

**Golder Associés Ltée**

9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal, Québec, Canada H4N 2T2
Téléphone (514) 383-0990
Télécopieur (514) 383-5332

Le 3 avril 2009

07-1221-0028-6400

Corporation minière Osisko
Gare Windsor, Bureau 300
1100 De La Gauchetière Ouest
C.P. 211
Montréal (Québec) H3B 2S2

À l'attention de Monsieur Jean-Sébastien David

**OBJET: RÉVISION DU PROJET DE RÉSIDUS MINIERES ÉPAISSIS PROPOSÉ
PAR OSISKO PAR UN TIERS EXPERT**

Monsieur,

Il nous fait plaisir de vous transmettre la note technique du Dr Ward Wilson, professeur à l'Université de Colombie-Britannique (UBC). Docteur Wilson est expert international en gestion des résidus miniers et plus particulièrement en résidus épaissis. Vous trouverez ci-jointes une traduction française non officielle de cette note technique écrite par M. Wilson ainsi que la version originale anglaise.

En espérant le tout conforme à vos exigences, veuillez agréer, Monsieur David, l'expression de nos sentiments distingués.

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE

Carl Pednault, ing. Jr.
Chargé de projet

Michel R. Julien, ing., Ph.D.
Associé principal

CP/MRJ/tca

N:\ACTIF\2007\1221\07-1221-0028 OSISKO EST-MALARTIC\PHASE 6000 - BAPE\6400\WARD WILSON\SECRETARIAT\PRÉSENTATION LETTRE DE WARD WILSON_DOCX

P.J. Traduction française de la note technique
Mémorandum : Thickened Tailings Review for the Project Proposed by Osisko



Note : Cette traduction n'est pas officielle, elle est fournie seulement à titre indicatif pour le bénéficiaire et l'usage exclusif de la commission.

Le 30 mars 2009

Golder Associates Ltd.
9200, boul. de l'Acadie , bureau 10
Montreal, Quebec
H4N 2T2

À l'attention de Monsieur Michel Julien, ing., Ph.D.

OBJET: RÉVISION DU PROJET DE RÉSIDUS MINIERS ÉPAISSIS PROPOSÉ PAR OSISKO

Monsieur Julien,

J'ai effectué la révision de la documentation soumise pour projet du parc à résidus miniers épaissis proposé par Osisko. La présente lettre résume mon expérience, mon avis et mes commentaires spécifiques pour l'application de la technologie de résidus épaissis pour le projet Osisko.

Mon expérience professionnelle avec l'utilisation de résidus miniers conventionnels (pulpe) comparativement à des résidus épaissis m'amène à conclure que les avantages de l'épaississement surpassent les coûts initiaux plus élevés liés à l'investissement en capital. Les principaux bénéfices incluent l'élimination du bassin de rétention des eaux, la réduction de l'empreinte et de l'utilisation de l'eau, le contrôle du drainage minier acide et de la lixiviation des métaux et, enfin, la réduction de coûts de fermeture du site.

L'application de la technologie des résidus épaissis élimine le besoin de construire des bassins et d'emmagasiner des eaux de surface, et élimine donc le besoin de construire de grands barrages de rétention pour emmagasiner l'eau au-dessus du parc à résidus. Le plus grand risque lié à un parc à résidus miniers conventionnel avec un bassin couvrant une grande surface est le bris du barrage causé par une instabilité de nature géotechnique (exemple : liquéfaction statique ou séismique, drainage, filtres, « effet de renard », érosion, etc.) et/ou de déversement en crête, qui conduirait à un bris catastrophique. Alors que les mines au Canada sont parvenues à construire des parcs à résidus sécuritaire, le risque potentiel est toujours élevé en raison du potentiel catastrophique de pertes de vies, de destruction de l'environnement et de dommages à la propriété.

Le « Canadian Mining Innovation Council » a rassemblé un groupe de travail environnemental pour une réunion qui s'est tenue le 10 décembre 2008. Le CMIC a établi un énoncé de mission visant à améliorer la compétitivité d'une industrie minière responsable grâce à l'excellence dans la recherche, l'innovation et la commercialisation. En outre, la nécessité d'accroître la stabilité des zones de stockage des résidus, la réduction de l'empreinte sur le territoire et l'eau ont été identifiées comme étant des besoins clés pour la promotion et l'amélioration des pratiques actuelles de gestion des résidus miniers. La réduction de la quantité d'eau rejetée dans le parc à résidus miniers est la seule méthode permettant d'atteindre ces objectifs. L'épaississement des résidus permet de réduire la consommation d'eau et le besoin de traitement, par le biais du recyclage de l'eau émise lors du procédé d'épaississement mené au moulin, et ainsi de minimiser la décharge d'eau depuis les résidus entreposés dans le parc. L'empreinte du parc à résidus miniers est considérablement réduite puisque le volume total de matières solides et d'eau est diminué, mais surtout par la décharge de résidus non ségrévés avec un angle de dépôt plus accentué.

