

Mémoire

Projet de graphite Matawinie

Nouveau Monde Graphite

À : Martine Paradis (NMG)

De : Yves Leblanc (Richelieu Hydrogéologie) et Ann Lamontagne (Lamont)

Date: 20 février 2020

Objet: Modélisation du transport de l'eau souterraine au futur site du projet Matawinie
Réponses au BAPE

1. INTRODUCTION

Des audiences publiques ont été tenues par le Bureau d'Audiences Publiques sur l'Environnement (BAPE) du 28 au 30 janvier 2020 pour le projet Matawinie de la compagnie Nouveau Monde graphite. Lors de la période de questions, des modélisations 3D supplémentaires ont été demandées sur le transport de soluté dans les eaux souterraines pour le cuivre, le nickel, le zinc et le fer en supposant l'absence de la géomembrane sous la halde et ce, après le rétablissement du régime permanent d'écoulement des eaux souterraines. Il a aussi été demandé de comparer les concentrations des différents éléments à la teneur de fond en incluant le secteur du domaine Lagrange et de la rivière Matawin.

Ce mémoire présente les modélisations réalisées afin de répondre aux préoccupations du BAPE.

2. CONCENTRATIONS SOURCES DES CONTAMINANTS

Une étape importante de la modélisation est la détermination des concentrations des différentes substances dans la fosse et sous la halde de stériles et de résidus miniers.

Le projet Matawinie prévoit retourner des stériles miniers dans la fosse au fur et à mesure de l'avancement des activités d'extraction à partir de l'année 5 de l'exploitation. Il est aussi prévu d'entreposer les résidus miniers et les stériles miniers en co-disposition en surface sur une géomembrane et de procéder à une restauration progressive pendant les années d'opération.

2.1. Concentrations des éléments dans le remblai de stériles de la fosse

Pour les fins de la comparaison demandée par le BAPE, les hypothèses de la faisabilité et de l'étude d'impacts sont conservées et la fosse est remblayée des stériles miniers. Pour l'estimation des concentrations sources dans la fosse, il a été considéré que les stériles sont potentiellement générateurs d'acide de même que les parois rocheuses de la fosse qui seront exposées avant l'ennoiement. Les parois et les stériles miniers apporteront une concentration en différents éléments chimiques. Le rapport préparé par Lamont et MDAG (2020) montre les concentrations attendues des paramètres sélectionnés par SNC-Lavalin (2019) sur la base des résultats des essais statiques et cinétiques en laboratoire. Les concentrations attendues sont présentées au tableau 1. Ainsi pour les fins de cette modélisation, il a été considéré que la fosse était remplie de stériles. Cette hypothèse permet d'atteindre l'objectif recherché qui est d'évaluer l'impact de l'absence d'une géomembrane sous la halde de stériles et de résidus miniers. Ce sont les concentrations à 205 ans qui ont été retenues et qui représentent les conditions à l'équilibre tel que démontré dans le rapport de Lamont-MDAG (2020).

Tableau 1 - Résultats de la modélisation Minewall des phases 1 et 2 remblayées de stériles puis ennoyées (tiré de Lamont-MDAG, 2020)

Année	Concentrations aqueuses estimées dans l'eau des pores du remblais (mg/l) sauf le pH							
	pH	Acidité	Alcalinité	Sulfates	Cu	Fe	Ni	Zn
5 ans	7,2	1,6	21	12	0,006	0,04	0,003	0,005
205 ans	6,8	1,5	4,7	4,1	0	0,003	0,001	0,002

*La comparaison aux critères de la D019 est indicative, puisqu'il ne s'agit pas de la concentration attendue à l'effluent, ni au milieu récepteur, mais des données sources (eau des pores dans le remblai)

2.2. Concentrations des éléments provenant de la halde de stériles et de résidus miniers

Pendant toutes les années d'opération où il n'y a pas d'espace accessible de façon sécuritaire dans la fosse, une halde sera construite en surface pour recevoir les résidus miniers PAG et NAG et des stériles miniers. Il est prévu de déposer les matériaux sur une géomembrane et de procéder à une restauration progressive au fur et à mesure que les niveaux finaux de la halde seront atteints. Le recouvrement consiste à la mise en place d'une couverture à effet de barrière capillaire (CEBC). Cette couverture permet de limiter le passage de l'oxygène vers les résidus sulfureux en maintenant saturée une couche de matériaux fins présente dans la couverture. Le flux d'oxygène sera donc très faible à long terme et limitera par le fait même l'oxydation des sulfures. L'efficacité de cette technique a été observée sur d'autres sites. La qualité de l'eau interstitielle dans la halde de co-disposition peut être déterminée par des essais en laboratoire sur les matériaux (SNC-Lavalin

2019d) puis en estimant les concentrations maximales à l'équilibre et en faisant la modélisation du ou des scénarios (Lamont et MDAG 2020). Une des étapes en cours est d'ailleurs de simuler tous les mécanismes de transport de l'oxygène dans l'empilement en co-disposition et fait l'objet des travaux du Conseil National de Recherche du Canada (CNRC). Des concentrations des paramètres simulés pour le cas des matériaux remblayés dans la fosse en co-disposition ont été utilisés pour les fins de la modélisation de la présence de la halde de stériles et de résidus miniers. Par conséquent, les valeurs présentées au tableau 2 représentent la qualité de l'eau interstitielle attendue pour la halde de stériles et de résidus miniers ajusté à un pH de 8,5. Les paramètres ont été calculés à partir des équations présentées à l'annexe A du rapport de Lamont-MDAG (2020).

