

**ANALYSE GENERALE DU
PHENOMENE DE GLISSEMENT
DE TERRAIN
AU NORD DU MAROC
IMPACT SUR LE RESEAU
ROUTIER**

**M^r. : MOHAMED HIMMI
CHEF DU SERVICE RECHERCHE
(CNER)**

RESUME

Le nord du Maroc présente des caractéristiques géologiques, géomorphologiques, pluviométriques et géotechniques particulières. Chaque année des dizaines de glissements de terrain sont identifiés par leur impact, particulier, sur le réseau routier de la région.

Cet impact se traduit parfois par des pertes matérielles considérables.

L'article proposé présente quelques résultats obtenus dans le cadre du projet "Talus du Rif":

- une synthèse sur la géologie, la géomorphologie et le climat du Rif, à partir d'une revue bibliographique et d'une compilation de données de terrain;

- résultats de l'inventaire des glissements affectant le réseau routier et des données techniques qui les caractérisent;

- produits de collecte des données géotechniques et leur interprétation globale;

- La présentation des premiers résultats d'une analyse concernant les solutions confortatives pratiquées au Maroc, pour le traitement préventif et curatif des zones instables concernant le réseau routier. Cette analyse fait ressortir l'importance du drainage, superficiel ou profond, comme solution de traitement des instabilités couramment pratiquée ou suggérée par les gestionnaires des routes.

Le Nord du Maroc, de par la géologie et la géomorphologie particulières de ses terrains, l'intensité et le rythme des précipitations qui l'affectent, est caractérisé par une forte instabilité de ses sols. La zone du Rif et du pré-Rif connaît chaque année des dizaines de mouvements importants de terrains qui causent des désordres aux habitations, aux terres agricoles, au réseau ferroviaire, et plus particulièrement au réseau routier.

Dans le cadre de l'étude de ces phénomènes, l'un des objectifs à atteindre, est de répertorier les mouvements de terrains survenus dans cette région, de collecter et d'analyser les données existantes relatives à ces mouvements, de recenser les solutions confortatives adoptées et d'analyser leur efficacité. Un autre objectif est l'exploitation des données pour la constitution d'une base de données sous forme d'un fichier d'informations, concernant les mouvements de terrains, et susceptible d'être mis à jour au fur et à mesure de l'accumulation et de l'exploitation des données.

La présente communication se propose de présenter quelques résultats pratiques relatifs à ces objectifs. Ils sont issus de l'étude, en cours, du phénomène de glissements de terrains affectant le réseau routier, au Nord du Maroc, dans le cadre du thème de Recherche intitulé "Talus du Rif".

I/- COLLECTE ET SYNTHESE DES DONNEES EXISTANTES.

Pour ce faire, plusieurs actions ont été entamées:

- la collecte et l'analyse des études ponctuelles relatives au phénomène de glissements de terrains qui ont été effectuées dans la région;
- le lancement d'enquêtes auprès des Directions Provinciales des Travaux Publics (DPTP) et auprès d'autres organismes concernés;

L'organisation de plusieurs missions de terrain, accompagnées de prises de contacts directs avec des responsables des DPTP, de certaines collectivités locales, du Laboratoire Public d'Essais et d'Etudes (LPEE), de la Direction des Eaux et Forêts et de l'Office National des Chemins de Fer (ONCF).

Ces actions ont permis, de répertorier une centaine de cas de glissements de terrains et de regrouper des informations les concernant, L'exploitation des données disponibles a été entamée; elle consiste en une analyse et une présentation sous forme de fiches synthétiques par glissement.

Ces fiches présentent pour chaque cas de mouvement de terrains des informations concernant les éléments suivants:

- la localisation du mouvement (généralement par la catégorie et le point kilométrique de la route affectée, la liaison assurée par la route, et la Direction Provinciale des Travaux Publics concernée);
- L'illustration du site en mouvement (généralement par photos);
- une description sommaire, relative aux caractéristiques du site, au type du mouvement, à son étendue, à la date de l'incident et aux dégâts entraînés;
- les références des rapports d'études relatives au mouvement de terrains considéré;
- les causes principales du mouvement, d'après les études effectuées;
- la présentation de la stratigraphie et de quelques paramètres caractéristiques des sols au droit du glissement (extraits des résultats des reconnaissances et des essais effectués);
- des données pluviométriques issues de la station météorologique proche du site en mouvement (histogramme de répartition des hauteurs mensuelles des précipitations déterminées sur plusieurs années d'observation);
- les remèdes, type de solutions adoptées ou proposées.