Je comprends qu'Osisko prévoit épaissir les résidus à un contenu de 68 % de solides et éventuellement jusqu'à 70 %. Les résidus sont conventionnels en matière de broyage avec environ 80 % passant le tamis de 65 microns. Cela produira une décharge épaissie et non ségrévée qui offrira d'excellentes performances environnementales par rapport aux résidus conventionnels. Le principal avantage de résidus non ségrévés est de prévenir la formation de plages de sable qui seront complètement drainées, non saturées et permettra la diffusion de l'oxygène permettant la génération d'acide. Le potentiel de génération d'acide des résidus épaissis est considérablement réduit en raison de la forte capacité de rétention d'eau et du maintien de condition saturée sous l'effet de haute succion capillaire (pressions d'eau négatives). La diffusion d'oxygène dans la matrice des résidus est minimisée à des niveaux de saturation de plus de 85%. Barbour et al (1993) ont démontré que la valeur de la pression d'entrée d'air (AEV), pour les résidus miniers épaissis de la mine Kidd Creek en Ontario, était d'environ 70 kPa. Cela signifie que les résidus peuvent rester totalement saturés sur 7 mètres au-dessus d'une nappe d'eau sous des conditions hydrostatiques. De plus, la conductivité hydraulique saturée « K_{sat} » pour les résidus épaissis a été évaluée à une valeur de l'ordre de 1×10^{-7} m/s. Il a été observé que ces caractéristiques hydrauliques définies pour les résidus de Kidd Creek permettent de générer des résidus qui maintiennent un niveau élevé de saturation le long du profil du parc à résidus limitant ainsi l'entrée d'oxygène qui permet la génération d'acide. Les résidus épaissis proposés par Osisko sont à granulométrie plus fines que ceux de Kidd Creek et ils devraient ainsi être associés à une pression d'entrée d'air plus élevée et à une valeur plus faible de conductivité hydraulique saturée, ce qui permettra une plus grande résistance à la désaturation et à l'entrée d'oxygène.

Le parc à résidus miniers épaissis de Kidd Creek a la capacité de bien performer sous l'effet des conditions climatiques de l'Est du Canada. Aucun problème lié aux conditions de gel en période hivernale n'a été rencontré. De plus, aucun problème d'érosion et d'émission de poussières causées par le vent n'a été rencontré. Oxenford et Lord (2006) mentionnent que l'expérience canadienne de l'utilisation de pâtes et de résidus épaissis pour des dépôts de surface sur des sites miniers, tels que Jonquière (aluminium / bauxite), Cluff Lake (uranium) et Myra Falls (zinc / cuivre), a été d'un très grand succès. Des expériences similaires sont signalées en Australie (Paul Williams, 2009) et au site de la mine d'or de Bulyanhulu en Afrique (Simms et Grabinsky, 2009). Lors d'une récente visite à la raffinerie d'alumine d'Aughinish en Irlande, j'ai constaté le potentiel d'émission de poussières pour des résidus de boue rouge de granulométrie très fine. Cependant, ce risque était aisément contrôlé avec l'installation d'un système d'arrosage qui humidifie la surface des résidus exposés à de longues périodes sèche. En général, le risque que des résidus épaissis émettent de la poussière est considérablement réduit par rapport à des résidus conventionnels puisque les résidus épaissis sont non ségrévés et sont caractérisés par un fort taux de rétention de l'humidité.

Les parcs à résidus épaissis facilitent la fermeture du site, car il n'est pas nécessaire de construire un recouvrement d'eau permanent ou un recouvrement par un système complexe de barrière multicouche de sols. La capacité des résidus à maintenir un haut niveau de saturation élimine le besoin de construire une barrière ou un recouvrement de faible perméabilité permettant la mise en place d'un simple profil de sol visant à soutenir un couvert végétal. De plus, la qualité finale des résidus offre une surface permettant la circulation de véhicules pour l'accès de l'équipement. Finalement, la construction des cellules et des bermes avec des rehaussements amont facilite une fermeture progressive du site.

