

Résumé :

Cette thèse s'inscrit dans le cadre interdisciplinaire des sciences géologiques, géotechniques et de l'ingénierie civile, et se concentre sur l'étude des glissements de terrain, un phénomène mondial aux graves conséquences socio-économique. L'étude porte sur les glissements observés sur les talus routiers de la voie express reliant Taza à Al Hoceima, dans la région du Rif marocain, connue pour sa géologie complexe et instable. L'objectif principal est d'identifier et de comprendre les facteurs géologiques et géotechniques responsables de ces instabilités, afin de proposer des stratégies de gestion sécuritaires et efficaces. Ce travail contribue également à enrichir la documentation scientifique sur cette zone peu étudiée. L'analyse débute par une évaluation globale de la région, mettant l'accent sur le tracé routier étudiée. L'évaluation inclut principalement la caractérisation topographique et hydrologique, ainsi que l'identification des formations géologiques constituant les talus routiers, et des différents glissements de terrain les affectant. Elle se focalise ensuite sur deux secteurs clés : Tizi Ouadrene et Tarmast, avec des analyses plus poussées. La méthodologie repose sur trois axes principaux : travaux de terrain, essais en laboratoire et usage d'outils informatiques avancés. Les résultats révèlent la diversité et la complexité de la région en termes de topographie, d'hydrologie, de climat et de géologie, avec une prédominance de schistes et de marnes. Les schistes compacts de Tizi-Ouadrene présentent une vulnérabilité marquée en raison d'un réseau dense de discontinuités géologiques, créant des zones de faiblesse. Les remblais constitués de ces schistes, sont sujets à des tassements, notamment en raison de leur caractère évolutif, ce qui favorise les glissements des talus. Par ailleurs, les schistes altérés, contenant une forte teneur en particules fines, présentent une sensibilité à la saturation en eau, ce qui réduit leur résistance aux forces de cisaillement. Ils tendent aussi à se déformer progressivement sous l'effet des charges, jusqu'à leur rupture. Les marnes de Tarmast, partagent ces caractéristiques mais avec une sensibilité encore plus prononcée en raison de leur teneur plus élevée en particules fines. L'eau ainsi que ces flux, se révèle être un facteur clé dans la déstabilisation des talus. D'autres facteurs, tels que les versants abrupts, les secousses sismiques et les cycles de gel-dégel, influencent également la stabilité de ces pentes. L'action synergique de ces différents facteurs joue un rôle crucial dans les mécanismes de déclenchement des glissements de terrain. En outre, l'insuffisance des reconnaissances de terrain et le manque de précision des modélisations numériques constituent des facteurs anthropiques supplémentaires contribuant à l'échec de certaines approches de stabilisation, telles que le remodelage géométrique. Enfin, cette thèse propose des recommandations concrètes pour des études de stabilité plus rigoureuses et des conceptions de talus plus sûres. Exemple, l'installation d'un système de drainage bien dimensionné et adapté aux spécificités géotechniques et géométriques des talus, ainsi qu'aux conditions géologiques, topographiques, hydrologiques et climatiques du site, est indispensable.

Mots clés :

Rif, Voie express Taza-Al Hoceima, Talus routiers, Schiste, Marne, Glissements de terrain, Discontinuités géologiques, Saturation en eau, Remblais, System de drainage routier, modélisation numérique.



SYNERGY OF GEOTECHNICAL, GEOLOGICAL, AND HYDROLOGICAL FACTORS IN LANDSLIDES ALONG THE TAZA- AL HOCEIMA EXPRESSWAY (RIF, MOROCCO)

Abstract:

This thesis falls within the interdisciplinary framework of geological, geotechnical and civil engineering sciences, and focuses on the study of landslides, a worldwide phenomenon with serious socio-economic consequences. The study focuses on landslides observed on the road embankments of the expressway linking Taza to Al Hoceima, in the Moroccan Rif region, known for its complex and unstable geology. The main objective is to identify and understand the geological and geotechnical factors responsible for these instabilities, in order to propose safe and effective management strategies. This work is also helping to enrich scientific documentation on this little-studied area. The analysis begins with an overall assessment of the region, focusing on the road alignment under study. The assessment mainly includes topographical and hydrological characterization, as well as identification of the geological formations making up the road embankments, and the various landslides affecting them. It then focuses on two key sectors: Tizi Ouadrene and Tarmast, with more detailed analyses. The methodology is based on three main axes: field work, laboratory tests and the use of advanced computer tools. The results reveal the diversity and complexity of the region in terms of topography, hydrology, climate, and geology, with a predominance of schist and marl formations. The compact schists of Tizi-Ouadrene show marked vulnerability due to a dense network of geological discontinuities, creating zones of weakness. Embankments made of these schists are prone to settlement, particularly due to their evolving nature, which favors slope failures. Furthermore, weathered schists, with a high content of fine particles, exhibit sensitivity to water saturation, reducing their resistance to shear forces. They also tend to deform progressively under load, until they break. The marls of Tarmast share these characteristics, but exhibit even greater sensitivity due to its higher fine particle content. Water and its flow are shown to be key factors in the destabilization of embankments. Other factors, such as steep slopes, seismic tremors, and freeze-thaw cycles, also affect the stability of these slopes. The synergistic action of these different factors plays a crucial role in landslide triggering mechanisms. In addition, insufficient field reconnaissance and the lack of precision in numerical modeling constitute additional anthropogenic factors contributing to the failure of certain stabilization approaches, such as geometric reshaping. Finally, this thesis provides concrete recommendations for more rigorous stability studies and safer embankment designs. For example, the installation of a properly dimensioned drainage system, adapted to the geotechnical and geometric characteristics of the embankments, as well as to the site's geological, topographical, hydrological, and climatic conditions, is essential.

Key Words:

Rif, Taza-Al Hoceima Expressway, Road Embankments, Schist, Marl, Landslides, Geological Discontinuities, Water Saturation, backfills, Road Drainage System, Numerical Modeling.