



ETUDES GEOLOGIQUE ET RECOMMANDATION TECHNIQUES POUR UN EVENTUEL NOUVEAU TRACE PLAN DE LA PORTION DE ROUTE QUI RELIE FES A MY YAACOUB (NORD MAROC)

GEOLOGICAL STUDIES AND TECHNICAL RECOMMENDATIONS FOR AN EVENTUAL NEW TRACK MAP OF THE PORTION OF ROAD THAT CONNECTS FES TO MY YAACOUB (NORTH MOROCCO)

| Mohammed Boukhir ¹ | Jamal Mohamed ¹ | Meriam Lahsaini ² | et | Ahlam Mounadel ² |

¹. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah | Faculté des Sciences et Techniques de Fès | Département de l'environnement | Laboratoire Géoressources et Environnement | Fès | Maroc |

². Université Sidi Mohamed Ben Abdellah | Faculté Polydisciplinaire de Taza | Département de Géologie | Laboratoire Ressources Naturelles et Environnement | Taza | Maroc |

| Received | 28 October 2017 |

| Accepted | 21 November 2017 |

| Published 26 November 2017 |

RESUME

La route nationale qui relie au nord du Maroc, la ville de Fès à celle de Moulay Yacoub est potentiellement instable et sensible aux glissements sur une distance de 4,5 kilomètres. Cette instabilité est aggravée par la présence d'un substratum argilo-marneux et facilitée par des talus à fortes pentes. Le tracé de cette portion de route évolue à travers un relief vallonné marqué par un grand nombre de vallées séparées par des crêtes où les pentes ont des valeurs qui dépassent 10 % par endroit. Les versants de ces vallées et vallons témoignent d'anciens glissements. Les dégradations constatées au niveau de la chaussée de cette portion de route sont de type soit structurelle telles que les déformations ou les fissures longitudinales, soit superficielles du genre fissures transversales ou effondrements suite au glissement des accotements. **Objectifs** : cette étude donne un diagnostic des problèmes d'instabilité de la route et la solution appropriée à ces problèmes. Elle propose des solutions sur l'érodabilité et les glissements des sols sur pente affectant la chaussée. **Méthodes** : Pour éviter ces problèmes de mouvements de terrains, on propose, après une description détaillée des propriétés des sols, un nouveau tracé qui passerait notamment au centre de la crête située juste avant l'entrée de la ville de Moulay Yacoub mais également en haut des agglomérations des douars Msayess et El Kahf. Ce nouveau permettra d'éviter ou minimiser les phénomènes naturels d'instabilité de la chaussée. **Résultats** : Les résultats de cette étude sont d'une grande utilité pour les responsables en leur proposant la solution qu'il faudra prendre afin d'éviter les nombreuses dépenses souvent coûteuses en intervenant à chaque fois qu'il ya dégradations de cette route de plus en plus fréquentée. **Conclusion** : la solution géomorphologique que nous proposons permet de diminuer les effets de phénomènes érosifs et les conséquences qui leurs sont liés. Elle fait face aux problèmes de ruissellement et de dégradation des routes et des chaussées, surtout en saisons humides.

Mots-clés : Glissement, effondrement, dégradations de la route et chaussée, Moulay Yacoub, Nord Maroc.

ABSTRACT

The national road that connects in northern Morocco, the city of Fez to that of Moulay Yacoub is potentially unstable and sensitive to landslides over a distance of 4.5 kilometers. This instability is aggravated by the presence of a clay-marl substratum and facilitated by slopes with steep slopes. The road of this section evolves through a hilly landscape marked by a large number of valleys separated by ridges where the slopes have values that exceed 10% in places. The slopes of these valleys and valleys bear witness to old landslides. The damage observed at the road surface of this portion of the road are either structural (deformation or longitudinal cracks) or superficial (transverse cracks or collapses due to the sliding of the shoulders) type. **Objectives**: This study provides a diagnosis of the road instability problems and appropriate solutions to these problems. It offers solutions erodibility and landslides affecting soil on sloping pavement. **Methods**: To avoid these land movement problems, a new road is proposed that would pass in particular to the center of the ridge located just before the entrance of the city of Moulay Yacoub but also top agglomerations douars Msayess and El Kahf. This new route will avoid or minimize the natural phenomena of pavement instability thanks to its topographical profile. **Results**: The results of this study are of great value for managers by offering the solution that will be necessary to avoid the many expenses often expensive by intervening each time there are degradations of this road. **Conclusion**: the geomorphological solution that we propose makes it possible to reduce the effects of erosive phenomena and the consequences that are linked to them. It faces problems of runoff and degradation of roads and pavements, especially in wet seasons.

