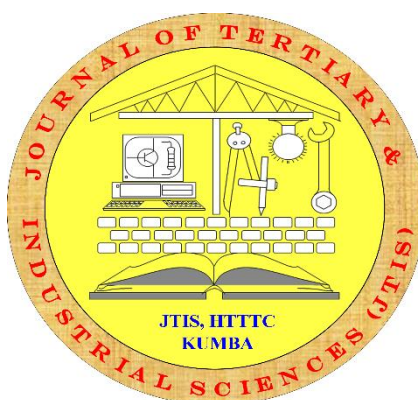


ISSN 2709-3409 (Online)

JOURNAL OF TERTIARY AND INDUSTRIAL
SCIENCES

INDUSTRIAL SCIENCES

A MULTIDISCIPLINARY JOURNAL OF THE HIGHER TECHNICAL TEACHERS'
TRAINING COLLEGE, KUMBA



VOLUME 5, NUMBER 2
JUNE, 2025

PUBLISHER:
HIGHER TECHNICAL TEACHERS' TRAINING COLLEGE (HTTTC)
UNIVERSITY OF BUEA

P.O Box: 249 Buea Road, Kumba
Tel: (+237) 33354691 – Fax: (+237) 33354692
Email: editor@jtis-htttcubuea.com
Website: <https://www.jtis-htttcubuea.com>

EDITORIAL BOARD

Supervision:

Professor Ngomo Horace Manga
University of Buea

Editor-in-Chief:

Prof. Akume Daniel Akume, University of Buea, Cameroon

Associate Editors:

Prof. Ebune B. Joseph, University of Buea, Cameroon
Prof. Defang Henry, University of Buea, Cameroon
Prof. Lissouck Daniel, University of Buea, Cameroon

Advisory Editors:

Prof. Tabi Johannes Atemnkeng, University of Buea, Cameroon
Prof. Leno Doris, University of Buea, Cameroon
Prof. Lyonga N. Agnes Ngale, University of Buea, Cameroon
Members of the Editorial Board:

Prof. Yamb Belle Emmanuel, University of Douala, Cameroon
Prof. Ambe Njoh Jonathan, University of South Florida, USA
Prof. John Akande, Bowen University, Nigeria
Prof. Talla Pierre Kisito, University of Dschang, Cameroon
Prof. Rosemary Shafack, University of Buea, Cameroon
Prof. Njimanted Godfrey Forgha, University of Bamenda, Cameroon
Prof. Nzalie Joseph, University of Buea, Cameroon
Prof. Mouange Ruben, IUT University of Ngaoundere, Cameroon
Prof. Boum Alexander, University of Buea, Cameroon
Prof. Patrick Wanyu Kongnyuy, University of Bamenda, Cameroon
Prof. Tchuen Ghyslain, IUT Badjoun, University of Dschang, Cameroon
Prof. Rose Frii-Manyi Anjoh, University of Buea, Cameroon
Prof. Foadieng Emmanuel, University of Buea, Cameroon
Prof. Tchinda Rene, IUT Badjoun, University of Dschang, Cameroon
Prof. Tabi Pascal Tabot, University of Buea, Cameroon
Prof. Katte Valentine, University of Bamenda, Cameroon
Prof. Zinkeng Martina, University of Buea, Cameroon
Prof. Obama Belinga Christian Theophile, University of Ebolowa, Cameroon
Prof. Nkongho Anyi Joseph, University of Buea, Cameroon
Prof. Cordelia Givechek Kometa, University of Buea, Cameroon
Prof. Ngouateu Wouagfack Paiguy, University of Buea, Cameroon
Prof. Tchakoutio Alain, University of Buea, Cameroon
Prof. Morfaw Betrand, University of Buea, Cameroon

