

LES GLISSEMENTS DE TERRAIN
CAS DE LA REGION PRERIFAINE

A. RMILI
Directeur Provincial de
l'Equipement de Taza

RESUME

La présente communication traite des problèmes d'instabilité de terrain en s'intéressant particulièrement aux glissements dans la région prérimfaine. Elle comprend ainsi deux parties :

- La première partie rappelle des considérations générales sur les glissements et autres mouvements de terrain. Ce rappel précise d'abord le langage commun utilisé dans l'analyse de ces phénomènes en donnant les différents éléments d'un glissement (écrasement, pousse, ...) et les types de mouvements de terrain selon la classification agréée par le comité international de géologie de l'Ingénieur : Les écoulements, les glissements les, coulées et le fluage.

- Les autres considérations générales sont un bref aperçu sur les facteurs de déclenchement de ces mouvements de terrain puis des principales mesures confortatives ou de protection adoptées.

- La deuxième partie est consacrée aux mouvements de terrain dans la région du prérimf.

Après avoir décrit le cadre géologique de cette région et les caractéristiques des matériaux glissés (marnes ou schistes très souvent altérés). Cette partie donne un bilan très sommaire des instabilités dans le prérimf (glissements en majeure partie, coulées et fluage) en signalant les solutions confortatives utilisées : drainage le plus souvent associé à des ouvrages de butée.

bilan très sommaire est tiré de l'examen de 80 cas étudiés par le LPÉE et des observations in-situ.

INTRODUCTION

A la suite des précipitations hivernales, d'importants désordres dus à des glissements de terrain et des coulées de boue affectent chaque année la région prérimfaine. Ces mouvements de terrain se produisent sur plusieurs zones et entraînent des coupures de routes et des effondrements qui touchent souvent des habitations.

La région de par la structure géologique particulière de terrains, est un ensemble de versants en constante évolution comme en témoignent les désordres qui s'y manifestent et les nombreuses traces de mouvements anciens que l'on y observe.

Dans cette région, le gestionnaire de la route est toujours confronté à des problèmes de sécurité que posent les mouvements de terrains et doit signaler les dangers aux usagers et mettre en oeuvre des mesures de surveillance et de protection appropriées.

Pour mieux agir dans ce sens, il est intéressant de bien connaître les caractéristiques des différents types de mouvements de terrain qui se produisent en analysant les désordres survenus dans le passé et les solutions confortatives ou de protection usuellement utilisées.

La présente communication s'inscrit dans ce cadre et permet, après un rappel sur les différents mouvements de terrain, d'avoir une synthèse même incomplète des nombreux glissements ou autres mouvements qui se sont produits dans la région. Cette synthèse est faite sur la base des différents rapports du LPÉE qui ont pu être rassemblés.

I - CONSIDERATIONS GENERALES SUR LES GLISSEMENTS DE TERRAIN

L'Etude de tout phénomène débute par son identification. Une description complète se révèle extrêmement utile pour mieux apprécier les causes du phénomène et par conséquent d'entreprendre des travaux confortatifs, avec le maximum de chance de succès. En matière de glissements et autres mouvements de terrain, la diversité des critères à prendre en compte rend ces phénomènes complexes et ne simplifie pas leur identification.

A - Description d'un glissement de terrain

En vue d'unifier le langage dans la description d'un glissement de terrain, les éléments constitutifs illustrés dans les figures ci-après sont communément définis comme suit :

- Escarpement principal

Surface inclinée ou verticale limitant le glissement à son extrémité supérieure prolongée en profondeur par la surface de glissement.

- Couronne :

Zône située au-dessus de l'escarpement principal

- Tête :

Partie où le matériau glissé se trouve en contact avec l'escarpement principal.

- Escarpement secondaire :

Cicatrice semblable à l'escarpement principal mais visible dans la masse remaniée.

- Elément:

Fraction de la masse glissée située entre deux escarpements.