De l'examen des fiches techniques établies, des résultats des enquêtes et des travaux de reconnaissance effectués sur le terrain, une analyse globale des mouvements de terrains est présentée et permet en particulier la mise en évidence de:

- l'existence effective de phénomènes de glissements de terrains variés et multiples et leur ampleur dans la chaîne rifaine;
- l'impact socio-économique considérable du problème;
- l'absence d'études préalables visant à éviter les zones à risque ou en vue d'adopter les traitements préventifs adéquats, avant la réalisation des ouvrages;
- la mise en place répétée et parfois inefficace de systèmes de confortation.

II / INVENTAIRE DES MOUVEMENTS DE TERRAIN-RENSEIGNEMENTS GLOBAUX

Nous présentons dans ce qui suit, principalement l'analyse des cas qui ont attiré l'attention des services provinciaux des travaux publics, ou constatés lors des missions de terrains, par les désordres qu'ils ont causé à certains ouvrages. Ils concernent particulièrement le réseau routier, pour lequel les documents techniques ont pu être réunis rapidement.

2-1) Répartition par type d'ouvrage endommagé et par DPTP

Le tableau n°1 présente, par Direction Provinciale des Travaux Publics, le nombre de glissements routiers recensés, jusqu'au début de 1992, ainsi que des désordres ayant affecté d'autres ouvrages.

Les grandeurs de ce tableau montrent l'impact du phénomène de glissements de terrains sur le réseau routier, particulièrement dans les trois provinces de Chefchaouen, Tétouan et Tanger. La majorité des cas inventoriés à Chefchaouen concerne le tronçon entre Bab Taza et Bab Berred de la RP 39, qui correspondent pour la plupart à des glissements de talus de déblais et de remblais.

**TABLEAU N° 1 : REPARTITION DES GLISSEMENTS
PAR DPTP ET PAR TYPE D'OUVRAGE AFFECTE**

DPTP	NOMBRE DE GLISSEMENTS ROUTIERS	AUTRES OUVRAGES AFFECTES/DESORDRES
Tanger	17	- Voie ferrée au nord d'Asilah
Tétouan	19	- Désordre au niveau de certaines constructions entre PK 38 et 40 de la RS 704 - Mouvements constatés au niveau du site du projet de barrage Martil.
Chefchaouen	42	Désordres entraînant l'abandon de l'internat du collège Lamchichi et la protection du siège de la province
Taza	6	- Désordres affectant la voie ferrée (déviation Matmata). - Désordres au niveau d'habitations au village Azifat (Boured)
Fès	6	
Taounate	6	Une zone de la ville non urbanisée à cause du risque de glissements de terrains.
Al Houceima	1	- Désordres constatés dans des bâtiments en ville (bâtiment de la marine marchande et annexe de l'hôtel Quemado.

2-2/- Répartition spatiale des glissements inventoriés et carte de risque

Une définition des zones en mouvement et le degré de risque correspondant, comptent parmi les objectifs de l'étude. Dans le cadre de l'analyse de l'existant dans ce domaine, il y a lieu de signaler le travail présenté en 1963 par Millies-La croix.

- La carte établie à petite échelle (1/1.000 000) montre la répartition des principales zones exposées aux mouvements de terrains en distinguant neuf zones d'intensité croissante.

L'établissement de cette carte a été basée sur les cinq facteurs suivants:

- la lithologie;
- la topographie;
- le climat;

- la végétation;
- l'action anthropique.

Le report des glissements inventoriés sur la carte de risque de Millies- La croix (1963) permet de constater que certaines zones déclarées instables, d'après cette carte, coïncident avec une série de glissements importants.

Ceci montre l'intérêt qu'il y a à poursuivre le travail dans ce domaine en vue de redéfinir une carte de risque plus complète, qui tienne compte d'autres paramètres tels que:

- des données d'enquêtes élargies à tous les organismes concernés;
- les données de photo-interprétation et de télédétection;
- les structures géologiques mieux connues actuellement par les géologues.