Key words: Slip, collapse, road and pavement deterioration, Moulay Yacoub, North Morocco.

1. INTRODUCTION

Dans le Prérif au nord du Maroc, les glissements de terrain sont assez fréquents. Ces phénomènes affectent notamment la portion de la route qui relie la ville de Fès à celle de Moulay Yacoub sur une longueur de 4,5 km (Figs. 1 et 3). L'intervention d'urgence à chaque fois qu'il y a dégradation de la route liée aux glissements et aux phénomènes d'érosion pendant les

saisons très pluviales constitue une dépense non négligente aux responsables. Les travaux de la stabilisation comprennent plusieurs étapes et demandent un certain temps qui perturbe la circulation pendant les travaux d'entretiens.

Cette recherche a donc pour objectif de donner un diagnostic des problèmes d'instabilité de la route et la solution appropriée à ces problèmes. Elle permettra de comprendre les enjeux et l'interprétation de l'érodabilité et des glissements des sols sur pente, supportant la chaussée de cette route. La solution que nous proposons permettra d'éviter ou au moins ralentir les éventuelles futures glissements ou érosions souvent provoqués par les ruissellements en saisons humides.

Ce travail commence par un rappel lithologique des formations géologiques de cette région et leurs conséquences sur l'instabilité de la route au niveau de cette zone. Il propose une solution adéquate pour une meilleure stabilité de cette portion de la route. Cette solution se basera notamment sur les données géologiques en relation avec la topographie. Une description des propriétés des sols est nécessaire pour comprendre les causes du problème avant la reconstruction d'un éventuel nouveau tracé de la route.

Les résultats de cette étude sont d'une grande utilité pour les responsables en leur proposant la solution qu'il faudra prendre afin d'éviter les nombreuses dépenses souvent coûteuses en intervenant à chaque fois qu'il ya dégradations de cette route de plus en plus fréquentée.

2. SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le tracé de la route reliant la ville de Fès à celle de Moulay Yacoub est longue d'une vingtaine de kilomètres. La région que traverse cette route se caractérise par de nombreuses sources thermales qui surgissent au sein des formations marneuses d'âge miocène du Pré-rif marocain [1] (Fig. 1).