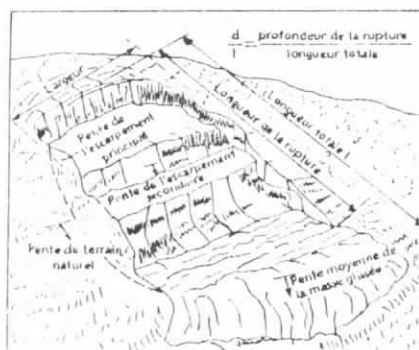
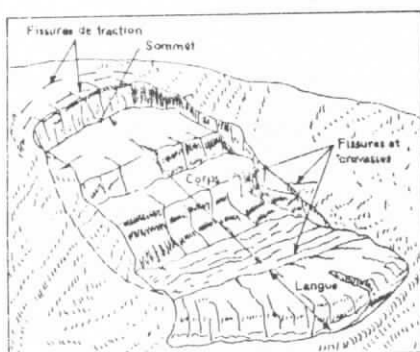
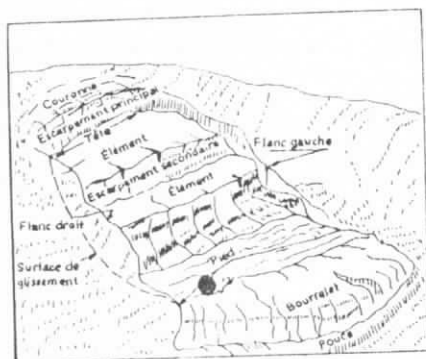
- Flanc:

Limite latérale du glissement prolongeant l'escarpement principal.

- Pied:

L'intersection aval de la surface topographique initiale, il est souvent masqué par le bourrelet.

ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UN GLISSEMENT



-Extrémité inférieure ou fonce :

Zône aval du glissement ou extrémité du bourrelet.

-Rides transversales:

Elles se forment dans le bourrelet du glissement

-Surface de rupture ou de glissement :

La surface séparant la masse glissée des terrains en place

-Corps :

Partie centrale du glissement recouvrant la surface de rupture.

-Fissures et crevasses :

Ruptures au sein du matériau se manifestant par des pentes.

-Largeur du glissement :

Distance entre les flancs.

-Longueur totale :

Distance entre la couronne et le fonce

-Longueur de la rupture :

Distance entre la surface de rupture et le terrain naturel.

B - Etude d'un mouvement de terrain

Pour mieux analyser un mouvement de terrain, il faudrait tenir compte de :

- . L'emplacement du phénomène dans le temps.
- . Sa durée.
- . Son degré de discontinuité et de fréquence.
- . La dynamique du mouvement (fluage, coulée, glissement, chute etc ...)
- . Morphologie du phénomène
- . Causes du phénomène
- . Echelle du phénomène
- . Vitesse du mouvement et importance du déplacement.
- . La nature du matériau affecté.
- . Les propriétés physiques du matériau
- . Historique du matériau affecté.
- . Structure de terrains affectés, stratigraphie
- . Relation entre le matériau affecté et le substratum en place
- . La présence d'eau

- . Profondeur de la nappe phréatique
- . Pente et longueur du talus ou versant
- . Dégâts provoqués
- . Caractère naturel ou artificiel de l'évènement
- . La nature du fluide

L'évolution d'un glissement comporte sommairement 4 phases:

- La préparation du phénomène
- Lacrise "morphodynamique"
- La stabilisation ou "consolidation"

L'étude des mouvements de terrain s'effectue le plus souvent lors de l'amortissement ou de la stabilisation, et la reconstitution de la dynamique passée n'est pas aisée. De même des réactivations ou les rejeux de détail à l'intérieur d'un grand mouvement de terrain qui sont fréquents et les répliques secondaires où les phénomènes de coalescence avec des glissements voisins peuvent compliquer même la distinction des différentes phases.

C - Principaux types de mouvements de terrain

La classification des glissements, agréée par le comité international de géologie de l'Ingénieur comporte quatre familles:

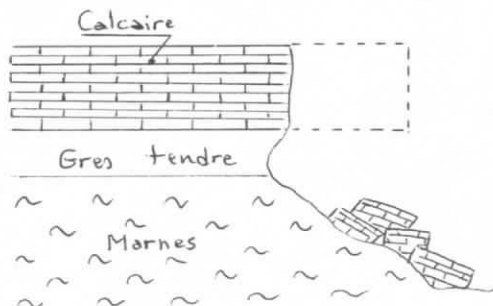
- Les écoulements
- Les glissements
- Le fluage
- Les écoulements ou coulées.

a) - Les écoulements.