En conclusion, il est de mon avis que l'application de résidus épaissis par Osisko offre des avantages substantiels par rapport à une gestion de résidus conventionnels. Cela étant dit, Osisko choisit une approche qui ne sera pas forcément la plus économique et la plus simple à mettre en œuvre à court terme. La firme devra faire face à des défis et des contraintes opérationnelles qui seront significatifs comparativement à la construction d'un système de résidus conventionnels. Toutefois, les avantages à long terme en ce qui concerne l'empreinte du parc à résidus, la gestion et l'utilisation de l'eau, le contrôle géochimique et la prévention de l'oxydation, et la réduction des risques à long terme, devraient compenser et l'emporter sur les inconvénients potentiels.

Dr. G. Ward Wilson, P.Eng., P.Geo.
Principle, Unsaturated Soils Engineering Ltd.

Références citées :

- Barbour, S.L., Wilson, G.W., St-Arnaud, L.C. (1993) Evaluation of the saturated-unsaturated groundwater conditions of a thickened tailings deposit. *Can Geotech J.* Vol 30 pp 935-946.
- Jorgenson R.R., Lee C., and Nelson R., (2006) The Benefits of Paste for Coal Combustion Products (CCPs): A Case Study. Proceedings of the Ninth International Seminar on Paste and Thickened Tailings, Limerick, Ireland, 3-7 April 2006.
- Oxenford J., and Lord E.R., (2006) Canadian Experience in the Application of Paste and Thickened Tailings for Surface Disposal. Proceedings of the Ninth International Seminar on Paste and Thickened Tailings, Limerick, Ireland, 3-7 April 2006.
- Robinsky E.I. (1999) Thickened Tailings Disposal in the Mining Industry, Published by E.I. Robinsky Associates Ltd., 1 Lydia Court, Toronto, Canada.
- Simms P. Gabinsky, M., and Zhan G., (2006) Evaporation from Surface Deposited Thickened Gold Tailings. Proceedings of the Ninth International Seminar on Paste and Thickened Tailings, Limerick, Ireland, 3-7 April 2006.
- Simms, P. and Grabinsky, M. (2009) Carleton University and University of Toronto, respectively. Personnel communication.
- Williams, Paul (2009) Australian Tailings Consultants, Australia. Communication personnelle.

Unsaturated Soils Engineering Ltd.

16368 – 10th Avenue, White Rock, BC, CANADA, V4A 1B1
Tel:(604)542-6448 Fax:(604)542-6449

2 April 2009

Golder Associates Ltd.
9200, boul. de l'Acadie , bureau 10
Montreal, Quebec
H4N 2T2

Attention: Dr. Michel Julien

Dear Dr. Julien

Subject: Thickened Tailings Review for the Project Proposed by Osisko

I have reviewed the documentation provided for the thickened tailings impoundment proposed by Osisko. The letter presented herein summarizes my experience, opinion and specific comments for the application of thickened tailings technology for the Osisko project.

My professional experience with conventional (slurry) tailings versus thickened tailings leads me to conclude that the advantages of thickening overwhelm the associated increases in initial costs related to capital investment. The primary benefits include elimination of a stored water pond within the impoundment, reduction in footprint and water usage, control of AMD and metal leaching, and finally reduced closure costs.

The application of thickened tailings technology eliminates the need for settling ponds and surface water storage, and thus eliminates the need for large containment dams to store water on top on the tailings impoundment. The greatest risk to any conventional tailings impoundment with a large surface pond is a failure of the dam due to geotechnical instability (i.e., seismic or static liquefaction, drainage, filters, piping, erosion, etc) and/or overtopping, both of which lead to catastrophic failure. While mines in Canada have proven to be highly successful in constructing safe tailings impoundments, the potential risk is always a high due to the catastrophic nature and potential for loss of life, destruction to the environment, and damage to property.

The Canadian Mining Innovation Council recently held an Environmental Working Group Meeting on December 10, 2008. The CMIC has established a general mission statement directed at enhancing the competitiveness of a responsible mining industry through excellence in research, innovation and commercialization. In addition, to the need for increased stability of tailing storage areas, the reduction in both land and water footprints were identified among the keys needs for the advancement and improvement of current mine waste management practice. Reducing the quantity of water discharged to the tailings impoundment is the only method for achieving these objectives. Thickening reduces water consumption and treatment through the immediate recycling of water from the thickener back to the mill, thereby minimizing the release of water from the tailings in the impoundment. The footprint of the tailings impoundment is

dramatically reduced since the total volume of solids and water is reduced, but more importantly through the placement of non-segregating tailings discharge at a steeper placement angle.

