

Gestion des instabilités de terrain au Maroc (cartographie et sécurité)

[Management of landslide risks in Morocco (cartography and security)]

Mohamed Yazidi¹, Fouad Benziane², Abdelaziz Yazidi², Khadija Nabih³, and Nouredine Eloutassi⁴⁻⁵

¹Laboratoire des sciences de la Terre,
Centre Régional des Métiers de l'Éducation et de la Formation, Marrakech-Safi, Maroc

²Laboratoire de cartographie géologique,
Ecole Nationale de l'Industrie Minérale (ENIM), Rabat, Maroc

³Laboratoire de Chimie Organique,
Délégation du MENFP, AREF, Marrakech - Safi, Maroc

⁴Laboratoire des sciences de la Vie,
Centre Régional des Métiers de l'Éducation et de la Formation, Fès, Maroc

⁵Laboratoire de Génie des Matériaux et Environnement (LGME),
Faculté des Sciences Dhar Mahraz, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Fès, Maroc

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In Morocco, as in several regions of the world, field instabilities are one of the most serious problems on several levels: social, economic and environmental. This study is aimed at the safety of people, the protection of infrastructures and the environment, and on the other hand the forecasting of areas to be avoided for future development. Landslides are polygenic sets that result from the combined action of complex factors. Some, permanent factors, create the essential conditions for instabilities; the others, called dynamic factors, act under the dependence of the former and play the role of detonator. The geological complexity of the land concerned, the diagnosis of the phenomenon is sometime delicate. Risk prevention and protection of populations require, at least for the most threatening sites, delicate and costly studies and recognitions. To stabilize and delineate the damage, several solutions have been proposed and based on the use of various techniques. On the other hand, the preparation of a guide of the stabilization to reinforce the unstable areas has a paramount importance for the development of the regions, which are subjected to rapid and often disorderly urban growth.

KEYWORDS: sustainable development, guide of the stabilization, landslides, Rif, security, risk areas.

RESUME: Au Maroc, comme plusieurs régions du monde, les instabilités de terrain constituent un des plus graves problèmes sur plusieurs niveaux : social, économique et environnemental. Cette étude cible d'une part la sécurité des gens, la protection des infrastructures et de l'environnement et d'autre part la prévision des zones à éviter pour des futurs aménagements. Les instabilités de terrain sont des ensembles polygéniques qui résultent de l'action combinée de facteurs complexes ; les uns permanents, créent les conditions indispensables aux instabilités ; les autres, dits facteurs dynamiques, agissent sous la dépendance des premiers et jouent le rôle de détonateur. La complexité géologique des terrains concernés, rend parfois délicat le diagnostic du phénomène. La prévention des risques et la protection des populations nécessitent, au moins pour les sites les plus menaçants, des études et des reconnaissances délicates et coûteuses. Pour stabiliser et délimiter les dégâts, plusieurs solutions ont été proposées et différentes mesures ont été prises. Dans l'ensemble, elles sont basées sur l'emploi de diverses techniques. D'autre part, l'élaboration d'un guide de confortement de ces zones instables est d'une

importance capitale pour l'aménagement de ces régions qui sont soumises à une croissance urbaine rapide et souvent désordonnée.

MOTS-CLEFS: développement durable ; guide de confortement ; instabilités de terrain ; Rif ; sécurité ; zones à risque.

1 INTRODUCTION

Le Maroc est exposé aux phénomènes à risques majeurs de caractères climatiques, météorologiques, géologiques ou biologiques. La conjonction de ces phénomènes naturels cause des dommages importants, voire compromettre le développement socio-économique des régions exposées aux catastrophes naturelles [1].

Parmi ces phénomènes on trouve, les instabilités de terrain (écroulements, éboulements, solifluxions, glissements de terrain...). Leurs durées de manifestation sont variées : elles peuvent se traduire soit d'une façon brutale, en quelques minutes, soit s'étaler sur des décennies.

Toujours plus nombreux sont les régions touchées par ces instabilités de terrain. Ce problème, préoccupe les chercheurs [2] et les intéressés, vu le désordre qu'elles causent dans le développement durable, le réseau routier (figure 1), les habitations, les terres agricoles et parfois même de pertes humaines [3].



Fig. 1. Dégradation des routes marocaines par les instabilités de terrain (La rocade méditerranéenne)

Les causes d'instabilités de terrain ont été déjà recherchées dans des études antérieures [4][5][6][7]. C'est dans cette optique que nous avons défini les instabilités en vue, d'abord, d'étudier les risques puis d'en délimiter les causes et de proposer quelques solutions.

