

Migration de l'oxygène à travers une couverture à effets de barrière capillaire colonisée par des racines sur un parc à résidus miniers restauré

Alex Proteau, Marie Guittonny, Bruno Bussière, et Abdelkadir Maqsooud

Institut de recherche en Mines et Environnement (IRME) – Université du Québec en Abitibi Témiscamingue

Proteau, A., Guittonny, M., Bussière, B. and Maqsooud, A., 2020. Oxygen migration through a cover with capillary barrier effects colonized by roots. Canadian Geotechnical Journal, (ja).

Contexte

Le drainage minier acide (DMA) sur les sites d'entreposage des résidus miniers, causé par l'oxydation des minéraux sulfureux exposés à l'eau et à l'oxygène de l'air, représente un risque environnemental majeur par la libération d'éléments toxiques, notamment dans les zones humides et les aquifères. Limiter l'exposition des résidus miniers à l'eau est difficile à réaliser particulièrement dans des régions humides comme le Québec, où les précipitations moyennes sont proches de 1000 mm annuellement. Ainsi, réduire la migration de l'oxygène vers les résidus grâce à des techniques telle que les couvertures à effets de barrière capillaire (CEBC) est la voie privilégiée dans ces régions. Cette technique utilise différentes couches de matériaux et permet de maintenir un haut degré de saturation dans une des couches, ce qui freine la migration de l'oxygène vers les couches sous-jacentes. Un couvert végétal peut se développer par-dessus une CEBC soit par recolonisation naturelle du site ou par une végétalisation programmée. L'effet de la colonisation de la CEBC par les racines sur la performance à long terme de cette méthode de restauration demeure controversé. Les racines peuvent absorber une partie de l'O₂ par la respiration cellulaire et freiner davantage sa migration, mais peuvent, en contrepartie, affecter la porosité des couvertures et leur degré de saturation en eau et par conséquent leur performance. Les espèces ligneuses, à enracinement profond pourraient avoir un impact important sur la performance des CEBC en contexte forestier. L'objectif de ce travail est de caractériser la colonisation par les racines de la couche de la CEBC devant garder un haut degré de saturation et d'évaluer l'effet de la colonisation racinaire sur la performance d'une CEBC de 17 ans à limiter le flux d'oxygène qui traverse la CEBC au-dessous d'un seuil fixé.

Méthodologie

L'étude s'est déroulée sur la mine Lorraine, située au Témiscamingue, Québec. Le site se trouve dans le domaine bioclimatique du sapin baumier-bouleau jaune et est entouré d'une forêt mixte. L'extraction de l'or, de l'argent, du cuivre et du nickel entre 1964 et 1968 avait laissé près de 600,000 tonnes de résidus acidogènes sur une superficie de 15.5 ha. À partir de 1999, le site a été restauré par le Ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles du Québec en construisant une CEBC sur les

résidus, en installant des drains de calcaire pour traiter les effluents acides et en mettant en place un programme de suivi. L'objectif de ce dispositif était de maintenir la couche de rétention de l'humidité (CRH) à un degré de saturation $S_r > 85\%$ et le flux d'oxygène atteignant les résidus inférieur à $20\text{-}40 \text{ g/m}^2/\text{an}$. Par la suite, la végétation locale avait commencé à se développer à la surface de la CEBC. La végétation ligneuse a été éliminée en 2012 et un suivi de la végétation en 2015 a montré que des espèces herbacées et des arbres étaient présents, notamment le peuplier baumier, l'aulne, les saules, l'épinette noire et le peuplier faux-tremble.

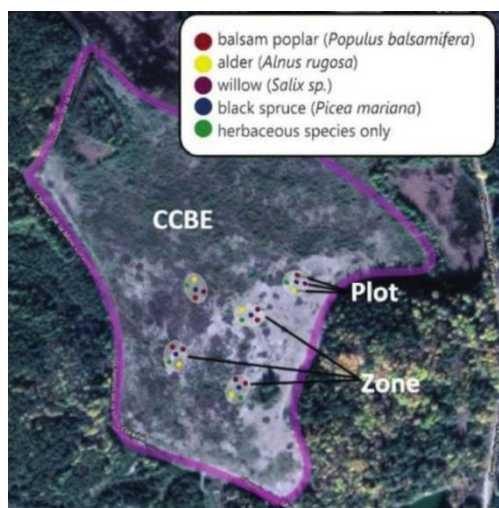


Figure 1. Position des zones de suivi et des parcelles sur la couverture à effets de barrière capillaire, CEBC (CCBE sur la photo) où l'échantillonnage et les tests de consommation d'oxygène ont été réalisés (image satellite Google, © 2019 CNES / Airbus, Maxar Technologies, Données élaborées © 2019, modifiées avec Windows 'Paint 3D). [Couleur en ligne.]