Prof. Tamba Gaston, IUT University, Douala, Cameroon
Prof. Koumi Simon, ENS, Ebolowa, University of Yaounde I
Prof. Ajongakoh Raymond, University of Buea, Cameroon
Prof. Ntabe Eric, University of Buea, Cameroon
Prof. Kinfaek Juetsa Aubin, University of Buea, Cameroon
Prof. Bahel Benjamin, University of Buea, Cameroon
Prof. Agbortoko Ayuk Nkem, University of Buea, Cameroon
Dr. Abanda Henry Fonbiyen, Oxford Brookes University, UK
Dr. Luis Alberto Torrez Cruz, University of Witwatersrand, South Africa
Dr. Negou Ernest, University of Buea, Cameroon
Dr. Aloyem Kaze Claude Vidal, University of Buea, Cameroon
Dr. Mfombep Priscilla Mebong, University of Buea, Cameroon
Dr. Asoba Gillian, University of Buea, Cameroon
Dr. Massa Ernest, University of Buea, Cameroon
Dr. Mouzong Pemi, University of Buea, Cameroon
Dr. Oroch Fidelis Tanyi, University of Buea, Cameroon
Dr. Wanie Clarkson Mvo, University of Bamenda, Cameroon
Dr. Molombe Jeff Mbella, University of Buea, Cameroon
Dr. Emmanuel Tata Sunjo, University of Buea, Cameroon
Dr. Ndi Roland Akoh, University of Yaounde I, Cameroon
Dr. Nkenganyi Fonkem Marcellus, University of Buea, Cameroon
Dr. Hannah Kolle, University of Buea, Cameroon
Dr. Kamda Silapeux Aristide, University of Buea, Cameroon
Dr. Roland Ndah Njoh, University of Buea, Cameroon

Managing Editor:

Dr. Negou Ernest, University of Buea, Cameroon

CONTENTS

HTTTC CONFERENCE 2025 PROCEEDINGS.....	1
AGRICULTURE.....	2
THE ADOPTION OF AGRICULTURAL INNOVATIONS: THE CASE OF IMPROVED MAIZE SEEDS.....	3
Ntaebenu JulieTaku ¹ , Njoh Roland Ndah ¹ , Enow Cyril Ako ¹ , Ibrahim Nformi Manu ² ..	3
CIVIL ENGINEERING AND ECONOMIC GEOLOGY.....	17
ANALYSE CRITIQUE DES MODELES HYDROMECHANQUES POUR LES ROUTES DANS LES REGIONS EQUATORIALES.....	18
Cédric Donald Biatat Ketchami ^{1*} , Benjamin Bahel ^{2*} , Emmanuel Yamb Bell ³	18
MINERALOGICAL AND PHYSICAL CHARACTERIZATION OF LOUM POZZOLAN IN THE CAMEROON VOLCANIC LINE, SOUTH-WEST REGION, CAMEROON: IMPLICATION IN CEMENT MANUFACTURING.....	28
Cyrille Sigue ^{1,2} , Lionel Max Ngo'o Ngo'o ² , Eric Ntabe ²	28
COMPUTER SCIENCE.....	51
TRANSFORMING STROKE PREVENTION IN CAMEROON: AN AI-BASED METHOD FOR DETECTING ATRIAL FIBRILLATION.....	52
Marck Jickel Kemegne Tagne ^{1*} , Paul Etouke Owoundi ¹ , Thomas Kanaa ² , Arnaud Obono Biyobo ¹	52
OPTIMISATION OF THE LAYOUT AND INSTALLATION OF ELECTRICAL NETWORKS IN RURAL AREAS USING THE BLACK WIDOW ALGORITHM.....	75
Godwin KUATE KAMGUE ¹ , Aubin KINFACK JEUTSA ² , Félix PAUNE ¹	75

HTTTC CONFERENCE 2025 PROCEEDINGS

CIVIL ENGINEERING AND ECONOMIC GEOLOGY

ANALYSE CRITIQUE DES MODELES HYDROMECHANQUES POUR LES ROUTES DANS LES REGIONS EQUATORIALES

Cédric Donald Biatat Ketchami ^{1*}, Benjamin Bahel ^{2*}, Emmanuel Yamb Bell ³

¹ Laboratory of Applied Technologies and Sciences

Doctoral School of Fundamental and Applied Sciences

University of Douala, P.O. Box: 2701, Douala, Cameroon

² Laboratory of Energy Modelling Materials and Methods (E3M),

National Higher Polytechnic School of Douala

The University of Douala, P.O. Box 2071, Douala, Cameroon

³ Department of Civil Engineering

Advanced Teacher's Training College of the Technical Education

University of Douala, Cameroon

*Corresponding author E-mail: lilbiatat@gmail.com (C.D. Biatat Ketchami), bahelbenjamin@yahoo.fr (B. Bahel)