Plusieurs régions du royaume connaissent un développement socio-économique important. De grands projets d'infrastructure sont soit en voie d'achèvement ou de lancement et de développement : rocade méditerranéenne reliant Tanger à Saidia ; ligne à grande vitesse Casablanca-Tanger ; autoroutes ; infrastructures portuaires.... Ces projets vont permettre de désenclaver de nombreuses zones, de favoriser un développement touristique des côtes méditerranéennes et atlantiques et de créer des plateformes d'accueil. Mais la problématique est que certaines zones sont géologiquement instables, caractérisées par une intense érosion, des glissements de terrain et une activité sismique, et dont l'environnement doit être protégé.

L'objectif de l'étude proposée ciblera d'une part la sécurité des gens, la protection des infrastructures et de l'environnement et d'autre part la prévision des zones à éviter pour des futurs aménagements. Aussi, les enjeux par rapport aux changements climatiques qui prévoient une hausse du niveau de la mer sont des paramètres qui doivent être intégrés pour les aménagements futurs.

Ces paramètres ont été résumés comme suit :

- Les régions amenées à voir de grands projets de développement posera des problèmes de sécurité pour les constructions, d'où la nécessité de l'élaboration d'une zonalité des risques ;
- La lithologie parfois formée de roches marneuses, argileuses et métamorphiques dont les plans de moindre résistance sont parallèles à la topographie et/ou ligne de pente, qui plonge vers des zones aménagés en certains endroits. C'est un facteur défavorable qu'il faut améliorer.

- Certaines régions connaissent une activité sismique ; l'intégration de ces hypothèses en matière de planification et de conception des ouvrages est nécessaire.
- Les zones géologiquement instables où les glissements de terrain sont périodiques et très fréquents et leurs entretiens coûtent cher à la société ;
- Les zones au relief jeune soumises à de fortes érosions ; sans négliger la présence de grandes failles actives ;
- La zone à pluviométrie élevée et irrégulière.

D'où une nécessité d'un zoning des risques et de leur classement pour définir des cartes de zonalité suivant le degré de risque.

2 SECTION D'ETUDE ET METHODOLOGIE

La région choisie pour cette étude c'est le Rif. Cette zone du domaine septentrional du Maroc, fait partie de la chaîne alpine.

La zone d'étude connaît chaque année d'importants mouvements de terrain. Leur vitesse et leur ampleur causent des catastrophes susceptibles d'affecter des dizaines, sinon des centaines de milliers de mètres cubes de terrain. Ces instabilités ont également de grandes répercussions économiques qui se traduisent par des dommages corporels et matériels, des retards et des perturbations dans le trafic et des dépenses excessives pour la remise en état des lieux touchés par les catastrophes.

Le présent travail se veut une contribution à la recherche de solutions aux nuisances causées par certains types d'instabilités de terrain. C'est dans cette optique que nous comptons mener notre approche des instabilités en vue, d'abord, d'analyser et d'en délimiter les causes puis de cartographier les zones à risque et enfin de proposer quelques solutions.

3 ANALYSE DES INSTABILITES DE TERRAIN

Le passage de l'état stable à l'état instable est lié à des causes nombreuses et variées qui viennent s'ajouter aux conditions intrinsèques au terrain. On distingue les prédispositions comme facteurs passifs, et les facteurs préparatoires et déclenchant comme facteurs actifs. La figure 2 résume les causes de mouvement de terrain.

3.1 PRÉDISPOSITIONS

- **La géologie** : La lithologie (composition, texture, granulométrie, caractères) ; la structure (le pendage, la présence de joints, de stratification, de plis, de schistosité qui constituent des zones de faiblesse dans un massif) ; l'histoire du versant (un versant qui a déjà connu des mouvements gravitaires aura une certaine prédisposition à être instable à nouveau).
- **La pente** : De nombreuses observations nous ont permis de constater que les pentes des zones souvent instables ont une inclinaison qui dépasse 15 degrés.
- **La végétation** : La végétation diminue l'érosion du sol. Elle a un rôle au niveau de la cohésion et de la fixation du sol (racines). De plus, nous avons remarqué que dans certaines régions où le couvert végétal est très dense, les versants deviennent instables.
- **L'hydrogéologie** : L'analyse des réseaux hydrographiques comparée aux zones sujettes d'instabilités de terrain, a permis de mettre en évidence le rôle déclencheur du torrents, du ruissellement, du drainage, des circulations d'eau souterraine et de la perméabilité du terrain.
- **Le contexte climatique** : L'analyse des données des stations climatiques de certaines régions du nord du Maroc (comme celles de Chefchaouen), a permis de montrer une grande relation entre la fréquence des instabilités de terrain et la répartition des précipitations annuelles et la pluviométrie annuelle totale [6][7].

