

CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET IMPACT SUR LE RESEAU ROUTIER
CAS DE L'EXPERIENCE DE LA DPET DE CHEFCHAOUEN

Article rédigé par MM

Mohammed El Mounir Directeur Provincial de l'Equipeement et des Transports de Chefchaouen .

Khalid Abdellaoui Chef de la Division des Ouvrages d'art à la Direction des Routes

RESUME

Le réseau routier de la province de chefchaouen se développe dans des zones de la chaîne du rif à morphologie fortement ondulée, avec des sols constitués principalement de schistes, de marnes et d'argiles de différentes origines, de flysch, d'alluvions et d'éboulis anciens.

Sur le plan pluviométrie, l'intensité des pluies enregistrée atteint et dépasse la valeur de 30 mm/heure, sous forme d'averses, caractère significatif de la climatologie de la zone.

La combinaison de ces facteurs est à l'origine d'une érosion importante accompagnée de l'apparition de glissements de terrain et d'éboulis.

Le réseau routier de chefchaouen a subi pendant les périodes pluvieuses 2008-2009 et 2009-2010 particulièrement sévères du fait d'une pluviométrie exceptionnelle, des dégâts avec différentes pathologies et une répartition spatiale élargie ayant nécessité dans le souci constant d'assurer la continuité et la sécurité de la circulation une mobilisation particulière et une organisation s'adaptant à la situation.

Sur le plan technique, les dégâts ont été classés selon leur complexité et les cas maîtrisés ont vu le montage et la réalisation de solutions particulières adaptées, touchant plus de 80% des points recensés.

De cette expérience vécue, et de l'analyse de la situation de certains points récurrents sont nées certaines convictions formulées sous forme de recommandations pouvant participer à l'enrichissement de l'expérience pratique nationale dans la perspective de leur partage avec essentiellement les régions connaissant les mêmes problèmes.

INTRODUCTION

Le Maroc fait partie des pays les plus vulnérables aux changements climatiques que ce soit en termes de réchauffement ou de stress hydriques répétés. Les observations sur les 30 dernières années témoignent de tendances, non homogènes au réchauffement et au déficit pluviométrique. Les situations orageuses ont dans le même temps augmenté d'intensité, en particulier sur la côte méditerranéenne.

Ce sont des crues éclairs ou massives provoquées par des phénomènes météorologiques extrêmes qui ont frappé le Maroc, on cite dans ce sens les crues des années 1995, 1996 et 2002.

A chefchaouen, la période d'observation 2008-2009-2010 a révélé une grande vulnérabilité des infrastructures routières aux changements climatiques (notés, sur le plan de l'intensité des pluies et la durée de la période sèche de l'année).

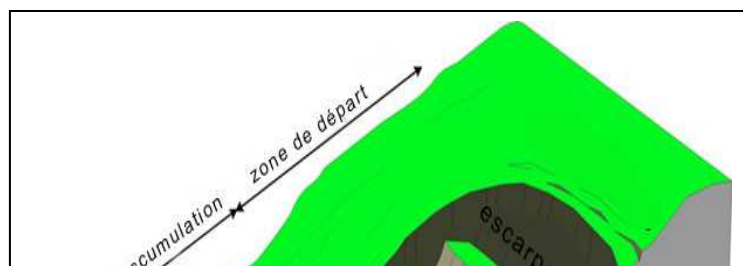
En période de pluies, nous avons noté des écoulements superficiels très intenses, une grande saturation des sols et des niveaux d'eau dans les lits d'oued non égalés durant ces 30 dernières années.

Les risques encourus sont essentiellement dans une province comme chefchaouen, liés à la coupure de la circulation du fait du déclenchement d'instabilités dues aux glissements de terrain superficiels ou profonds et de sapement des berges d'oueds pour le cas des routes longeant des écoulements.

Notion de Glissement de terrain

Un glissement de terrain est un phénomène géologique où une masse de terre descend d'une pente, autrement dit un plan de glissement plus ou moins continu, plus ou moins plan ou incurvé.

Après la mise en mouvement la masse conserve globalement sa consistance et sa physionomie. Elle est toujours reconnaissable, ce qui permet de différencier les glissements de terrain des coulées de boue qui n'ont pas de forme propre.



