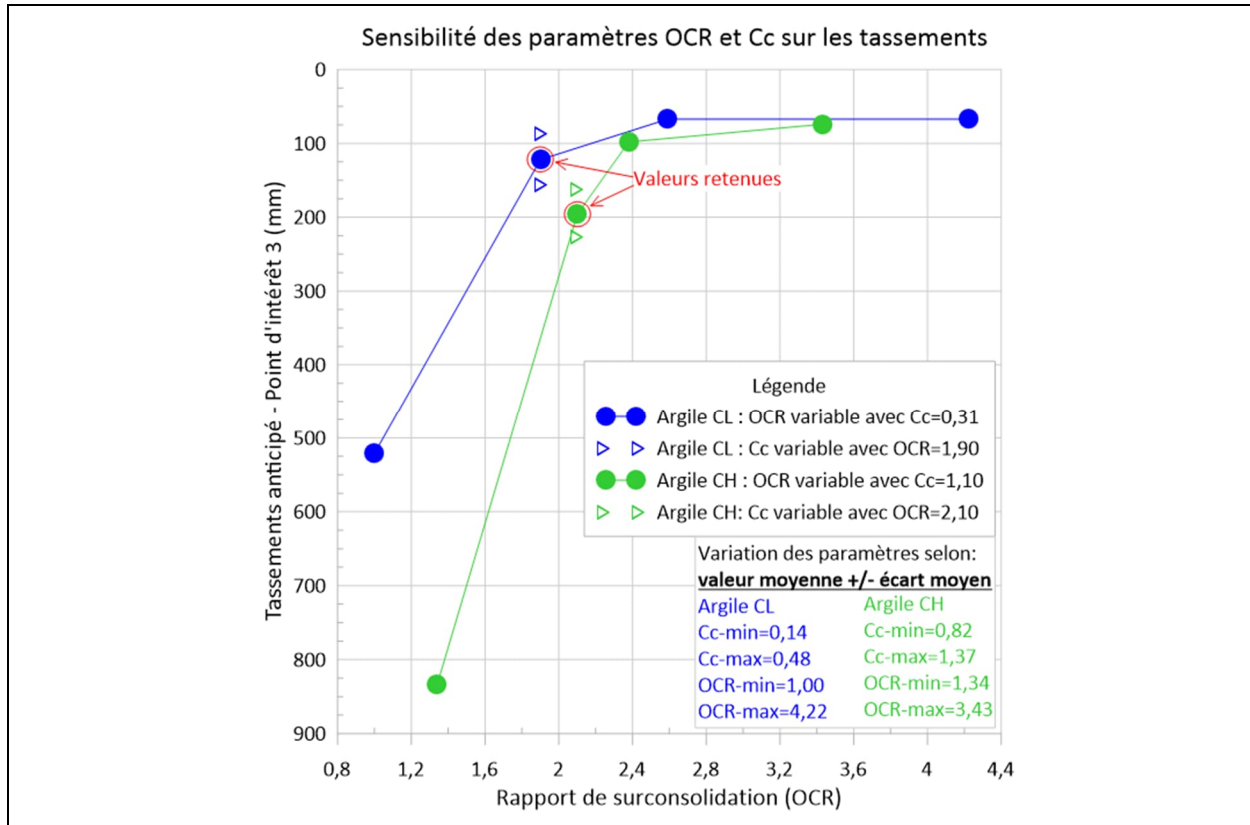


Figure 4-2 Résultats de l'analyse de sensibilité – Tassements en fonction des valeurs d'OCR et Cc.

4.3.2 Paramètres des sols

Comme discuté à la section 2.3.1, une synthèse des forages et des essais disponibles dans le secteur à l'étude (SRK, 2013, Stantec 2024a, Stantec 2024b et Stantec 2024c) a été réalisée et a permis de distinguer deux types de dépôts argileux sur la base du comportement observé, soit une argile de plasticité faible « CL » et une argile de plasticité élevée « CH ». Les valeurs des propriétés géotechniques retenues sont présentées au tableau 4-1 et sont basées sur les données recueillies au site lors de campagnes d'investigation antérieures, des valeurs typiques présentées dans la littérature, ainsi que sur les conclusions de l'analyse de sensibilité. Des valeurs distinctes ont donc été utilisées pour représenter un cas conservateur, avec l'argile de type « CH » et un cas favorable, avec l'argile de type « CL ».

Tableau 4-1 Modèles de matériaux et valeurs des paramètres considérés pour les calculs

Paramètre	Consolidation primaire	
	Argile CH	Argile CL
Modèle de matériaux	Non linéaire	Non linéaire
Module sécant, E_s	-	-
Poids volumique	16,5 kN/m ³	17,5 kN/m ³
Rapport de surconsolidation, OCR	2,10	1,90
Indice des vides initial, e_0	2,02	1,01
Coefficient de Poisson, ν	0,2	0,2
Coefficient de compression, C_c	1,10	0,31
Coefficient de recompression, C_r	0,06	0,04
Coefficient de consolidation C_v	2,5 x 10 ⁻⁷ m ² /s	7,19 x 10 ⁻⁷ m ² /s
	7,89 m ² /an	22,69 m ² /an
Rapport entre la contrainte effective horizontale et verticale, K_0	0,5	0,5

4.4 Résultats

4.4.1 Tassements potentiels causés par la construction des bermes de sécurité

Le modèle utilisé pour estimer les tassements de consolidation suivant la construction des bermes de sécurité est présenté à la figure 4-3. Comme l'indique cette figure et conformément aux hypothèses de calcul, la configuration repose sur les plans conceptuels des ouvrages. Toutefois, la hauteur de la berme a été modulée jusqu'à 20 m afin de quantifier son influence sur les tassements totaux et d'évaluer l'étendue potentielle de la zone affectée.

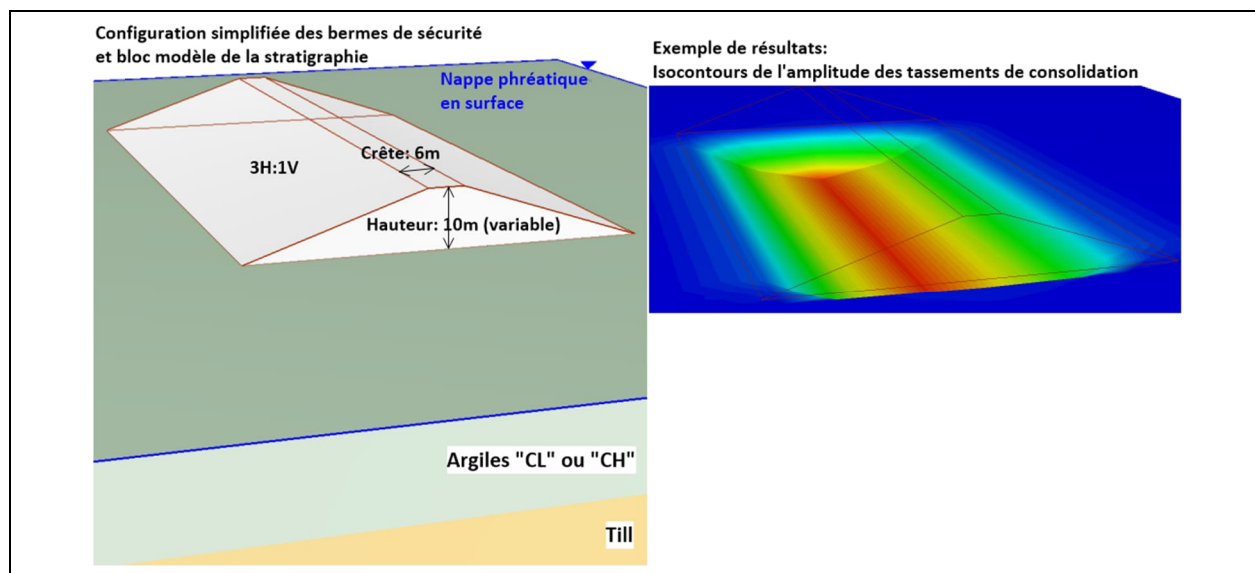


Figure 4-3 Modèle représentatif des analyses du tassement causé par les bermes de sécurité

Étant donné que la surcharge induite par les bermes projetées se situe à une distance d'environ 150 m de l'infrastructure routière, les analyses ont principalement visé à évaluer l'impact latéral de la consolidation du dépôt argileux et des tassements engendrés. Le tableau 4-2 présente les résultats de ces analyses, qui montrent que les tassements totaux maximums augmentent proportionnellement à la hauteur de la berme au centre de l'ouvrage.