3.2 FACTEURS PRÉPARATOIRES ET DÉCLENCHANT

- L'infiltration d'eau dans un terrain peut conduire un massif à se liquéfier. L'augmentation du poids du sol augmente les forces déstabilisantes. L'eau rend les terrains plus lourds, ce qui favorise les ruptures et entraîne un glissement de terrain.
- L'alternance de périodes de sécheresse (phases très chaudes) et de périodes d'humidité (phase de fortes précipitations).

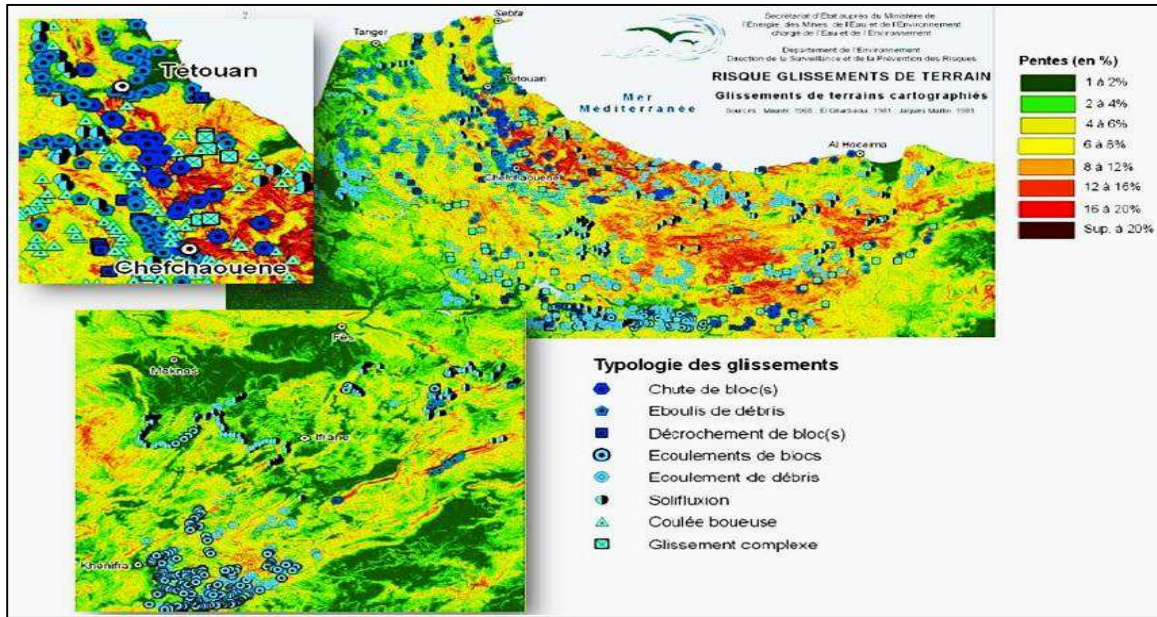


Fig. 3. Mouvements de masse au Nord du Maroc, d'après Messouli [8]

LECTURE DE LA CARTE DU RISQUE

La carte de zonage du risque se veut une réponse à la préoccupation majeure des intéressés, qu'ils soient responsables administratifs, aménageurs ou responsables des Travaux Publics qui doivent prévoir le budget d'intervention ou d'entretien [1][7]. Cette carte exprime la probabilité d'apparition spatiale des zones à risques.

C'est donc conscient de l'importance prise aujourd'hui par cet axe de recherche que nous avons réalisé une carte dans la région de Chefchaouen (figure 4) qui exprime la probabilité d'apparition spatiale des zones à risques et à partir de laquelle nous avons pu délimiter les aires suivantes :