Les éléments rassemblés permettent de relever certaines caractéristiques pour diverses zones, sur la base de particularités portant sur la topographie, la nature du sol, l'hydrogéologie et l'ampleur des mouvements rencontrés:

Zone 1:

*** L'axe Tanger**

- Ceuta sur la côte méditerranéenne;
- pentes faibles,
- sol à dominance argileuse,
- niveau élevé de la nappe,
- mouvements complexes d'une ampleur moyenne caractérisés généralement par une continuité jusqu'à la mer

Zone 2:

*** zone nord- ouest du centre-Rif:**

- pentes raides,
- sols schisteux à marneux (hétérogènes),
- grands glissements.

Zone 3:

* l'axe Aknoul (Taza - Taounate):

- sols marno-calcaires,
- pentes assez raides,
- glissements de très grande importance.

Zone 4:

* région de Fès:

- pentes moyennes à faibles,
- sols à dominance marneuse-argileuse,
- problèmes de fluage et coulée de faible volume.

Ces éléments sont trop partiels pour conduire dès à présent à une définition régionale précise des zones à risque.

2-3/- Répartition des mouvements selon le type d'étude effectuée

La collecte des études ponctuelles effectuées à ce jour a permis de disposer de rapports d'études, pour une quarantaine de cas de glissements, constitués en majorité par les rapports du LPEE pour le compte des DPTP du nord, et par certains travaux du service d'études des gites minéraux du Ministère de l'Energie et des Mines.

De l'analyse de ces rapports, on constate que:

- aucun cas de glissement n'a fait l'objet d'étude ou d'analyse préalable de stabilité, avant l'apparition de désordres sur des ouvrages;
- dans les cas où des études ont été entreprises après les glissements, elles se sont généralement limitées à faire une reconnaissance des sols et une analyse des désordres en vue de proposer des solutions confortatives puis de les dimensionner. Dans quatre cas seulement, a été menée une étude de stabilité, dans le but d'analyser les coefficients de sécurité dans différentes conditions;

- dans aucun cas n'a été menée une étude de stabilité en prenant en compte la solution adoptée, afin de vérifier la variation du coefficient de sécurité calculé;

La reconnaissance des sols a été effectuée, dans la plupart des cas, par des puits qui ont servi au prélèvement des échantillons pour la réalisation des essais de laboratoire, l'établissement de la stratigraphie des terrains et l'indication du niveau de la nappe. Les essais in-situ, généralement rares, réalisés en plus de la reconnaissance par puits, ont consisté en:

- sondages au pénétromètre dynamique (21 % des cas étudiés);
- sondages au pénétromètre statique (8 % des cas étudiés);
- sondages au pressiomètre (un seul cas).

III/- CLASSIFICATION DES MOUVEMENTS DE TERRAINS

La classification des mouvements de terrains est complexe, compte tenu des agents responsables des mouvements, en particulier la variété des matériaux et des pentes de talus concernés. Elle est néanmoins nécessaire voire même indispensable, car:

- c'est un moyen d'ordonner et de simplifier des phénomènes, et ainsi de connaître mieux les caractéristiques de chaque type de mouvement. Elle représente un outil de reconnaissance, susceptible d'aider à l'élaboration d'un projet;

- c'est également un moyen de chercher rationnellement les remèdes appropriés. La classification peut aider à décider de la nécessité de conforter, puis de choisir globalement entre les systèmes confortatifs.

Il existe une grande diversité de classifications, parfois contradictoires, dans le domaine des mouvements de masse, basées sur différents facteurs et différentes hiérarchies.

Les facteurs de différenciation proposés consistent en:

- 1- l'âge du mouvement;
- 2- le degré d'activité;
- 3- le type géographique;
- 4- la localisation géographique;
- 5- le type de climat;
- 6 - a- le type de matériau déplacé;
b- les dimensions de ce matériau;
- 7- la géologie;
- 8- le type de mouvement, qualitatif;
- 9- la vitesse relative du mouvement;
- 10- la teneur en eau, air ou glace;
- 11- a- les causes du mouvement;
b- le mécanisme initial du mouvement;
- 12- a- la morphologie du matériau déposé;
b- la morphologie de la surface de rupture;
- 13- les propriétés géotechniques.