La zone d'influence latérale a été déterminée en fixant un seuil arbitraire de 25 mm pour le tassement maximal à la surface du sol. Ce seuil a été établi sur la base des calculs de fondation, pour lesquels une ampleur de tassement inférieure à 25 mm est tolérable (Canadian Foundation Engineering Manual, 2023). Cette zone est mesurée à partir du pied de la berme et présente une faible variation qui tend à augmenter selon la hauteur de la berme projetée.

Tableau 4-2 Tassement maximal au centre de la berme (méthode de calculs Westergaard)

Hauteur (m)	Géométrie	Largeur de l'emprise de la berme (m)	Résultats			
			Argile CH		Argile CL	
			Tassement maximal au centre-ligne (mm)	Zone d'influence en pied de berme (m)	Tassement maximal au centre-ligne (mm)	Zone d'influence en pied de berme (m)
10	Pente 3H :1V (18,43°) Crête de 6 m de largeur	66	2267	12	995	11
12		78	2560	14	1135	12
14		90	2888	15	1257	13
16		102	3141	17	1365	15
18		114	3367	18	1462	16
20		126	3571	20	1550	17

Ces résultats sont également illustrés graphiquement à la figure 4-4, selon un axe de requête transversal à celui de la berme. Le graphique permet de constater visuellement qu'une augmentation de la hauteur entraîne une hausse du tassement maximal et un éloignement du pied de la berme par rapport au centre-ligne. De plus, la distance latérale à partir du pied de la berme sur laquelle des tassements sont observés varie d'environ 11 à 20 m selon la hauteur de la berme.

Ainsi, en conservant une pente de 3H :1V pour l'ouvrage, et ce, même en doublant la hauteur par rapport aux plans conceptuels, la zone sujette aux tassements de consolidation demeure largement inférieure à la distance séparant la berme projetée de la route 111. Cette conclusion reste valable tant pour les propriétés géotechniques de l'argile considérées dans le cas conservateur que dans le cas favorable.

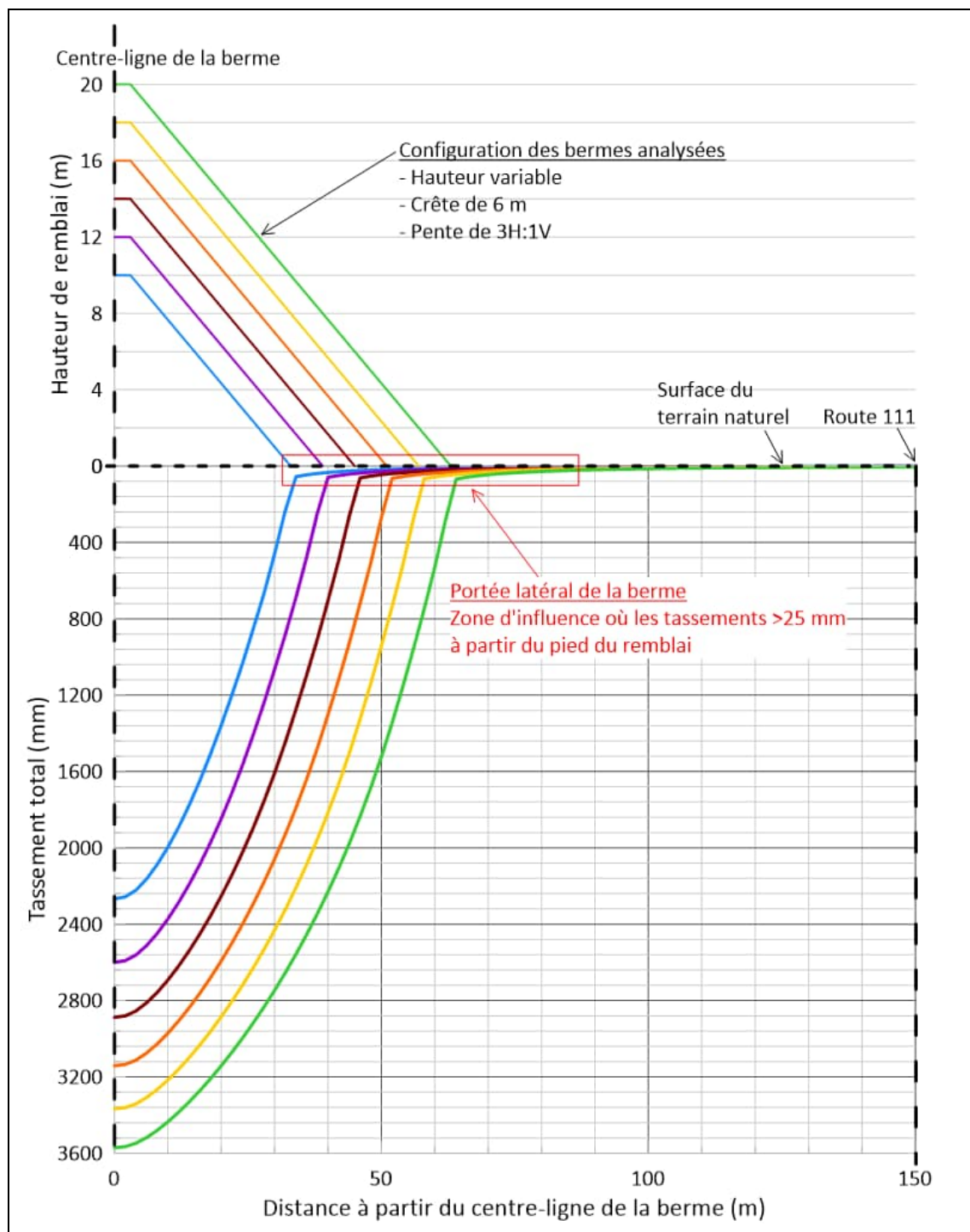


Figure 4-4 Résultats de l'analyse des tassements causés par les bermes de sécurité selon un axe transversal

4.4.2 Tassements potentiels causés par le rabattement de l'eau souterraine

Comme mentionné à la section 4.1, les tassements induits par le rabattement de la nappe phréatique durant l'exploitation de la fosse ont été évalués le long de l'axe A-A', lequel coïncide avec l'emprise de la route 111 ainsi qu'à partir de quatre points d'intérêt ciblés.

Les analyses tiennent compte de deux scénarios de rabattement issus de la modélisation hydrogéologique : le scénario le plus probable et celui correspondant au 95^e percentile.

4.4.2.1 Points de contrôle

Les analyses réalisées aux points de contrôle visent à estimer les tassements en fonction de l'évolution du niveau de la nappe dans le temps. La localisation de ces points est montrée sur les cartes présentées aux annexes A et B.