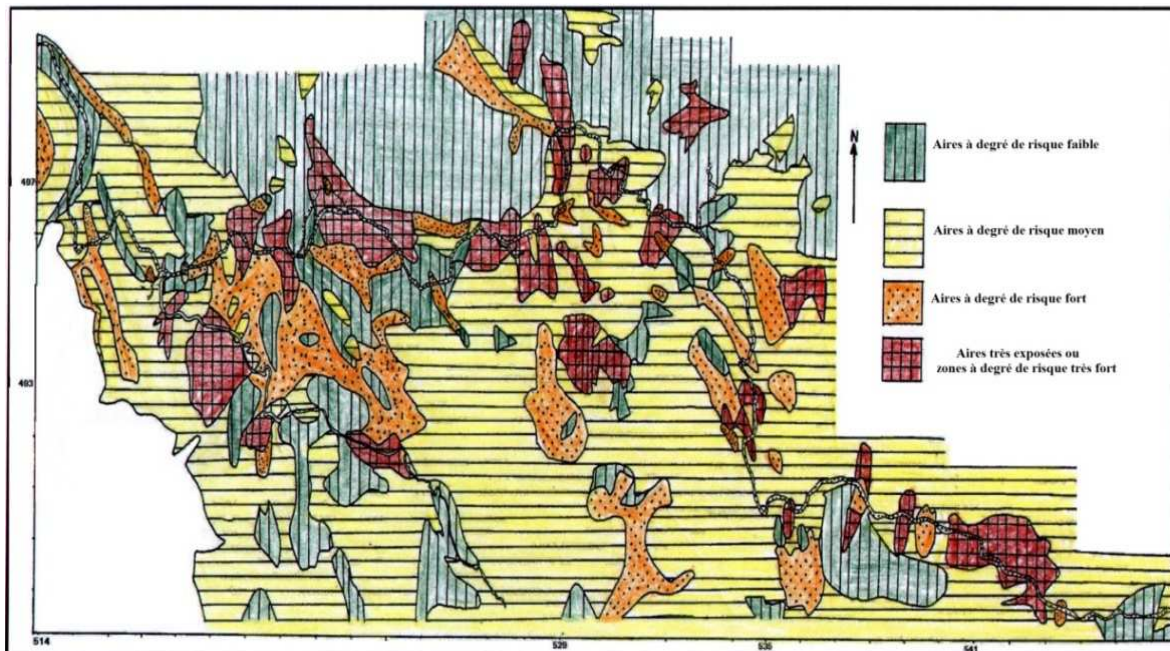


Fig. 4. Extrait de la carte des degrés du risqué dans la région de Chefchaouen [6][7]

- Aires très exposées ou zones à degré de risque très fort :

Ce sont des zones où la probabilité de risque est comprise entre 50 et 100%. Ces secteurs présentent des manifestations d'instabilités très actives. Ils doivent être classés non aménageables.

- Aires à degré de risque fort :

La probabilité d'apparition spatiale du risque est comprise entre 30 et 50% inclus. Ces secteurs ont une activité d'instabilités de terrain élevée. Ils doivent retenir particulièrement l'attention des décideurs et responsables car ces aires ont déjà été affectées par des mouvements de terrain et les risques d'une réactivation y ont une forte probabilité, surtout, lors d'une conjoncture météorologique agressive.

- Aires à degré de risque moyen:

La probabilité du risque est comprise entre 10 et 30% inclus. Dans cette catégorie, on rencontre tous les processus mineurs et tous les phénomènes à évolution lente. Dans la majorité de ces aires, bien qu'elles ne présentent pas en l'état actuel d'indice d'instabilité, on ne peut exclure qu'en cas de précipitations violentes, elles redeviennent très préoccupantes.

- Aires à degré de risque faible :

Ce sont des zones où la probabilité d'apparition du risque est comprise entre 1 et 10% inclus. Elles ne sont pas exposées, actuellement, à des manifestations ou à des conséquences d'instabilités de terrain.

4.2 DRAINAGE

Le principale responsable de tous les phénomènes rencontrés, dans les différents endroits étudiés où il y a instabilité, est l'eau. Elle est le principal facteur de destruction et de dégradation des ouvrages de génie civil [4][5][6][7] [8][12][13].

Son évacuation est donc une nécessité vitale pour que la zone reste stable et que les infrastructures gardent un niveau de service satisfaisant. Le drainage apparaît, par suite, comme le premier des remèdes proposé pour traiter les zones de glissements de terrain. Il peut concerner les eaux de surface afin de les éliminer loin de l'ouvrage : c'est le drainage superficiel dit d'assainissement ; ou encore, il s'agit d'extraire l'eau contenue dans la masse des sols : c'est le drainage profond ou le drainage interne.

