

Traitement de polissage par marais épurateur du drainage minier acide

Karine Dufresne^{1,2} Carmen M. Neculita², Jacques Brisson³, Thomas Genty¹

¹ Centre technologique des résidus industriels, ² Institute de Recherche en Mines et en Environnement, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, ³ Institute de Recherche en Biologie Végétale, Université de Montréal.

Résumé

Les résidus miniers représentent une source de risque potentiel pour l'environnement, surtout lorsqu'ils contiennent des minéraux sulfurés, qui peuvent s'oxyder et générer du drainage minier acide (DMA). Le DMA c'est une eau contaminée, qui est caractérisée par un pH faible et des concentrations élevées en métaux et en sulfates.

Les systèmes de traitement passif tel que les marais épurateurs artificiels représentent une approche intéressante, d'un point de vue technologique, économique, environnemental et réglementaire, pour le traitement du DMA.

Dans cette étude, l'efficacité des marais artificiels à traiter un DMA chargé en Fe, Mn, Ni et en Zn a été testé. Les résultats montrent que les marais épurateurs artificiels sont efficaces pour l'augmentation du pH et l'enlèvement du Fe et du Zn. De plus, l'évaluation des mécanismes d'absorption et de translocation des métaux dans les quenouilles (*Typha latifolia*) a indiqué que les racines fixaient des concentrations plus élevées des métaux que les tiges.

Introduction



Le traitement du DMA est un défi environnemental important pour l'industrie minière. Lorsqu'il n'est pas traité, le DMA peut avoir un impact non négligeable sur l'environnement par l'acidification et la contamination des sols, des lacs et des rivières affectant grandement la faune et la flore.

Le DMA est caractérisé par un pH faible et des concentrations en sulfates et métaux dissous élevées. Le DMA est généré par un ensemble de processus chimiques et biologiques par lesquels les minéraux

sulfureux sont oxydés au contact de l'eau et de l'air (Champagne *et al.*, 2005; Neculita, 2008).

Il est reconnu que les marais filtrants artificiels ont la capacité de traiter les eaux acides chargées en métaux et en sulfates. Le traitement de l'eau serait accompli par une variété de processus physiques (sédimentation, floculation), chimiques (sorption) et biologiques (sulfato-réduction, phytoextraction) fonctionnant de façon indépendante, dans certains cas, ou de manière interactive, dans d'autres (Marchard *et al.*, 2010).

Cependant, les mécanismes régissant l'enlèvement des métaux ne sont pas toujours bien compris, d'où la nécessité d'élucider ces processus afin d'assurer une efficacité de traitement de même que la pérennité du système. Aussi, l'hydrologie, l'effet des plantes, du substrat ou du milieu filtrant ne doivent pas être négligés, puisqu'ils représentent des éléments clés, particulièrement dans un climat nordique tel que l'Abitibi-Témiscamingue.

Objectifs de recherche

L'objectif principal de l'étude est de concevoir un marais, pouvant être employé à l'étape de polissage, dans le cadre d'une filière de traitement passif d'un DMA contaminé en Fe, Mn, Ni et Zn.