Chaque point a été analysé en plusieurs étapes à l'aide du logiciel Settle3, en tenant compte de différentes variations du niveau d'eau. La première étape consiste à appliquer un niveau d'eau initial à la surface, suivie de simulations incrémentales représentant les rabattements progressifs. Le tableau 4-3 présente les tassements maximums observés à l'année correspondant au rabattement le plus important, selon deux scénarios : le scénario le plus probable et le scénario pessimiste basé sur le 95^e percentile.

Tableau 4-3 Tassement total en fonction des rabattements maximum

Point de contrôle	Cas le plus probable			95e percentile		
	Rabattement max (m)	Tassement (mm)		Rabattement max (m)	Tassement (mm)	
		CH	CL		CH	CL
1	0,00			0,00		
2	0,00			0,00		
3	-4,41	196	122	-5,87	245	148
4	-4,00	182	114	-6,55	266	159

Comme indiqué à la section 3 et illustré dans les cartes de rabattement de l'annexe B, aucun rabattement n'affecte les points de contrôle 1 et 2. Par conséquent, aucun tassement n'y est calculé. Ainsi, les tassements potentiels liés au rabattement ne viendront pas s'ajouter à ceux causés par la construction des bermes de sécurité, et ce, à aucun endroit le long de la route 111 ni des chemins d'accès. Au point de contrôle 3, le scénario le plus probable indique que le rabattement maximal surviendrait après 35 années d'exploitation. Ce secteur correspond à la zone où le rabattement anticipé atteint son maximum le plus rapidement le long de la route 111. Bien que ce point soit situé à proximité d'un esker, l'analyse a été menée de manière conservatrice en considérant un dépôt argileux.

À la suite du rabattement maximal, l'augmentation de la contrainte verticale effective entraînera des tassements durant la dissipation des surpressions interstitielles, sur une période d'environ cinq années supplémentaires, selon les valeurs du coefficient de consolidation de l'argile. L'amplitude totale des tassements à ce point est estimée entre 122 et 196 mm dans le scénario le plus probable. La figure 4-5 montre l'évolution temporelle des tassements au point 3, selon la profondeur au sein du dépôt modélisé en considérant les propriétés d'une argile de type « CH ». Au point d'intérêt 4, le rabattement maximal est anticipé après 50 années d'exploitation, représentant le deuxième pic de rabattement le long de la route 111. Ce point est situé au sein du dépôt argileux. Comme pour le point 3, les tassements totaux sont calculés en fonction d'une dissipation de 95 % des surpressions interstitielles, qui devrait survenir environ cinq ans après le rabattement maximal. Les tassements à ce point sont estimés entre 114 et 182 mm dans le scénario le plus probable. La figure 4-6 montre l'évolution temporelle des tassements au point 4, selon la profondeur au sein du dépôt modélisé en considérant les propriétés d'une argile de type « CH ».

En résumé, en considérant des hypothèses conservatrices, les différents scénarios indiquent que des tassements maximums pouvant atteindre jusqu'à 200 mm pourraient affecter la route 111 à partir d'environ 40 années d'exploitation. Dans un scénario moins probable et plus pessimiste (95^e percentile), des tassements allant jusqu'à environ 270 mm pourraient être observés.

4.4.2.2 Axe A-A' Route 111

L'analyse réalisée le long de l'axe de la route vise à estimer les tassements associés aux valeurs maximales de rabattement selon le scénario le plus probable, et ce, toutes années confondues, sans contrainte temporelle. Cette analyse a été effectuée en deux phases successives.

La première phase consiste à appliquer un niveau d'eau initial à la surface. La seconde phase simule les différentes valeurs de rabattement à un point donné, à l'aide de la fonction de grille hydraulique du logiciel Settle3, comme décrit à la section 4.1. Les résultats sont présentés en fonction de la distance longitudinale, en référence à la carte 2 de l'annexe A.

Contrairement à la topographie et aux formations géologiques représentées sur la carte 2, l'analyse simplifiée repose sur l'hypothèse d'une stratigraphie homogène composée de 12 m d'argile, avec une élévation constante ($Z = 0$), conformément aux hypothèses de calcul. Le profil des tassements maximums le long de l'axe A-A' est illustré au graphique de la figure 4-7.

À partir de ce graphique, on observe que les points d'intérêt 3 et 4 présentent des tassements respectifs d'environ 195 et 180 mm, localisés aux coordonnées $X=7\ 100$ (coordonnée E 690200) et $X = 5\ 650$ (coordonnées E 688700).

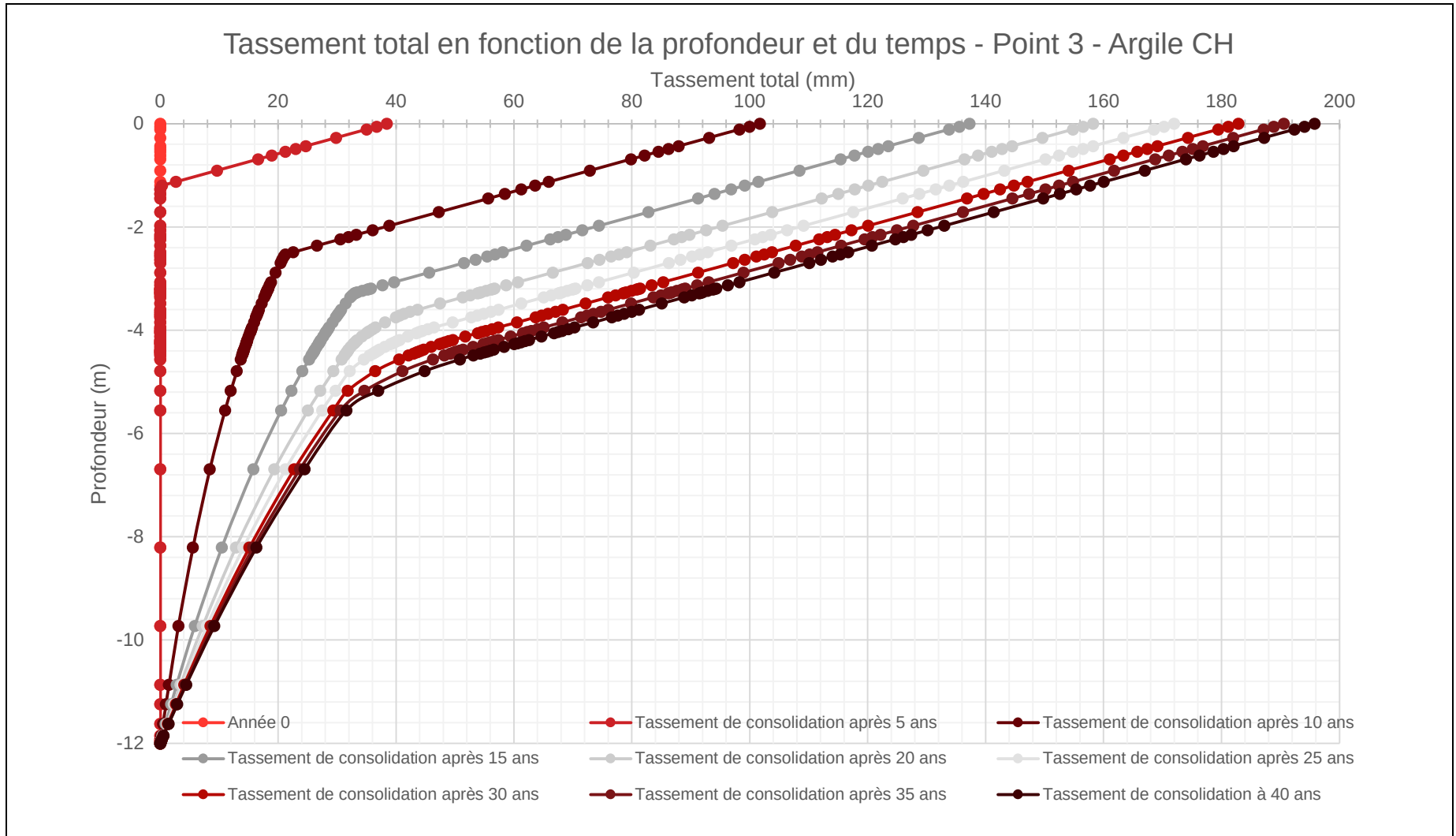


Figure 4-5 Résultats de l'analyse des tassements causés par les rabattements successifs au point d'intérêt 3, selon une argile de type CH

