

CAS DE DRAINAGE SOUS FONDATION DE TUNNEL – TUNNEL NOWOLAZUROWA - POLOGNE

CASE HISTORY OF DRAINAGE UNDER TUNNEL FOUNDATION – TUNNEL NOWOLAZUROWA - POLAND

Mathilde RIOT¹, Juraj SKODA²

¹ AFITEX, Champhol, France

² AFITEX, Bratislava, Slovaquie

RÉSUMÉ – Le Tunnel de Nowolazurowa à Varsovie permet de faire passer la voie ferrée qui fait partie du corridor ferroviaire Pan-européen passant de l'Allemagne à la Russie sur 2213 km. L'importance du trafic ferroviaire sur cette ligne obligeait à une réalisation des travaux en deux semaines. Un tunnel monolithique a été construit à côté de la voie ferrée, puis déplacé sur son emplacement définitif. Le niveau de la nappe phréatique imposait d'installer un dispositif d'étanchéité qui soit rapide à mettre en œuvre. Trois couches de géosynthétiques ont été posées : une couche isolante, une couche drainante et une couche de renforcement. La couche drainante est un géocomposite de drainage associé à un dispositif de connexion rapide pour le relier directement au drain collecteur.

Mots-clés : drainage sous fondation, tunnel, géocomposite.

ABSTRACT – The Nowolazurowa Tunnel in Warsaw helps pass the railway which is part of Pan-European railway corridor of 2 213 km from Germany to Russia. Acceptable time for closing the rail, because of its importance, was limited to two weeks. A monolithic tunnel was built next to the railroad tracks, and then moved to its final location. The level of the water table required the implementation of a waterproofing system with a rapid implementation. Three layers of geosynthetics were installed: a waterproofing layer, a drainage layer and a reinforced layer. The drainage layer is a drainage geocomposite associated with a quick connect system for a direct connection to the drain collector.

Keywords: drainage under foundation, tunnel, geosynthetics.

1. Introduction

À Varsovie, la rue Nowolazurowa croise la voie ferrée qui fait partie du corridor ferroviaire Pan-européen qui s'étend sur 2213 km et qui relie l'Allemagne à la Russie en passant par la Pologne. Cette voie ferrée traverse Berlin, Varsovie, Minsk, Moscou et Nijni Novgorod.

Du fait de l'importance du trafic sur cette voie ferrée, il a été décidé de construire un tunnel afin de la faire passer au-dessus de la route. L'axe Allemagne-Russie allant être coupé le temps des travaux, la durée maximum acceptable pour la fermeture de la circulation des trains était de deux semaines. Il a été décidé de construire un tunnel monolithique à côté du remblai de la voie ferrée et de le déplacer ensuite en glissant l'ensemble de la construction sur son emplacement définitif par un système hydraulique. Cette étude de cas présente plus précisément les géosynthétiques mis en œuvre au niveau des fondations du tunnel et il détaille notamment la mise en œuvre du géosynthétique qui assure le drainage du sol support avant mise en place du tunnel.

2. Présentation du projet

1.1. Localisation du tunnel Nowolazurowa

Le projet de construction du tunnel Nowolazurowa se situe dans la capitale polonaise, Varsovie. La voie Ferrée qui passe au-dessus de ce projet de tunnel s'étend sur 2213 km de long et constitue le corridor Pan-Européen. La figure 1 montre les villes traversées par la voie ferrée qui relie l'Allemagne à la Russie.



Figure 1. Localisation du corridor ferroviaire Pan-Européen.

La figure 2 présente le croisement entre la voie ferrée et la route qui est à l'origine de la construction du tunnel.



Figure 2. Localisation du corridor ferroviaire Pan-Européen.

1.2. Contexte du projet

Les conditions de réalisation du tunnel ont dès le début constitué un défi difficile à relever. L'ouvrage de 60 m de long, 27 m de large et 6 m de hauteur devait être réalisé en place en deux semaines maximum. Le poids de la construction représente un total de 10 500 tonnes et s'étend sur une surface de 2 000 m².

Afin de pouvoir répondre à la demande dans le temps imparti, il a été décidé de réaliser un tunnel monolithique en béton à côté du remblai de la voie ferrée puis de le déplacer en glissant l'ensemble de la construction sur son emplacement définitif par un système hydraulique. La figure 3 présente le déplacement du tunnel depuis sa construction à côté du remblai jusqu'à son emplacement final sur une longueur de transfert de 63 m.