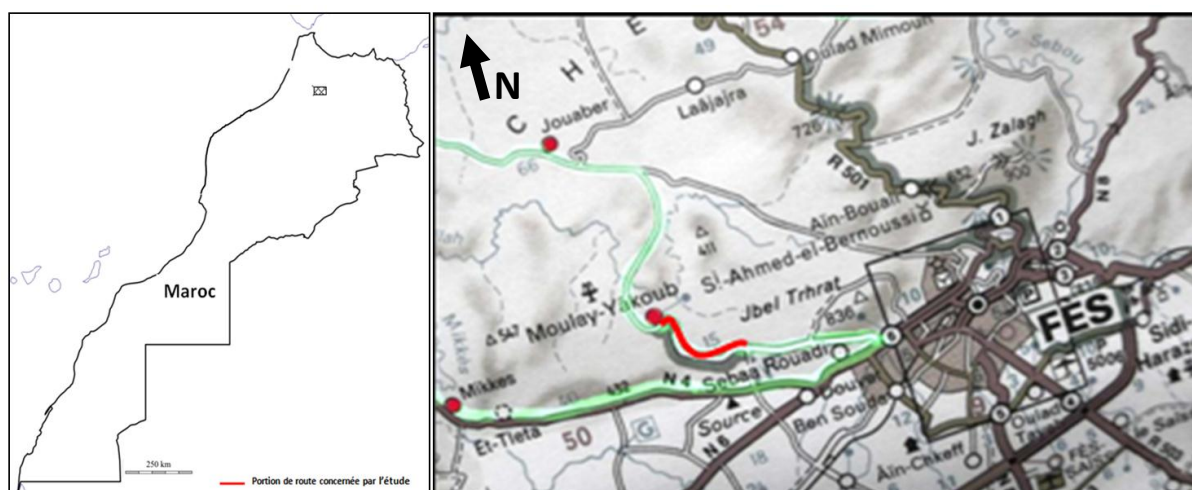


Figure 1 : Localisation de la portion de route concernée par cette étude

2.1 Lithologie de la zone étudiée : Au niveau de la colline des douars Oued Rachid et El Kahf (au NE de la ville de Fès), les sols sont composés de sédiments très fins, argileux ou argilo-sableux, peu consolidés englobant des éléments conglomératiques. Ces formations superficielles en raison de la présence d'éléments gossiers et de leur granulométrie discontinue, ils manifestent une certaine instabilité et glissent assez facilement lorsqu'ils sont imbibés d'eaux notamment en saisons humides (Fig. 3 et 4). Les argiles de cet endroit sont de moyenne plasticité [2]. La principale particularité de ces argiles est la caractéristique gonflante. On les considère comme une des formations les plus sensibles aux glissements de terrain de la région en raison de la présence d'éléments conglomératiques et de leur granulométrie discontinue. Ils manifestent alors une mauvaise stabilité et glissent assez facilement lorsqu'ils sont imbibés d'eaux notamment en saisons très humides.

Les cicatrices de glissement de terrains en contrebas de la route témoignent de cette instabilité de sols, sont constitués notamment par des dépôts argileux ou marneux. Ces derniers peuvent participer à la déstabilisation des talus de la route.

2.2 Lithologie et processus d'érosion régional : Cette région très vallonnée connaît une dynamique érosive très importante. Elle se présente sous forme de collines argileuses ou marneuses à morphologie très ravinée. Les terrains en pente subissent l'effet des événements pluviométriques qui ravinent les surfaces à chaque saison pluviale. Les conséquences de l'érosion des versants sont assez fréquentes là où les formations superficielles sont composées de

matériaux marneux et peu compacts [3]. La morphogénèse de cette zone est liée à des surfaces topographiques très inclinées où les incisions sont particulièrement visibles sur des sols marneux.

Cette morphologie vallonnée est largement répandue dans la région. Elle se développe sur les formations marneuses d'âge Miocène. D'ailleurs, l'intensité des phénomènes érosifs dans la région cause des dégradations des infrastructures en l'occurrence les routes et pose par conséquent des problèmes qui lui sont associées, notamment la perturbation du trafic routier, en particulier lors des travaux d'entretien.



Figure 2 : La figure montre le cas de fissurations et d'effondrement des accotements suite à l'érosion à la sortie d'un exutoire mal protégé.

3. RESULTS

3.1 Caractéristiques géotechniques et signes d'instabilité des formations superficielles :

Les investigations que nous avons menées montrent que les sols de cette zone se caractérisent par la présence des marnes à caractère gonflant, dans les formations superficielles de cette localité. En effet, les terrains sur lesquels est tracé cette route se transforment en un matériau très plastique en saisons humides ; grumeleux, poreux, et friable en périodes sèches. Ce qui lui donne le caractère gonflant. Ce phénomène est plus accentué au niveau des versants de vallées qu'au niveau des sols supportant les chaussées où l'écart des variations de teneurs en humidité est relativement faible à cause du revêtement qui empêche l'évaporation de l'eau [4, 5].

Ainsi, ce processus différentiels de gonflement provoque des déséquilibres statiques qui se manifestent par des fissurations qui apparaissent souvent vers le bord de chaussée et les accotements. Ce phénomène s'accroît sous l'effet du trafic, qui affecte les bords de la chaussée du tronçon situé à quelques centaines de mètres avant l'arrivée à la ville de Moulay Yacoub. Les fissures qui s'observent sur le bord de la chaussée constituent ainsi des voies d'infiltration de l'eau de pluie, ce qui provoque un déséquilibre et donc un glissement ou effondrements de ces accotements (Fig. 2). La dégradation finit alors par affecter l'ensemble de la chaussée sous l'effet du trafic.

Ajoutons à cela, les eaux de ruissellements superficielles issues du drainage le long des chaussées qui s'accumulent au niveau des accotements non bétonnés. Ces derniers sont souvent directement en contact avec les matériaux instables des talus (Fig. 2). Cette situation fait augmenter le degré de leur érosion entraînant ainsi une diminution de la résistance de l'ensemble de la structure et exige un entretien permanent et coûteux. Autrement, la dégradation des accotements va se propager progressivement vers l'axe central de la chaussée.