Tableau 2 – Résultats probables de la qualité de l'eau interstitielle dans la halde de stériles et de résidus miniers et avec un pH ajusté à 8,5

Année	Concentrations aqueuses estimées dans l'eau des pores de la halde de stériles et de résidus miniers (mg/l) sauf le pH							
	pH	Acidité	Alcalinité	Sulfates	Cu	Fe	Ni	Zn
5 ans	8,5	3	501	1600	0,0004	0,04	0,002	0,08
205 ans	8,5	3	501	1600	0,0004	0,04	0,002	0,08

3. TENEUR DE FOND DES EAUX SOUTERRAINES

Des puits ont été installés pendant le développement du projet dans le but de connaître le contexte hydrogéologique et le contexte géotechnique du site. Ces puits, de même que des puits d'alimentation en eau potable résidentiels, ont été échantillonnés entre 2016 et 2019. À partir des résultats obtenus, SNC-Lavalin a évalué la teneur de fond pour différents paramètres. Cette teneur de fond a été obtenue en calculant la médiane pour chaque paramètre.

Les concentrations des teneurs de fond ont été estimées par SNC-Lavalin (2019b) et sont données dans le tableau 3. Ces valeurs sont celles qui ont été utilisées à titre de comparaison pour la suite de ce mémo.

Tableau 3 – Concentrations des teneurs de fond au site du projet Matawinie (tiré de SNC-Lavalin (2019b))

	Teneur de fond calculées dans l'eau souterraines (mg/l)					
	Critères RES	Eau de consommation	LD	Min	Max	Médiane
	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
Cuivre	0,0073	1	0,0005	< 0,0005	0,0574	0,0003
Fer	--	--	0,06	< 0,06	1,160	0,046
Nickel	0,26	0,070	0,001	< 0,001	0,063	0,0005
Zinc	0,067	5	0,003	< 0,003	0,054	0,007

4. MODÉLISATION DE L'ÉCOULEMENT ET DU TRANSPORT DE SOLUTÉ

4.1. Modèle conceptuel et numérique

La démarche de modélisation a consisté de façon générale à reproduire le modèle numérique, élaboré par SNC-Lavalin dans le cadre de l'étude d'impact, puis à utiliser ce modèle afin de réaliser une simulation prédictive de transport de soluté. Le logiciel utilisé est Visual MODFLOW, avec le code MODFLOW 2000 pour le calcul de l'écoulement, et le code MT3DMS pour le transport de soluté. Les paragraphes qui suivent décrivent le modèle numérique.

Le domaine modélisé couvre une superficie de 29,16 km², soit des dimensions de 5,4 x 5,4 km. La grille est parallèle au système de coordonnées MTM zone 8, et son origine est aux coordonnées 266 740 m Est et 5 163 300 m Nord. Le maillage est composé de 270 colonnes et 270 rangées de mailles carrées, dont l'arrête est de 20 m. Il s'agit d'un modèle 3D, composé de deux couches représentant le socle rocheux et les dépôts superficiels, incluant la halde. Le modèle possède une épaisseur totale de 150 m. La surface du modèle est limitée par la surface topographique tirée du relevé LiDAR du MERN¹.

Les conditions limites du modèle sont des charges constantes réparties au pourtour du modèle à une altitude correspondant à 1,5 m sous la surface topographique. Les lacs sont représentés par des conditions limites de type « Rivière », tandis que les ruisseaux sont représentés par des conditions limites de type « Drain ». Toutes deux possèdent des charges imposées égales à la surface du terrain. La base du modèle est considérée comme une barrière à flux nul et enfin, la surface du modèle est affectée par une condition limite de type de recharge uniforme de 197 mm/an et dont

¹ <https://www.foretoouverte.gouv.qc.ca/>

le surplus est retiré par une condition limite de type ETS fixée au niveau du sol de façon à empêcher les charges d'excéder celui-ci.

Le socle rocheux et les dépôts meubles sont représentés par une conductivité hydraulique uniforme de 1×10^{-7} m/s (SNC-Lavalin, 2019) et par une porosité effective uniforme de 0,001 (SNC-Lavalin, 2019). Dans le cadre de la simulation prédictive, les mailles situées à l'intérieur du périmètre de la fosse qui représentent le remblai de rejets miniers possèdent une conductivité hydraulique de $2,5 \times 10^{-5}$ m/s et une porosité effective de 0,20 (SNC-Lavalin, 2019).