Figure 3. Visualisation du déplacement du tunnel.

En raison du niveau de la nappe phréatique, estimé à environ 4 m de profondeur sous la fondation du tunnel, la mise en œuvre d'un dispositif d'étanchéité sous la fondation s'est révélée nécessaire. L'utilisation d'un revêtement isolant et drainant traditionnel à base de matériaux drainant n'était pas possible, du fait d'une destruction de la matière lors du déplacement du tunnel. Il était de plus impératif de pouvoir mettre en œuvre et d'assurer la protection de plus de 2 000 m² d'isolant sous les fondations du tunnel en trois jours maximum. Pour ce projet, trois couches de géosynthétiques ont donc été proposées : une couche isolante, une couche drainante et une couche de renforcement.

2. Détail des différentes étapes de la construction du tunnel

L'ensemble des travaux de mise en œuvre s'est déroulé en six étapes, depuis la construction du tunnel à côté du remblai ferroviaire jusqu'à la mise en place de la voie ferrée sur le tunnel une fois celui-ci à son emplacement final.

2.1. Construction et isolation des murs du tunnel

La première étape consiste à isoler l'extérieur des parois du tunnel avant de déplacer celui-ci sur la zone définitive (figure 4).

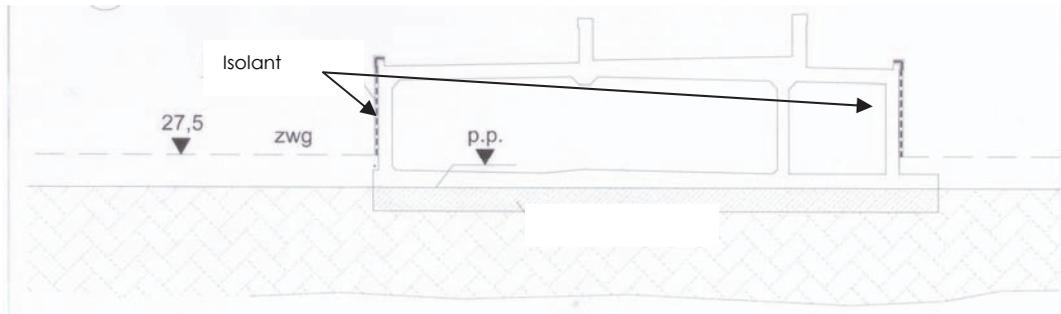


Figure 4. Mise en place de l'isolation extérieure des parois du tunnel.

2.2. Déblaiement de la zone définitive

La deuxième opération consiste à déblayer la zone de l'emplacement définitif du tunnel avec une pente de 1% pour assurer l'isolation de la fondation du tunnel. Un matériau isolant est ensuite posé (figure 5).



Figure 5. Schéma de mise en place de l'isolant.

2.3. Installation des géosynthétiques

Les trois couches de géosynthétiques sont ensuite déroulées sur l'emplacement définitif du projet avant transfert du tunnel. La figure 6 présente la succession des trois couches : une géomembrane PEHD 1 mm, un géocomposite drainant et une géogrille de renforcement. L'utilisation des géosynthétiques a été choisie car c'est la solution adaptée pour répondre aux contraintes liées au déplacement du tunnel sur la zone étanchée, drainée et renforcée. Il n'était pas possible de mettre en œuvre un dispositif traditionnel qui aurait été détérioré lors du déplacement du tunnel. La géogrille de renforcement a pour but de sécuriser l'étanchéité et le drainage de fondation lors du déplacement du tunnel.

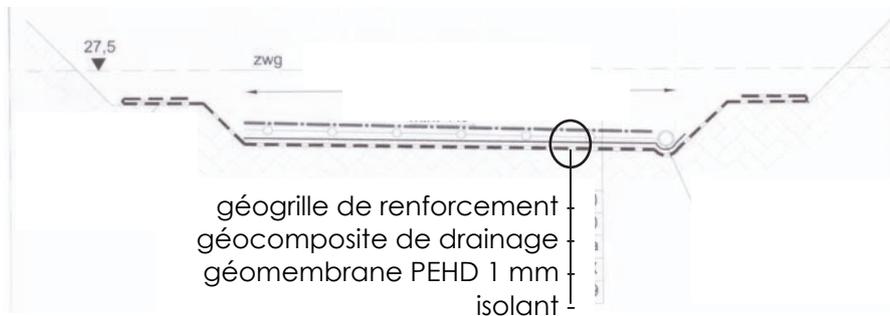


Figure 6. Schéma de mise en place des géosynthétiques.