It is understood Osisko is planning to thicken the tailings to 68% solids and possibly up to 70%. The tailings are conventional in terms of grinding with approximately 80% passing the 65 micron sieve. This will produce a non-segregating thickened discharge that will provide excellent environmental performance when compared to conventional tailings. The primary benefit of non-segregating tailings is to prevent the formation sand beaches that become fully drained, unsaturated and allow high oxygen diffusion for acid generation. The acid generation potential for thickened tailings is dramatically reduced due to high water retention characteristics and the maintenance of full saturation under high matric suction (i.e., negative water pressures). Oxygen diffusion into the matrix of the tailings is minimized at saturation levels greater than 85%. Barbour et al (1993) showed that the Air Entry Value, 'AEV' for the thickened tailings at the Kidd Creek Mine in Ontario to be approximately 70 kPa. In other words, the tailings are capable of remaining fully saturated 7 meters above a water table under hydrostatic conditions. In addition, the saturated hydraulic conductivity 'Ksat' for the thickened tailings was measured to be in the order of 1×10^{-7} m/s. These hydraulic characteristics for the tailings at Kidd Creek were found to produce tailings that maintain high saturation over the profile of the impoundment thus limiting oxygen entry for acid generation. The thickened tailings proposed by Osisko are considerably finer than the Kidd Creek tailings and can be expected to offer a higher AEV and lower Ksat, thus providing even greater resistance to desaturation and oxygen entry.

The thickened tailings impoundment at Kidd Creek has proven to perform well under the climatic condition in eastern Canada. Problems associated with freezing during winter conditions have not been encountered. Furthermore, problems with erosion and dusting due to wind have not developed. Oxenford and Lord (2006) report that the Canadian experience with the application of paste and thickened tailings for surface disposal at mine sites such as Jonquiere (aluminium/bauxite), Cluff Lake (uranium), and Myra Falls (zinc/copper) has been highly successful. Similar experiences are reported in Australia (Paul Williams, 2009) and at the Bulyanhulu thickened gold tailings in Africa (Simms and Grabinsky, 2009). During a recent site visit to the Aughinish Alumina Refinery in Ireland, I learned of the potential for some dusting to occur in the case of extremely fine textured red mud tailings. However, this has been readily control with the installation of a sprinkler system that wets the exposed tailings surface during prolonged dry periods. In general, the susceptibility of thickened tailings to dusting is greatly reduced relative to conventional tailings since the thickened tailings are both non-segregating and have high moisture retention characteristics.

Thickened tailings impoundments provide the greatest ease for closure since the need for the construction of a permanent water cover, or complex barrier/multi-layer soil cover systems is eliminated. The capacity of the tailings to maintain high saturation removes the need to construct a low permeable engineered barrier/cover system allowing the installation of a simple soil profile directed at supporting a vegetated canopy. Furthermore, the final grade of the tailings provides a trafficable surface for equipment access. Finally, upstream construction of the stacks, cells and berms readily allow progressive reclamation.

In conclusion, it is my opinion that the application of the thickened tailing by Osisko offers outstanding benefits compared to conventional tailings management. That being said, Osisko is taking an approach that will not necessarily be the most economical and simple to implement in

the short term. The company will face operational challengers and constraints that will be significant compared to the construction of a conventional tailings systems. However, the long-term benefits with respect to impoundment footprint, water use and management, geochemical control and prevention of oxidation, and the reduction of the long term risks can be expected to vastly outweigh the potential disadvantages.

Yours truly



Dr. G. Ward Wilson, P.Eng., P.Geo.
Principle, Unsaturated Soils Engineering Ltd.

Selected References

- Barbour, S.L., Wilson, G.W., St-Arnaud, L.C. (1993) Evaluation of the saturated-unsaturated groundwater conditions of a thickened tailings deposit. *Can Geotech J.* Vol 30 pp 935-946.
- Jorgenson R.R., Lee C., and Nelson R., (2006) The Benefits of Paste for Coal Combustion Products (CCPs): A Case Study. Proceedings of the Ninth International Seminar on Paste and Thickened Tailings, Limerick, Ireland, 3-7 April 2006.
- Oxenford J., and Lord E.R., (2006) Canadian Experience in the Application of Paste and Thickened Tailings for Surface Disposal. Proceedings of the Ninth International Seminar on Paste and Thickened Tailings, Limerick, Ireland, 3-7 April 2006.
- Robinsky E.I. (1999) Thickened Tailings Disposal in the Mining Industry, Published by E.I. Robinsky Associates Ltd., 1 Lydia Court, Toronto, Canada.
- Simms P. Gabinsky, M., and Zhan G., (2006) Evaporation from Surface Deposited Thickened Gold Tailings. Proceedings of the Ninth International Seminar on Paste and Thickened Tailings, Limerick, Ireland, 3-7 April 2006.
- Simms, P. and Grabinsky, M. (2009) Carleton University and University of Toronto, respectively. Personnel communication.
- Williams, Paul (2009) Australian Tailings Consultants, Australia. Personnel communication.