Facteurs déclenchant

Les facteurs déclenchant des glissements de terrain sont résumés comme suit :

- Une diminution des résistances du sol ;le cas le plus fréquent est la diminution de l'angle de frottement interne des argiles sous l'effet de l'eau.
- Une augmentation des charges en amont.
- Une diminution des appuis en pied de pente (cas d'un terrassement mal étudié)
- Plus rarement, un facteur déclenchant peut être une vibration (explosion ou séisme)

I- DONNEES ET DESORDRES SUR LE RESEAU ROUTIER

1- Hauteurs de pluie enregistrées :

Pour l'analyse de l'évolution de la pluviométrie dans la province de chefchaouen, trois stations sont retenues, celle de chefchaouen ville, de Bab taza et de Bab berred.

Les données sont celles des périodes pluvieuses entre novembre de l'année n et Avril de l'année n+1 en mm.

Pour les saisons 2006-2007, 207-2008, 2008-2009 et 2009-2010.

	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Chefchaouen ville	312	755	994	1545
Bab taza	444	705	1134	1685
Bab berred	878	1082	2075	3675

D'une simple lecture des valeurs des hauteurs de pluies enregistrées, il ressort une évolution variant de **280% à 395%** entre la saison 2006-2007 et 2009-2010.

La violence des pluies est notée sur 3 mois de la saison entre décembre de l'année n et février de l'année n+1.

Pour la saison 2009-2010 il s'agit de plus de **80%** des chutes qui se sont concentrées sur la période décembre 2009 et février 2010.

2- Le réseau routier touché :

Le réseau routier structurant de la province de chefchaouen a été touché sur plusieurs points.

Lors de période pluvieuse 2008-2009

Sur le réseau national

9 points de glissement ont été recensés sur la RN13 entre les PK 46 et 80

16 points de glissement ont été recensés sur la RN2 entre les PK 128 et 157

Sur le réseau régional

7 points de glissements sont recensés sur la RR410 entre les pk 67 et 100

6 points sont recensés sur la RR419 entre les PK 2 et 15

1 point de glissement est recensé sur la RR412 au niveau du PK 2

Sur le réseau Provincial

Plusieurs routes sont touchées par des glissements de terrain superficiels

Le point le plus critique a été recensé au niveau du pk 51+500 de la RP4103

La période pluvieuse 2009-2010 a été particulièrement violente,

On a noté à la date de mars 2010

Plus de 30 points de glissement au niveau de la RN2 avec 2 glissements importants

Plus de 10 points de glissement au niveau de la RN13

Malgré les hauteurs de pluie, la RN 13 a présenté un bon comportement et ce sont des glissements de terrain rattachés à la création de nouvelles chaabas et à la défaillance des ouvrages hydrauliques qui sont apparus avec une manifestation de moindre ampleur.

3- Les désordres

Les désordres subits par la plateforme routière sont très diverses, on peut les classer en 3 familles :

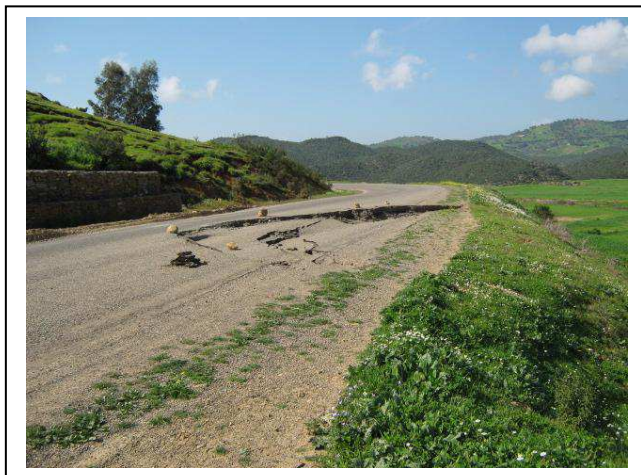
- dégradation partielle ou totale de la plateforme routière
- dépôts de matériaux sur la chaussée sous forme d'éboulis
- déformation et cassures d'ouvrages hydrauliques et de soutènement

4- Incidences sur la circulation routière :

Une réelle perturbation de la circulation routière a été vécue, nécessitant l'intervention des équipes de la DPET pour les rétablissements provisoires, la gestion alternée de la circulation et même la définition et l'aménagement d'itinéraires de rechange.