3.2 Tracé actuel :

Cette portion de la route évolue à travers un relief vallonné. Elle débute au niveau du douar Ouled Rachid situé à 5 kilomètres avant l'arrivée à Moulay Yacoub (Figs.1 et 3). Cette zone est caractérisée par la présence de parcelles agricoles privées dont les terrains sont généralement en pente. Le profil en long est plutôt descendant dans le sens de la ville de

Moulay Yacoub, présentant des virages à courbes relativement serrées. Le tracé de cette portion de la route passe en grande partie sur des versants de collines à forte pente notamment avant l'entrée de la ville.

3.3 Tracé proposé :

Le tracé que nous proposons passera à quelques dizaines de mètres au-dessus de l'actuel tracé en passant par-dessus des agglomérations (douars) dites Msayess et El Kahf avant de descendre en traversant le sommet de la colline qui se situe juste avant l'entrée de la ville (Fig. 3). Ce nouveau tracé sera mieux protégé contre l'érosion ou mouvements de terrains puisque la route passera par des terrains moins accidentés topographiquement. Pour un meilleur équilibre entre la stabilité du sol et la topographie, on recommande un tracé qui passera par des points dont les coordonnées géographiques sur le système de coordonnées universel WGS84 sont résumés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Points de tracé dont les coordonnées géographiques en degré décimal, sur le système de coordonnées universel WGS84.

Point	Latitude	Longitude
P1	34.0608	-5.1517
P2	34.0602	-5.1591
P3	34.0599	-5.1636
P4	34.0609	-5.1681
P5	34.0621	-5.1721
P6	34.0639	-5.1739
P7	34.0666	-5.1755
P8	34.0689	-5.1765
P9	34.0712	-5.1750
P10	34.7196	-5.1739
P11	34.0766	-5.1706
P12	34.0790	-5.1708
P13	34.8127	-5.1694
P14	34.0830	-5.1684
P15	34.0845	-5.1687
P16	34.0860	-5.1704
P17	34.0871	-5.1729
P18	34.0890	-5.1743

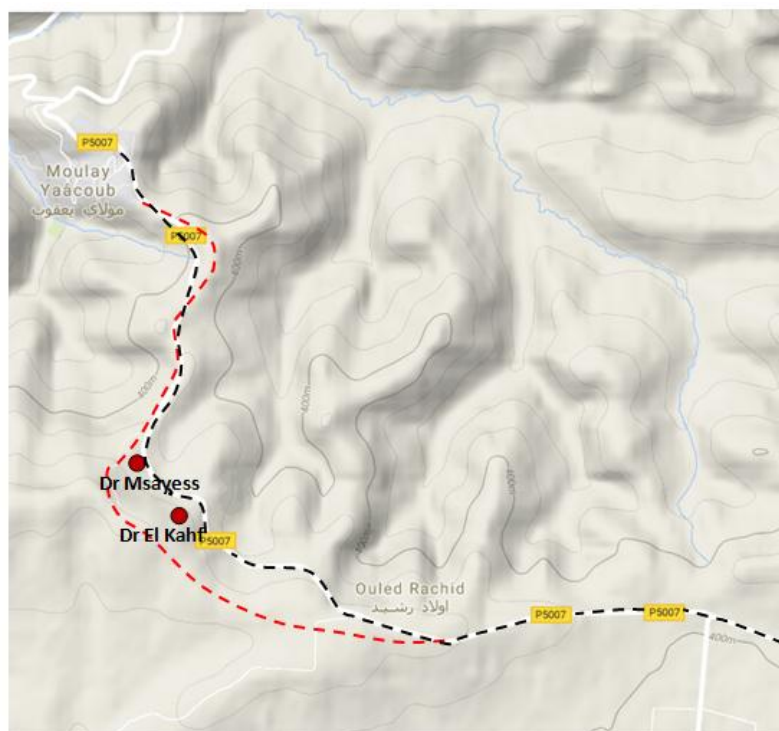


Figure 3 : La figure montre le tracé actuel (en point tirés noirs, P5007) et le tracé proposé par cet étude (en points tirés rouges).

3.4 Etat du lieu des glissements de terrain dans cette zone :

Des glissements ont déjà été constatés au niveau de cette portion de la route (Fig. 4). Il s'agit des mouvements de terrains qui ont causé par endroit, des arrachements de la chaussée et donc, à chaque fois, des réaménagements de zones affectées ou fragilisées [6]. Ils existent actuellement en bordure de cette route des empreintes de glissement de terrains témoignant de l'instabilité des sols au niveau de cette portion de la route (Fig.2). Ces glissements sont engendrés en particulier par les ruissellements des eaux non canalisés. Elles sont également liées à la nature argileuse et peu consolidée des formations superficielles dans cette zone et à la forte saturation des sols en eau pendant les saisons très humides.



