



# Utilisation de géosynthétiques pour le renforcement de la fondation des ponceaux

Rapport Avantage, volume 17, numéro 4

**mars 2016**

Mark Partington, RPF, M.Sc.  
Chercheur principal, Routes d'accès

Réservé aux membres et  
aux partenaires de  
FPIinnovations

FPInnovations est un chef de file mondial sans but lucratif qui se spécialise dans la création de solutions scientifiques pour soutenir la compétitivité du secteur forestier canadien à l'échelle internationale et qui répond aux besoins prioritaires de ses membres industriels et de ses partenaires gouvernementaux. Il bénéficie d'un positionnement idéal pour faire de la recherche, innover et livrer des solutions d'avant-garde qui touchent à tous les éléments de la chaîne de valeur forestière, des opérations forestières aux produits de consommation et industriels. FPInnovations compte plus de 525 employés, des laboratoires de recherche situés à Québec, à Montréal et à Vancouver ainsi que des bureaux de transfert de technologie à travers le pays. Pour plus d'information sur FPInnovations, visitez le [www.fpinnovations.ca](http://www.fpinnovations.ca). Suivez-nous sur :



## RÉSUMÉ

Dans le cadre des travaux continus de FPInnovations sur les défis liés à la construction et à la gestion des routes d'accès dans les zones humides, une étude sur l'amélioration des fondations des ponceaux a été lancée en 2011. Dans cette étude, FPInnovations a observé et documenté l'utilisation des géogrilles et des géotextiles tissés pour améliorer les fondations des ponceaux situés sur une route d'accès en Ontario. Après quatre ans de mesures, il s'avère que les géogrilles et géotextiles tissés n'ont pas permis d'améliorer les fondations des ponceaux sur ce site. Tous les ponceaux se sont enfoncés dans la plus grande mesure au cours de la première année suivant leur installation, et ont poursuivi leur affaissement, à une échelle inférieure.

## REMERCIEMENTS

Ce projet a reçu le soutien financier de FPInnovations et de Ressources naturelles Canada, par l'entremise d'une entente de contribution.

L'auteur désire aussi remercier EACOM Timber Corporation pour son travail de partenaire dans ce projet.

## PERSONNE-RESSOURCE

Mark Partington, RPF, M,Sc.  
Chercheur principal  
Routes d'accès  
514-782-4525  
[mark.partington@fpinnovations.ca](mailto:mark.partington@fpinnovations.ca)

## 1. INTRODUCTION

L'environnement forestier du nord du Canada compte de nombreux milieux humides, tel que des marécages, des tourbières et des marais, représentant des défis sur le plan environnemental et opérationnel pour la construction de routes d'accès. Les effets de ces routes sur les nombreuses fonctions écologiques des zones humides constituent une préoccupation grandissante pour l'industrie, les gouvernements, les collectivités du Nord et les organismes de conservation du Canada.

La faible capacité portante des sols, le choix de l'emplacement ainsi que l'installation adéquate des structures de drainage ou traverses de cours d'eau sont des exemples de défis associés à la planification et à la construction de routes en zone humide. Cependant, grâce à une bonne planification jumelé à une connaissance des zones humides et de ses fonctions écologiques, ainsi que l'utilisation de pratiques exemplaires de gestion, il est permis de croire que les zones humides et les routes d'accès peuvent fonctionner comme il se doit en cohabitation.

FPIInnovations, en partenariat avec EACOM Timber Corporation, a entrepris une étude visant à améliorer la fondation des ponceaux (Partington, 2014, 2015). Sur le site à l'étude, la faible capacité portante du sol organique profond représentait un défi de taille nécessitant des techniques supérieures de construction des fondations des ponceaux. Dans d'autres secteurs du Canada, on a utilisé des géogrilles biaxiales pour tenter de renforcer les fondations des ponceaux. L'entreprise forestière et l'entrepreneur ont décidé que, sur ce site, étant donné que la géogrille était utilisée dans la base de la route, elle serait installée directement sous les deux ponceaux, tandis que les autres ponceaux seraient installés directement sur le tapis forestier, sans amélioration de la fondation (voir Figure 1). Le tassement (enfouissement) total de la voie en remblai est à prévoir sur des sols mous comme celui-ci, et il varie en fonction de l'épaisseur du remblai (masse totale du sol) et de la capacité portante du sol existant. Les géosynthétiques sont fréquemment utilisés pour minimiser tassement différentiel, en effectuant des pontages là où la route est plus faible. La géogrille fut utilisé pour créer l'effet « hamac » visant à supporter le ponceau, et ainsi empêcher tout tassement supplémentaire en raison du poids mort associé au matériau de remplissage de la route. De plus, un géotextile tissé a été placé sous la géogrille; il s'agit d'une pratique normalisée pour ce site.