La multitude des points de glissement et des désordres a rendu la tâche relative à la gestion de la circulation encore plus difficile.

Le recours aux moyens matériels des entreprises était une nécessité pour faire face à certaines situations évolutives (cas du point bouhella sur la RN2)



PK : 51+500 de la RP 4103

Glissement s'étendant à la moitié de la chaussée
(problème d'assainissement et de drainage)



RN13 PK : 67+100 (murs en surcharge)

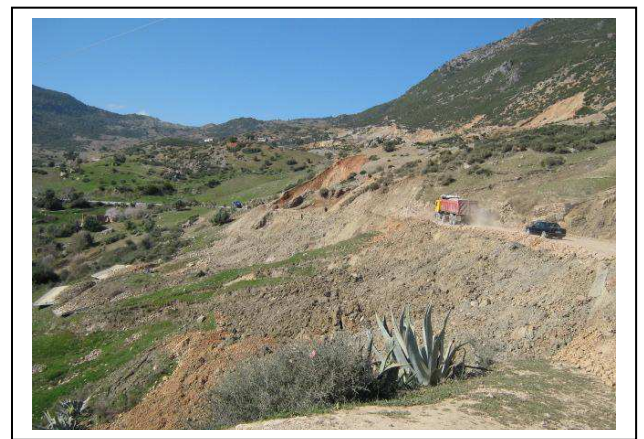


RN13 PK : 49+000 (sapement de la butée)

Cas de glissements importants :



RP4103 – PK : 51+000



RN2 – PK133+600(bouhella)

II-TRAITEMENT DES DESORDRES DUS AUX GLISSEMENTS DE TERRAIN

A-METHODOLOGIE DE TRAVAIL

En réaction à cette situation particulière, la direction des routes est intervenue en soutien des équipes locales.

L'organisation du travail a été réalisée comme suit :

- une réaction à court terme avec un objectif majeur, à savoir le rétablissement rapide de la circulation
- l'apport d'expertise afin de permettre à travers l'analyse des pathologies, la définition de solutions adaptées à chaque cas rencontré.
- La préparation des travaux et leur réalisation avant la nouvelle période pluvieuse.

1- Réaction à court terme :

La reprise rapide de la circulation sur les tronçons touchés par les glissements de terrain est passée par les étapes suivantes :

- Evaluation des dégâts
- Rétablissement provisoire de la circulation :
 - Dégagement des éboulis
 - Rechargement par du tout venant des zones d'affaissement
 - Ouverture des fossés et des OH
 -
- Surveillance du réseau :
 - signalisation routière appropriée
 - suivi des sections évolutives
 - inspection continue des routes à fort trafic à la recherche de nouveaux glissements.

2- **Expertise :**

L'équipe chargée de l'analyse des glissements survenus a procédé à la visite de tous les points recensés, son travail a été organisé comme suit :

- recensement des points de glissement et leur classification selon la nature des dégâts et l'ampleur des glissements.
- Analyse des causes de glissement et du comportement des systèmes existants relatifs à l'assainissement et au drainage.
- développement de solutions de traitement relatives à l'assainissement, au drainage et au soutènement souple des petits glissements formant les 90% des cas étudiés.

3- **Réalisation d'études approfondies**

Pour certains glissement ayant mobilisé d'importantes masses de terrain et dont les signes apparents dénotent de l'existence d'un plan profond de glissement, nécessitant pour leur qualification, la mise en place de moyens de mesure appropriés, tels que les inclinomètres et la réalisation de sondages géotechniques, une expertise externe a été recherchée.

4- **Préparation et réalisation des travaux :**

La réalisation des travaux de traitement des points de glissement ,nécessitait au préalable la finalisation des études avant la fin du mois d'avril 2009 afin de permettre le respect des procédures normales des appels d'offres, de la mobilisation de la concurrence et l'approbation des marchés.

Réellement les premiers travaux sur la RN13 ont commencé en juin 2009.

Sur la RN2 les travaux n'ont pu être entamés que vers le mois de juillet 2009 et ont été rattrapés par la période pluvieuse 2009-2010.