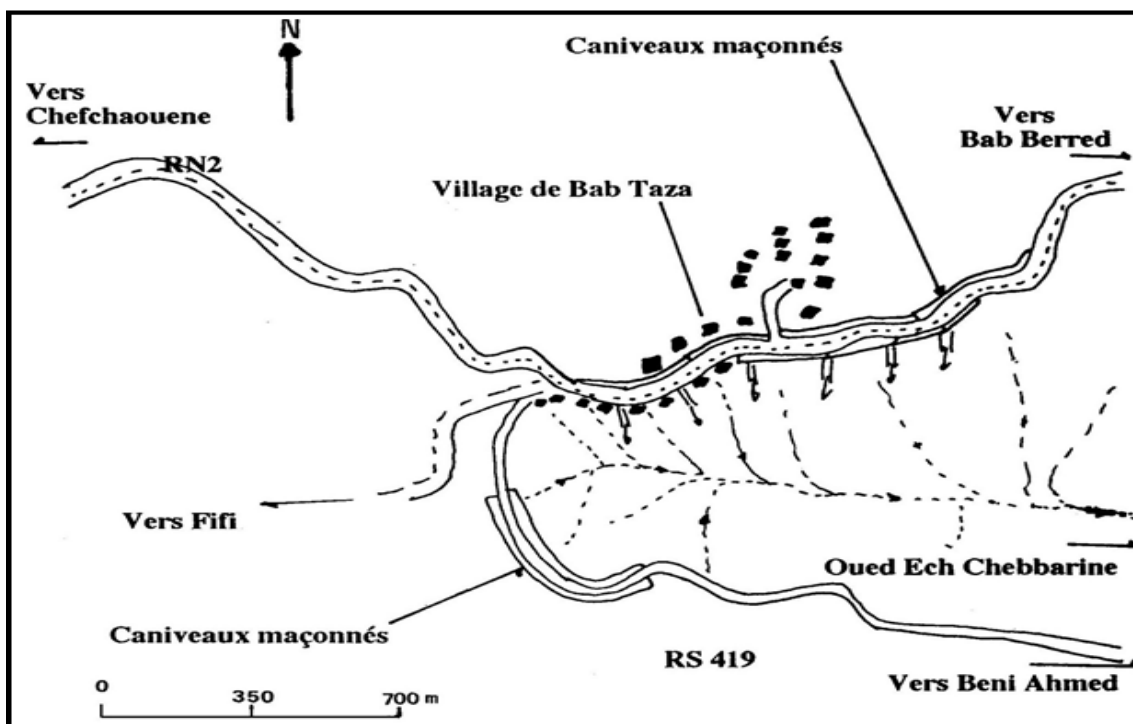


Fig. 5. Aménagements des systèmes de drainage proposés aux environs du village de Bab Taza (Rif)

Il est important de signaler que ces systèmes d'évacuation d'eau ne remplissent leur rôle que s'ils sont dimensionnés en fonction de la pluviométrie et de l'importance du bassin versant de la zone où ils sont implantés. Les ouvrages d'art se colmatent et s'obstruent facilement. Un entretien des ouvrages d'art existant doit donc être effectué périodiquement.

4.3 ELÉMENTS RÉSISTANTS

Les techniques utilisant les éléments résistants, ne s'attaquent pas qu'à la cause des mouvements de terrain mais visent aussi à réduire ou à arrêter les déformations. On peut pour ce faire, introduire des éléments résistants à titre préventif, de façon à éviter les déplacements de terrain. Une des conséquences est la diminution de la résistance au cisaillement des sols.

OUVRAGES DE SOUTÈNEMENT

Ils sont destinés à reporter la poussée du massif instable sur une assise parfaitement stable et résistante. Parfois la solution des ouvrages de soutènement est la mieux adaptée à la stabilisation des glissements de terrain, à condition de rechercher une assise saine.

- Gabions : Ce sont les plus utilisés au Maroc et entrent dans les ouvrages de soutènement. Ils se rencontrent dans les talus de déblais et dans l'aménagement de descente d'eau en cascade où ils jouent un double rôle, celui du drainage et celui du soutènement (figure 6).



Fig. 6. Les gabions jouent un double rôle: drainage et soutènement

- Terre armée : C'est un matériau formé par l'association de terre et d'armatures, ces dernières étant des éléments linéaires, le plus souvent des bandes en acier ou synthétiques à haute adhérence, susceptibles de supporter des efforts de traction importants (figure 7).

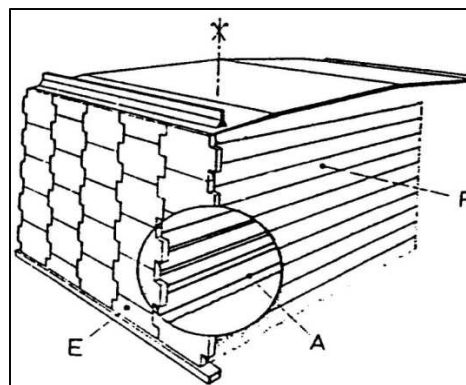


Fig. 7. Mur enterre armée (A : armature, E : écaille, R : remblai)

Cette technique en Terre armée crée une structure de soutènement gravitaire durable est très recommander. En effet, elle pet s'adapter à un large éventail d'environnements et elle est capable de supporter d'importantes charges de poids propre et de service, imposées par les structures associées, véhicules, train ou autres équipements.

- Ouvrages rigides : La plupart de ces dispositifs sont des murs de poids en béton, armé ou non. Ils ne sont pas les mieux adaptés à la stabilisation des glissements de terrain, du fait de leur incompatibilité avec toute déformation, en outre, le dimensionnement doit prendre en compte les efforts très importants engendrés par le glissement (figure 8).