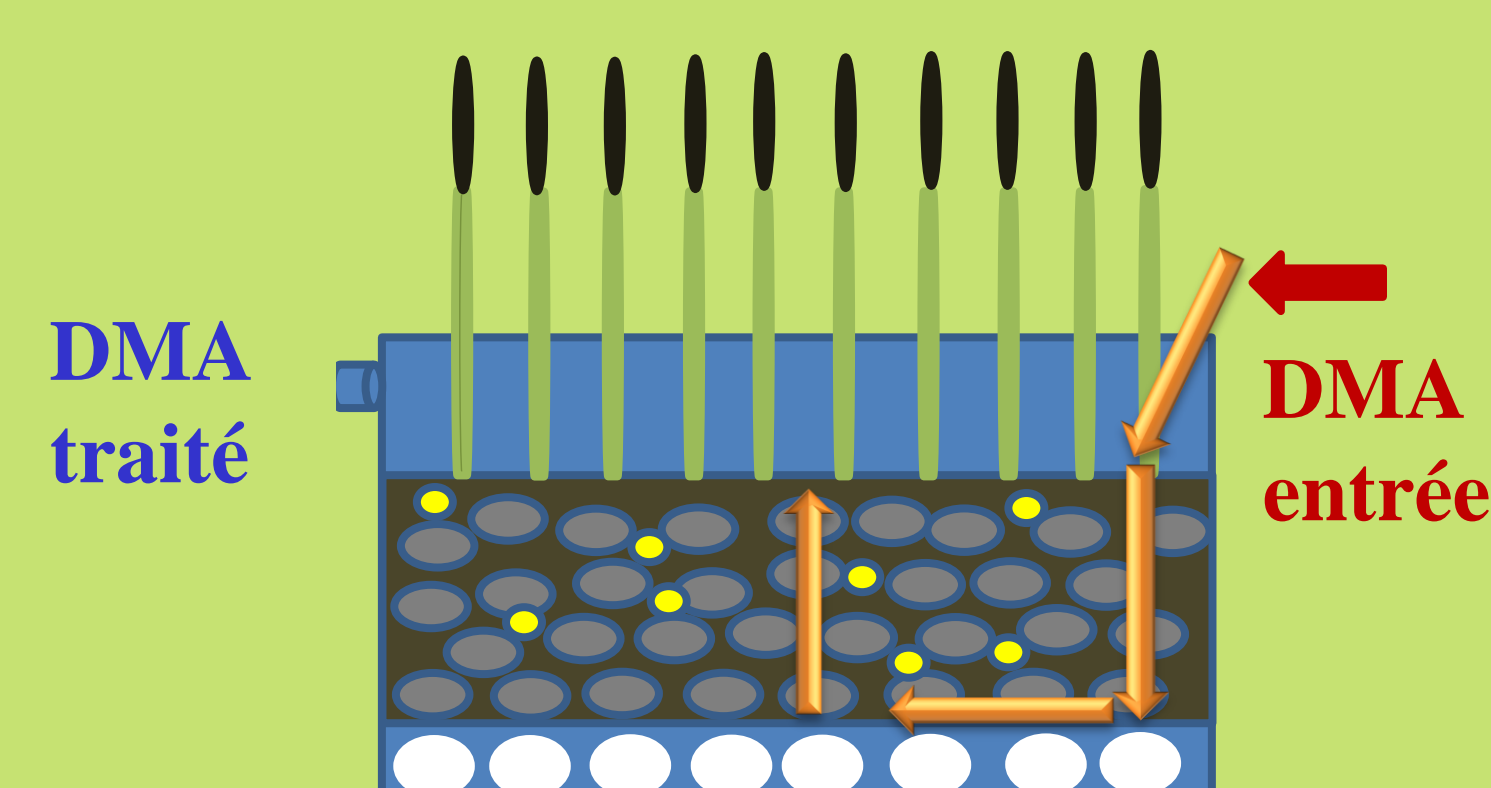
Comme objectif spécifique, une évaluation des mécanismes d'enlèvement et de la spéciation des métaux dans le mélange réactif et dans les plantes du marais sera également réalisée.

Matériels et méthodes

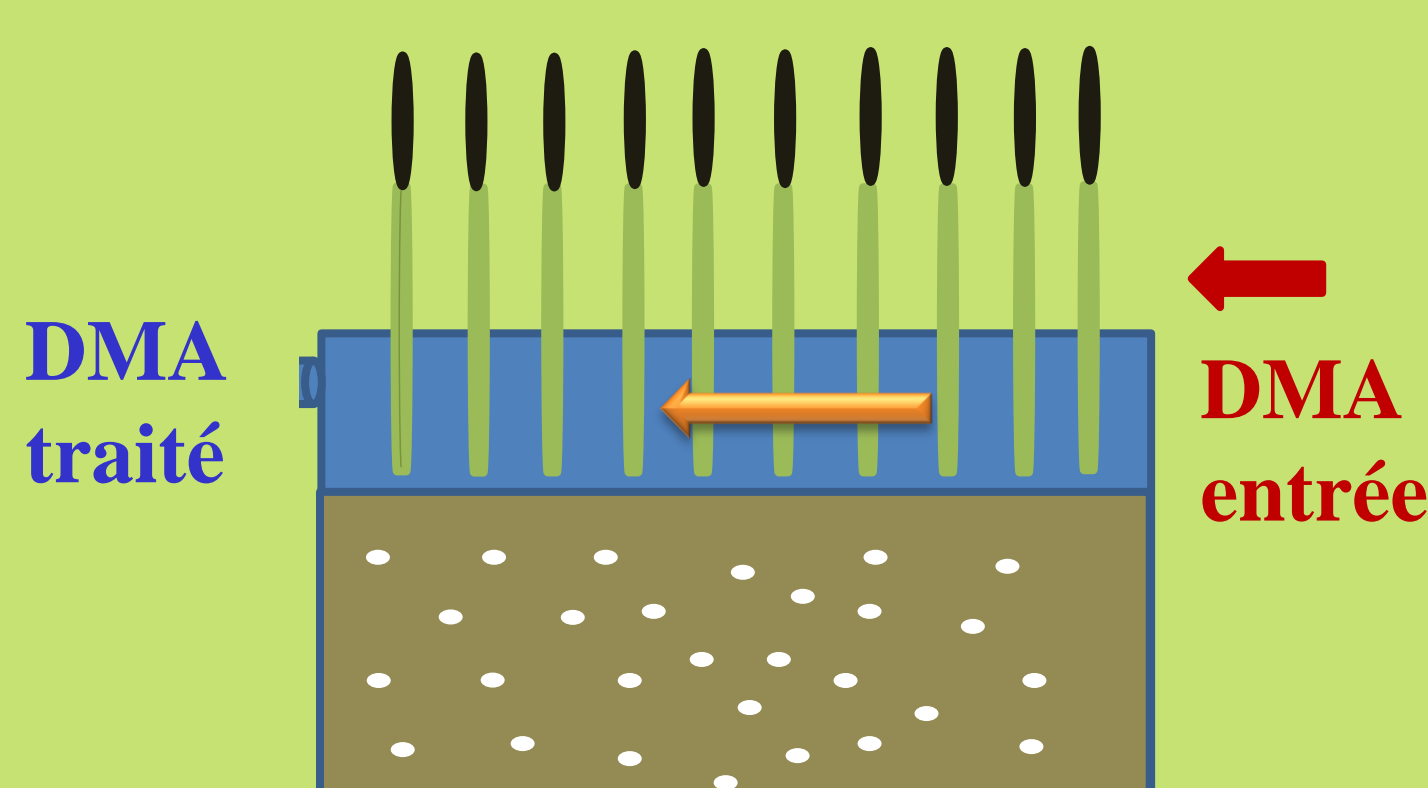
Essais en serre:

Des marais artificiels, à écoulement vertical et horizontal, utilisant des quenouilles (*Typha latifolia*) et deux substrats différents ont été aménagés en laboratoire. Ces lits filtrants ont été alimentés, pendant de 3 mois, avec un DMA synthétique ayant des concentrations moyennes en Fe, Mn, Ni et Zn de 38,0 mg/L, 2,6 mg/L, 0,4 mg/L et 9,0 mg/L, respectivement, à un pH de 4,2. Le débit était de 1,5 mL/min, pour un temps de résidence hydraulique (TRH) de 5 jours.

Marais à sous-surfacique à écoulement vertical



Marais surfacique à écoulement horizontal



Les paramètres physico-chimiques de l'effluent à l'entrée et à la sortie ont été mesurés, sur une base bimensuelle et hebdomadaire, respectivement. La caractérisation de l'effluent consistait dans la mesure du pH et du Eh, ainsi que d'une analyse des métaux (par ICP-AES). Ces essais ont permis de valider l'efficacité de l'augmentation du pH, d'enlèvement des métaux, et de réduction des sulfates dans le DMA, par les marais filtrants artificiels.

Phytoextraction du Fe, Mn, Ni, Zn dans les végétaux:

En parallèle, des plants de quenouilles (*Typha latifolia*) ont été exposés à un DMA synthétique pendant une période de 10 jours afin d'évaluer la répartition et la spéciation chimique des métaux dans les différentes parties de la plante.

Résultats et interprétations

Essais en serre: Augmentation du pH, réduction de la concentration en sulfates et efficacité d'enlèvement des métaux