Le calibrage réalisé sur les conditions d'écoulement actuelles a été effectué en ajustant la conductivité hydraulique et la recharge jusqu'à ce qu'il ne soit plus possible d'améliorer la représentativité du modèle sans l'ajout de conditions limites ou structures non observées. Sur 81 points de comparaison issus de forages au diamant et de puits d'observation, la moyenne des écarts est de 1,89 m, la moyenne de la valeur absolue de ces écarts est de 4,40 m, l'écart-type est de 0,67 m et enfin la racine normalisée de la somme du carré des écarts est de 5,67 %.

4.2. Transport de soluté

Une fois le modèle calibré, deux simulations distinctes ont été réalisées dans le but de simuler, d'une part, l'apport de solutés dissous à partir de la fosse et, d'autre part, l'apport de solutés dissous à partir de la halde, en présumant l'absence de géomembrane à la base de celle-ci. Pour fins de comparaison, la simulation faite en considérant la fosse uniquement représente également la présence de la halde puisque l'hypothèse est que la géomembrane sous la halde est imperméable.

Puisque les concentrations initiales de ces deux sources sont différentes et que chaque soluté présente également une concentration différente, les simulations ont été faites sur la base d'une concentration initiale correspondant à 100, soit 100% de la concentration initiale de la source. Par la suite, pour chaque récepteur, les proportions de la concentration initiale en fonction du temps ont été appliquées aux concentrations initiales des contaminants. Ensuite, les concentrations issues de chacune des sources ont été additionnées, puis les résultats ont été comparés aux teneurs de fond et aux critères.

Les hypothèses de travail des simulations sont les suivantes :

- La fosse est considérée comme ayant été remblayée dans la partie sud-ouest, tandis qu'elle est considérée ennoyée dans sa partie nord-est;
- Pour les données sources, la zone ennoyée et la zone remblayée de la fosse sont confondues ensemble. C'est la concentration du remblai de stériles qui a été simulée;

- La conductivité hydraulique du remblai est considérée 100 fois plus perméable que celle du socle rocheux;
- La membrane à la base de la halde est inexistante (donc l'apport vertical vis-à-vis celle-ci correspond au flux calculé pour une charge hydraulique d'une hauteur de 1 m audessus du plancher de la halde);
- Parmi les concentrations initiales calculées après 5 ans et 205 ans, ce sont les concentrations à 205 ans (régime permanent atteint) qui sont utilisées pour le calcul;
- Les courbes de restitution sont générées pour cinq points de mesure montrés sur les figures 1 et 2;
- Les zones sources sont simulées comme des zones de concentration constante;
- Aucun facteur de retard n'est considéré;
- Aucune réaction n'est considérée;
- Le coefficient de dispersion hydrodynamique utilisé est de 10.

Les figures 1 et 2 présentent, respectivement, les panaches de concentrations en métaux dissous provenant de la halde sans la géomembrane et de la fosse, ainsi que la position géographique des points de mesure virtuels (PM1 à PM5). La simulation sans la géomembrane n'inclut pas la contribution de la fosse. L'effet combiné est montré aux figures 3 à 6. Sur les figures 3 à 6, l'évolution des concentrations des différents solutés est montrée à gauche en considérant l'apport de la halde et de la fosse alors qu'à droite, c'est l'apport de la fosse seulement puisqu'on considère l'apport de la halde nul (géomembrane imperméable). Les simulations ont été réalisées pour une période de 3650 jours (10 ans) car on constate qu'après environ 2000 jours (5,5 ans), les conditions sont stabilisées. La modélisation sur une période plus longue ne changerait pas les concentrations finales sauf si on considérait une diminution des concentrations à la source. Cette situation pourrait se produire mais on peut considérer que la situation modélisée est sécuritaire et prudente. Les figures présentent les critères Résurgence dans les eaux de surface (RES), les critères d'eau de consommation (EC) et les teneurs de fond en plus de l'évolution des paramètres (nickel, cuivre, fer, zinc) pour les 5 points de mesure localisés tout autour du site du projet.

On constate que le concept permet de respecter les critères RES et EC partout dans les eaux souterraines autour du projet sans géomembrane sous la halde à la condition, dans ce cas, de s'assurer que le pH des eaux interstitielles de la halde est de l'ordre de 8,5.