To cite: Biatat et al. (2025). ANALYSE CRITIQUE DES MODELES HYDROMECHANQUES POUR LES ROUTES DANS LES REGIONS EQUATORIALES. *Journal of tertiary and industrial sciences (JTIS)*, 5(2), 17-27.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15742809>

Submission Date: 15/03/2025

Acceptation Date: 29/04/2025

Abstract

This study examines the hydromechanical models used to simulate the behaviour of roads in equatorial regions, focusing on their strengths and weaknesses, as well as their potential applications. The methodology is based on an in-depth bibliographical study of existing hydromechanical models. These models take into account the interrelationship between hydrological processes (such as infiltration, drainage and evaporation) and the mechanical characteristics of road construction materials (such as shear strength, deformation and compaction). The main hydromechanical models used for road surfaces in equatorial regions are the continuous mechanical model (CMM), which takes into account the elasticity and plasticity of materials as well as their deformation due to water pressure and traffic. These models offer a wide range of mechanical behaviours, taking into account fluctuations in water content and material characteristics. However, the use of the Richards model in equatorial regions can be complicated by the great diversity of soils and meteorological conditions. Thermo-hydromechanical models are essential for predicting and managing the behaviour of roads in these regions. They take into account the thermal and hydrological effects on roads, particularly in areas where temperature fluctuations have an impact on soil moisture and the properties of surfacing materials. They provide a comprehensive model of road behaviour, taking into account the effects of water and temperature. However, they also have their limitations, notably the difficulty of calibration due to the variability of materials and the complexity of weather conditions. In addition, the lack of reliable field data can

make it difficult to apply them in field studies. For future research, there is an urgent need to develop more adaptable models that can take into account the variety of materials and meteorological conditions. Existing models also need to be improved in terms of accuracy, particularly for the combined effects of humidity and temperature on road deterioration. Further research is needed to adapt these models to specific conditions and to incorporate more representative field data. Future research should aim to simplify these models for practical application while enhancing their ability to represent the specific conditions of equatorial regions.

Key words: behaviour, weakness, drainage, deformation, materials, parameterisation.

Résumé

Cette étude examine les modèles hydromécaniques utilisés pour simuler le comportement des routes dans les régions équatoriales, en se concentrant sur leurs forces, leurs faiblesses et leurs applications potentielles. La méthodologie est basée sur une étude bibliographique complète des modèles hydromécaniques utilisés pour simuler les conditions routières. Les modèles sont basés sur l'interrelation entre les processus hydrologiques (tels que l'infiltration, le drainage et l'évaporation) et les caractéristiques mécaniques des matériaux de construction des routes (telles que la résistance au cisaillement, à la déformation et au compactage). Les principaux modèles hydromécaniques utilisés pour les revêtements routiers dans les régions équatoriales sont le modèle mécanique continu (MMC), qui intègre l'élasticité et la plasticité des matériaux, ainsi que leur déformation due à la pression de l'eau et au trafic. Ces modèles offrent une large gamme de comportements mécaniques, en tenant compte des fluctuations de la teneur en eau et des caractéristiques des matériaux. Cependant, leur paramétrage peut être complexe en raison de la diversité des sols de la région et nécessite des données expérimentales spécifiques. Le modèle de Richards est souvent utilisé pour illustrer l'infiltration de l'eau dans le sol et la répartition de l'eau dans les différentes couches d'une route. Cependant, l'utilisation du modèle de Richards dans les régions équatoriales peut être compliquée en raison de la diversité des sols et des conditions météorologiques. Les modèles thermo-hydromécaniques sont essentiels pour prévoir et gérer le comportement des routes dans les régions équatoriales. Ces modèles prennent en compte les effets thermiques et hydrologiques sur les routes, en particulier dans les zones où les fluctuations de température ont un impact sur l'humidité du sol et les propriétés des matériaux de revêtement des routes. Ils offrent un modèle exhaustif du comportement des routes, prenant en compte les impacts de l'eau et de la température. Cependant, ils présentent également des limites, telles que la difficulté d'étalonnage due à la variabilité des matériaux et à la complexité des conditions météorologiques. En outre, le manque de données fiables sur le terrain peut rendre difficile leur application dans les études sur le terrain. Pour les recherches futures, il y a un besoin urgent de modèles plus adaptables qui peuvent incorporer la variété des matériaux et des conditions météorologiques. Les modèles existants doivent également être améliorés en termes de précision, en particulier pour les effets combinés de l'humidité et de la température sur la détérioration des routes. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour adapter ces modèles à des conditions spécifiques et intégrer des données de terrain plus représentatives. L'avenir de la recherche devrait viser à simplifier ces modèles pour une application pratique tout en renforçant leur capacité à représenter les conditions spécifiques des régions équatoriales.