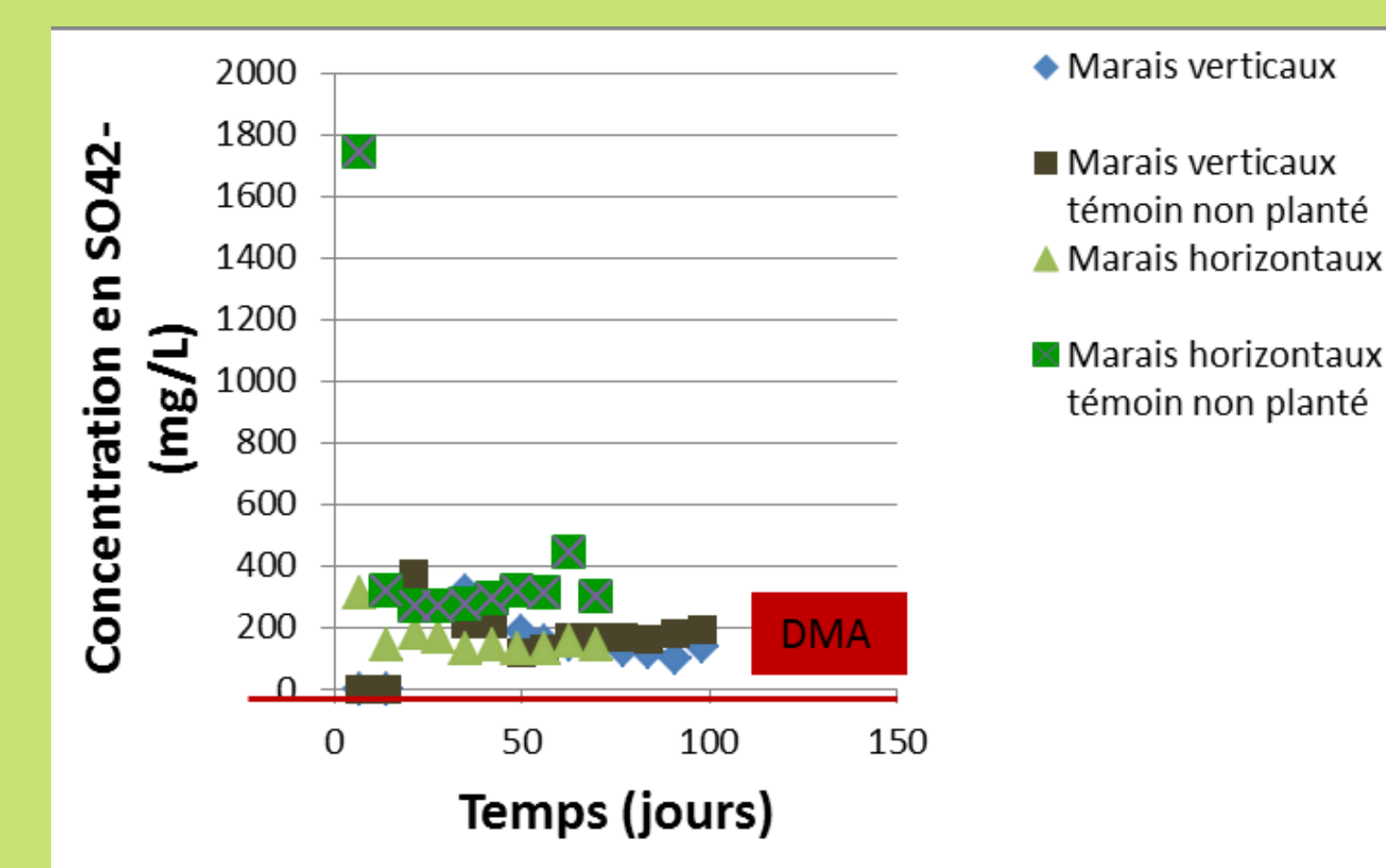
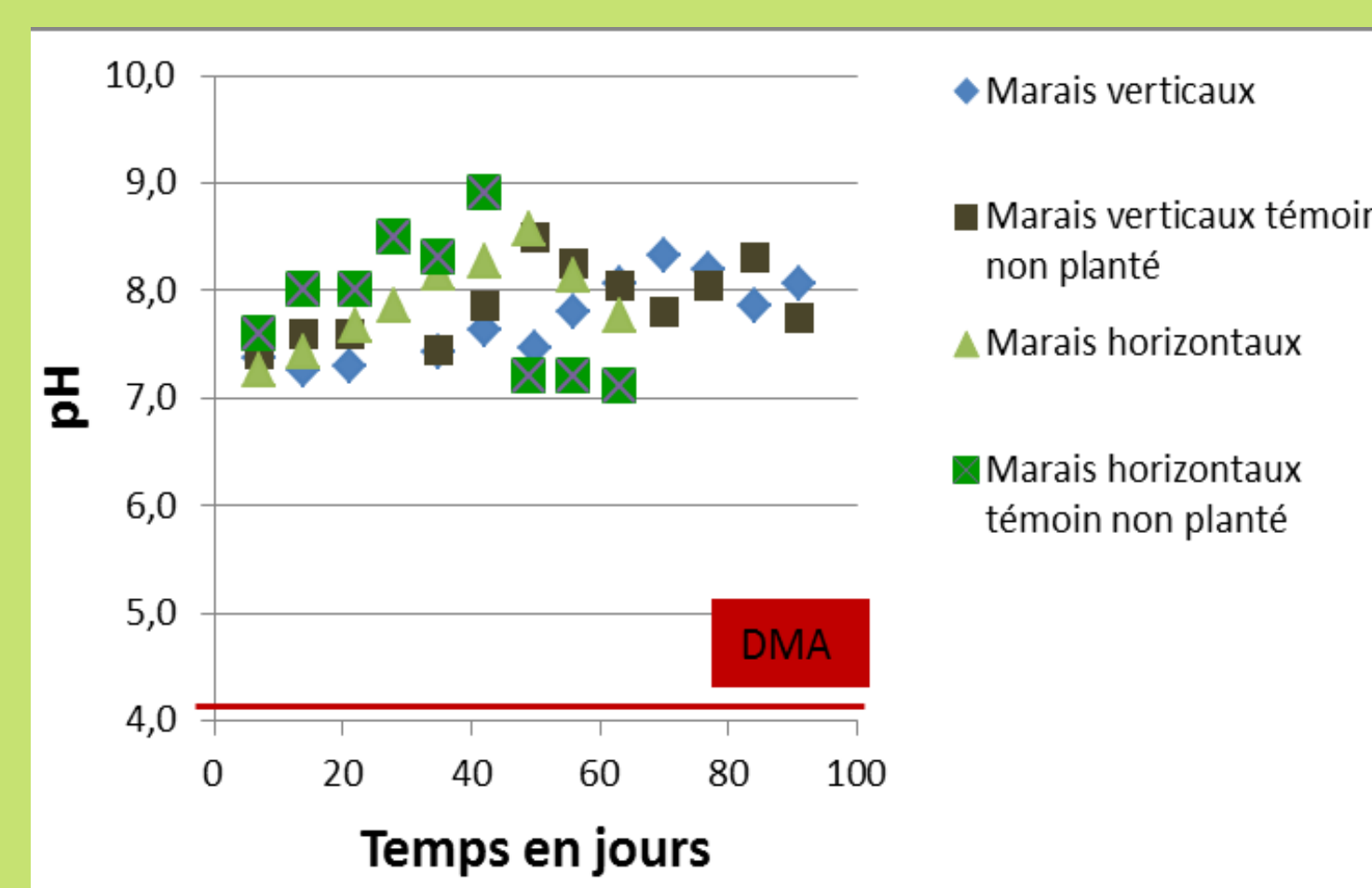