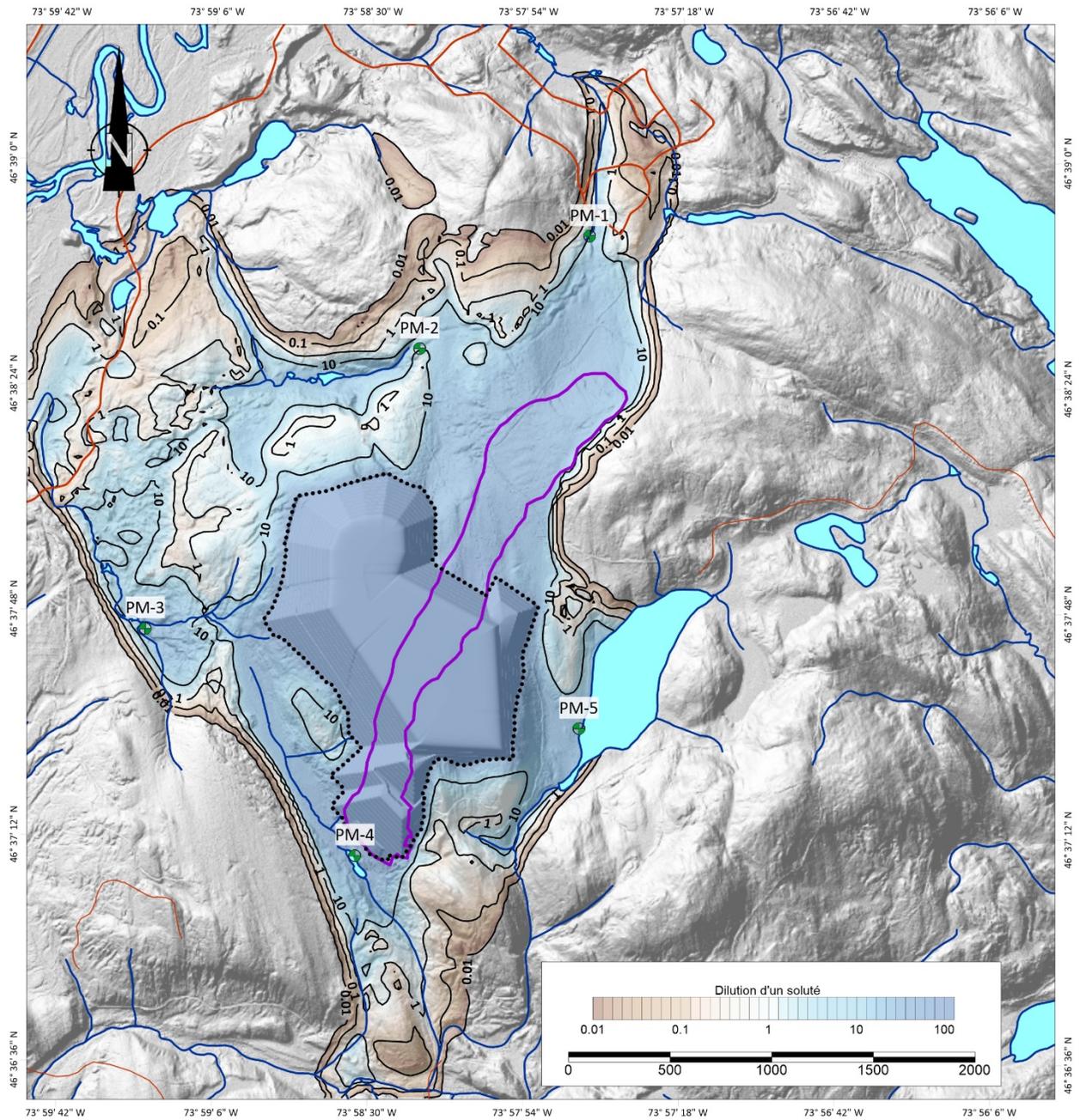


Figure 1 : Proportions des concentrations initiales des solutés provenant de la halde (sans géomembrane) seulement