Figure 4 : Exemples de glissement de terrain sur pente le long du tracé actuel.

4. DISCUSSION

4.1 Equilibre d'érosion et justificatifs du choix du tracé :

Les versants des collines de cette région montrent des pentes plus ou moins accentuées et qui s'érodent sous l'effet de ruissellements ou de glissement de terrain. Ainsi les sédiments se déplacent le long des pentes par-dessus des formations marneuses imperméables en grande partie. Ce phénomène d'érosion est soutenu par le fait que la région est soumise à un soulèvement tectonique résultant d'un mouvement global de la plaque africaine qui avance vers la Péninsule ibérique [7, 8]. Le façonnement de ces collines pré-rifaines dépend alors de ce soulèvement tectonique, du degré des matériaux arrachés de ces formations superficielles grâce à des mouvements de terrain. Ainsi, il est logique que la géomorphologie de cette région vallonnée corresponde à un état limite de déséquilibre perpétuel suite aux mouvements tectoniques du Pré-rif de façon continu.

L'examen topographique des formations traversées par cette route montre que les pentes des affleurements sont assez fortes et dépassent souvent 10%. Il faut signaler que la géométrie actuelle de ces terrains en pente est accentuée par une succession de glissements causés par l'instabilité continue de sols argileux.

Parmi les conséquences de ce déséquilibre géomorphologique, il y a les dégradations de cette route régionale par l'érosion ou glissements de terrain. Cependant, et pour résoudre ce problème, les responsables se contentent seulement d'entretiens inadaptés à ce type de sol à topographie très accidentée. Par conséquent, on ne fait alors que reculer le problème en faisant reculer le tracé de quelques mètres, à chaque effondrement de la chaussée, vers le sommet de colline qui la traverse.

C'est pour contrer ce phénomène de dégradation perpétuel de cette route qui passe par des versants de terrains en pente, qu'il faudra prévoir alors la configuration d'un tronçon qui résiste aux aléas géologiques à très long terme et proposer les limites du recul maximum possible de la route. Pour cette raison, nous proposons un nouveau tracé où les effets de l'érosion par l'eau seront les plus équilibrés possible et leurs conséquences seront minimales.

De tel choix de tracé montre un avantage économique puisqu'il demandera un entretien moins fréquent et un drainage des eaux de pluie facile à contrôler. Il permettra alors de minimiser le risque des mouvements de terrains comme c'est le cas actuel où la route passe sur des terrains en pente.

Ce tracé sera déterminé par un équilibre topographique et géotechnique des formations traversées par cette route en se basant sur l'examen géométrique des pentes actuelles et les conditions géomorphologiques de stabilité.

Le but est de proposer un tracé au niveau duquel le sol est considéré en état d'équilibre limite. Cet équilibre vient du fait que le tracé ne subira pas l'accumulation des eaux de ruissellement comme c'est le cas au niveau du tracé actuel le long du versant oriental à la sortie des exutoires. La route sera alors protégée des risques de glissement de terrains par les agglomérations (douars) qui se situeront désormais en contre bas par rapport au nouveau tracé. Ainsi, il subira moins les effets éventuels d'érosions par les écoulements souvent très énergétiques sur pentes et causes de dégradations de la chaussée. Ainsi, le profil proposé se maintiendrait plus longtemps en équilibre, présentera moins de ruptures de pente. La stabilité de ce profil dépendra alors de la stabilité de la colline entière ou des douars qui se trouverait en contre bas du nouveau tracé. D'autre part la chaussée du tronçon qui passera par la crête qui se situe juste à l'entrée de la ville de Moulay Yacoub, connaîtra à son tour un équilibre géomorphologique et érosif. Cependant, la stabilité de la route à ces endroits sera augmenté et mieux à l'abri des phénomènes de mouvements de terrains.

4.2 Techniques préventives d'érosion ou antiérosives et recommandations :

Afin de minimiser l'impact de l'érosion et donc du coût d'entretien de cette portion de la route. On propose en plus du changement du tracé de la route, un certain nombre de techniques et méthodes qui permettent d'empêcher ou diminuer les conditions favorables à l'érosion en protégeant les zones les plus sensibles.