B-ANALYSE DE L'EXISTANT ET SOLUTIONS DEVELOPPEES

Analyse de l'existant :

Les dégâts traités sont dus essentiellement à des glissements superficiels, dont le facteur déclenchant principal est la chute de la résistance du sol du fait d'écoulements non maîtrisés et de la saturation des remblais routiers.

Les ouvrages d'assainissement existants, essentiellement des buses emboîtées, ont favorisé le développement de glissements du fait de la concentration des écoulements sur les butées du talus et le déclenchement d'instabilités irréversibles.

De même, de légers tassements, favorisent le désemboîtement des buses et l'infiltration massive des eaux dans le corps de remblais devenant saturés et provoquant le glissement.



Pour plusieurs cas rencontrés, l'eau a participé auprès d'autres facteurs, tels les surcharges inutiles des remblais routiers sous forme de murs poids ou murs en gabions avec un problème de fondations, permettant essentiellement un élargissement relatif de la plateforme routière.

Les sections longeant des écoulements importants, se sont trouvées confrontées au sapement des butées de leurs remblais.

Pour ces cas aucun système de protection n'a été développé par le passé et l'action entreprise lors des traitements de ces glissements était à caractère curatif.

Les talus de déblais à leur tour connaissent un manque criant en matière de traitement des eaux superficielles et de drainage interne.

L'analyse des systèmes existants relatifs à l'assainissement, principalement les fossés longitudinaux montre le manque d'une analyse complète sur la base de la circulation des eaux superficielles. Ainsi sur certaines sections les fossés bétonnés ne s'arrêtent nulle part malgré l'importance de la pente, le caractère affouillable du terrain et l'importance des éboulis.

Les écoulements de surface sont envoyés directement sur les remblais sans descentes d'eau, d'où les traces de ravinement profond relevés le long des routes.

Les sur largeurs et accotements sont devenues des zones de stagnation des eaux et d'infiltration dans le corps du remblai routier, d'où la nécessité d'imperméabilisation de ces surfaces et de système de guidage des eaux vers les ouvrages hydrauliques et les descentes d'eau.

Solutions développées :

L'ensemble des solutions développées et réalisées pour le cas des glissements de la saison 2008-2009 sont des combinaisons de solutions primaires adaptées à chaque cas et à l'ampleur des dégâts.

Volet assainissement et drainage :

- les ouvrages hydrauliques retenus sont des dalots au lieu des buses et sont placés en dehors des zones d'instabilité.
- Les fossés bétonnés sont posés sur des tranchées drainantes raccordées elles mêmes aux puisards et têtes des ouvrages hydrauliques, elles permettent de récupérer les eaux dans les talus de déblais et diminuer ainsi la charge sur les remblais routiers.
- L'amont et l'aval des ouvrages hydrauliques sont aménagés pour assurer l'écoulement des eaux vers l'ouvrage et puis leur évacuation loin de zones sensibles et des pieds de talus.
- L'étanchéisation des accotements et l'évacuation des eaux vers des descentes d'eau bien positionnées guidées par des bourrelets permet une réduction notable des infiltrations de surface.

Volet soutènement

- les soutènements de remblais sont réalisés par des murs en « L » en béton armé, dont la stabilité est assurée en grande partie par le poids des remblais qu'ils supportent.
- Les remblais sur les murs sont constitués de matériaux légers avec un système de drainage permettant une évacuation rapide des eaux infiltrées.
- Au pied des murs se sont des risbermes étanches qui sont prévues et des descentes d'eau permettant aux eaux de drainage d'être évacuées loin des remblais.
- Les gabions sont mis en place de manière à assurer aux remblais à soutenir une structure interne en profondeur .ces murs sont appuyés sur une plate forme stable.

Volet protection

- la protection contre les sapements des talus par l'écoulement des eaux d'oueds est assurée moyennant le tapissage des talus par une carapace d'enrochements sur du géotextile. La butée est réalisée par une réserve de pied en enrochements .c'est un calcul hydraulique qui permet l'arrêter les cotes des protections, les vitesses d'écoulement et la hauteur d'affouillement permettent de dimensionner la butée et les calibres des enrochements.
- Des murs poids de hauteur limitée sont définis pour participer à la stabilité des talus de déblai, renforcés par des systèmes de drainage interne, des réductions de pentes et la mise en place de risbermes.