Les écoulements affectent les matériaux rocheux. Ce sont des chutes soudaines de masses rocheuses importantes. Ces mouvements rares peuvent être catastrophiques. On distingue:

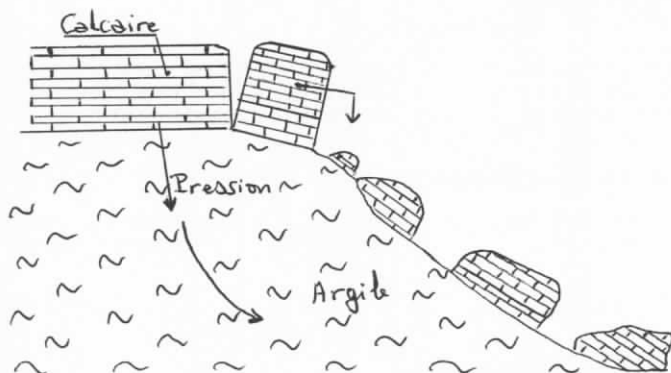
-Les écoulements rocheux de la falaise:

La masse se disloque pendant la chute, d'autant plus facilement qu'il existe auparavant un réseau de fissures important. Les blocs se fracturent au contact du sol et peuvent parcourir des distances importantes.



-Les écoulements par fluage ou glissement d'une couche tendre

Les falaises rocheuses reposent souvent sur des marnes ou des argiles plus déformables du fait des contraintes transmises par la falaise et du régime hydraulique défavorable. Le déplacement ou la rupture du massif entraîne la fissuration des roches et le basculement des blocs. Il peut arriver que le massif marneux glisse avec la falaise.



-Les écoulements de surplomb ou effondrements :

Ces écoulements sont très rapides et consistent en la chute de gros blocs qui se séparent d'une falaise.

Les causes sont :

- . Mise en surplomb par érosion d'une couche tendre sous-jacente .
- . Décrochement de massifs limités par des joints, des fissures.

-Les chutes de blocs

Il arrive fréquemment que des blocs rocheux limités par des dièdres se détachent

L'étude de leur stabilité relève essentiellement de la mécanique des roches.

b) - Les glissements

Ces mouvements se produisent généralement dans des matériaux meubles. Leur étude relève essentiellement de la mécanique des sols. On distingue deux grandes classes :

- .Les glissements plans
- .Les glissements rotationnels .

*Les glissements plans :

Ils se produisent souvent lors de la réalisation de travaux par la suppression de la butée de pied et ils comportent deux catégories :

-Les glissements banc sur banc

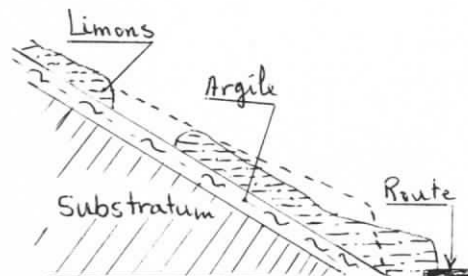
Ces glissements s'apparentent aux écroulements par leur soudaineté et les matériaux rocheux qu'ils affectent. Ils se produisent dès qu'une dalle structurale n'est plus butée en pied. Ils sont facilités par la présence entre les bancs de minces couches d'argile ou d'eau.

-Les glissements plans proprement dits

Les causes de ce type de glissement peuvent être :

- .Le glissement d'une couche mince de caractéristiques médiocres sur un substratum.
- .Le glissement de couverture (telle que terre végétale...) sur le substratum en place.
- .Le glissement par extension d'une couche peu résistante.

Glissement d'une couche mince sur un substratum



Glissement par extension d'une couche peu résistante



*Les glissements rotationnels

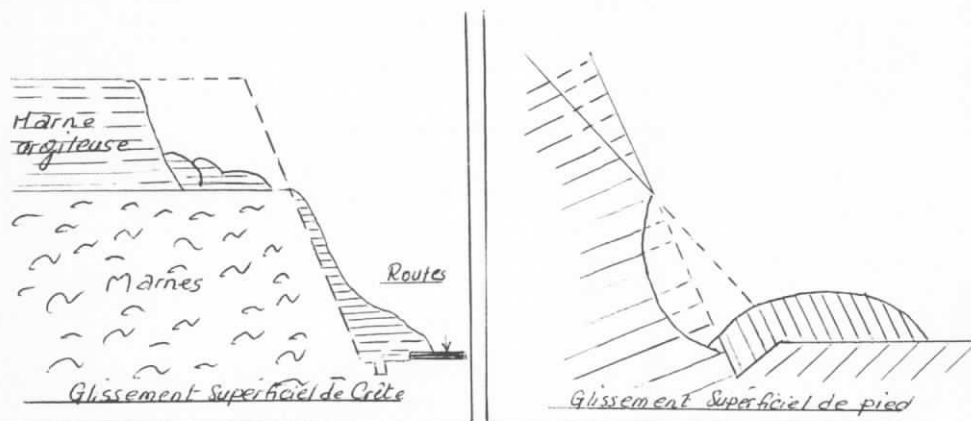
Dans ce type de glissement, il se produit un basculement de la masse glissée le long d'une surface courbe plus ou moins circulaire.