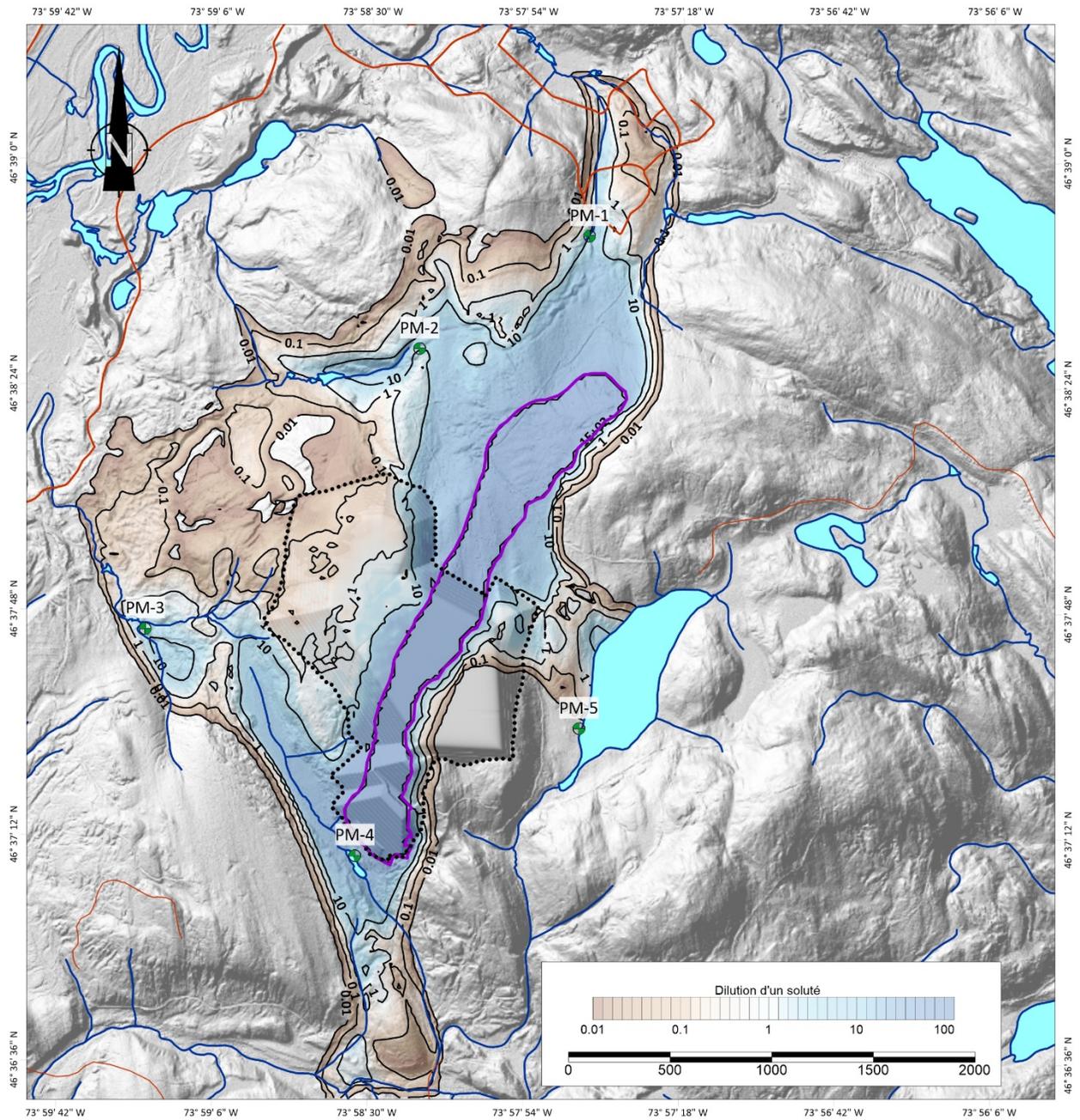


Figure 2 : Proportions des concentrations initiales des solutés provenant de la fosse seulement