Figure 1. Tuyau de polyéthylène haute densité (PHDE) installé sur une géogrille et un géotextile tissé.

Les géogrilles biaxiales sont utilisées dans l'ensemble du Canada pour améliorer les fondations des ponceaux des routes forestières et pour diminuer l'affaissement des ponceaux sur les sols ayant une mauvaise capacité portante (Partington et Thiam, 2014). Une version modifiée de cette méthode a aussi été employée en Écosse, où les géogrilles et des matériaux de remplissage légers sont utilisés pour supporter les ponceaux construits sur des routes dans des tourbières (Forestry Commission Scotland, 2010).

***Bien que la conception et l'application décrites dans le présent rapport ne soient pas conçues ou approuvées par FPInnovations ou un fournisseur de géotextile, elles ont permis de documenter une pratique utilisée sur les routes d'accès. La documentation et la surveillance de l'installation ont permis de formuler des recommandations en matière de conception et de mise en place pour la poursuite ou la modification de cette pratique.***

## 2. DESCRIPTION DU SITE

Le site de cette étude est situé dans le nord de l'Ontario, sur l'unité de gestion des terres de la couronne de Spanish Forest. Il fait partie d'une nouvelle route forestière primaire en construction pour enjamber la rivière Wahnapiatae. La construction de l'approche du pont par le nord exigeait le franchissement d'une distance de 200 m de sol organique de 6 m de profondeur, les derniers 80 m près de la rivière ne contenait pas d'arbre (voir le Tableau 1).

**Tableau 1. Caractéristiques du site.**

Ponceau	Renforcement des fondations du ponceau	Sols sous la fondation	Présence de tapis de racines	Hauteur du remplissage par-dessus le ponceau (m)
1	s.o.	Mou (3 m de sol organique)	Oui	0,52
2	Géogridde et géotextile tissé	Mou (3 m de sol organique)	Oui	0,55
3	s.o.	Très mou (6 m de sol organique)	Non (non traité)	0,58
4	Géogridde et géotextile tissé	Très mou (6 m de sol organique)	Non (non traité)	0,90

Étant donné que l'eau de surface est souvent présente à cet endroit pendant la fonte des neiges et les périodes de fortes précipitations, il était nécessaire que la route permette le drainage. Il a donc été décidé d'installer quatre tuyaux de polyéthylène haute densité (PHDE) de 450 mm (Figure 2).



**Figure 2. Vue aérienne de la route construite et de l'emplacement des ponceaux.**

Afin d'évaluer la capacité potentielle de la géogridde à empêcher l'affaissement du ponceau, des géosynthétiques ont été placés sous deux d'entre eux. Pour les deux autres, les géosynthétiques ont été placés sur le dessus.

L'installation des quatre tuyaux a été terminée au début de décembre 2011. Peu de temps après, la construction de la route a été interrompue pour la saison hivernale. Les activités furent reprises à l'automne 2012 en préparation pour la construction du pont.