Figure 1: Évolution du pH et de la concentration en sulfates dans le temps d'un DMA synthétique traité par marais filtrants

- Augmentation importante du pH à la sortie des marais verticaux et horizontaux;
- Diminution des sulfates dans le temps;
- La concentration est plus élevée que dans le DMA (libération des sulfates dans le matériau).

Tableau 1: Pourcentage d'efficacité d'enlèvement du Fe, du Mn, du Ni et du Zn dans les marais sous-surfacique à flux vertical et dans les marais surfacique à flux horizontal.

Efficacité d'enlèvement des métaux (%)	Fe	Mn	Ni	Zn
Marais verticaux	98,6	75,5	88,5	96,7
Marais verticaux témoin non planté	92,7	23,1	46,4	95,7
Marais horizontaux	89,8	-20,3	58,1	96,3
Marais horizontaux témoin non planté	86,9	-35,2	-6,0	91,2

- Les marais horizontaux et verticaux à l'essai ont la capacité de traiter près de 100% du Fe et du Zn se trouvant dans le DMA;
- Les marais verticaux semblent plus performants dans l'enlèvement des métaux (surface de contact plus grande), ainsi que les marais plantés;
- L'enlèvement du Mn et du Ni est très variable voire nul dans certains cas.

Phytoextraction : Évaluation de la répartition des métaux dans les différentes parties de la plante