Fig. 8. Type d'ouvrage rigide pour le soutènement des talus routiers

TIRANTS D'ANCRAGES

Le principe consiste à réduire les forces actives du glissement et à accroître les contraintes normales effectives sur la surface de rupture. Pour ce faire, on ancre des tirants constitués de câbles d'acier dans le terrain stable situé sous la surface de rupture et on applique en tête un effort de traction. La gestion des risques d'instabilité de terrain par tirants d'ancrages a été réalisée dans des études séparées. Cette technique demande des modèles (physiques et mathématiques). Elle contribue à l'augmentation des performances des caractéristiques géotechniques des versants.

FILETS MÉTALLIQUES EN CÂBLES D'ACIER

La figure 9 montre un exemple des filets métalliques en câbles d'acier. Ils constituent des ouvrages de protection sous forme d'écrans déformables implantés sur la pente permettant d'intercepter et de stopper les blocs éboulés par dissipation de l'énergie cinétique [5].



Fig. 9. Les filets métalliques en câbles d'acier sur les talus routiers

RENFORCEMENT PAR INCLUSIONS

C'est la technique du clouage des pentes instables. On a deux catégories d'inclusions :

- Clous et micro pieux : Ils sont constitués d'une armature de faible inertie et d'un coulis d'injection, placés obliquement ou verticalement ;

- Pieux et barrettes : Ce sont des éléments de grande rigidité, mis en place verticalement.
- Le clouage des glissements par des pieux ou des barrettes ont tous les deux un rôle de stabilisateurs de terrain (figure 10). Le clouage est un mécanisme d'accrochage des parties instables sur la partie stable du sol.

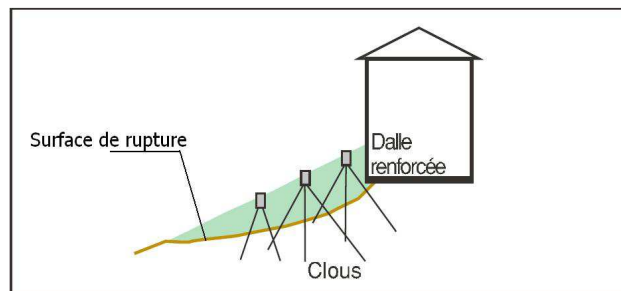


Fig. 10. Exemple de clouage d'un glissement de terrain

4.4 REMODELAGE DU PROFIL INSTABLE

Cette technique, appelées aussi terrassement, a pour but d'améliorer les conditions d'équilibre par déchargement des masses poussantes au profit des masses butantes (figure 11). On peut distinguer trois groupes de méthodes de stabilisation par terrassement:

- Les actions sur l'équilibre des masses : allégement en tête et remblai en pied ;
- Les actions sur la géométrie de la pente : purge et reprofilage ;
- Les substitutions partielles ou totales de la masse instable.



Fig. 11. Exemple de remodelage du profil instable des talus routiers

4.5 SURVEILLANCE

La surveillance des talus instables consiste à suivre dans le temps l'évolution des mouvements qui les affectent. Elle présente l'avantage de renseigner sur le développement du mouvement, notamment son accélération et surtout de prévenir la rupture suffisamment à l'avance. Ceci permet de prendre, au moment opportun, les mesures qui s'imposent pour éviter tout dommage éventuel et d'avoir la possibilité d'intervenir avant l'apparition de la rupture. Plusieurs appareils et méthodes peuvent être utilisés actuellement pour le suivi de l'évolution des glissements de terrain.

Les différentes approches de gestions des instabilités de terrain (cartographie des risques et les solutions techniques envisagées pour assurer la stabilité des sites) sont intimement liées à l'extrême diversité et variabilité des formations géologiques. De plus, il est à signaler que des études géotechniques de conception sont très recommandées pour chaque solution proposées. En effet, chaque zone a ses propres propriétés géotechniques.

5 RECOMMANDATIONS

Au Maroc, Plusieurs infrastructures (tronçons de routes, agglomérations, projets...) empruntent des zones d'instabilités de terrain très variable [5]. Ces zones comprennent des phénomènes qui peuvent, certes, exclure l'occupation "raisonnable" du sol ; à savoir, la construction du réseau routier, l'installation des populations et de leurs biens, etc. Mais puisque ces zones sont habitées depuis longtemps et le resteront sans doute à l'avenir, l'élaboration d'un guide des méthodes de confortement de ces zones instables devient une nécessité.

A partir de l'étude géologique ainsi que de l'établissement d'un inventaire des instabilités de terrain, nous proposons certaines solutions :

Le ripage de l'axe de la route, les maisons ou les ouvrages d'art en dehors des zones en mouvement, dans les secteurs reconnus comme stables, lorsque cela est possible. Par exemple reconstruire la route sur le versant opposé stable de la vallée. Parfois, le coût de la réalisation du projet, vu le relief accidenté des zones, est énorme.