Mots clés: comportement, faiblesse, drainage, déformation, matériaux, paramétrage.

1 Introduction

Les routes dans les régions équatoriales sont exposées à des conditions spécifiques liées au climat et à la géotechnique, telles que des précipitations fréquentes et copieuses, des températures hautes et des sols généralement gorgés d'eau. La connaissance du comportement hydromécanique de ces revêtements est cruciale pour leur conception, leur gestion et leur maintenance [1]. Les modèles hydromécaniques offrent la possibilité de simuler et d'anticiper les changements des chaussées sous l'influence de ces éléments environnementaux et mécaniques [2]. Toutefois, les modèles appliqués dans ces zones doivent considérer les particularités relatives aux conditions météorologiques et aux caractéristiques des matériaux locaux [3] [4]. Le but de cette revue de littérature est d'examiner les divers modèles hydromécaniques employés pour reproduire le comportement des chaussées en région équatoriale, tout en soulignant leurs atouts, leurs contraintes et leurs champs d'utilisation.

2 Méthodologie

Cette revue se base sur une étude bibliographique détaillée des modèles hydromécaniques utilisés pour simuler le comportement des chaussées dans les régions équatoriales. Une étude approfondie des modèles principaux existants a été effectuée, soulignant leurs processus de simulation, leurs points forts, leurs contraintes et les insuffisances relevées dans la littérature. L'exposé des besoins futurs en matière de recherche est aussi inclus.

2.1 Modèles hydromécaniques: fondements essentiels

Les modèles hydromécaniques reposent sur l'interrelation entre les processus hydrologiques (comme l'infiltration, le drainage et l'évaporation) et les caractéristiques mécaniques des matériaux de construction routière (telles que la résistance au cisaillement, la déformation et le compactage) [5]. Ces modèles englobent généralement deux sortes de phénomènes:

- Le comportement hydrologique: il dépeint les mouvements de l'eau à travers la chaussée, l'infiltration, le stockage et le drainage [6]. Les équations de Darcy ou Richards constituent la base des modèles d'infiltration les plus fréquemment utilisés.
- La réponse mécanique: elle simule les réactions des matériaux lorsqu'ils sont chargés, généralement en utilisant des modèles élasto-plastiques ou viscoélastiques [7].

2.2 Modèles hydromécaniques pour les revêtements routiers dans les régions équatoriales

2.2.1 Modèle basé sur la mécanique des milieux continus (MMC)

On utilise des modèles basés sur la mécanique des milieux continus pour reproduire le comportement général de la chaussée lorsqu'elle est chargée et exposée à l'humidité [8]. Ces modèles intègrent l'élasticité et la plasticité des matériaux, ainsi que leur déformation due à la pression de l'eau et au poids du trafic routier [9].

- Bénéfices: Ces modèles offrent la possibilité de reproduire une vaste gamme de comportements mécaniques tout en considérant les fluctuations du contenu en eau et les caractéristiques des matériaux [10].

- Restrictions : Toutefois, le paramétrage de ces modèles peut s'avérer complexe, notamment à cause de la diversité des sols en région équatoriale, et requiert des données expérimentales spécifiques.

Illustration d'une équation :

$$\sigma = E \epsilon + \alpha \Delta\theta$$

Où:

- σ : contrainte,
- E : le module de Young,
- ϵ : déformation,
- α : coefficient de compression volumique,
- $\Delta\theta$: modification du taux d'humidité du sol.

2.2.2 Modèles d'infiltration d'eau (selon le modèle de Richards)

On a souvent recours au modèle de Richards pour illustrer l'infiltration de l'eau dans le sol et la répartition de l'humidité à travers les différentes couches de chaussée [11] [12]. Ce modèle s'appuie sur l'équation de Richards, fusionnant les équations de conservation de l'eau et les principes de Darcy pour simuler les mouvements d'eau dans les sols saturés et non saturés [13] [14].