On distingue deux catégories :

-Les glissements simples:

qui ont une surface rupture proche ou assimilable à un cercle et qui peuvent être superficiels ou profonds.

Les glissements superficiels peuvent être de crête ou de pied.

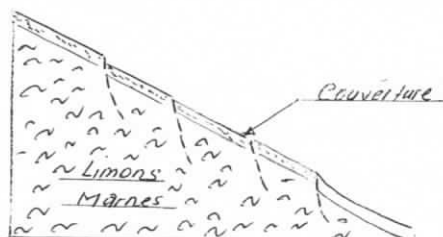


Les glissements profonds intéressent surtout les remblais sur sol mou où le cercle de rupture est longeant au substratum lorsque ce dernier n'est pas trop profond.

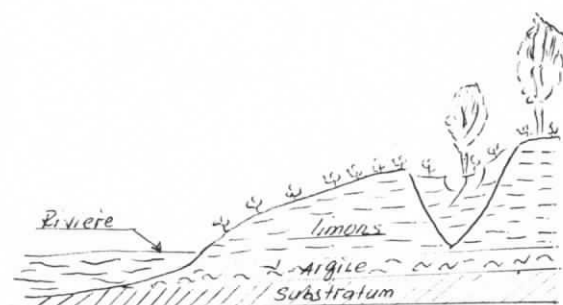
- Les glissements complexes

Ils ont souvent une surface de rupture non circulaire. On distingue :

.Les glissements en escalier comprenant un ensemble de glissements courbes peu profonds.



.Les glissements par suppression de la butée et effondrement d'un coin de terrain.



Les glissements composés

Ces derniers peuvent être une composition des différents glissements précédemment décrits.

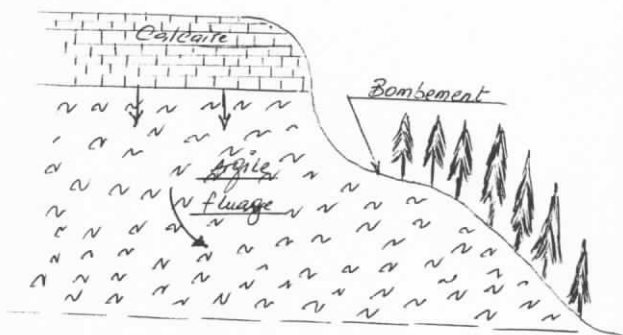
c) - Les fluages

Les mouvements précédents avaient en commun deux caractères :

- Une cause mécanique qui provoque le glissement
- Une surface de rupture nettement définie.

Les fluages se caractérisent par opposition à ces deux facteurs.

Le mouvement se produit lentement sans modification des efforts appliqués. Ces efforts conduisent en fait à une sollicitation de la structure proche du seuil de rupture, l'état ultime pouvant être soit la stabilisation soit la rupture. Les déplacements sont faibles et on ne peut mettre en évidence de surface de rupture.



d) - Les coulées

Ce sont des mouvements de terrain qui s'assimilent autant à des problèmes de transport de matériaux par l'eau qui a des problèmes de glissements.

Les caractéristiques générales des coulées sont :

- Les matériaux sont meubles, hétérogènes à matrice argileuse.

. Le phénomène se déclenche généralement lorsque le matériau dépasse une teneur en eau critique le rendant semi-fluide.