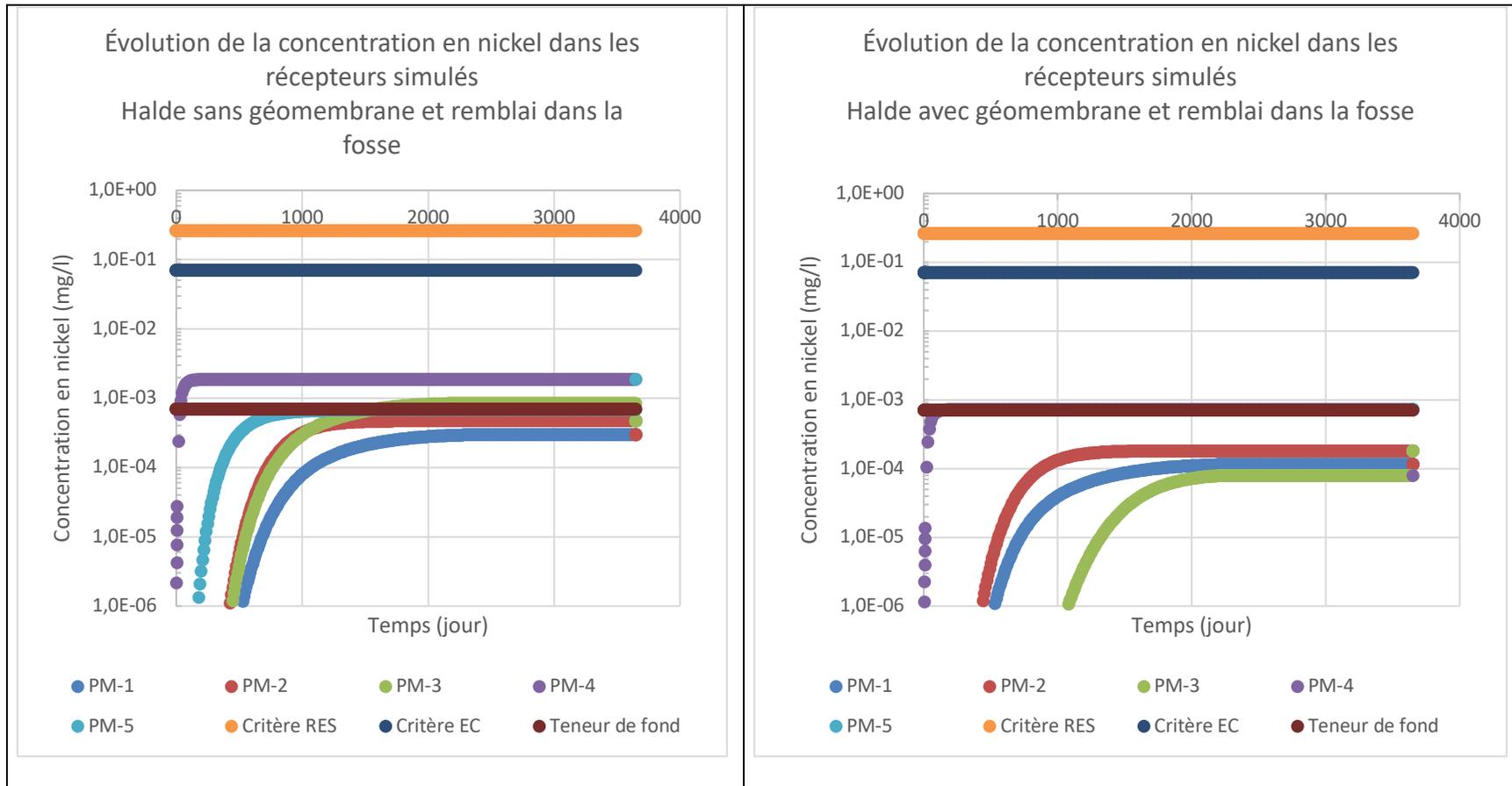


Figure 3 : Évolution de la concentration en nickel dans les différents récepteurs simulés pour les cas avec et sans la présence de la géomembrane sous la halde

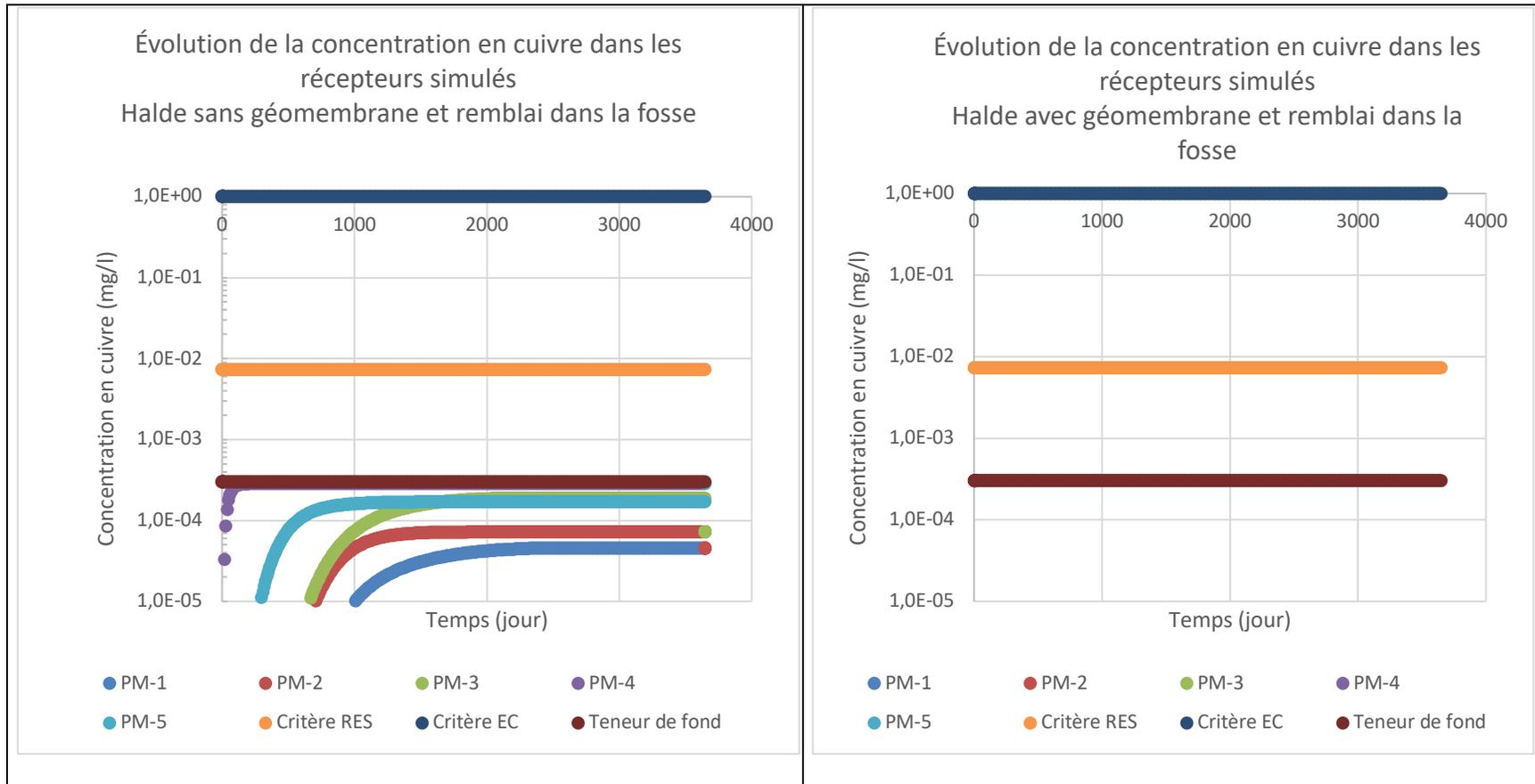


Figure 4 : Évolution de la concentration en cuivre dans les différents récepteurs simulés pour les cas avec et sans la présence de la géomembrane sous la halde