La pente de 1% permet d'assurer le drainage des eaux vers le drain collecteur. Le détail de l'installation du géocomposite de drainage est décrit dans la partie 3.

La géogrille mise en œuvre au-dessus de la géomembrane et du géocomposite drainant est déroulée dans le sens de la longueur avec un recouvrement de 0,5 m entre les lés (figure 7).



Figure 7. Mise en œuvre de la géogrille de renfort.

2.4. Remblaiement et déplacement de la structure

Le dispositif d'étanchéité et de drainage est ensuite remblayé avec 0,5 m de matériau sableux avant de recevoir la structure du tunnel.

La vitesse de déplacement du tunnel était de 6km/h et l'intégralité de l'opération s'est déroulée en 13h.

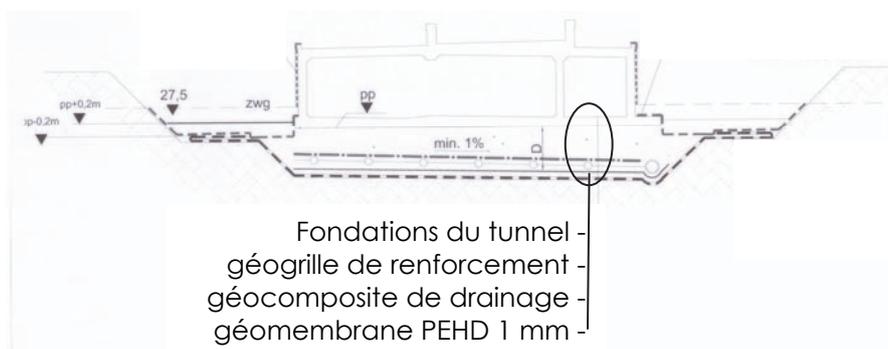


Figure 8. Déplacement du tunnel sur son emplacement définitif.

2.5. Isolation en pied de murs puis remblaiement des parties latérales

Les deux dernières étapes du projet consistent à isoler les murs en pied du tunnel en ramenant l'isolant posé sous les fondations (figure 9) puis à remblayer les parties latérales du tunnel.

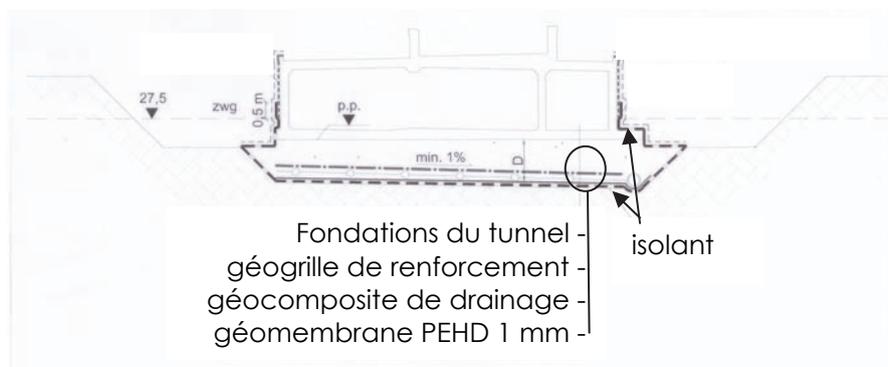


Figure 9. Isolation en pied de mur et remblaiement des parties latérales.

Une fois le remblaiement et le compactage réalisé, les rails sont ensuite posés sur la structure (figure 10).



Figure 10. Visualisation du tunnel en place avec la voie ferrée.

3. Détail du géocomposite de drainage

3.1. Présentation du géocomposite drainant DRAINTUBE 450 FT1 D20 et dimensionnement

Le géocomposite de drainage utilisé pour le projet est composé des éléments suivants (figure 11) :

- nappe filtrante non tissée aiguilletée en polypropylène,
- mini-drains polypropylène régulièrement perforés selon 2 axes alternés à 90° de diamètre 20 mm et espacés tous les mètres,
- nappe drainante non tissée aiguilletée en polypropylène.

Les composants sont assemblés entre eux par aiguilletage en usine. La masse surfacique totale du géocomposite est de 450 g/m² et sa résistance au poinçonnement est de 2,7 kN (Norme NF EN ISO 12236).