Les facteurs de classification proposés par 9 auteurs ont été hiérarchisés par Hansen (1984), facteurs principaux, facteurs secondaires et facteurs comparatifs .

Les classifications les plus utilisées actuellement sont celles de:

- Hutchinson (1968), basée sur huit classes, la relaxation, le fluage, l'affaissement, les glissements, les mouvements de débris ou des coulées, les écroulements, les chutes et les mouvements complexes;

- Varnes (1978), qui distingue les types de mouvements, en fonction du type de matériaux et de leurs dimensions .

- Pilot et Colas (1976), basée sur quatre classes, les écroulements, les glissements, le fluage et les coulées; à l'intérieur de ces catégories, des sous

catégories ont été établies en fonction:

- * de la nature des matériaux;
- * de la cinématique du mouvement;
- * de la forme de glissement;
- * de la présence ou de l'absence d'eau.

Il est encore prématuré, dans le cas des mouvements de masse dans le Rif, de proposer une classification propre, ou d'en adopter une qui soit adéquate. Toutefois il apparaît qu'en se basant sur la classification de Pilot et Colas, une distinction relativement claire des mouvements de terrains puisse être présentée.

Il y a lieu de signaler que les quatre familles de mouvements de terrains proposées dans cette classification peuvent être identifiés dans le Rif.

Les écroulements

Des écroulements rocheux de falaise ou écroulements par fluage d'une couche tendre se rencontrent le long de certains oueds tels que oued Nakhla en aval de la RP28, oued Laou en aval de la RS 608. Les oueds agissent au pied des versants rocheux par affouillement, et entraînent l'écroulement de masses importantes.

Les glissements

Les glissements se produisent plutôt dans les milieux composés de matériaux meubles, et constituent la famille de mouvements de masse la plus courante, surtout sous forme de glissements rotationnels. Dans ce type de mouvement, il se produit un basculement de la masse glissée le long d'une surface plus ou moins circulaire. Le basculement peut entraîner un déplacement le long de la ligne de rupture de quelques dizaines de mètres.

On rencontre aussi bien des glissements rotationnels simples (exemples : RP28 au PK232+900 et CT8302 au PK18+500, en amont de la chaussée), que complexes (RS704 entre les PK38+700 et 40+300 entre la route et la Mer Méditerranée).

Les glissements peuvent être profonds (RS304 au PK78 et au PK132, RP39 au PK29+900), ou superficiels à l'exemple du CT 4052 au PK 17,5.

Le fluage

Les phénomènes de fluage, par opposition aux cas précédents, sont caractérisés par la lenteur des mouvements, sous l'application d'efforts constants, qui évoluent avec des déplacements faibles vers un état ultime qui peut être soit la stabilisation soit la rupture. Avant cet état ultime, il est difficile de mettre en évidence une surface de rupture.

Des symptômes de fluage se rencontrent surtout dans les versants naturels argileux et marneux très plastiques du Pré-rif (RP26 - RS302,...). Ils se manifestent par exemple, par un avancement lent de terrain sur la chaussée et sur les ouvrages de confortement, des inclinaisons d'arbres ou de poteaux téléphoniques ou électriques et des moutonnements en surface des versants.

Les coulées

Les coulées, assimilées à des problèmes de transport de matériaux par l'eau, se rencontrent dans le Rif sous différents aspects:

- les coulées boueuses qui accompagnent généralement les grands glissements comme celui sur la RP39 à Bouhalla ou celui de la RS602 au PK22,
- les coulées pierreuses ou de débris, dont un exemple spectaculaire est celui d'Amtrasse sur la RP39 entre Bab Taza et Bab Berred (présente l'apparence d'une avalanche).

Enfin, il y a lieu de rappeler la complexité du problème de classification des mouvements de masse et la difficulté d'identification sur le terrain de certains cas rencontrés. Sur un même site, différentes classes de mouvement peuvent être combinées, un cas typique est celui de la RS704 entre les PK38+700 et 40+200).

Comparativement aux mouvements de masse dans différentes régions du monde, le Rif constitue un "laboratoire grandeur nature" où toutes les dimensions et les types d'instabilité s'observent.