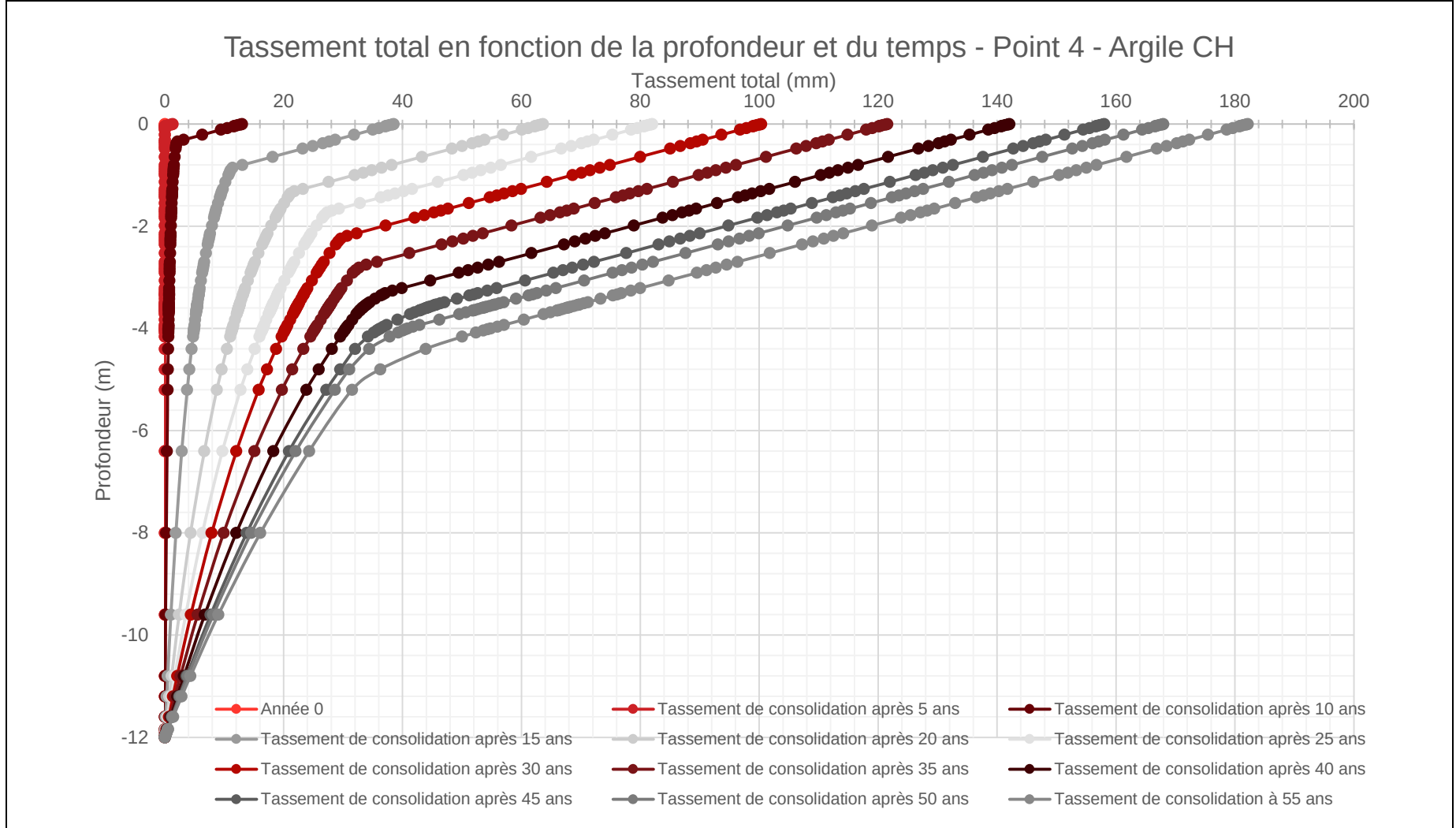


Figure 4-6 Résultats de l'analyse des tassements causés par les rabattements successifs au point d'intérêt 4, selon une argile de type CH

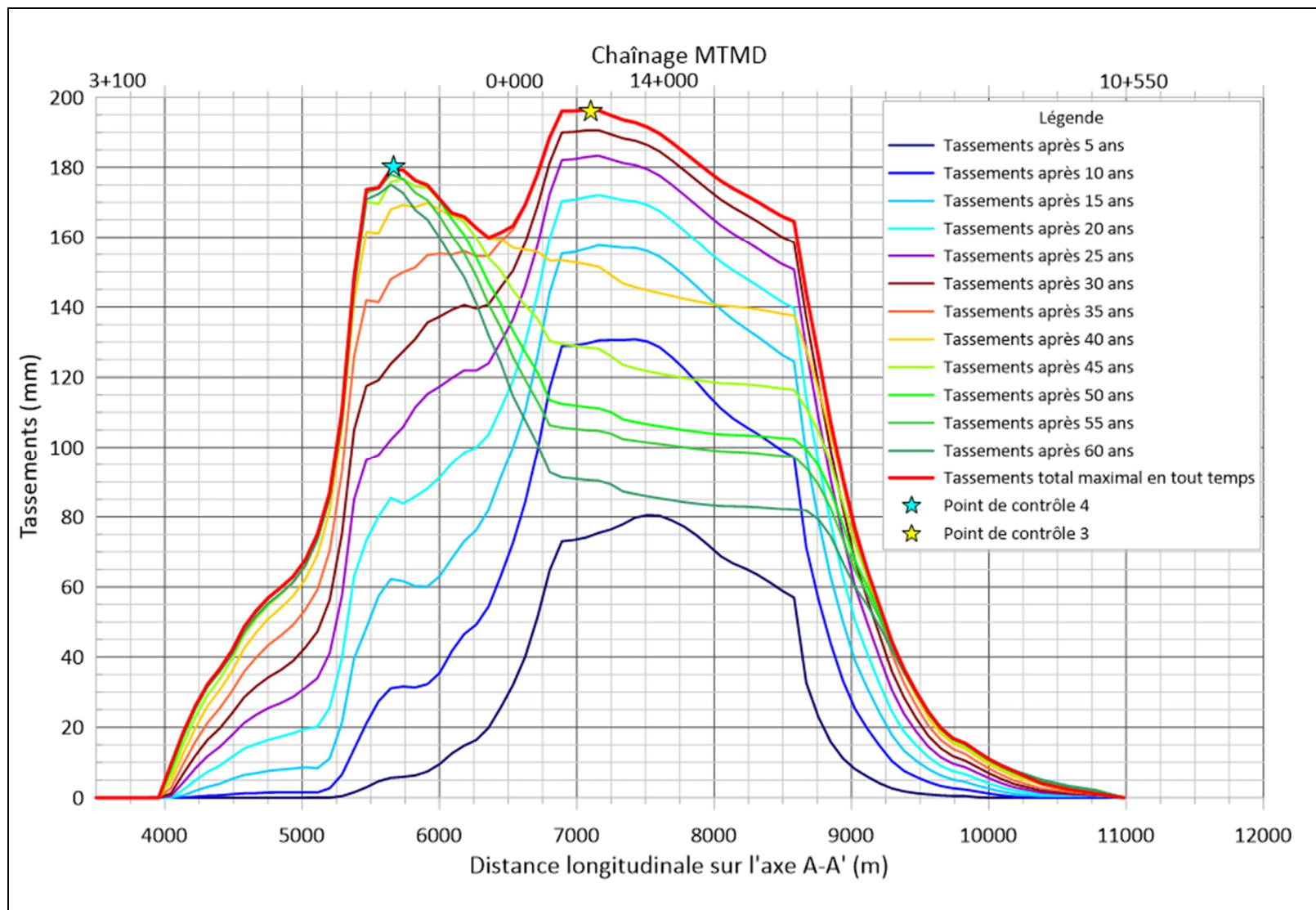


Figure 4-7 Résultats de l'analyse des tassements causés par les rabattements maximums selon l'axe de la route 111