Cinq zones de $50 \text{ m} \times 50 \text{ m}$ ont été aléatoirement choisies sur le site, à l'intérieur desquels cinq parcelles correspondant à l'une des espèces ligneuses dominantes ou à la végétation herbacée (sans ligneux) ont été aléatoirement sélectionnées.

La consommation d'oxygène des résidus a été mesurée en utilisant des tests de consommation d'oxygène en chambres fermées sur les parcelles expérimentales pour déterminer le flux d'oxygène à travers la CEBC. Des cylindres de 10 cm de diamètre ont été insérés à travers la CRH et ont été scellés à l'aide de couvercles. La baisse de la concentration d'oxygène dans les chambres a été mesurée durant 3-5 jours en utilisant un chromatographe portable. Après, des échantillons du sol à l'intérieur des cylindres ont été prélevés pour déterminer le degré de colonisation du sol par les racines (densité des racines).

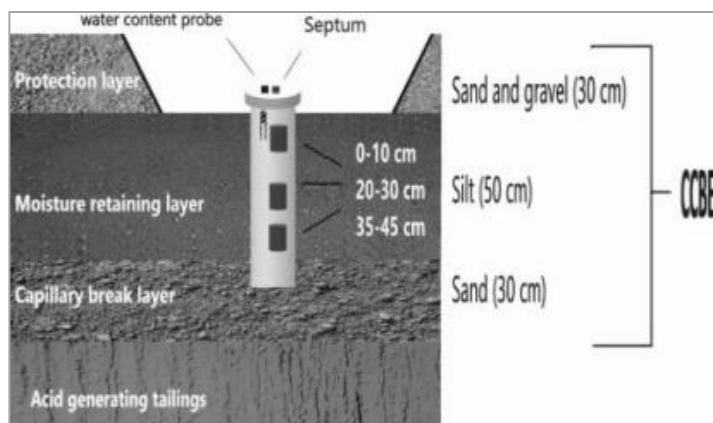


Figure 2. Configuration de la CEBC sur le site Lorraine, une représentation schématique du dispositif pour le test de consommation d'oxygène (TCO) et les emplacements de l'échantillonnage des carottes racinaires dans les cylindres du TCO insérés à travers la couche de rétention de l'eau de la CEBC.

Résultats

La colonisation par les racines était limitée majoritairement aux 10 cm supérieurs de la CRH, avec une densité des racines de 1490 m/m^3 de sol. Cette densité a chuté à 130 m/m^3 dans l'horizon 20-30 cm et 97 m/m^3 à 35-45 cm de profondeur. La concentration des racines dans l'horizon supérieur peut être expliquée par les matériaux compactés et fins utilisés dans la CRH et qui ont en plus un haut degré de saturation, ce qui empêche les racines de se développer de façon normale (comme sur un sol hors CEBC).

Malgré la présence des racines, et à l'exception de quelques parcelles le degré de saturation de la CRH (S_r) demeurait généralement au-dessus de 85%, maintenant ainsi la performance de la CEBC. En région boréale, la majeure partie des racines se trouvent dans les 30 premiers centimètres du sol d'où l'importance d'avoir une couche protectrice épaisse en surface de la CRH afin de réduire ses pertes en eau par évapotranspiration et limiter le développement des racines dans la CRH. Dans cette étude, le développement des racines s'est presque limité aux 10 premiers centimètres et il est peu probable sous les conditions boréales que les racines colonisent la totalité des 50 cm de la CRH dans le futur. Également, les mesures sur des parcelles colonisées ou non par les racines ont montré que la porosité totale n'a pas changé.

De plus, cette étude montre un lien étroit entre la consommation d'oxygène, exprimée en coefficient de réactivité (K_r), et la densité de longueur des racines (RLD). Ceci est attribué en grande partie à la respiration racinaire, étant donné que la respiration des microorganismes décomposeurs de la matière organique était négligeable à cause du faible taux de matière organique de la CRH et des couches sous-jacentes. Finalement, le maintien d'un haut degré de saturation et la consommation d'une partie de l'oxygène par les racines des plantes dans la CRH a significativement réduit le flux d'oxygène traversant la CRH, qui est demeuré au-dessous du seuil $20\text{-}40 \text{ g O}_2/\text{m}^2/\text{an}$.