IV/- CAUSES DES MOUVEMENTS DE TERRAINS

Un mouvement de terrains peut rarement être attribué à une seule cause. Les études menées après un glissement de terrains doivent, en principe, mettre en évidence le facteur ou les facteurs prédominants dans le processus de déclenchement du mouvement pour en tenir compte dans la proposition des remèdes. D'une manière générale, il y a lieu de distinguer dans le cas du Rif des facteurs géologiques, hydrologiques et hydrogéologiques, et des facteurs liés aux caractéristiques mécaniques des matériaux, puis à l'intervention de l'homme.

4-1/ Effet de l'eau

D'après l'analyse des rapports d'études réalisées pour certains glissements recensés, il ressort que l'eau est le facteur génétique prédominant. Son effet a été signalé pratiquement dans tous les rapports, sous plusieurs formes:

- absence ou inefficacité des systèmes de drainage à l'amont et à l'aval des chaussées;
- dégradation de la butée aval par sapement et érosion superficielle des talwegs;
- pluviométrie exceptionnelle;
- effets de la nappe dont les niveaux déclarés sont dans la plupart des cas compris entre 1 et 2,5 m de profondeur par rapport au terrain naturel, sans dépasser 5,5 m. Le degré de saturation des sols, dans les cas où il a été déterminé, se situe généralement entre 90 et 95 %.

L'effet des eaux infiltrées, qui alimentent des nappes souterraines, est particulièrement important, et la nature de certaines formations de terrains rencontrées favorise ces infiltrations (alternances calcaire - argile et argile marne sensible aux variations de teneur en eau). D'après Mariotti, (1990), l'eau infiltrée dans les pentes supérieures à 15 % peut facilement se mettre en charge dans les pores, les discontinuités ou les diaclases des terrains, entraînant des actions très dangereuses pour la stabilité, telle que l'accroissement de pressions interstitielles réduisant ainsi la résistance au cisaillement des sols.

4-2/ Caractéristiques des matériaux

Le deuxième facteur prédominant dans les causes déclarées des glissements, est lié aux caractéristiques physiques, mécaniques et rhéologiques des matériaux rencontrés, et leur nature.

On peut noter pour les glissements étudiés, la dominance des argiles moyennement plastiques dans le Rif et de marne très plastiques dans le pré Rif, en ce qui concerne les couvertures superficielles. En profondeur, on note la dominance des argilo-schistes, des marno-calcaires et des marnes indurées.

Les reconnaissances réalisées dans certains cas, à l'aide du pénétromètre dynamique ou statique, ont révélé une limitation des zones glissées à des niveaux compris entre 4 et 9 m par rapport au terrain naturel.

Les glissements survenus concernant donc différentes natures de formations de sol, qui sont souvent caractérisées par une hétérogénéité en profondeur.

Les résultats des essais de laboratoire mettent en évidence une très forte sensibilité à l'eau des matériaux rencontrés, caractérisés par une diminution de la résistance au cisaillement, un retrait et un gonflement fonctions de la teneur en eau.

Les causes d'instabilités sont multiples et variées, géologiques, géomorphologiques mais également mécaniques, type de matériaux, eau, facteur anthropique. Les études à venir, initiées dans les différentes disciplines présentées dans les chapitres précédents, permettront de clarifier d'avantage ces éléments.

V/- ANALYSE DES SOLUTIONS DE TRAITEMENT DES ZONES INSTABLES DANS LE RIF

5-1/ Introduction

Au cours des différentes missions de terrains effectuées par l'équipe du Projet "Talus du Rif", il a été remarqué qu'une large gamme de solutions confortatives est pratiquée dans le Rif. On rencontre:

- les soutènements rigides et souples;
- les drainages superficiels et profonds;
- la terre armée;

Malheureusement, il est à noter qu'il y a:

- une absence totale de documents relatifs aux suivis de la réalisation des solutions;
- un manque de description détaillée des solutions pratiquées;
- une absence totale de bilan permettant d'évaluer l'efficacité d'une solution par rapport à l'autre, dans le passé.