. Les coulées s'accroissent aux dépents des terrains meubles rencontrés dans leur parcours

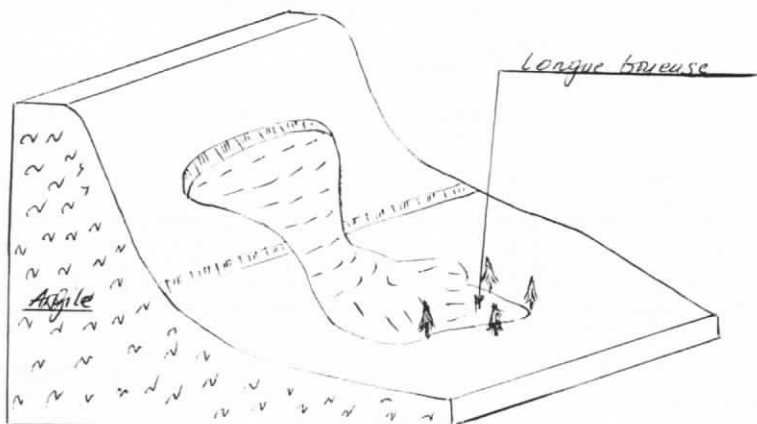
. Les distances parcourues par les coulées peuvent être très grandes.

. Les vitesses de déplacement sont très rapides.

. Le déclenchement du mouvement est soudain.

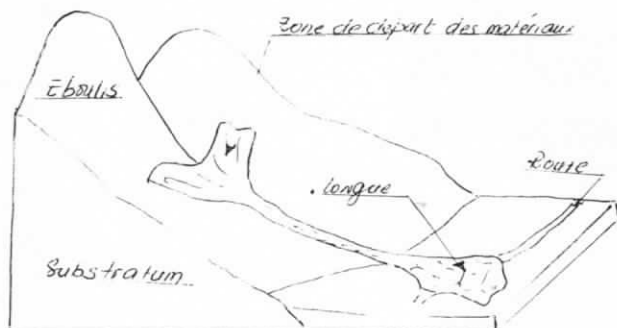
On distingue :

-Les coulées boueuses qui affectent les sols argileux très saturés.



-Les coulées d'éboulis

C'est un mélange d'eau, de sol et de blocs. Dans ce cas les matériaux d'un glissement produit en altitude sont transportés par l'eau d'un glacier ou d'un courant.



-Les coulées avabaucheuses : Ce sont des coulées provoquées par la neige et l'eau.

D - Principales causes d'un mouvement de terrain

Un mouvement de terrain peut être déclenché dans les cas suivants :

-Diminution de la résistance du matériau constituant le terrain.

-Apparition d'efforts de traction susceptibles d'ouvrir des fissures pré-existantes.

Les facteurs susceptibles de provoquer un mouvement de terrain peuvent être ainsi classés en deux familles :

a) - Facteurs susceptibles de diminuer la résistance du matériau

a₁.Facteurs intrinsèques :

- La nature lithologique et minéralogique du matériau
- La structure du matériau

a₂.Facteurs actifs :

-Les modifications physico-chimiques par des agents météoriques

- L'augmentation des pressions interstitielles
- La modification de la structure intergranulaire.
- L'influence de la végétation et des animaux
- L'action anthropique (travaux)

b) - Facteurs d'augmentation des contraintes de cisaillement

b₁. Facteurs d'augmentation de la pente ou de la hauteur du talus :

- . L'érosion
- . Les mouvements tectoniques
- . Les interventions anthropiques.

b₂. Surcharge :

- . Par les agents naturels
- . Par intervention anthropique

b₃. Ablation du support sous-jacent :

- . Par les agents naturels (érosion)
- . Par intervention humaine

b₄. Augmentation de la pression latérale

b₅. Vibration et séismes

b₆. Augmentation des forces de gravité

E - principaux dispositifs confortatifs de protection

Lorsqu'un talus est instable on doit généralement agir soit pour diminuer les éléments moteurs soit augmenter la résistance.