Volet Hydraulique :

- tenant compte des changements climatiques intervenus ces dernières années, des volumes de charriage libérés et du risque de glissement, les ouvrages hydrauliques sont dimensionnés pour une crue de projet de 100 ans et ce afin d'éviter la submersion de la chaussée et les affouillements de remblais.

III-EVALUATION DES AMENAGEMENTS REALISES :

La période pluvieuse 2009-2010 a permis de constater un très bon comportement des aménagements réalisés.

Des améliorations seront introduites pour le renforcement du drainage interne des remblais routiers (drains transversaux) .

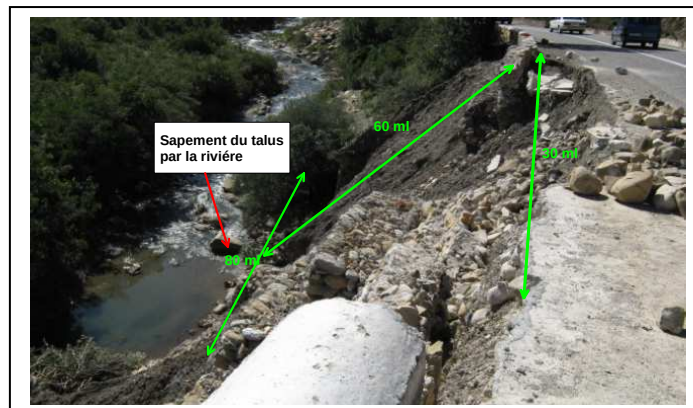
Les dimensions des ouvrages hydrauliques en forme de cadres fermés (dalots) doivent être au minimum de 1,5X1,5 pour permettre leur curage manuel en période de préparation.

Les fossés de crêtes doivent être introduits pour un meilleur assainissement de l'environnement routier.

Les points de glissement non traités avant la période pluvieuse ou dont les travaux se sont arrêtés à cause des pluies ont constitué des points faibles avec une évolution des dégâts ayant mené à des cassures totales des ouvrages hydrauliques en buses.



Aménagement réalisé au niveau du pk49+000 de la RN13 et vue du fonctionnement d'un drain sous fossé bétonné



Etat de la dégradation en février 2009 (PK49+000 de la RN13)

VI-RECOMMANDATIONS :

SUR LE PLAN STRATEGIQUE :

Considération des changements climatiques :

A ce stade d'évolution de la gestion de l'infrastructure routière, nous pensons qu'il est actuellement temps de développer une stratégie globale d'adaptation aux changements climatiques intégrant une dimension prospective.

C'est ainsi que certaines actions doivent être entreprises :

- Intégration des études d'environnement dans les études routières.
- Développement d'une expertise nationale

Pour une meilleure optimisation des interventions, nous pensons qu'il est temps de développer des cartes de risques délimitant les zones sensibles pour lesquelles des études poussées doivent être initiées pour le moyen terme.

Pour le court terme, et pour l'ensemble des routes stratégiques, une action d'envergure est à déclencher afin de combler le manque en traitement de l'environnement dans le but de limiter l'impact des changements climatiques sur le secteur des transports.

SUR LE PLAN PRATIQUE :

- sur le plan de la gestion des dégâts un effort particulier doit être fait pour permettre la finalisation des études et la réalisation des travaux avant l'avènement de la période humide suivante.
- il y'a lieu de revoir nos méthodes de conception de la route et de ses ouvrages :
 - des tunnels de faibles dimensions permettent d'éviter les terrassements dans des zones d'instabilité.
 - Utilisation des nouvelles techniques de soutènement en terre armée et parois clouées.
- le traitement des écoulements doit se faire, lorsque c'est nécessaire même loin de l'emprise routière (aménagement des entrées d'OH et de leurs exutoires)
- Certains types d'ouvrages, tels les buses emboîtées, doivent être remplacés par d'autres structures (les dalots) moins sensibles aux tassements des sols saturés d'eau.
- Les directions territoriales dans les zones à risques d'instabilités de terrain telles chefchaouen, doivent être dotées du matériel nécessaire à l'intervention rapide :
 - des camions de 20m3
 - une pelle sur pneus
 - Deux chargeurs
 - Une niveleuse
 - Un compacteur (14tonnes)
 - Un porte char au niveau régional