5-2/ présentation des enquêtes réalisées

Dans le but de recenser et d'évaluer les solutions pratiquées au Maroc pour le traitement préventif et curatif des zones d'instabilité, une première enquête a été lancée pendant le deuxième semestre 1991, au niveau des gestionnaires du réseau routier dans les Directions Provinciales des Travaux Publics du Nord du Maroc (Tanger, Chefchaouen, Taza, Taounate et Fès).

L'approche poursuivie pour évaluer les solutions pratiquées est basée sur l'observation et la collecte d'information la plus exhaustive possible de ces solutions et de leur comportement, puis la comparaison avec l'éventail des solutions possibles.

Le formulaire d'enquête a permis d'acquérir les informations concernant les points suivants:

- L'identification et la localisation des sites traités ou à traiter;
- le type de solutions adoptées ou prévues dans l'une des familles suivantes:

- * excavations;
- * soutènements;
- * drainage;
- * autres.

- L'évaluation des solutions sur le plan coût et comportement, d'après le jugement des maîtres d'ouvrages; - les suggestions générales des gestionnaires en ce qui concerne les traitements préventifs nécessaires.

Pour l'évaluation du comportement des solutions recensées, il est prévu une seconde étape basée sur des visites des sites parallèlement à une analyse détaillée des documents correspondants.

5-3/- Résultats des enquêtes

La première enquête a permis d'obtenir des informations sur 71 cas de glissements de terrains pour lesquels des données étaient disponibles. Leur exploitation a permis de constituer une base de données informatisée.

5-3-1 Renseignements globaux

Une première analyse de cette base de données conduit aux remarques suivantes:

- la Direction Provinciale des Travaux Publics (DPTP) de Tétouan vient en tête des six DPTP concernées par les glissements analysés, avec 47,8%, du nombre total des glissements. Elle est suivie de Fès (21 , 1 %), Chefchaouen (12,7%) Taza (7,04%) puis Tanger et Taounate (5,6%).

- Les glissements analysés concernent aussi bien des routes principales (21,4%), des routes secondaires (6,7%), et des chemins tertiaires (12,8%).

- Plus de 60% de ces glissements correspondent aux deux nappes géologiques des Bni-Idère et Prérifaine. Il y a lieu de rappeler que:

* la nappe des Bni-Idère est composée principalement par du flysch sous forme de marnes grises sablo-miacées et feldspathiques à bancs de grès calcaireux à ciment, surtout constitué d'argile (illite);

* la nappe prérifaine correspond aux formations marginales du sillon externe, caractérisées par la prédominance des faciès marneux.

Par ailleurs, les cas de glissements (20 cas), pour lesquels on dispose d'étude de laboratoire, la majorité indique que la nature du sol est marneuse ou argileuse.

5-3-2/Traitement des glissements de terrains routiers au Maroc

Il y a lieu de signaler une absence totale d'étude ou d'analyse préalable de stabilité, avant l'apparition des désordres. Ainsi, dans la plupart des cas les solutions apportées sont curatives et interviennent après la constatation d'un glissement.

Par ordre décroissant d'utilisation, les classes de solutions confortatives sont

- le drainage;
- les soutènements;
- les excavations.

a-/ Drainage

D'après l'analyse des rapports d'études réalisées pour certains glissements, l'effet de l'eau ressort comme étant le facteur génétique le plus dominant. La crainte des eaux rapportée par tout le monde se traduit par le grand intérêt accordé aux solutions par drainage. Les résultats de l'enquête montrent que les solutions de drainage (seuls ou combinés avec d'autres) constituent 52% de l'ensemble des solutions pratiquées.

Le drainage superficiel est surtout constitué par:

- des fossés bétonnés (33 % du total des solutions de drainage) pour collecter les eaux superficielles (surtout au niveau de la chaussée) et les acheminer vers un exutoire;
- et par le remodelage superficiel des versants pour faciliter l'écoulement (24,5 %)

Le drainage en profondeur est constitué principalement par:

- des tranchées longitudinales (parallèles à l'axe de la route) remplies de matériaux drainants (18,8%);
- des tranchées drainantes transversales (5,7 %).

b-/soutènement

Tenter de charger le pied d'un glissement pour arrêter son mouvement fait partie des réflexes des ingénieurs routiers dans leur recherche de solutions confortatives. Les résultats de l'enquête montrent que les soutènements constituent 28,3 % de l'ensemble des solutions pratiquées séparément ou combinées entre elles. On signale aussi bien des soutènements en gabion, en béton, en maçonnerie ou mixtes.

