

## Introduction

Que faire des millions de tonnes de résidus de bauxite au pH alcalin (~12) générées chaque année par l'industrie de l'aluminium ?



Depuis 1936, l'usine Vaudreuil de Rio Tinto a produit environ 40 millions de tonnes de résidus, aujourd'hui entreposés dans des sites de disposition (figure 1). Avec sa capacité actuelle, cette usine au Saguenay génère environ 1 million de tonnes de résidus de bauxite annuellement. Mondialement, l'industrie de l'aluminium génère environ 150 millions de tonnes de résidus de bauxite par année, seulement 5 à 10% de ces résidus sont valorisés. Face à ce défi environnemental, trouver des solutions devient essentiel.



Figure 1: Le site de disposition de résidus de bauxite près de la raffinerie Vaudreuil (Radio Canada)

## Objectif

L'objectif de ce projet de maîtrise (diagramme 1) est de neutraliser l'alcalinité des résidus de bauxite. Pour y parvenir, nous avons utilisé un résidu minier acide et riche en phosphore provenant de la mine Niobec (Saguenay-Lac-Saint-Jean), ainsi que de la boue papetière pour enrichir le terreau et stimuler la croissance des plantes.

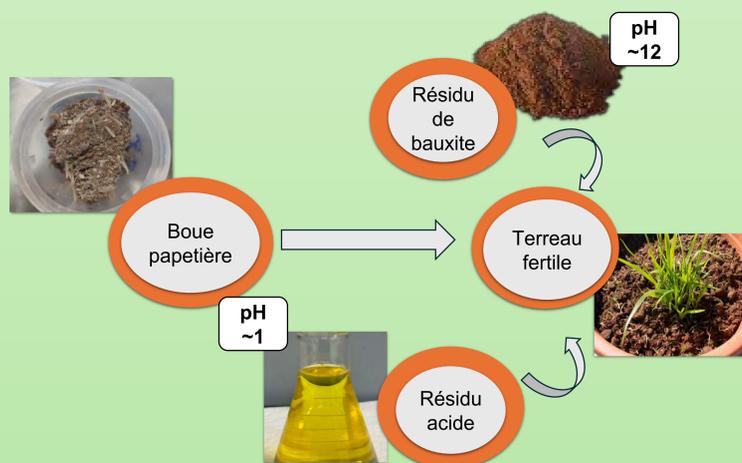


Diagramme 1: Orientation stratégique du projet

## Hypothèses

- Le résidu acide de Niobec permettra une neutralisation efficace des résidus de bauxite.
- Les orthophosphates présents dans le résidu acide stimuleront la croissance des plantes (Fahad Khan et al, 2023).
- Le terreau produit sera conforme aux standards de restauration des résidus de bauxite avec un pH compris entre 5.5 et 9 et une conductivité électrique < 4 mS.cm<sup>-1</sup> (Gräfe et Klauber, 2011).

## Méthodologie

- Le plan d'expérience consiste à:
  - Mélanger les résidus de bauxite avec le résidu acide à des ratios de 1:1, 1:0.5 et 1:0.125
  - Ajouter 50 % en masse sèche de boue papetière
  - Ajouter les graines du gazon selon la superficie du pot
  - Mesurer le pH et la conductivité quotidiennement
- À l'échelle de laboratoire (figure 2), le ratio choisi a été soumis à ces conditions :
  - Durée** → 10 jours
  - Température** → Température ambiante (~22 °C)
  - Photopériode** → 16 heures de lumière / 8 heures d'obscurité
  - Arrosage** → 100 mL par jour



Figure 2: Montage expérimental à l'échelle laboratoire

3 répliques

## Résultats

Les figures 3 et 4 présentent l'évolution dans le temps du pH et la conductivité de la phase solide pour les trois ratios de neutralisation testés. Les résultats représentent la moyenne des trois répliques. Le meilleur ratio s'est révélé être 1:0.5 obtenant ainsi un pH d'environ 7.5.