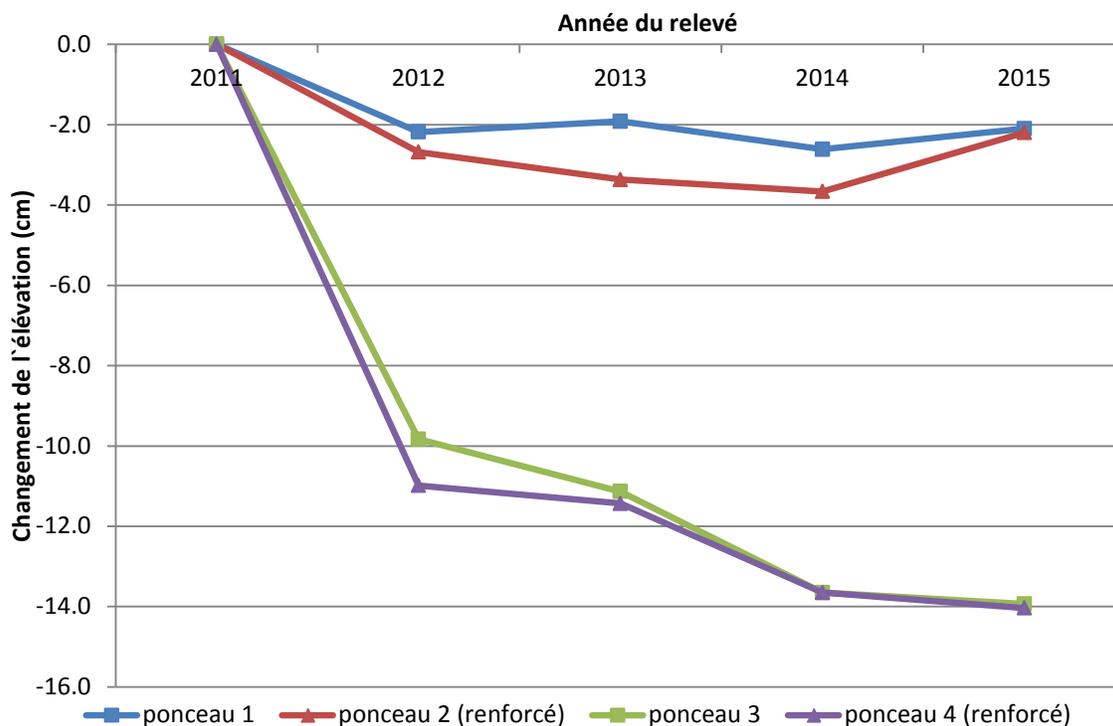
À ce moment, du matériel de remplissage supplémentaire a été ajouté, mais en date de décembre 2015, le nivelage final de la route n'était pas terminé. La préparation finale de l'approche doit être terminée au milieu de 2016. Une fois que le nivelage sera terminé, le matériel de surface et l'enrochement (stabilisation) seront en place.

### 3. MÉTHODOLOGIE

Le relevé initial de l'élévation des ponceaux a été effectué en décembre 2011, immédiatement après la construction. Les quatre mesures annuelles ont été prises en novembre 2012, 2013 et 2014 puis en août 2015. Ces relevés ont été effectués à l'aide d'un laser rotatif Leica Rugby, et six mesures ont été prises sur la longueur de 200 m.

### 4. RÉSULTATS

Les variations d'élévation moyenne après quatre ans de mesures sont présentées à la Figure 3.