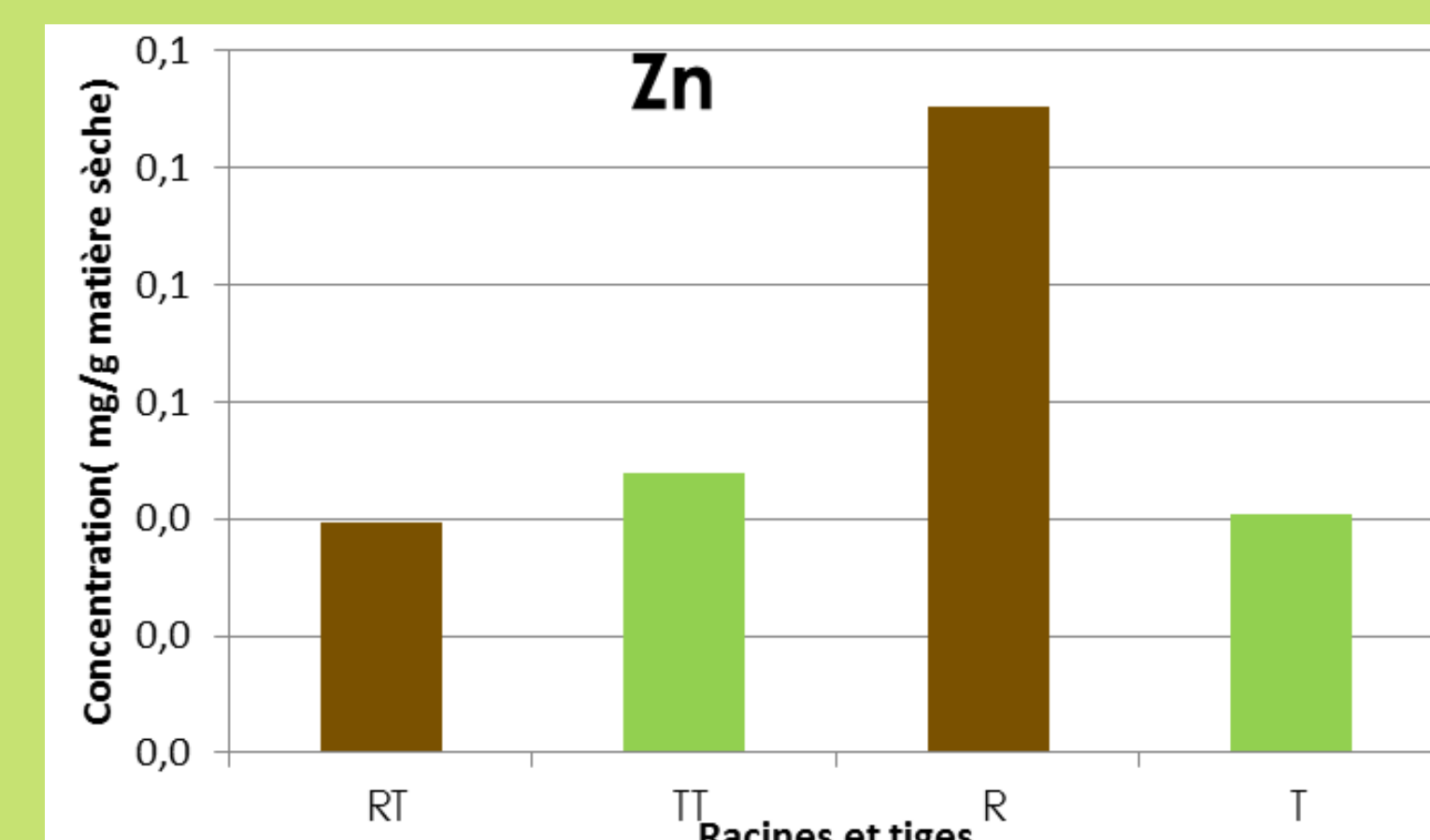
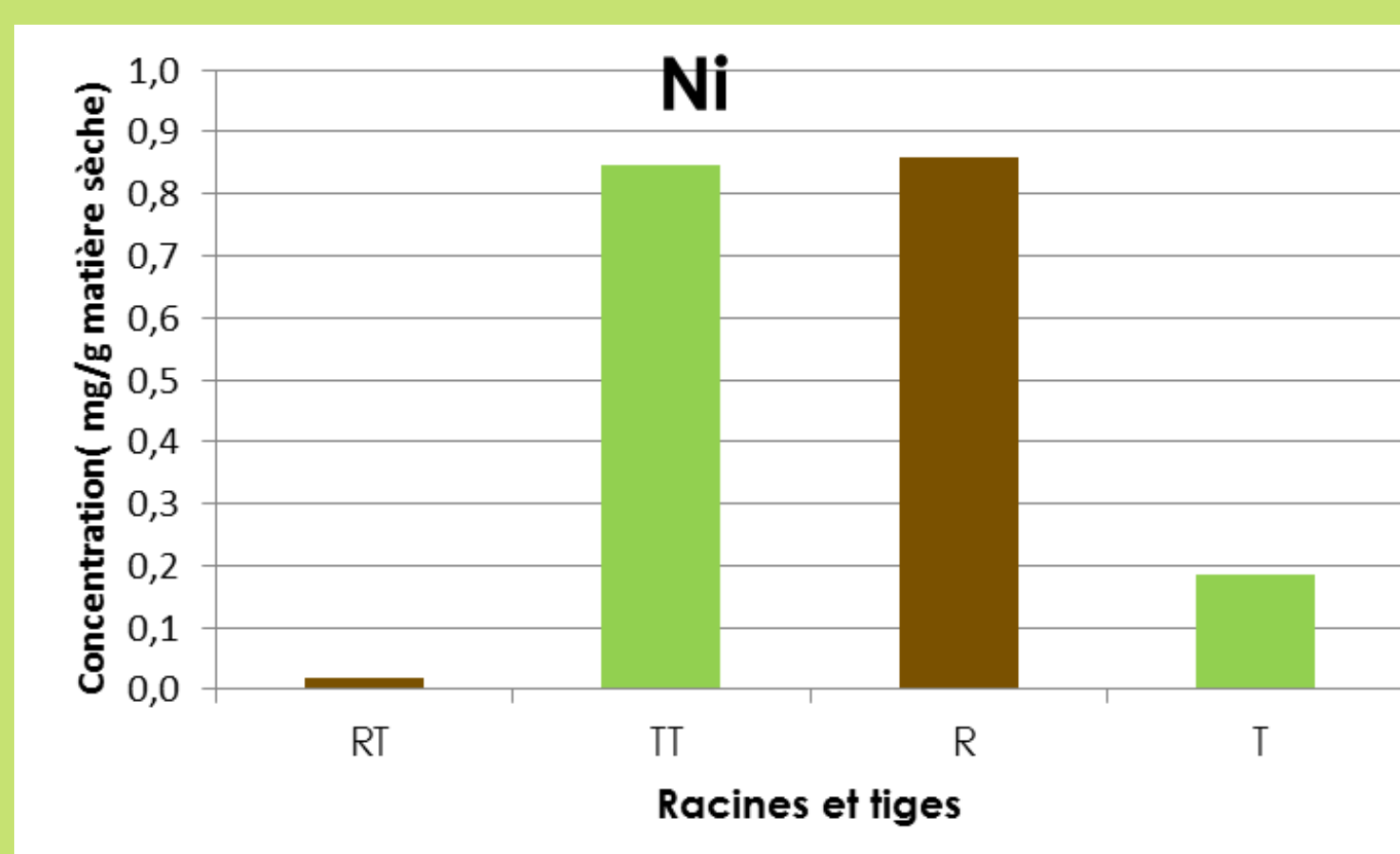