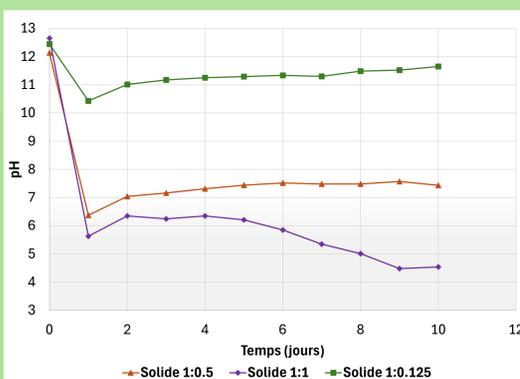


Figure 3. Évolution du pH de la phase solide en fonction du temps pour différents ratios résidus de bauxite: résidu acide

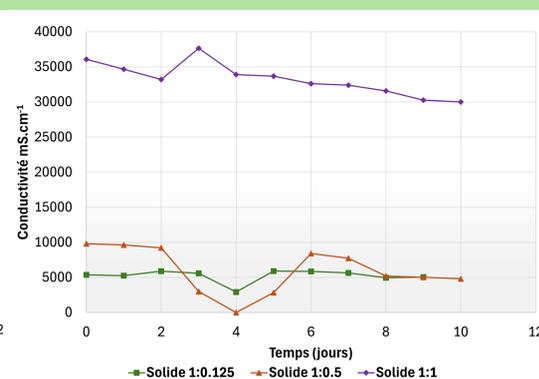


Figure 4. Évolution de la conductivité de la phase solide en fonction du temps pour différents ratios résidus de bauxite: résidu acide

Avant la phase de végétalisation, un test de germination a été fait et a donné un taux de germination de 94 % pour le gazon. Cela a permis de valider la performance des graines utilisées.

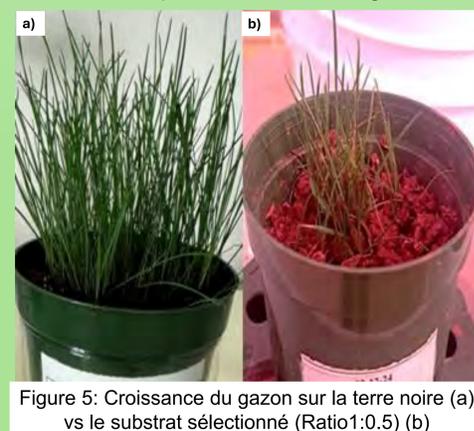


Figure 5: Croissance du gazon sur la terre noire (a) vs le substrat sélectionné (Ratio1:0.5) (b)

- Le ratio 1:0.5 a permis une croissance du gazon moins marquée que celle obtenue avec la terre noire (figure 5).
- Un temps de germination plus long a aussi été observé pour le substrat à base de résidu.

## Bibliographie

- Evans, K. (2016). The History, Challenges, and New Developments in the Management and Use of Bauxite Residue. *Journal of Sustainable Metallurgy*, 2(4), 316–331.
- Centre de recherche et de développement Arvida (CRDA). (2024). Résultats des analyses de RB. Arvida, Québec, Canada.
- Mishra, M.C., Reddy, N.G., & Rao, B.H. (2023). Geoenvironmental Characterization of Bauxite Residue Ameliorated with Different Amendments. *Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste*.
- Gräfe, M., & Klauber, C. (2011). Bauxite residue issues: IV. Old obstacles and new pathways for in situ residue bioremediation. *Hydrometallurgy*, 108, 46-59.
- Khan, F., Siddique, A. B., Shabala, S., Zhou, M., & Zhao, C. (2023). Phosphorus Plays Key Roles in Regulating Plants' Physiological Responses to Abiotic Stresses. *Plants (Basel, Switzerland)*, 12(15), 2861

## Conclusion

Après 10 jours, le pH du substrat avec un ratio 1:0.5 semble s'être stabilisé à un pH conforme aux standards de restauration. Le résidu acide aurait donc neutralisé efficacement l'alcalinité des résidus de bauxite. Par contre, la conductivité demeure très élevée (5000 mS.cm<sup>-1</sup>).

Bien qu'en plus faible quantité que dans la terre noire, le gazon a tout de même poussé dans le substrat testé. Des essais en serre sont en cours pour approfondir ces résultats dans des conditions plus réalistes, pour un temps plus long, avec d'autres ratios et espèces végétales.