- Bénéfices : Ce modèle permet de simuler le passage de l'eau à travers les différentes strates d'une chaussée, en tenant compte des caractéristiques d'adsorption et de perméabilité des matériaux [15] [16]. Il est donc capable de fournir des renseignements précis sur la

distribution de l'humidité, qui est cruciale pour juger de la pérennité des revêtements routiers.

- **Contraintes:** L'utilisation du modèle de Richards dans les régions équatoriales peut être entravée par la variété des sols et des conditions météorologiques. De surcroît, l'étalonnage du modèle requiert des observations sur site, une tâche qui peut s'avérer onéreuse et complexe à réaliser dans ces zones [17].

Illustration de l'équation:

L'équation de Richards s'exprime comme suit :

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \nabla \cdot (K(\theta) \nabla h) + S(\theta)$$

Où:

- θ : teneur en eau du sol,
- $K(\theta)$: conductivité hydraulique,
- h : potentiel hydraulique,
- $S(\theta)$: élément source (illustrant les processus d'évapotranspiration et de précipitations),
- ∇ : opérateur gradient.

2.2.3 Modèle thermo-hydromécanique destiné aux chaussées

Les modèles thermo-hydromécaniques tiennent compte à la fois des effets thermiques et hydrauliques sur les chaussées [18]. Ils sont particulièrement significatifs dans les régions équatoriales où les fluctuations de température ont un impact sur l'humidité du sol et les caractéristiques mécaniques des matériaux de revêtement [19].

- **Bénéfices:** Ces modèles offrent une modélisation exhaustive du comportement des chaussées, prenant en compte non seulement les impacts de l'eau, mais également de la température, un facteur essentiel dans les régions équatoriales où les variations thermiques sont significatives.

- **Restrictions:** L'intégration de la modélisation thermique ajoute un niveau de complexité supplémentaire, et la considération des interactions entre humidité et température exige des données expérimentales propres à chaque emplacement [20].

Exemple d'une équation :

L'effet de la chaleur sur la diffusion de l'humidité peut être décrit par une équation couplée représentant le modèle thermo-hydromécanique[21] :

$$\partial\theta/\partial t = \nabla \cdot (K(\theta) \nabla h) + S(\theta) + 1/\rho C_V \cdot (\lambda \nabla T)$$

Où:

- λ : la conductivité thermique du sol,
- T : la température.

3 Examen critique des modèles en place

3.1 Bénéfices des modèles actuels

Les modèles hydromécaniques permettent une meilleure appréhension du comportement des chaussées en région équatoriale, ce qui facilite la prévision des déformations, fissures et dégradations causées par l'humidité et les charges. Par ailleurs, l'incorporation des phénomènes hydrologiques et mécaniques facilite la simulation de scénarios de façon réaliste, contribuant ainsi à la gestion des infrastructures routières [22] [23].

3.2 Limites et défis

En dépit de leurs bénéfices, ces modèles comportent diverses restrictions. La calibration est rendue ardue par la variabilité des matériaux dans les zones équatoriales (diversité des sols, composition des couches de chaussée) et par les conditions météorologiques complexes [24]. Par ailleurs, l'obtention de données de terrain fiables est souvent un défi dans ces régions pour la majorité des modèles. Il arrive aussi fréquemment que les modèles soient soit trop simplifiés, soit excessivement complexes, rendant leur application pratique dans les études sur le terrain difficile.

3.3 Lacunes et nécessités pour des recherches futures

Il y a une nécessité pressante de modèles plus adaptables, capables d'intégrer la variété des matériaux et des conditions météorologiques [25]. Les modèles existants ont aussi besoin d'améliorations en précision, spécifiquement pour ce qui est des effets conjoints de l'humidité et de la température sur la détérioration des routes [26] [27]. Il est indispensable de mener davantage de recherches pour ajuster les modèles hydromécaniques aux conditions particulières des régions équatoriales et pour incorporer des données de terrain plus représentatives[28] [29].