Les soutènements souples en gabions sont les plus utilisés (53,4 % de l'ensemble des solutions de soutènements). Ils se rencontrent dans les talus de remblais, de déblais et dans l'aménagement de descentes d'eau en cascade où ils jouent un double rôle de drainage et de soutènement. Ils ont été utilisés aussi pour la stabilisation de zones instables relativement importantes, sous forme de nappes superposées associées à un système de drainage.

VI/ Stabilisation du glissement par soutènement en gabions à la RS 704 au Pk18+500

Les soutènements rigides en béton viennent en deuxième position. Ils constituent 29,3% de l'ensemble des solutions de soutènement. La plupart sont des murs poids en béton armé ou non.

Enfin, le reste des solutions (17%) est constitué par des murs en maçonnerie, des murs mixtes (gabion-béton) ou des butées en enrochement.

c-/ Les excavations

Les excavations sont souvent combinées avec l'une ou plusieurs autres solutions de drainage ou de soutènement. Elles représentent 19,5 % dans l'ensemble de solutions de l'échantillon analysé.

On rencontre à peu près dans les mêmes proportions aussi bien des excavations par simple adoucissement de la pente en vue de diminuer le volume des terres en tête, au pied ou dans le corps du glissement, ainsi que des excavations totales des terres instables.

d-/ Autres solutions et suggestions

En plus des solutions faisant partie de l'une des trois classes précédentes, le formulaire d'enquête prévoyait d'insérer d'autres solutions spécifiques et de faire des suggestions générales en ce qui concerne les solutions jugées les plus intéressantes. La plupart des solutions communiquées ou suggérées sont relatives aux points suivants:

- amélioration du drainage des versants par une meilleure collecte des eaux superficielles (éperons drainants) et leur acheminement loin de la route tout en évitant des actions d'érosion par les eaux collectées (seuils anti-érosion, descente d'eau en cascade);

- amélioration de la stabilité générale de certains versants par des techniques spécifiques telles que le reboisement à l'aide de plantations appropriées, dont l'effet bénéfique a été signalé dans certains cas;

- l'entretien courant des ouvrages existants;

- le changement du tracé de la route pour des cas où les solutions courantes ne peuvent pas être pratiquées dans des limites de coût raisonnable, ou se sont avérées non convenables.

VII-/ CONCLUSION

Cette analyse générale du phénomène de glissements de terrains dans le nord du Maroc montre que celui-ci est un problème préoccupant et complexe. L'importance d'une étude détaillée de ce phénomène naturel apparaît au niveau des coûts d'entretien des ouvrages affectés et de la perturbation des activités socio-économiques, causées par la dégradation du niveau de service des routes ou leur coupure pendant de longues durées. Cette importance se justifie également par le faible nombre d'études consacrées à ce problème dans le passé.

Les problèmes de la non efficacité de certaines solutions adoptées, de l'existence de cas de désordres pour lesquels des solutions confortatives ne sont pas abordables économiquement, doivent être approfondies. La mise en évidence de zones à risque pour mieux orienter les projets d'aménagement futur dans la région s'avère également indispensable.

REMERCIEMENTS:

Cet article est une synthèse des résultats de travaux auxquels ont contribué plusieurs personnes, dans le cadre du projet "Talus du Rif". Que tous ceux qui ont participé, de près ou de loin à l'élaboration de ce travail trouvent ici l'expression de mes vifs remerciements.

Mes sincères reconnaissances et remerciements vont, particulièrement à:

- Monsieur le Directeur du Centre Royal de télédétection spatiale chef du projet " Talus du Rif ", pour la patience et la rigueur scientifique dont il a fait preuve tout au cours de la direction des travaux de ce projet;

- Messieurs les Directeurs des travaux Publics des provinces du Nord pour avoir mis à la disposition de l'équipe de recherche toutes les données existantes sur le sujet, ainsi que pour l'aide logistique apportée pour faire aboutir les différentes missions de terrains.