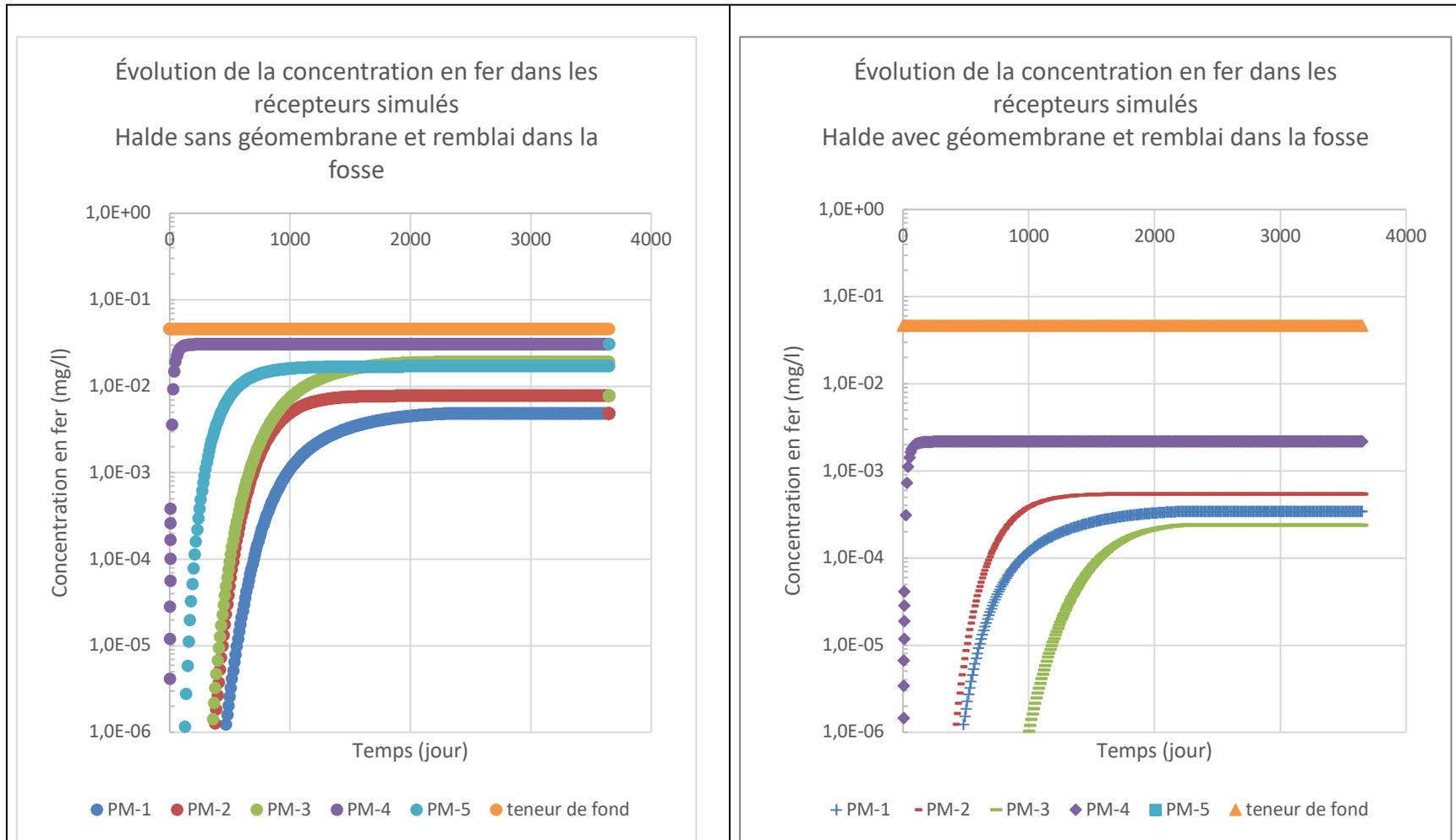


Figure 5 : Évolution de la concentration en fer dans les différents récepteurs simulés pour les cas avec et sans la présence de la géomembrane sous la halde