5. Conclusions et recommandations

5.1 Conclusions

Les activités du Projet ont amené le MTMD à soulever quelques questions concernant les impacts anticipés du projet sur les infrastructures routières, notamment au droit de la route provinciale 111 qui longe la bordure sud du Projet.

Dans le cadre de la présente analyse, deux causes pouvant engendrer des tassements au niveau de la route 111 ont été analysées, soit la construction des bermes de sécurité à proximité et le rabattement de la nappe phréatique engendré par l'exploitation de la fosse à ciel ouvert. Ces deux scénarios ont pour effet d'ajouter une surcharge au sein du dépôt argileux, qui produira des pressions excédant la contrainte de préconsolidation. Ainsi, les tassements calculés proviennent de la consolidation du dépôt d'argile, lors de laquelle le sol tend à se rééquilibrer avec le nouvel état de contraintes. Lors de ce processus, les vides qui sont comblés d'eau entre les particules d'argiles, se réduisent graduellement alors l'eau interstitielle est chassée du dépôt. Les particules d'argile sont alors réarrangées suivant une configuration plus dense et par conséquent plus stable, mais il en résulte une diminution de volume et un tassement de la surface.

Les bermes de sécurité seront aménagées en partie le long de la route 111, à une distance minimale d'environ 150 m des infrastructures routières. Les calculs des tassements de consolidation indiquent que des tassements significatifs, estimés entre 1,1 et 2,6 m, seront induits au centre-ligne, dans l'axe de l'ouvrage. Toutefois, les déformations latérales seront limitées. La zone affectée par ces tassements s'étend sur une distance de l'ordre de 20 m à partir du pied de la berme. Même en considérant une hauteur de berme du double par rapport à celle projetée aux plans conceptuels, l'étendue des tassements reste largement inférieure à la distance séparant la zone sujette aux tassements de la route 111. **Ainsi, avec une marge de plus de 100 m entre la route et la zone potentiellement affectée, la construction des bermes de sécurité ne présente aucun risque d'impact pour les infrastructures routières du MTMD.**

Les tassements causés par les rabattements calculés au moyen des modélisations hydrogéologiques, basées sur le plan minier fourni par Dumont Nickel, sont analysés au droit d'un axe représentant la route 111, et plus particulièrement au droit de 4 points de contrôle. Ces calculs ont permis de constater que la zone des rabattements se limite au secteur à l'est de la zone où les bermes de sécurité seront construites et où le chemin d'accès au site minier sera aménagé.

Par conséquent, aucun tassement n'est calculé aux points 1 et 2, permettant de conclure que **les tassements potentiels liés au rabattement ne viendront pas s'ajouter à ceux causés par la construction des bermes de sécurité**, et ce, à aucun endroit le long de la route 111 ni des chemins d'accès.

Pour le secteur impacté par les rabattements, ceux-ci atteindront des amplitudes maximales, de l'ordre de 4,4 m au point d'intérêt 3 et de 4,0 m au point d'intérêt 4 après 35 et 50 années d'exploitation, respectivement. En considérant des hypothèses conservatrices, les différents scénarios indiquent que **des tassements maximums associés à ces rabattements pourraient atteindre jusqu'à 200 mm au droit de la route 111, et ce, après environ 35 à 40 ans suivant le début de l'exploitation minière. Ces tassements pourraient s'étendre sur un tronçon de route de l'ordre de 5 km au maximum.**

5.2 Recommandations

Lorsque Dumont Nickel aura débuté ses activités d'exploitation, un programme d'investigations géotechniques pourrait être développé en fonction des résultats présentés dans ce rapport, spécifiquement pour valider la stratigraphie et les caractéristiques du dépôt argileux dans les secteurs clés. Les données recueillies lors d'une telle campagne d'investigations permettront, à une étape ultérieure, de raffiner les modèles de calculs et d'accroître la précision des résultats.

Pour assurer le suivi de la piézométrie et l'état réel du rabattement de la nappe pendant l'exploitation minière, il est recommandé de maintenir un suivi annuel à l'aide des puits d'observation actuellement en place sur le site. L'installation de puits d'observation et de piézomètres supplémentaires pourrait également être envisagée lors d'une phase subséquente.

PRÉPARÉ PAR

Mylène Sansoucy, M. Sc., ing.
Ingénieure en géotechnique senior
Directrice de projet
OIQ n° 143904

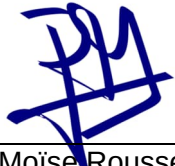
28 novembre 2025

Date

Josy-Anne Douville, ing.
Ingénieure en géotechnique
OIQ n° 6012095

28 novembre 2025

Date



Moïse Rousseau, PhD, M. Sc. A., ing. PRT
Ingénieur PRT en hydrogéologie
OIQ n° 6069280

28 novembre 2025

Date

Sylvain Gagné, géo.
Hydrogéologue
OGQ n° 2404

28 novembre 2025

Date

p. j. : Annexes A et B

Références

- Diersch, H.-J. G. (2025). FEFLOW – Finite Element Modeling of Flow, Mass and Heat Transport in Porous and Fractured Media, version 10.0. DHI / MIKE Powered by DHI.
- Drevininkas, A., et al. (2015) Geotechnical Characteristics of Barlow-Ojibway Clay in Northern Ontario. GeoQuébec 2015. 7 pages. GeoStack. (s.d.). Base SIG – Forinto. Repéré à l'adresse <https://www.geostack.ca/forinto-app>
- Gouvernement du Québec. (s.d.). Base de données Forêt ouverte. Repéré à l'adresse <https://www.foretouverte.gouv.qc.ca/>
- Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), 2025a. Directive 019 sur l'industrie minière. Gouvernement du Québec. 96 p.
- Ministère de l'environnement, de la lutte contre les changements climatiques, de la faune et des parc (MELCCFP). 2025b. Système d'information hydrogéologique (SIH). Site consulté en 2025. Système d'information hydrogéologique (SIH) - Jeu de données - Données Québec
- Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MNRFP), 2025. Système d'information Géominière du Québec (SIGEOM).
< https://sigeom.mines.gouv.qc.ca/signet/classes/I1102_indexAccueil?I=f >.
- SRK Consulting (2013). Dumont Feasibility Study Geotechnical Investigation of the Overburden. Rapport produit pour Royal Nickel Corporation (N° du projet : Project No: 2CR012.003, 23 juillet 2013), 53 pages et annexes.
- Stantec (2024a). Installation Dumont Nickel à Amos au Québec – Aménagement divers. Investigation géotechnique. Rapport produit pour Magneto Investment LP (N° du projet : Project No: 121625597, 22 novembre 2024), 27 pages et annexes.
- Stantec (2024b). Installation Dumont Nickel à Amos au Québec - Parc à résidus (PAR). Investigation géotechnique. Rapport produit pour Magneto Investment LP (N° du projet : Project No: 121625597, 22 novembre 2024), 19 pages et annexes.
- Stantec (2024c). Photo-interprétation et cartographie des dépôts de surface et des formes de terrain dans l'empreinte du parc à résidus projeté. Rapport produit pour Magneto Investment LP (N° du projet : Project No: 121626020, 4 octobre 2024), 13 pages et annexes.