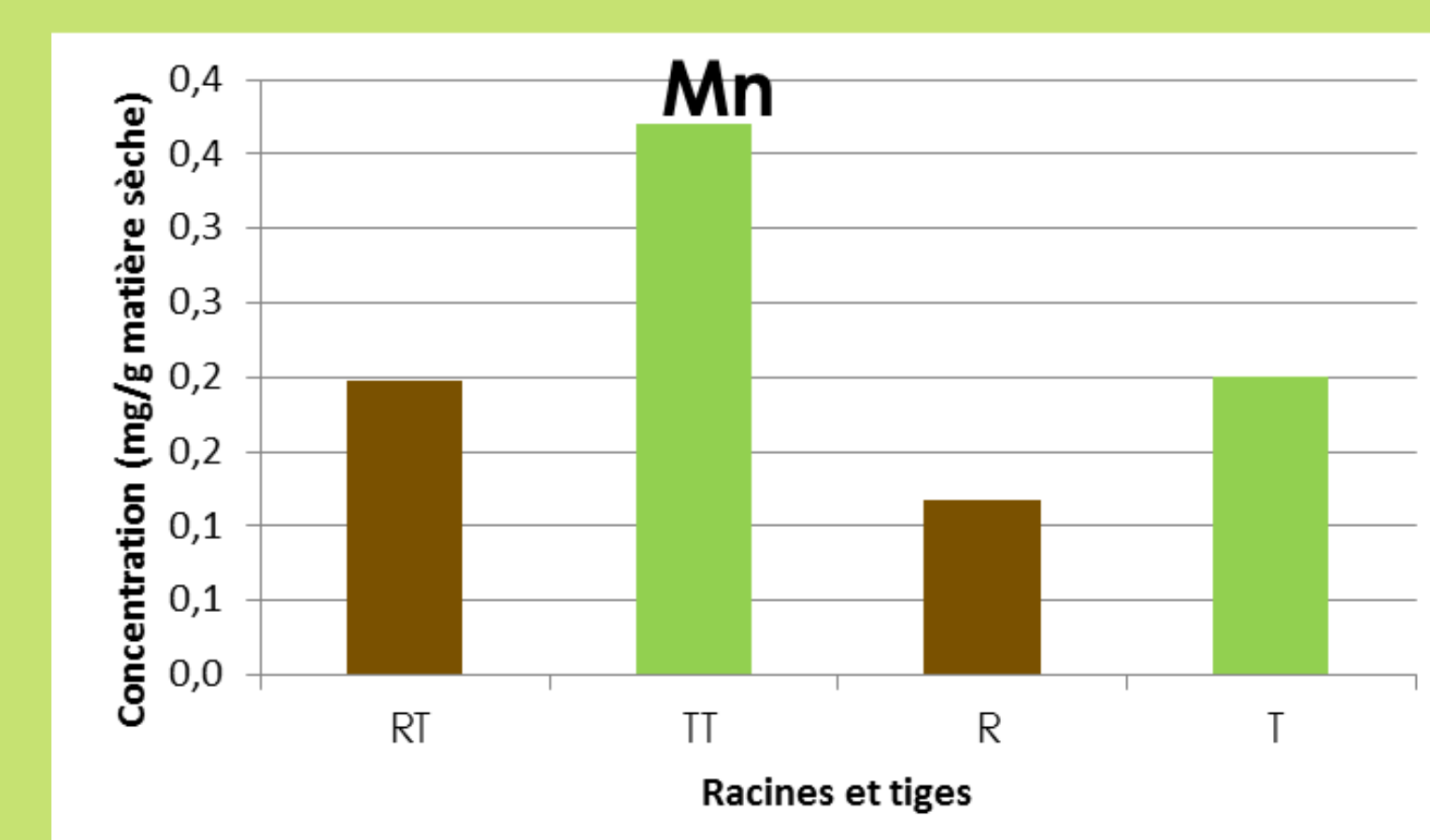
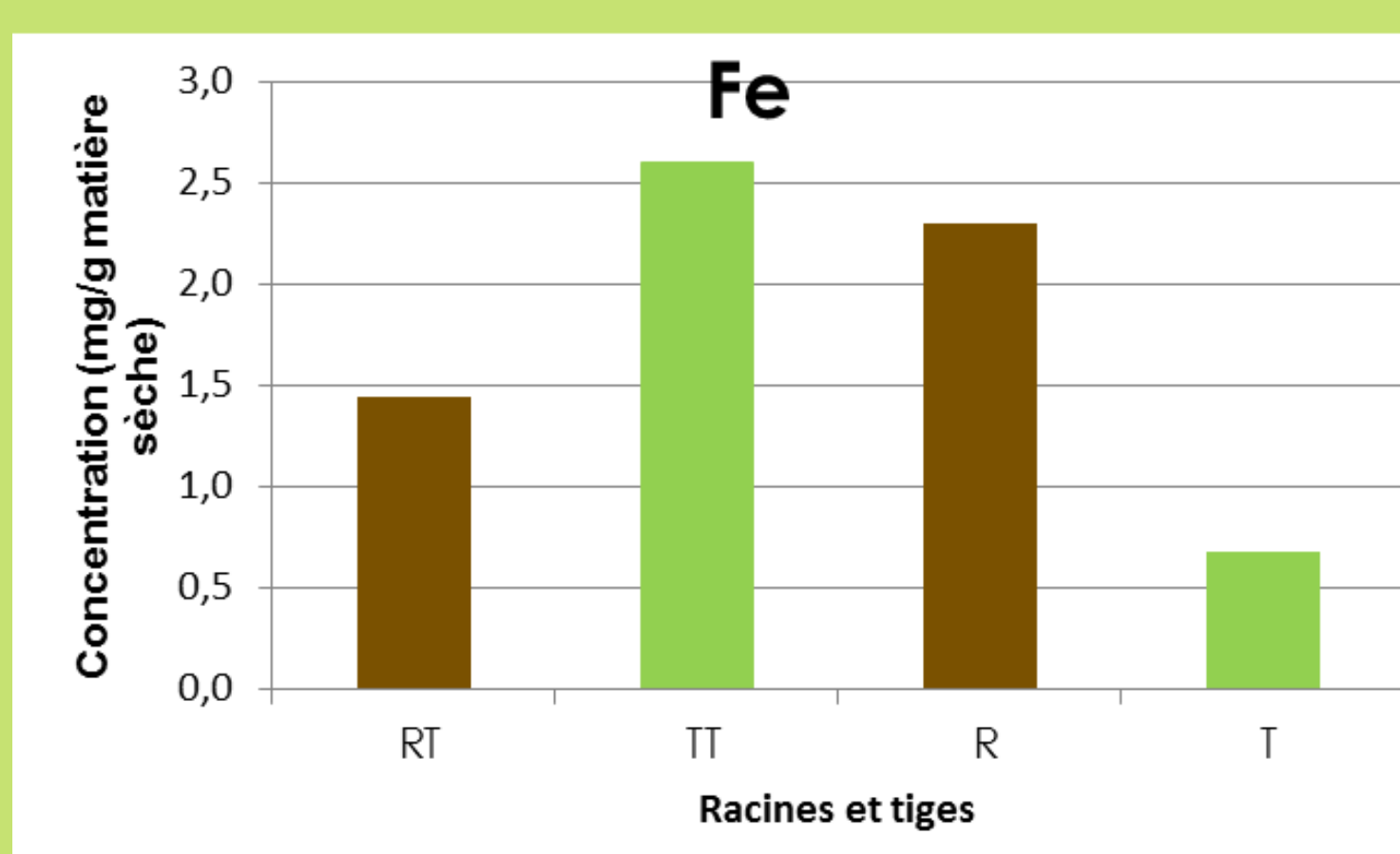