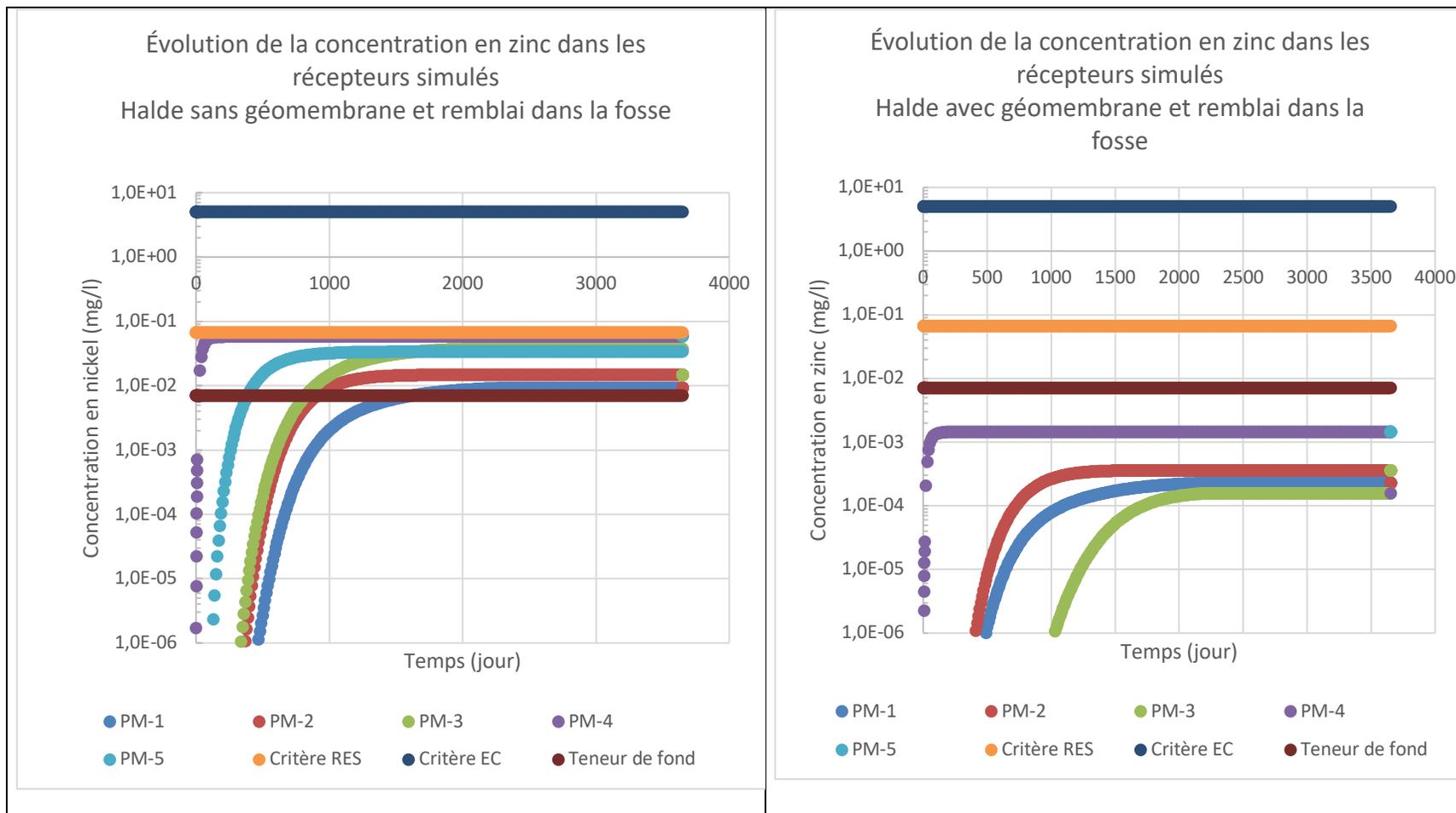


Figure 6 : Évolution de la concentration en zinc dans les différents récepteurs simulés pour les cas avec et sans la présence de la géomembrane sous la halde

5. CONCLUSION

La modélisation a permis de démontrer que la présence de la géomembrane sous la halde de stériles et de résidus miniers apporte un facteur de sécurité additionnel pour la protection des eaux souterraines mais qu'en contrôlant le pH à la source, elle ne serait pas requise. Il est cependant, à notre avis, prudent de conserver la géomembrane en place car elle permet de diminuer considérablement la probabilité d'occurrence d'une contamination des eaux souterraines et par conséquent, de diminuer le risque.

En ce qui concerne les teneurs de fond pour les eaux souterraines, dans le cadre de son suivi environnemental NMG doit continuer d'échantillonner les eaux souterraines et mettre en place un réseau de surveillance pour prélever de l'eau pour fins d'analyse dès le printemps 2020 afin de développer une connaissance avant-projet de la qualité des eaux et de la variabilité de cette qualité dans le temps. Par la suite, lorsque l'opération débutera, NMG devrait continuer d'échantillonner les eaux souterraines et vérifier s'il y a une variation statistique des différents paramètres pour chaque puits afin de prendre action, le cas échéant.

6. RÉFÉRENCES

- LAMONT et MDAG 2020. Prédiction de la qualité des eaux dans la fosse et effets sur le milieu récepteur sous différentes conditions – Projet Matawinie, daté de Janvier 2020, 221 pages.
- SNC Lavalin. 2017. Étude hydrogéologique préliminaire – Zone Ouest du bloc Tony Réf. 633679, daté du 29 août 2017, 207 pages.
- SNC Lavalin. 2019a. Projet Matawinie – Rapport sectoriel - Étude hydrogéologique Réf. 653897-9300-4WER-0001, daté du 19 février 2019, 466 pages.
- SNC Lavalin. 2019b. Projet Matawinie – Modélisation hydrogéologique – 654068-9300-4WER-0001, daté du 20 mars 2019, 126 pages.
- SNC Lavalin. 2019c. Projet Matawinie – Étude d'impact environnemental et social Réf. 653897 daté d'avril 2019, 905 pages et annexes.
- SNC Lavalin. 2019d. Plan de réaménagement et restauration pour le site du projet Matawinie Réf. : 3211-16-019, daté d'octobre 2019, 767 pages
- SNC Lavalin. 2020. Projet Matawinie – Mise à jour du modèle hydrogéologique FEFLOW – 669870-EG-L01-00, daté de février 2020, 64 pages.