- The Canadian Geotechnical Society (CGS). 2023. Canadian Foundation Engineering Manual. 5th Edition. 888 p.
- Wels, C., Mackie, D., and Scibek, J. 2012. "Guideline for Groundwater Modelling to Assess Impacts of Proposed Natural Resource Development Activities." Vancouver: British Columbia Ministry of Environment.
- WSP, 2025. Simulation de l'écoulement de l'eau souterraine et du transport de contaminants pour le parc à résidus miniers du projet Dumont Nickel (Qc., Canada). 001-CA0026364_Modélisation_PAR_RevA.

Limitations



WSP Canada Inc. (WSP) a préparé ce rapport uniquement pour son destinataire ArcelorMittal Exploitation minière Canada s.e.n.c., conformément à la convention de consultant convenue entre les parties. Advenant qu'une convention de consultant n'ait pas été exécutée, les parties conviennent que les Modalités générales à titre de consultant de WSP régiront leurs relations d'affaires, lesquelles vous ont été fournies avant la préparation de ce rapport.

Ce rapport est destiné à être utilisé dans son intégralité. Aucun extrait ne peut être considéré comme représentatif des résultats de l'évaluation.

Les conclusions présentées dans ce rapport sont basées sur le travail effectué par du personnel technique, entraîné et professionnel, conformément à leur interprétation raisonnable des pratiques d'ingénierie et techniques courantes et acceptées au moment où le travail a été effectué.

Le contenu et les opinions exprimées dans le présent rapport sont basés sur les observations et/ou les informations à la disposition de WSP au moment de sa préparation, en appliquant des techniques d'investigation et des méthodes d'analyse d'ingénierie conformes à celles habituellement utilisées par WSP et d'autres ingénieurs/techniciens travaillant dans des conditions similaires, et assujettis aux mêmes contraintes de temps, et aux mêmes contraintes financières et physiques applicables à ce type de projet.

WSP dénie et rejette toute obligation de mise à jour du rapport si, après la date du présent rapport, les conditions semblent différer considérablement de celles présentées dans ce rapport; cependant, WSP se réserve le droit de modifier ou de terminer ce rapport sur la base d'informations, de documents ou de preuves additionnels.

WSP ne fait aucune représentation relativement à la signification juridique de ses conclusions.

La divulgation de tout renseignement faisant partie du présent rapport relève uniquement de la responsabilité de son destinataire. Si un tiers utilise, se fie, ou prend des décisions ou des mesures basées sur ce rapport, ledit tiers en est le seul responsable. WSP n'accepte aucune responsabilité quant aux dommages que pourrait subir un tiers suivant l'utilisation de ce rapport ou quant aux dommages pouvant découler d'une décision ou mesure prise basée sur le présent rapport.

WSP a exécuté ses services offerts au destinataire de ce rapport conformément à la convention de consultant convenue entre les parties tout en exerçant le degré de prudence, de compétence et de diligence dont font habituellement preuve les membres de la même profession dans la prestation des mêmes services ou de services comparables à l'égard de projets de nature analogue dans des circonstances similaires. Il est entendu et convenu entre WSP et le destinataire de ce rapport que WSP n'offre aucune garantie, expresse ou implicite, de quelque nature que ce soit. Sans limiter la généralité de ce qui précède, WSP et le destinataire de ce rapport conviennent et comprennent que WSP ne fait aucune représentation ou garantie quant à la suffisance de sa portée de travail pour le but recherché par le destinataire de ce rapport.

En préparant ce rapport, WSP s'est fié de bonne foi à l'information fournie par des tiers, comme indiqué dans le rapport. WSP a raisonnablement présumé que les informations fournies étaient correctes et WSP ne peut donc être tenu responsable de l'exactitude ou de l'exhaustivité de ces informations.

Les bornes et les repères d'arpentage utilisés dans ce rapport servent principalement à établir les différences d'élévation relative entre les emplacements de prélèvement et/ou d'échantillonnage et ne peuvent servir à d'autres fins. Notamment, ils ne peuvent servir à des fins de nivelage, d'excavation, de construction, de planification, de développement, etc.



WSP nie toute responsabilité financière quant aux effets du rapport sur une transaction subséquente ou sur la dépréciation de la valeur des biens qu'il peut entraîner, ou encore qui peuvent découler des mesures, des actions et des coûts qui en résultent.

Les recommandations de conception fournies dans ce rapport s'appliquent uniquement au projet et aux zones décrites dans le texte, et uniquement si elles sont construites conformément aux détails indiqués dans le présent rapport. Les commentaires fournis dans ce rapport sur les problèmes potentiels pouvant subvenir lors de la construction et sur les différentes méthodologies possibles sont uniquement destinés à guider le concepteur. Le nombre d'emplacements de prélèvement et/ou d'échantillonnage peut ne pas être suffisant pour évaluer l'ensemble des facteurs pouvant affecter la construction, les méthodologies et les coûts. WSP nie toute responsabilité pouvant découler de décisions ou actions prises découlant de ce rapport, sauf si WSP en est spécifiquement informé et y participe. Advenant une telle situation, la responsabilité de WSP sera déterminée et convenue à ce moment.