4 Conclusion

Les modèles hydromécaniques sont essentiels pour saisir et prévoir le comportement des chaussées en zone équatoriale, où les conditions climatiques sévères rendent les matériaux spécialement sensibles aux impacts de l'humidité et des cycles de saturation [30]. La recherche démontre que ces modèles, même s'ils sont performants, doivent être ajustés en fonction des particularités des matériaux locaux et des contextes tropicaux[31].

Discussions

Les données indiquent que la forme des granulats et leur degré de saturation ont un impact notable sur l'efficacité des couches de drainage. Cependant, il est difficile pour les modèles actuels d'incorporer cette variabilité de manière précise. On a noté des divergences entre les résultats expérimentaux et les simulations numériques, mettant en évidence la nécessité de modifier les paramètres d'entrée.

Implication de l'étude

Cette recherche fournit un fondement pour l'élaboration de modèles hydromécaniques mieux ajustés aux matériaux caractéristiques des régions équatoriales. Elle offre aussi des opportunités pour des méthodes de conception plus robustes face aux impacts climatiques.

Contribution de l'étude à la science

Elle aide à comprendre les liens entre la taille des particules, la forme et l'efficacité hydraulique/mécanique des couches de fond, en incorporant des informations expérimentales dans les modèles numériques.

Suggestions pour les recherches futures

Il est conseillé d'effectuer des tests pratiques sur site pour ajuster les modèles, de constituer des bases de données régionales concernant les matériaux, et de privilégier l'emploi de matériaux locaux tels que la pouzzolane.

Nous suggérons que les recherches futures:

- Incorporent l'impact du vieillissement des matériaux.
- Élaborent des modèles simplifiés pour une mise en œuvre rapide lors de la phase de conception.
- Étudient l'application de l'intelligence artificielle pour optimiser la prédiction des performances.

5 Références bibliographiques

- A. Gens, B. Vallejan, M. Sánchez, C. Imbert, M. V. Villar, and M. Van Geet, "Hydromechanical behaviour of a heterogeneous compacted soil: experimental observations and modelling," *Géotechnique*, vol. 61, no. 5, pp. 367-386, 2011.

-
- J. Si, T. Ishikawa, D. Ren, K. Maruyama, and C. Ueno, "Response Prediction of Asphalt Pavement in Cold Region with Thermo-Hydro-Mechanical Coupling Simulation," *Sustainability*, vol. 15, no. 18, p. 13614, 2023.
- F. Giorgi and L. O. Mearns, "Approaches to the simulation of regional climate change: a review," *Reviews of geophysics*, vol. 29, no. 2, pp. 191-216, 1991.
- F. Chen *et al.*, "The integrated WRF/urban modelling system: development, evaluation, and applications to urban environmental problems," *International Journal of Climatology*, vol. 31, no. 2, pp. 273-288, 2011.
- K. C. Onyelowe *et al.*, "Innovative overview of SWRC application in modeling geotechnical engineering problems," *Designs*, vol. 6, no. 5, p. 69, 2022.
- S. Alber, W. Ressel, and B. Schuck, "Explaining drainage of porous asphalt with hydrological modelling," *International Journal of Pavement Engineering*, vol. 23, no. 5, pp. 1561-1571, 2022.
- J. O'Connor, B. B. d. Santos, L. Borges, M. F. d. Costa, and D. A. Castello, "Computational modeling of viscoplastic polymeric material response during micro-indentation tests," *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, vol. 42, no. 8, p. 438, 2020.
- A. F. Ikechukwu and M. M. Hassan, "Assessing the extent of pavement deterioration caused by subgrade volumetric movement through moisture infiltration," *International Journal of Pavement Research and Technology*, vol. 15, no. 3, pp. 676-692, 2022.
- Z. Yang, J. Sun, Y. Zhang, J. Liu, E. Oh, and Z. Ma, "A Systematic Evaluation of the Empirical Relationships Between the Resilient Modulus and Permanent Deformation of Pavement Materials," *Buildings*, vol. 15, no. 5, p. 663, 2025.
- G. Grottesi, G. B. Coelho, and D. Kraniotis, "Heat and moisture induced stress and strain in wooden artefacts and elements in heritage buildings: A review," *Applied Sciences*, vol. 13, no. 12, p. 7251, 2023.
- X. Chen, H. Wang, C. Li, W. Zhang, and G. Xu, "Computational investigation on surface water distribution and permeability of porous asphalt pavement," *International Journal of Pavement Engineering*, vol. 23, no. 4, pp. 1226-1238, 2022.
- M. Asadi, R. Mallick, and S. Nazarian, "Numerical modeling of post-flood water flow in pavement structures," *Transportation Geotechnics*, vol. 27, p. 100468, 2021.
- F. T. Tracy and F. Vahedifard, "Analytical solution for coupled hydro-mechanical modeling of infiltration in unsaturated soils," *Journal of Hydrology*, vol. 612, p. 128198, 2022.
- M. Heinen, "Modelling Soil Water Dynamics," in *Precision Agriculture: Modelling*: Springer, 2023, pp. 129-152.
- J. Zhou *et al.*, "Review of the development and research of permeable pavements," *Hydrological Processes*, vol. 38, no. 6, p. e15179, 2024.