Les travaux de confortement menant à s'opposer aux mouvements et aux glissements sans les empêcher et cela en créant des moyens de résistance et de protection convenables. Les actions visant à stabiliser le versant en améliorant la planéité des surfaces de ruissellement, ou en renforçant le terrain par des plantations, etc. Ces deux dernières solutions doivent être pratiquées par l'emploi de diverses techniques que nous avons proposées.

Aussi, il faut assurer le nettoyage périodique et l'entretien des réseaux de drainage des eaux superficielles, des barrages filtrants et des bassins de sédimentation, notamment après de fortes précipitations. La périodicité de nettoyage des bassins dépendra de leur dimension, de l'érodabilité des sols ainsi que du régime des pluies.

Dans le réseau routier marocain, les tranchées drainantes sont très recommandées, car elles sont moins coûteuses. Elles sont réalisées dans des matériaux drainants (galets de l'oued) et enveloppées dans du géotextile afin d'éviter le problème de colmatage et assurer leur pérennité.

Le reboisement des talus est un autre point essentiel à préconiser. Mais il faut surtout tenir compte de l'adaptation des espèces choisies au climat et aux fonctions recherchées (stabilité des terrains) et veiller à leur mode de plantation.

Notre étude s'est préoccupée des terrains instables qui présentent des dangers évidents, et encore et surtout de ceux qui font courir un risque à la sécurité des individus et de leurs biens. Il apparaît à ce propos que la sensibilisation du public est une étape importante pour que les riverains des talus instables et la population locale prennent connaissance des dangers auxquels ils sont exposés et prennent conscience de ce qui doit être ou ne pas être fait pour éviter ce qui est évitable et se préparer, efficacement aux phénomènes inévitables, générateurs de catastrophes. L'information du public a retenu notre attention, car il nous a été permis de constater que des buses ont été colmatées par certains individus et que certains incendies ont été provoqués involontairement par des exploitants agricoles.

On constate tout d'abord que, dans certaines zones, même s'ils existent des moyens de confortement, ces derniers sont mal entretenus, mal adaptés que leurs fondations ne sont pas aussi profondes. C'est pour cette raison que certains murs de soutènements se fissurent, des gabions se détruisent et que les systèmes de drainage se dégradent ou sont colmatés. D'autres zones manquent de moyen de confortement adéquat, ce qui cause sa déstabilisation. Comme exemple, des routes se transforment régulièrement en piste ou en voie de circulations à demi-chaussée.

Dans d'autres secteurs, en revanche, il semble judicieux de prévoir des moyens de confortement qui ne nécessitent pas beaucoup d'investissement, comme la pose de grillages. Ces techniques s'avérant très efficaces contre les éboulements rocheux. Certains talus qui sont affectés par les dégâts soumis à l'action de l'eau peuvent être traités soit par le chargement du pied aval avec un remblai très perméable, soit par le drainage, à l'intérieur même du talus. Ces interventions mettent en œuvre des tranchées drainantes ou des galeries drainantes.

Ceci étant, même si le degré de risque est moyen ou faible sur certaines sections, la morphologie actuelle témoigne de la probabilité de glissements, surtout lorsqu'une intense activité pluviométrique se manifeste. Il convient donc de les surveiller, de les traiter et de mettre les mesures nécessaires pour éviter tout dommage éventuel.

Enfin, le contrôle des terrains et l'entretien des ouvrages réalisés, surtout les réseaux de drainage et les grillages, doivent devenir la règle. Ils sont indispensables à une meilleure lutte contre les instabilités de terrain.

Ces recommandations sont nécessaires à l'aménageur et les décideurs de projets de la zone d'étude. Elles sont également valables pour tous le Maroc. Ils vont permettre à tous les intervenants une bonne gestion de la nature, leur éviter le gaspillage et des interventions inadaptées et coûteuses.

6 CONCLUSION

Certaines régions du Maroc manifestent de fortes instabilités de terrain qui affectent gravement et durablement les infrastructures, les individus et leurs activités. Ces instabilités de terrain sont des phénomènes aux formes multiples. Elles représentent une évolution normale de versant, quoique d'apparence spectaculaire. Elles sont sporadiques et induisent une périodicité dans le transport solide. La gestion du risque de ces instabilités de terrain, c'est prévoir la possibilité de leur déclenchement et de leur fréquence dans l'espace et dans le temps. Il en résulte que la prévision du risque nécessite une cartographie des zones à risque.

Donc pour établir un diagnostic sur la stabilité d'un terrain ou sur les amplitudes des mouvements, il est nécessaire de dégager toutes les données qualitatives et quantitatives susceptibles d'entrer en jeu.

L'établissement d'une carte interprétative ou la carte du risque permettra de mieux distinguer les zones vulnérables des zones stables et constitue la base d'une prévention efficace, puisque prévenir c'est d'abord localiser le risque.

