

Influence de la saturation sur la portance et la durabilité des chaussées drainantes

Auteur : Bourhail El Manouchi, Siham

Promoteur(s) : François, Bertrand

Faculté : Faculté des Sciences appliquées

Diplôme : Master en ingénieur civil des constructions, à finalité spécialisée en "civil engineering"

Année académique : 2024-2025

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/24769>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.



Université de Liège
Faculté des sciences appliquées

Influence de la saturation sur la portance et la durabilité des chaussées drainantes

Travail de fin d'études
en vue de l'obtention du grade de master ingénieur civil des
constructions

Rédigé par :
Siham BOURHAIL EL MANOUCHI
Matricule : 20170787

Promoteur :
Bertrand FRANÇOIS

Année académique 2024 – 2025

Résumé

Les chaussées drainantes sont des structures routières conçues pour favoriser l'infiltration et l'évacuation rapide des eaux pluviales, contribuant ainsi à réduire le ruissellement et à limiter les risques d'inondations. Elles répondent à des enjeux environnementaux importants, mais leur perméabilité est susceptible de favoriser la pénétration de l'eau et d'altérer la portance ainsi que la durabilité des matériaux. La problématique centrale de ce travail consiste à quantifier l'effet de la saturation en eau sur la portance des matériaux de voirie, en vue d'évaluer son influence sur la durée de vie des chaussées.

Ce projet a été réalisé en collaboration avec le Centre de Recherches Routières (CRR), qui a apporté son expertise technique. La méthodologie adoptée repose sur deux approches complémentaires. La première, expérimentale, comprend des essais Proctor pour déterminer la densité sèche maximale et la teneur en eau optimale, ainsi que des essais CBR effectués sur un sol limoneux typique de la région wallonne et sur un granulat calcaire 2/20 mm. Ces essais ont été réalisés à différentes teneurs en eau, en conditions non saturées et saturées, afin d'évaluer l'influence directe de l'eau. Un CBR répété a également été réalisé afin d'estimer le module résilient dans ces deux états de saturation pour chaque matériau et d'analyser leur comportement sous sollicitations cycliques. La seconde approche repose sur une étude paramétrique avec le logiciel Qualidim, qui utilise les modules mesurés et sa base de données pour simuler l'impact de la saturation en eau sur la durée de vie des chaussées. Les résultats de ces simulations sont comparés pour deux variantes, afin d'identifier, selon le niveau d'inondation, la solution la plus favorable.

Les résultats expérimentaux mettent en évidence une diminution significative de la portance sous saturation en eau, avec un impact plus fort sur le sol que sur les granulats. Les simulations Qualidim confirment cette tendance, en montrant que cette dégradation mécanique se traduit par une réduction significative de la durée de vie des structures.

Ces constats soulignent la nécessité d'adapter les recommandations normatives, afin d'y intégrer explicitement les matériaux drainants et leurs principes de dimensionnement, pour garantir une durabilité comparable à celle des chaussées conventionnelles.

Mots-clés : chaussée drainante, saturation, portance, compressibilité, durabilité, CRR, fond de coffre, granulat calcaire, sol limoneux, CBR, Proctor, module résilient, Qualidim.

Abstract

Permeable pavements are road structures designed to promote the infiltration and rapid drainage of stormwater, thereby reducing runoff and limiting flood risks. While they address important environmental challenges, their permeability is likely to increase water penetration and alter both the bearing capacity and the durability of the materials. The central objective of this work is to quantify the effect of water saturation on the bearing capacity of pavement materials, in order to assess its influence on pavement service life.

This project was carried out in collaboration with the Belgian Road Research Centre (CRR), which provided technical expertise. The adopted methodology is based on two complementary approaches. The first, experimental, includes Proctor tests to determine the maximum dry density and the optimum water content, as well as CBR tests performed on a silty soil representative of the subgrade and on a 2/20 mm limestone aggregate. These tests were conducted at different water contents, under both unsaturated and saturated conditions, to evaluate the direct influence of water. A repeated CBR test was also performed to estimate the resilient modulus in both saturation states for each material and to analyze their behavior under cyclic loading. The second approach relies on a parametric study using the Qualidim software, which combines the measured moduli with its internal database to simulate the impact of water saturation on pavement service life. The simulation results are compared for two variants in order to identify, depending on the level of inundation, the most favorable solution.

The experimental results highlight a significant decrease in bearing capacity under water saturation, with a stronger effect on soil than on aggregates. The Qualidim simulations confirm this trend, showing that such mechanical degradation leads to a substantial reduction in the calculated service life of the structures.

These findings underline the need to adapt existing normative recommendations by explicitly integrating permeable materials and their design principles, in order to ensure a durability comparable to that of conventional pavements.

Keywords : permeable pavement, saturation, bearing capacity, compressibility, durability, CRR, subgrade, limestone aggregate, silty soil, CBR, Proctor, resilient modulus, Qualidim.