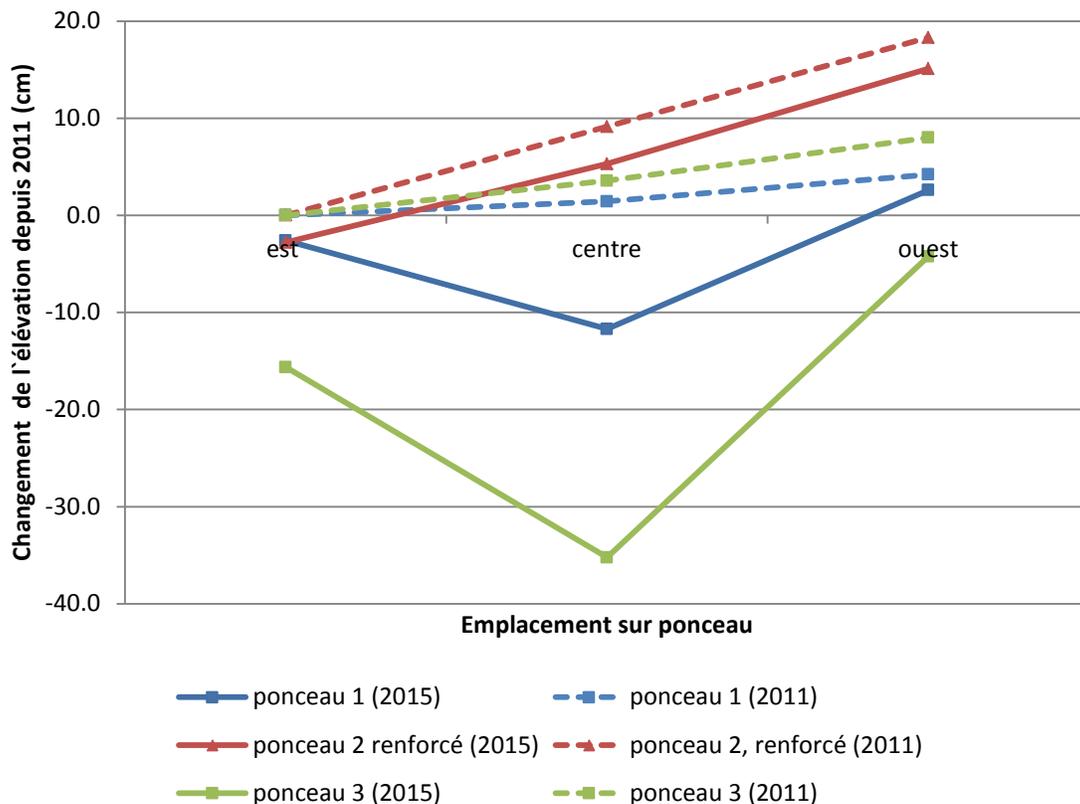


**Figure 3. Affaissement moyen des extrémités du ponceau, avec ou sans renforcement des fondations du ponceau.**

Ce graphique illustre le changement moyen de l'élévation aux extrémités des quatre ponceaux par rapport à leur position initiale après leur installation, en novembre 2011. Le changement le plus important quant à l'élévation de tous les ponceaux s'est produit dans l'année suivant la construction (2012).

Les extrémités des tuyaux se sont enfoncées par rapport à leur position initiale de seulement 0,02 m (pour les ponceaux 1 et 2), mais jusqu'à 0,14 m (pour les ponceaux 3 et 4) dans les quatre années suivant la construction. Ce changement d'élévation n'était pas imprévisible, compte tenu de la mauvaise capacité portante et des conditions d'humide du site. Les tuyaux 1 et 2, situés dans une section de route dont le sol organique et le tapis de racines sont moindres, se sont moins enfoncés que les tuyaux 3 et 4. Les tuyaux 3 et 4, situés sur un sol organique plus profond et saturé, se sont enfoncés davantage.

Les ponceaux installés sur des sols à faible capacité portante ont souvent tendance à se soulever aux extrémités. Ce phénomène se traduit par un tuyau en forme de banane, étant donné que la section située sous le matériau de remplissage de la route s'enfonce sous la charge morte (voir Figure 4).



**Figure 4. Position du ponceau, comparée à l'élévation de l'extrémité Est en 2011, quatre ans après l'installation.**

**Remarque : Les valeurs centrales de 2011 ont été estimées.**

Ce graphique présente l'élévation des extrémités et du centre de trois ponceaux. L'élévation du centre a été mesurée uniquement en 2015, et non au cours des périodes de mesure précédentes. En 2015, quatre ans après l'installation, le centre des ponceaux était plus bas que les deux extrémités dans deux cas sur trois. Le ponceau 2, dont la fondation a été renforcée, ne montrait pas d'affaissement supplémentaire au centre par rapport aux extrémités et semblait s'affaisser uniformément.

La géogrille peut offrir le soutien supplémentaire requis pour empêcher l'affaissement supplémentaire le long du centre du tuyau.

## 5. DISCUSSION

Tous les ponceaux se sont enfoncés dans la première année suivant l'installation, sans égard à leur emplacement le long de la route. Il s'agit du résultat du matériau de remblai supplémentaire de la route ainsi que le trafic lourd pendant la construction durant la première année suivant l'installation des ponceaux. Depuis, il n'y a pas eu de trafic supplémentaire sur la route et aucun matériau de remplissage supplémentaire n'a été ajouté. Au cours des années subséquentes, le taux tassement s'est avéré très près des estimations conservatrices de la modélisation élastique linéaire liée au tassement des matériaux de remplissage sur les sols organiques.

On croit aussi que tous les ponceaux s'enfoncent au même rythme que la route. Il est possible que les géosynthétiques offrent un renfort insuffisant pour les fondations des ponceaux sur ces sites. Cette théorie s'appuie sur les mesures de l'affaissement moyen des extrémités des ponceaux, qui présentent des résultats similaires, que les géosynthétiques soient installés sur ou sous les ponceaux. Afin que les géosynthétiques offrent un renfort adéquat, un tassement différentiel est requis pour obtenir le degré de tension recherché et que les géosynthétiques résistent au tassement du matériau de remplissage de la route. Pour ce faire, la géogrille doit s'imbriquer avec les matériaux des couches supérieurs, de manière à ce qu'une résistance soit offerte au tassement des matériaux de remplissage de la route dans le sol organique. Le sable à gros grains utilisé comme matériau de construction de la route sur ce site est trop fin pour s'imbriquer avec la géogrille et, par conséquent, les tensions nécessaires ne se produisent probablement pas.