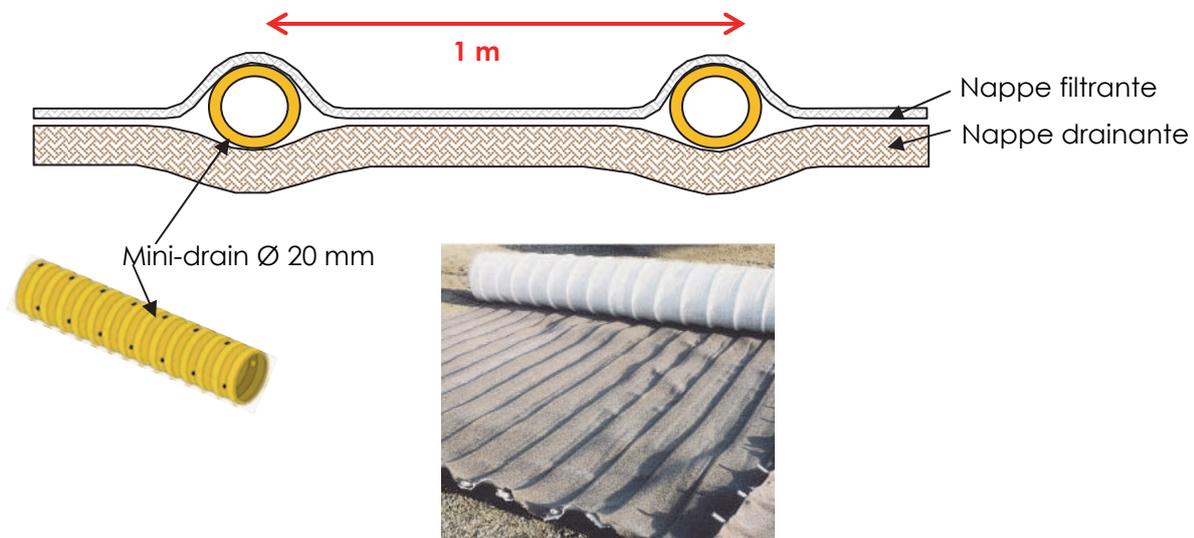


Figure 11. Schéma du géocomposite drainant.

Le géocomposite de drainage est dimensionné d'après les caractéristiques du projet et avec un logiciel de dimensionnement hydraulique développé spécifiquement pour ce type de géocomposite et validé à l'échelle réelle (AFITEX, 2007). Les caractéristiques prises en compte pour ce projet sont la pente du site, les contraintes appliquées sur le géocomposite, la longueur de drainage à réaliser et les données hydrogéologiques du projet. L'ensemble de ces éléments a permis de déterminer l'espacement adapté entre les mini-drains du géocomposite ainsi que le diamètre de ces derniers.

Des études réalisées depuis plusieurs années sur ce géocomposite ont permis de valider la résistance à l'écrasement du dispositif (Blond, 2012) ainsi que la durabilité du dispositif sur le long terme (Beaumier et al., 2012).

3.2. Principe de fonctionnement

L'eau arrivant dans la nappe drainante du géocomposite est drainée vers les mini-drains perpendiculairement à ceux-ci. Elle est ensuite évacuée par les mini-drains. La distance maximale que parcourt l'eau dans la nappe drainante est alors la demi-distance entre les mini-drains (figure 12).

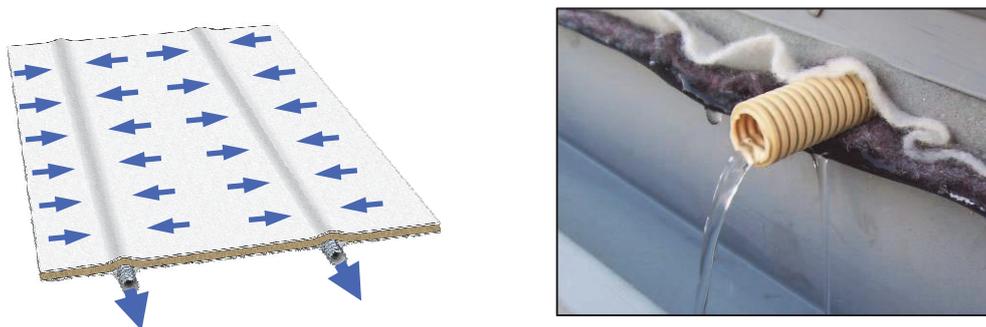


Figure 12. Fonctionnement hydraulique du géocomposite de drainage.