Enfin, le contrôle des terrains et l'entretien des ouvrages réalisés, surtout les réseaux de drainage et les grillages, doivent devenir la règle. Ils sont indispensables à une meilleure lutte contre les instabilités de terrain. De même, l'extension des surfaces urbanisables doivent dorénavant faire l'objet d'une plus grande attention. Il est primordial que la réglementation actuelle en matière de permis de construire tienne compte des phénomènes d'instabilités et des phénomènes géodynamiques qui résultent de la surcharge des zones instables.

Nous suggérons aussi l'encouragement, autant que possible, à la reconquête végétale, ce qui, à terme aurait pour effet de limiter les effets du ruissellement et de fixer les talus.

Ce travail s'inscrit donc dans une problématique plus vaste qui est loin d'être épuisée. Nous espérons toutefois, que les exemples retenus permettront de mieux cerner les risques encourus par les hommes et leurs biens et, en conséquence, de lutter plus efficacement contre eux. Nous souhaitons enfin que les méthodes de prévention mises au point soient fructueuses.

Ceci d'une part, d'autre part, l'existence de telles informations scientifiques aidera les professionnels et les centres de décisions à mieux raisonner leurs interventions sur le terrain particulièrement dans les zones isolées et dépourvues de moyens scientifiques et techniques appropriés.

Les connaissances scientifiques sur les instabilités de terrain sont nécessaires et utiles. Elles permettent de cerner les facteurs responsables, de réaliser des cartes des zones à risque et de préconiser les principales solutions et moyens de confortement. Elles ont permis de modifier de nombreux tracés de routes et de voies ferrées. Elles ont aussi permis de changer des sites de construction, et de proposer des zones plus stables.

RÉFÉRENCES

- [1] Charte Nationale d'Aménagement du Territoire et du Développement Durable, Royaume du Maroc, ministère de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme, de l'habitat et de l'environnement, aménagement du territoire et urbanisme, secrétariat général direction de l'aménagement du territoire.2015.
- [2] A. Gartet, & J. Gartet, Gestion et prévention des risques des chutes de blocs et des éboulements rocheux à Sidi Harazem (région de Fès), Revue AFN Maroc, N° 4-5, pp 70-81.2009.
- [3] INGÉROP, NOVEC, ACTERRA, Adaptation des routes au risque et au changement climatique au Maroc, Banque mondiale et direction des routes, Guide simplifié, 99279 v2, Maroc.2015.
- [4] A. Yazidi, & F. Benziane, Géologie du Rif - Relation avec les mouvements de terrain. Séminaire : Glissements de terrain : Cas du Nord marocain. Casablanca, Maroc.1995.
- [5] M. Yazidi, (2000). Examen géologique de l'éboulement de la falaise du port de M'Diq (étude de stabilité). Rapport LPEE, Dossier N° : 2000 / 08 / 1 / 097. 20p. et 18p. Annexe.
- [6] M. Yazidi, Etude et cartographie de zones d'instabilités de terrain le long de la route nationale 2 entre Bab Taza et Bab Berred. Thèse Doc. National ; Uni. Ibn Tofail.2002.
- [7] A. Yazidi, F. Benziane & M. Yazidi, Note relative à l'étude sur la stabilité des versants le long de la rocade méditerranéenne : Zonalité des zones à risques. École Nationale Supérieure des Mines de Rabat ou Mines Rabat.2010.
- [8] M. Messouli, Anticipation et gestion des risques d'événements climatiques extrêmes ; Etat des lieux sur des risques climatiques extrêmes et leurs impacts sur l'économie marocaine. Programme d'étude : Changement climatique, impact sur le Maroc et option d'adaptation globale. Ires (Institut Royal des Etudes Stratégique).2013.

- [9] A. Ezzardi, J. Darif, A. Essami, La gestion cartographique de la dynamique des versants dans la zone de Beni Derkoul (Chefchaouen, Maroc). 21ème Rencontre des Géomorphologues Marocains, Milieux naturels atlantiques, géomorphologie et développement durable.2015.
- [10] J.P. Mougin, Les mouvements de terrain. Recherche sur les apports mutuels des études géologiques et mécaniques à l'estimation de la stabilité des pentes. Thèse, Univ. Grenoble, 295p.1973.
- [11] J.C. Flageollet, Les mouvements de terrain et leurs préventions. Collection géographie. Masson, Ed, 224p.1989.
- [12] B. Ledoux, Les catastrophes naturelles en France. Ed. Payot et Rivages, Document Payot; 455p. 1995.
- [13] A. Lemsioui, La prévention et la gestion des risques au Maroc, Guides et documents, Le Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, Royaume du Maroc.2012.