L'état de la surface de la route n'a pas changé sur les ponceaux, ce qui constitue une autre preuve de tassement uniforme de la route et des ponceaux. Si le ponceau s'affaissait plus lentement que la route, une bosse se formerait sur la route. À l'inverse, si le ponceau s'affaissait plus rapidement que la route, une dénivellation se créerait sur la route.

La méthode utilisée dans cette étude pour mesurer l'élévation des ponceaux aux extrémités ne tient pas compte du degré supérieur de tassement au centre du ponceau, sous la base de la route. Le point de référence était l'extrémité du ponceau la plus proche du rebord de la route. Cette méthode permettait d'effectuer des mesures rapides et efficaces, sans nuire au trafic sur la route. Cependant, pour obtenir de l'information sur l'affaissement du ponceau au centre de la route, FPIInnovations a été en mesure d'excaver la route pour trois emplacements sur quatre, à la quatrième année suivant l'installation. L'élévation des ponceaux au centre de la route a permis de confirmer que le centre des ponceaux avait subi davantage d'affaissement que les extrémités dans deux cas sur trois. Le taux de tassement supérieur au centre du ponceau est également évident, à la lumière du soulèvement des extrémités qui s'est produit sur ce site.

## 6. MISE EN ŒUVRE

Les recommandations suivantes doivent être prises en compte pour l'installation de ponceaux sur des sites ayant une mauvaise capacité portante et pour lesquels on prévoit un affaissement du ponceau.

- Envisager l'utilisation de géosynthétiques, comme les géogrilles et géotextiles, comme options de renfort de la route et d'amélioration de la fondation des ponceaux. S'assurer que l'installation de ces matériaux respecte les instructions de l'ingénieur concepteur, du fabricant ou du fournisseur, afin de tirer le maximum de ces produits.
- S'assurer que les matériaux de remplissage conviennent au produit géosynthétique pour obtenir les résultats optimaux. Par exemple, les géogrilles sont conçues pour être utilisées avec un matériau granulaire bien gradué (contrairement au sable), dont le diamètre des particules les plus grosses se rapproche de la dimension des ouvertures de la grille.
- Sur les sites à mauvaise capacité portante, laisser idéalement la route se tasser pendant au moins deux saisons avant d'installer les ponceaux à drains transversaux. Étant donné que la majeure partie de tassement de la route se produit normalement dans la première année suivant la construction, ce délai dans l'installation des ponceaux à drain transversal peut permettre d'installer les ponceaux après la période de tassement initial.
- Des techniques alternatives d'installation comme le cambrage du ponceau pendant l'installation peuvent aider à pallier le tassement du tuyau suite à la construction. Cette technique où le centre du ponceau est plus élevé que ses extrémités, permet au ponceau d'être à l'horizontal après le tassement de l'ensemble de la route.
- Garder le ponceau à drain transversal aussi court que possible de manière à ce que le matériau de remplissage de bordures de route ou d'enrochement puisse appuyer sur les extrémités du tuyau. Cela empêchera un soulèvement excessif du ponceau.
- Envisager l'utilisation de tuyaux en tôle ondulée lorsqu'on s'attend à un soulèvement des extrémités du ponceau. La rigidité accrue du matériau peut atténuer une partie de la déformation pouvant se produire lorsque le ponceau s'affaisse.

## 7. RÉFÉRENCES

Forestry Commission Scotland, Scottish Natural Heritage. (2010). *Floating roads on peat*. 82 p.

Partington, M. (2014). *Foundation improvement options: Geogrid for small culverts*. Field Note. Pointe-Claire, QC: FPIInnovations. 4 p.

Partington, M. (2015). *Utilisation de géosynthétiques pour le renforcement de la fondation des ponceaux : Résultats de l'étude de trois ans* Rapport technique 21 Pointe-Claire, QC: FPIInnovations. 14 p.

Partington, M., et Thiam, P.M. (2014). *Culvert foundation improvement design concepts*. Field Note. Pointe-Claire, QC: FPIInnovations. 5 p.



## Siège social

### Pointe-Claire

570, Boul. Saint-Jean

Pointe-Claire, QC

Canada H9R 3J9

T 514 630-4100

### Vancouver

2665, East Mall

Vancouver, C.-B.

Canada V6T 1Z4

T 604 224-3221

### Québec

319, rue Franquet

Québec, QC

Canada G1P 4R4

T 418 659-2647



NOTRE NOM EST INNOVATION

© 2016 FPInnovations. Tous droits réservés. Reproduction et diffusion interdites.

<sup>MD</sup> Le nom, les marques et les logos de FPInnovations sont des marques déposées de FPInnovations.