Parmi ces techniques, il faudra chercher à ralentir les effets d'écoulement des eaux de ruissellement tout en empêchant l'eau d'atteindre des surfaces sensibles à l'érosion. Ceci est possible en protégeant les terrains peu stables par rabotage des pentes afin de mieux contrôler leur érosion. Ainsi, il faudra créer des pentes en marches d'escalier avec des contremarches en pierres ou en béton le long des chaussées. Cette technique à obstacles a pour objectif de diminuer la vitesse d'écoulement, cause principale d'érosion et donc des mouvements de terrain.

Pour s'assurer d'un meilleur drainage des eaux de pluie au niveau de la chaussée. Les fossés doivent être prévus assez largement pour remplir leur rôle. Une pente minimum est donc nécessaire. Un revêtement des fossés est recommandés afin d'éviter des ravinements qui risqueraient de détruire les accotements des chaussées. Les exutoires dans lesquels se vident les eaux recueillies par les fossés latéraux doivent être canalisés jusqu'au fond de vallées. Pour éviter l'érosion, voir les glissements de terrain par les eaux de ruissellement (Figs. 5 et 6), les canaux ou fossés de décente sur pentes doivent être étanche (Fig. 7).

Au niveau des pentes de part et d'autre de la chaussée, il faudra créer des canaux intercepteurs des eaux de ruissellements qui permettraient de diriger l'eau. Le fond et les abords de ces canaux doivent être stabilisés par un enrochement pour ralentir la vitesse de ruissellements, causes essentielles de l'érosion.

Afin d'éviter d'éventuels rejets des eaux de drains (Fig. 6), causes de ravinements des accotements ou même de mouvements de terres de part et d'autre de la route, les exutoires dans lesquels se vident les eaux recueillies par les fossés latéraux doivent être canalisés jusqu'au fond de vallées afin d'éviter l'érosion voir glissement de terrain par les eaux de ruissellements.



Figure 5 : La figure presente le ravinement par les eaux d'un exutoire mal protégé.



Figure 6 : La figure montre l'érosion et ravinement par ruissellement en saison pluviale de terrain argileux sur pente.

A la hauteur du point dont les coordonnées WGS84 sont $34^{\circ}5' N$ et $5^{\circ}10' W$, la solution d'un mur de soutènement en béton armé est recommandée (Fig. 7). En effet, l'établissement d'un mur avec une semelle assez large diminuera l'instabilité en évitant l'effet d'érosion par les écoulements des eaux d'exutoires et les glissements de terrains sur pente.

La chaussée de la portion qui traverse la colline juste avant la décente au centre-ville de Moulay Yakoub sera limitée, au sens géométrique du terme, par les bords internes du déblayage du sommet de cette colline (Fig. 8). Le décapage de l'ouverture de tronçon doit être suffisamment profond pour obtenir une plateforme assez stable.

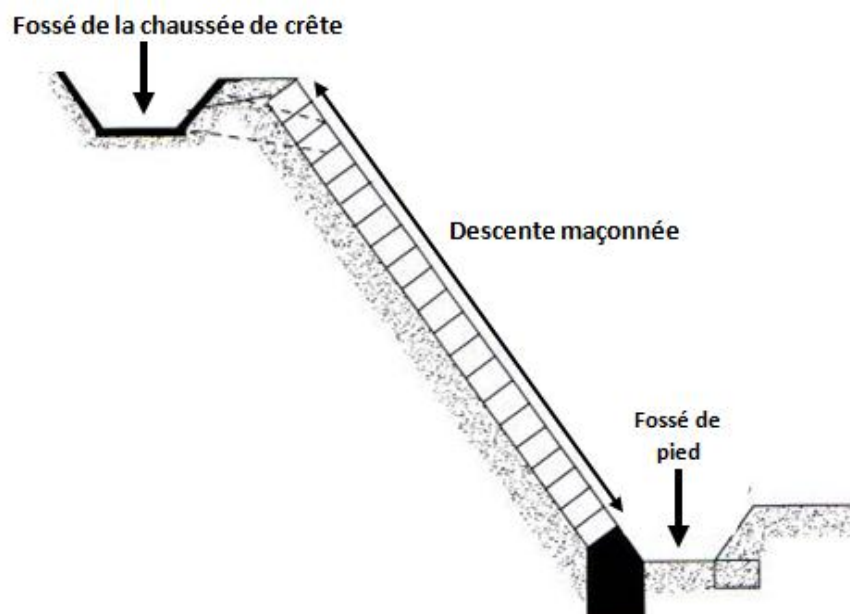


Figure 7 : Canalisation des écoulements sur pente pur éviter l'érosion et glissement de terrains.