3.3. Mise en œuvre et raccordement au drain collecteur

Le géocomposite se présente sous forme de rouleaux de 4 m de large. Il est mis en œuvre sur la géomembrane et est déroulé dans le sens de la pente, perpendiculairement au drain collecteur (figure 13).



Figure 13. Mise en œuvre du géocomposite.

Les lés de géocomposite drainant se recouvrent longitudinalement par simple recouvrement sur une largeur de 10 cm minimum (figure 14). Pour éviter tout déplacement (vent, remblais, etc.), le recouvrement est fixé par points à chaud (air chaud ou flamme). Afin d'assurer la continuité de l'écoulement dans les mini-drains entre deux rouleaux, des joints transversaux sont réalisés. Le filtre est pelé sur 20 cm pour dégager les mini-drains, l'extrémité du lé suivant est introduite dans cette ouverture et les mini-drains sont positionnés côte à côte (figure 14).

Le raccordement du géocomposite au drain collecteur se fait à l'aide du dispositif Quick Connect, qui relie directement les mini-drains au drain collecteur plein (figure 15). Ce système permet d'éviter la mise en œuvre d'une tranchée drainante qui n'était pas envisageable aux vues des contraintes du projet.

Le raccordement se fait sur tout le long du drain collecteur. Le filtre du géocomposite drainant vient ensuite recouvrir le drain collecteur (figure 16).

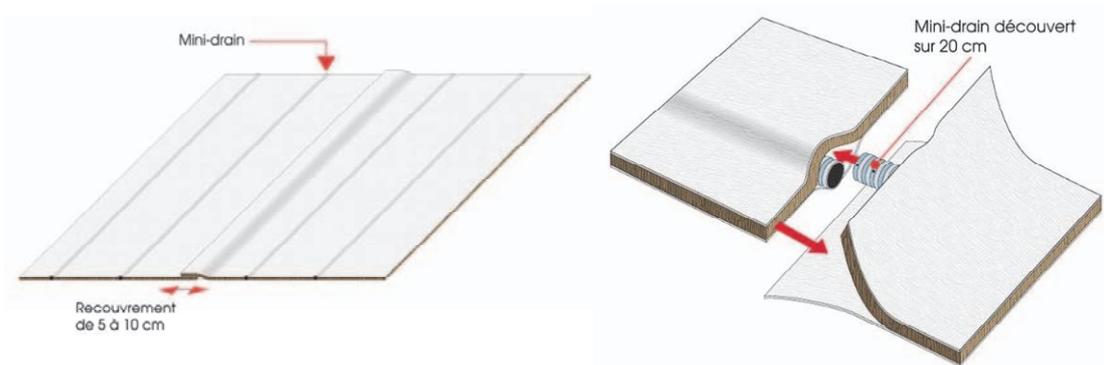


Figure 14. Recouvrement longitudinal et transversal des lés du géocomposite.



Figure 15. Principe de connexion des mini-drains avec le système de connexion rapide.



Figure 16. Raccordement du géocomposite au drain collecteur avec le système de connexion rapide.

4. Conclusion

L'enjeu de la construction du tunnel de Nowolazurowa était de taille, en raison de l'envergure du projet et de ses contraintes temporelles d'exécution. Grâce aux différents matériaux mis en œuvre, l'ensemble des 10500 tonnes du tunnel, 4200 m³ de béton, répartis sur 60 m de long a pu être monté et déplacé dans les deux semaines prévues pour la réalisation du projet. L'étanchéité, le drainage et le renforcement ayant été réalisés avec des géosynthétiques, l'ensemble des 2200 m² de surface ont pu être traités en seulement trois jours, ce qui constituait le plus gros défi du projet. Le système de drainage mise en place avec le géocomposite drainant a permis un raccord direct avec le drain collecteur en pied de pente, évitant ainsi la mise en œuvre d'une tranchée drainante et permettant ainsi un gain de temps de réalisation. Le tunnel de de Nowolazurowa permet désormais de faciliter le trafic routier de la route de Nowolazurowa tout en assurant l'important trafic ferroviaire du corridor Pan-européen.

5. Références bibliographiques

- AFITEX (2007). Approche théorique des écoulements par géocomposite de drainage. 27 pages.
- Beaumier D., Blond E. (2012). Durability of propylene tubes « Draitube ». Groupe CTT/SAGEOS Canada. 9 pages.
- Blond E. (2012). Étude expérimentale de la résistance au colmatage biologique du géocomposite de drainage « Draitube ACB ». Groupe CTT/SAGEOS Canada, pp. 4-6.