Figure 2: Concentrations (mg/g de matière sèche) de Fe, de Mn, de Ni et de Zn dans les racines et les tiges des plantes exposées et des témoins

RT: Racine témoin TT: Tige témoin R: Racine T:Tige

- Dans les plantes de quenouilles ayant été exposées au DMA, la tendance suggère que la concentration en Fe, Ni et Zn soit plus élevée dans les racines que dans les tiges;
- Le Mn est cependant plus important dans les tiges (translocation possible);
- Les tiges témoins contiennent une concentrations en métaux plus importante que les racines.

Conclusion

1. Les marais à écoulement vertical et horizontal se sont avérés efficaces dans l'augmentation du pH bien qu'il y a eu un relargage des sulfates dans le matériau.
2. Les marais sont très efficace dans le traitement du Fe et du Zn et cet effet semble augmenter en présence de plantes tandis que l'enlèvement du Mn et du Ni varie énormément.
3. Dans les quenouilles ayant été exposées au DMA, la tendance veut que la concentration en Fe, Ni et Zn soit plus élevée dans les racines que dans les tiges.

Références

- Champagne, P., Van Geel, P. et Parker, W. 2005. A bench-scale assessment of a combined passive system to reduce concentrations of metals and sulphate in acid mine drainage, *Mine Water and the Environment*, 24: 124-133;
- Marchand, L., Mench, M., Jacob, D.L. et Otte, M.L. 2010. Metal and metalloid removal in constructed wetlands, with emphasis on the importance of plants and standardized measurements: A review. *Environmental Pollution*, 158 : 3447-3461.
- Neculita, C.M. 2008. Traitement biologique passif du drainage minier acide : sources de carbone, mécanismes d'enlèvement et écotoxicité. Thèse de doctorat, Département des génies civil, géologique et des mines, Polytechnique Montréal, QC, Canada, 244 p.