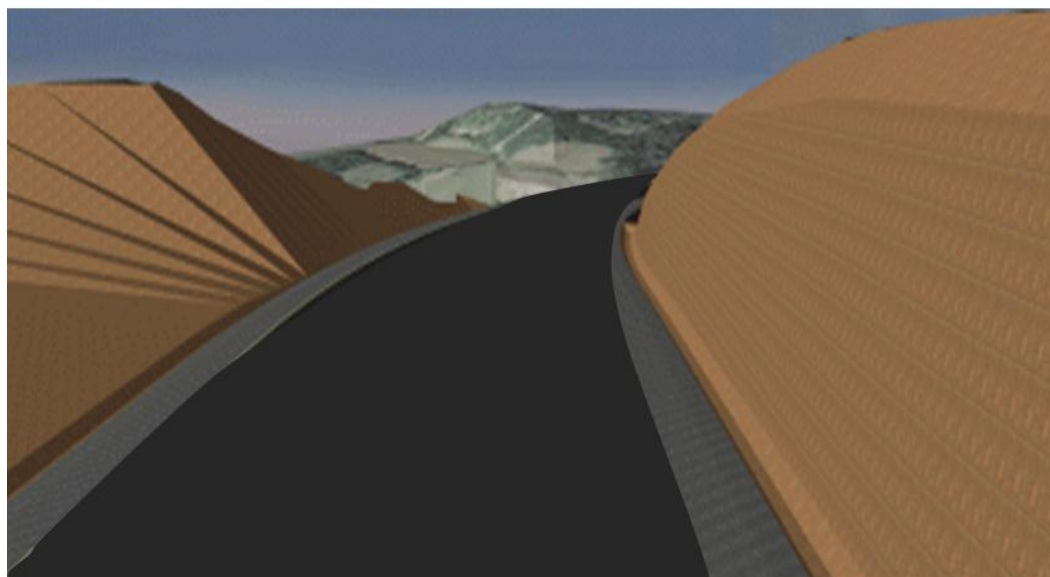


Figure 8 : Modèle géomorphologique de l'éventuelle chaussée passant au sommet de la colline située juste à l'entrée de la ville après déblayage.

Pour éviter l'érosion des talus internes dus au déblayage de cette portion de la route, on propose de les stabiliser par éléments rigides, dont par exemple l'utilisation des arcades bétonnées antiérosives (Fig. 9). Cette technique permettra de minimiser les effets d'érosion par ruissellements pluviales [9]. Une autre solution, plus écologique et moins coûteuse contre l'érosion hydrique peut être envisagée : c'est le cas de reboisement des talus de cette portion de la route par des espèces d'arbres adaptées à ce type de sols afin de leur donner une meilleure cohésion (Fig. 10).

Pour une meilleure évacuation des eaux internes de la structure de la chaussée, nous recommandons également un système de drainage aux bords de la chaussée à travers des fossés bétonnés pour éviter le ravinement des accotements sur pente. On suggère également une protection des zones déblayées pour éviter tout effondrement ou glissements par les circulations souterraines pendant les saisons très humides.



Figure 9 : La figure montre un exemple d'arcades avec fossés bétonnés.



Figure 10 : La figure présente un exemple de boisement de talus antiérosif à recommander.

5. CONCLUSION

Cette proposition de modification du tracé de la route principale entre les villes de Fés et Moulay Yakoub au nord du Maroc, aura des conséquences directes sur la durée de vie de la chaussée mais également sur les coûts que peuvent engendrer l'entretien répétitif des chaussées. Le nouveau tracé permettra de minimiser de façon substantielle l'impact des phénomènes naturels causant la dégradation des chaussées.

L'intérêt de cette recherche est d'optimiser la durabilité de la chaussée. La stabilité de la route dépendra ainsi de celle de la colline entière du côté ouest de cette portion, mais également celle du versant sur lequel sont bâties les agglomérations (douars) d'Ouled Rachid, d'El Kahf et de Msayess. Ainsi, cet ajustement partiel du tracé de cette route permettra de limiter les dégradations futures des chaussées.