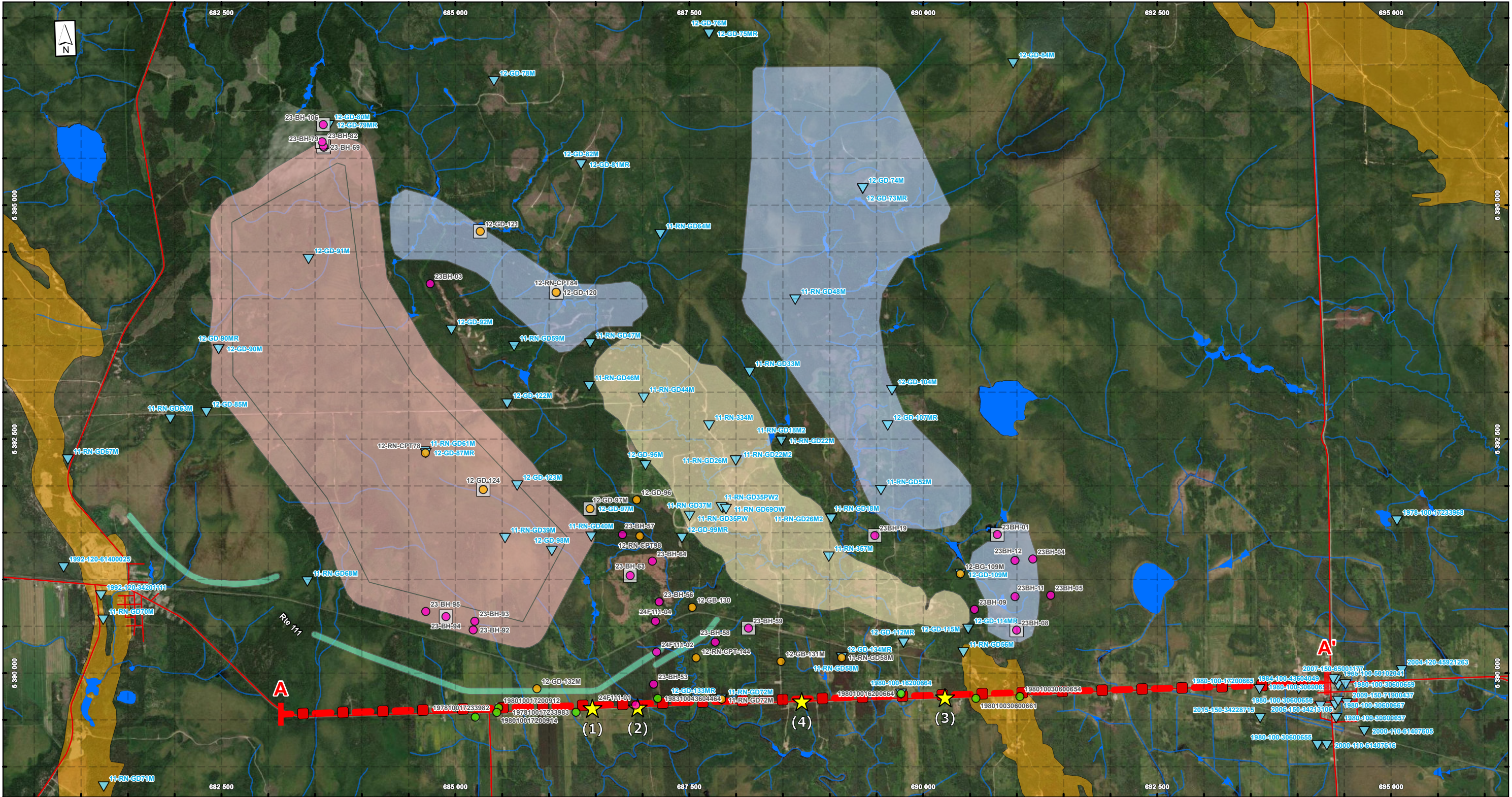
Les conditions générales d'un site ne peuvent être extrapolées au-delà des zones définies et des emplacements de prélèvement et d'échantillonnage. Les conditions d'un site entre les emplacements de prélèvement et d'échantillonnage peuvent différer des conditions réelles. La précision et l'exactitude de toute extrapolation et spéculation au-delà des emplacements des prélèvements et d'échantillonnage dépendent des conditions naturelles, de l'historique de développement du site et des changements entraînés par la construction et des autres activités sur le site. De plus, l'analyse a été effectuée pour les paramètres chimiques et physiques déterminés seulement, et il ne peut pas être présumé que d'autres substances chimiques ou conditions physiques ne sont pas présentes. WSP ne fournit aucune garantie et ne fait aucune représentation contre les risques environnementaux non décelés ou contre des effets négatifs causés à l'extérieur de la zone définie.

L'original du fichier électronique que nous vous transmettons sera conservé par WSP pour une période minimale de dix ans. WSP n'assume aucune responsabilité quant à l'intégrité du fichier qui vous est transmis et qui n'est plus sous le contrôle de WSP. Ainsi, WSP n'assume aucune responsabilité quant aux modifications faites au fichier électronique suivant sa transmission au destinataire.

Ces limitations sont considérées comme faisant partie intégrante du présent rapport.

Annexe A

Vue en plan et coupe stratigraphique



Légende

Sondages géotechniques

- SIH
- SRK (2013)
- Stantec (2024)
- Dont avec essais de consolidation

Forages hydrogéologiques (avec niveau d'eau)

- Forages hydrogéologiques (avec niveau d'eau)

Modélisation numérique

- Axe d'analyse A-A' (coupe stratigraphique présentée à la carte 2)

Point de contrôle du rabattement

- (1) Distance minimale entre bermes et route 111
- (2) Intersection chemin d'accès
- (3) Rabattement maximal - Esker
- (4) Rabattement représentatif - Dépôt argileux

Infrastructures minières projetées

- Bermes de sécurité
- Fosse
- Halde à stériles
- Parc à résidus

Infrastructures routières

- Réseau routier

Eau de surface

- Cours d'eau
- Lacs

Formation superficielle (affleurante)

- Esker

Dumont Nickel
Etude des tassements de la route 111
CA0058871.0057_Rev0

Carte 1
Vue en plan générale du site et localisation des sondages antérieurs

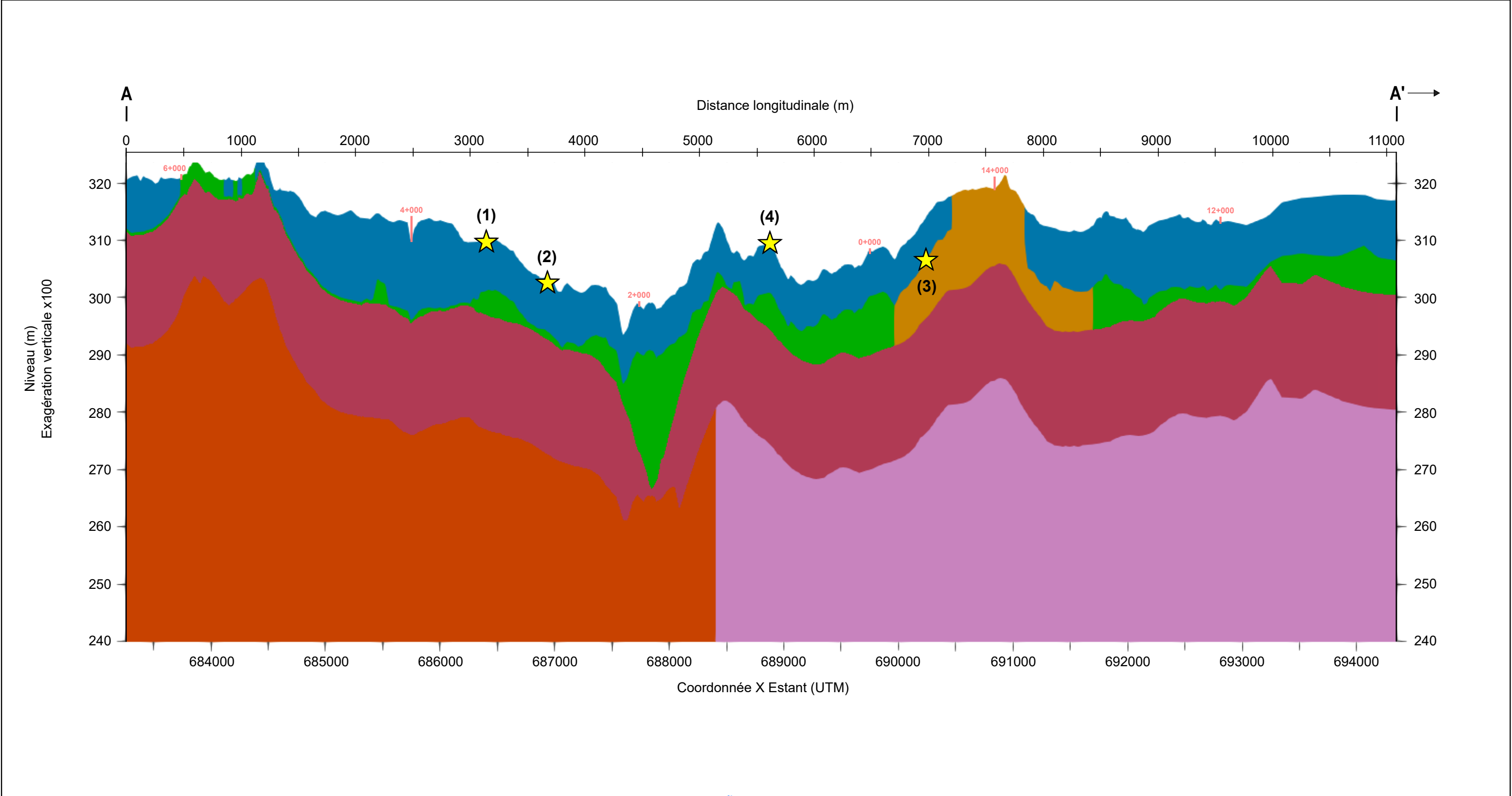
Sources :
CanVec série - Réseau de transport au Canada, Gouvernement du Canada, 2023
CanVec série - Lacs, rivières et glaciers au Canada, Gouvernement du Canada, 2023
World Imagery basemap, Mapbox Technologies, 2022

0 0,25 0,5 0,75 km
NAD 1983, UTM Zone 17N

CONFIDENTIEL
2025-11-20

Préparation: M. Rousseau
Dessin: M. Rousseau
Vérification: S. Gagné
CA005990.docx
Carte1_Localisation

La précision des limites et les mesures indiquées dans ce document ne doivent pas être utilisées à des fins d'ingénierie ou de délimitation de terrain. Aucune étude du terrain n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.