-
- A. Hung, L. Y. Li, and O. Swei, "Evaluation of permeable highway pavements via an integrated life-cycle model," *Journal of Cleaner Production*, vol. 314, p. 128043, 2021.
- G. Chander, T. J. Hewison, N. Fox, X. Wu, X. Xiong, and W. J. Blackwell, "Overview of intercalibration of satellite instruments," *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 51, no. 3, pp. 1056-1080, 2013.
- W. Wang and L. Wang, "Review on Design, Characterization, and Prediction of Performance for Asphalt Materials and Asphalt Pavement Using Multi-Scale Numerical Simulation," *Materials*, vol. 17, no. 4, p. 778, 2024.
- J. K. Mitchell and K. Soga, *Fundamentals of soil behavior*. John Wiley & Sons New York, 2005.
- L. Jensen-Page, G. A. Narsilio, A. Bidarmaghz, and I. W. Johnston, "Investigation of the effect of seasonal variation in ground temperature on thermal response tests," *Renewable Energy*, vol. 125, pp. 609-619, 2018.
- A. H. Sweidan, "Thermo-hydro-mechanical modeling of pore-fluid phase change in porous media," Dissertation, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, 2022, 2022.
- Z. Bowei, G. Huang, and C. Wenjie, "Research progress and prospects of urban flooding simulation: From traditional numerical models to deep learning approaches," *Environmental Modelling & Software*, p. 106213, 2024.
- H. S. Viswanathan *et al.*, "From fluid flow to coupled processes in fractured rock: Recent advances and new frontiers," *Reviews of Geophysics*, vol. 60, no. 1, p. e2021RG000744, 2022.
- S. M. Mureithi, S. Mwendwa, and D. Neina, "Soil Types, Formation Processes, and Characteristics in the Global South," in *Sustainable Soil Systems in Global South*: Springer, 2024, pp. 3-47.
- R. G. Evans and E. J. Sadler, "Methods and technologies to improve efficiency of water use," *Water resources research*, vol. 44, no. 7, 2008.
- J. Zhang, X. Yang, W. Li, S. Zhang, and Y. Jia, "Automatic detection of moisture damages in asphalt pavements from GPR data with deep CNN and IRS method," *Automation in Construction*, vol. 113, p. 103119, 2020.
- Q. Li, D. X. Xiao, K. C. Wang, K. D. Hall, and Y. Qiu, "Mechanistic-empirical pavement design guide (MEPDG): a bird's-eye view," *Journal of Modern Transportation*, vol. 19, pp. 114-133, 2011.
- S. Kandalai, N. J. John, and A. Patel, "Effects of climate change on geotechnical infrastructures – state of the art," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 30, no. 7, pp. 16878-16904, 2023.

- M. Abdollahi, F. Vahedifard, and B. A. Leshchinsky, "Hydromechanical modeling of evolving post-wildfire regional-scale landslide susceptibility," *Engineering Geology*, vol. 335, p. 107538, 2024.
- J. A. dos Reis Júnior, H. O. da Rocha, M. M. Y. Taniyama, G. M. Duarte, D. da Costa Miranda, and F. P. Lima-Filho, "Modeling and advanced Ground Penetrating Radar techniques for evaluating pipe leakage and pavement distress," *Annals of Geophysics*, vol. 68, 2025.
- T. D. Fletcher, H. Andrieu, and P. Hamel, "Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters: A state of the art," *Advances in water resources*, vol. 51, pp. 261-279, 2013.