L'évaluation des conséquences de l'érosion hydrique dans cette région a révélé l'instabilité des formations superficielles composées essentiellement de terrains marneux. Cette instabilité provoque de façon répétitive la dégradation de la route

particulièrement au niveau de cette portion. Cette dégradation par les phénomènes naturels est aggravée par des ruissellements en saisons humides. Ce qui suggère la solution géomorphologique que nous proposons qui permettra de diminuer les effets de phénomènes érosifs et les conséquences qui leurs sont liés.

Le choix du tracé proposé par ce travail prend alors en considération la topographie du terrain, mais également les caractéristiques lithologiques peu fiables sur les versants de cette localité. Ainsi, en adoptant le choix d'un nouveau tracé, on augmenterait les chances de stabilité de cette route dont la stabilité sera liée à celle de toute la colline et des deux agglomérations de villages qui seront traversés par ce nouveau tracé.

6. REFERENCES

1. Lakhdar A., Ntarmouchant A., Rbeiro M.L., Beqqali M., El Ouadeihe K., Benaabidate L., Dahire M., Driouche Y. et Ben Slimane A. Nouvelle Approche Géologique et Géodynamique du Complexe Hydrothermal de Moulay Yacoub (Bordure Septentrionale du Sillon Sud Rifain), Communication Géologique, 2006, t. 93, pp. 185-204.
2. Tribak A. Facteurs climatiques de l'érosion hydrique dans quelques bassins du Rif marocain : cas de la province de Taza actes du XXème colloque de l'AIC « Climat, tourisme environnement » Carthage, Tunis, Septembre 2007, pp. 550 – 555.
3. Maurizot P., Delfau M. Cartographie de la sensibilité à l'érosion, Province Sud de Nouvelle-Calédonie. Rapport BRGM n° R 38660. 1995, BRGM : Nouméa, 72 planches.
4. King D., Le Bissonais Y. Rôle des sols et des pratiques culturales dans l'infiltration et l'écoulement des eaux. Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France, Paris, 1992, vol. 78, n° 6, p. 91-105.
5. Collinet J., Valentin C. Analyse des différents facteurs intervenant sur l'hydrodynamique superficielle. Applications agronomiques. Cahiers ORSTOM, série Pédologie, Paris, 1979, vol. 17, n° 4, p. 283-328. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/cahiers/PTP/18635.PDF
6. Tribak A. Quelques exemples de mouvements de terrain dans le Pré-rif oriental (Maroc). Méditerranée, 1997, Vol. 86. Numéro 1. pp. 61-66. http://www.persee.fr/doc/medit_0025-8296_1997_num_86_1_2991
7. Cherai B., Charroud M., Lahrach A., EL Moutaouakil N. Le front sud rifain une expression complexe d'une tectonique tangentielle à la limite du bassin de Sais au Mio-Pliocène et au Quaternaire (Région de Fès, Maroc). Colloque international à la mémoire de Feue A. Faure Muret, Rabat, Maroc, 2004, p. 13.
8. Charroud M., Bouamama CH., Benabdelhadi M. Christophe F. Impact de la néotectonique quaternaire sur la dynamique sédimentaire du saïs (maroc) : du bassin d'avant fosse pliocène au plateau continental quaternaire, Quaternaire, 18, (4), 2007, p. 327-334. <https://quaternaire.revues.org/1199>
9. Chehlafi A., Kchikach A., Derradji A. Étude de l'érosion pluviale des talus autoroutiers au Maroc et proposition d'un système de protection par arcades bétonnées : application aux sections Tanger-Port Tanger Med et Fès-Taza. Géologues n°194, Revue de la société Géologique de France. Septembre 2017, pp. 93-99. http://geosoc.fr/sommaires-et-resumes-geologues/cat_view/4-revue-geologues/32-sommaires.html

Citer cet article : Mohammed Boukhir, Jamal Mohamed, Meriam Lahsaini, et Ahlam Mounadel. ETUDES GEOLOGIQUE ET RECOMMANDATION TECHNIQUES POUR UN EVENTUEL NOUVEAU TRACE PLAN DE LA PORTION DE ROUTE QUI RELIE FES A MY YAACOUB (NORD MAROC). American Journal of Innovative Research and Applied Sciences. 2017; 5(6): 424-433.

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>