Légende

Formation hydrostratigraphique

Argile	Roc superficiel
Till	Volcanite 1
Esker	Basalte 1

Point de contrôle du rabattement

- (1) Distance minimale entre bermes et route 111
- (2) Intersection chemin d'accès
- (3) Rabattement maximal - Esker
- (4) Rabattement représentatif - Dépôt argileux

Dumont Nickel
Etude des tassements de la route 111
CA0058871.0057_Rev0

Carte 2
Coupe stratigraphique selon l'axe A-A' au droit de la route 111 avec chainage MTMD

Sources :
Modèle hydrogéologique régional, WSP (2025)

0 0.25 0.5 0.75 km
NAD 1983, UTM Zone 17N

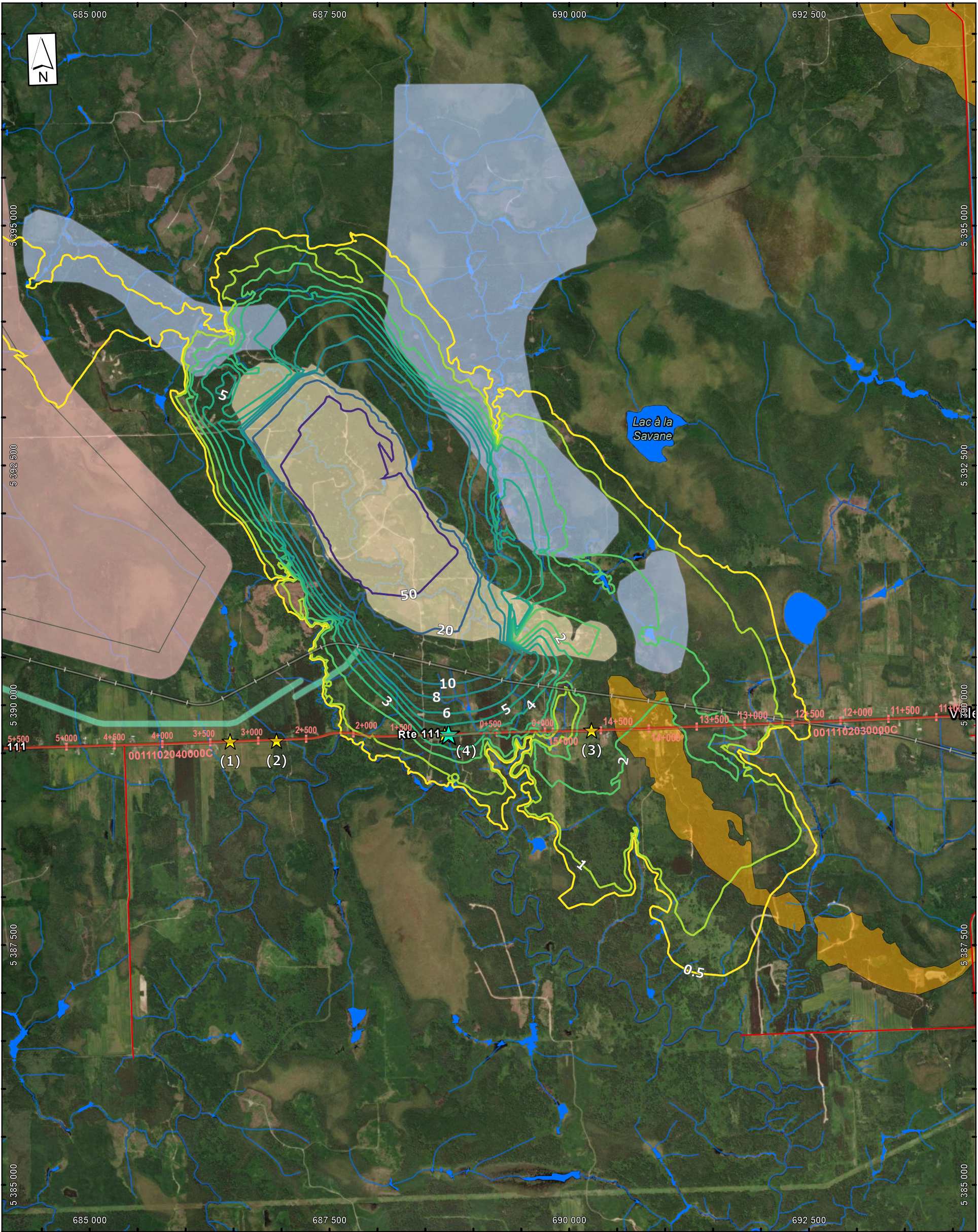
Préparation: M. Rousseau
Dessin: M. Rousseau
Vérification: S. Gagné
CA0058871.0057_Rev0
Carte 1 Localisation

CONFIDENTIEL
2025-11-21

La précision des limites et les mesures indiquées dans ce document ne doivent pas être utilisées à des fins d'ingénierie ou de délimitation de terrain. Aucune étude du terrain n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.

Annexe B

Résultats des modélisations hydrogéologiques



Légende
Rabattement simulé (m)
Après 50 ans

0.5 m
100 m

★

Rabattement maximum route 111

Point de contrôle du rabattement

★

(1) Distance minimale entre bermes et route 111

★

(2) Intersection chemin d'accès

★

(3) Rabattement maximal - Esker

★

(4) Rabattement représentatif - Dépôt argileux

Infrastructures minières projetées
Bermes de sécurité
Fosse
Halde à stériles
Parc à résidus
Eau de surface
Lacs
Cours d'eau
Formation superficielle (affleurante)
Esker
Infrastructures routières
Réseau routier

N

Obalsk Lake

Amos

Ci-dessus

Parc National D'Aigüebèlle

0 4 km

111

Dumont Nickel
Etude des tassements de la route 111

CA0058871.0057_Rev0

Carte 5
Rabattements simulés 50 ans après le début des activités d'extraction (selon le cas le plus probable)

Sources :
CanVec série - Réseau de transport au Canada, Gouvernement du Canada, 2023
CanVec série - Lacs, rivières et glaciers au Canada, Gouvernement du Canada, 2023
Réseau routier et chaînage RTSS, Ministère des Transports et de la Mobilité Durable du Québec, 2025
World Imagery basemap, Maxar Technologies, 2022

0 0,5 1 1,5 km

NAD 1983, UTM Zone 17N

CONFIDENTIEL
2025-11-21

Préparation: M. Rousseau
Dessin: M. Rousseau
Vérification: S. Gagné
CA0035960.aprx
Carte2_Rabattement_20a

La précision des limites et les mesures indiquées dans ce document ne doivent pas être utilisées à des fins d'ingénierie ou de délimitation de terrain. Aucune étude du terrain n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre.