a) Les dispositifs permettant de réduire les éléments moteurs

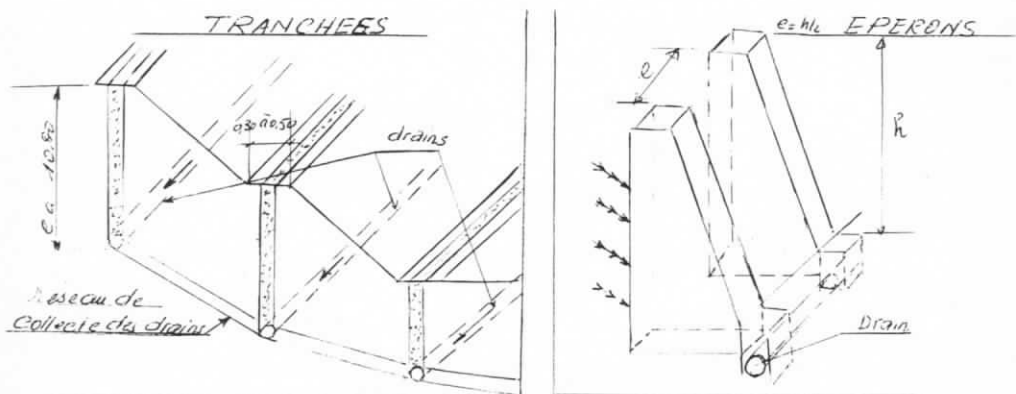
Les éléments moteurs sont :

- . Le poids
- . La pression interstitielle

-Pour diminuer le poids, on adoucit la pente en prévoyant souvent des risbermes avec en pied du talus.

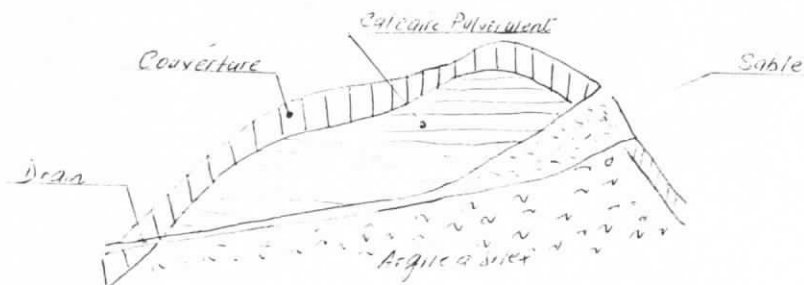
-Pour diminuer la pression interstitielle il faut assurer un drainage dont les principaux types sont :

* Les tranchées longitudinales drainantes implantées parallèlement à la route.

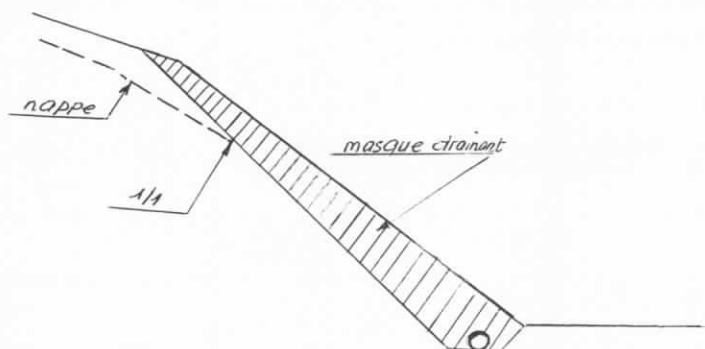


Les éperons drainants implantés perpendiculairement à l'axe de la route.

Les trains subhorizontaux utilisés dans les terrains très hétérogènes présentant des passages perméables dans des zones imperméables.



Les masques drainants qui contribuent aussi à diminuer en même temps le poids..



b) - Dispositifs permettant d'augmenter la résistance.

On agit sur le paramètre résistant par :

- La construction d'un ouvrage de soutènement.
- La mise en place de tirants.

Par ailleurs les mesures de protection sont souvent des mesures anti érosion telles que :

- Réalisation de gabions en pied de talus pour éviter leur sapement.
- Réalisation de fossés de crête avec descente aménagée.
- La plantation d'une végétation adaptée.
- La couverture du talus par enrochements ou perrés en pierres sèches.

II - LES GLISSEMENTS DE TERRAIN DANS LA REGION PRERIFAINE

Lorsqu'un inventaire des accidents du sol, tels que les glissements et autres mouvements survenus dans le passé, existe dans une région, on constate que la plupart des mouvements actuels se sont déjà produit antérieurement. Ceci parce que l'instabilité du sol dépend de facteurs immuables inhérents au site, tels que la nature du matériau et du substratum, la présence d'eau souterraine, la declivité du terrain. Ces données physiques jointes à l'historique des mouvements déjà survenus permettent de faire des prévisions sur les risques liés au sol et d'agir plus rapidement pour préconiser des mesures de protection facilement réalisables.

En outre si des glissements ne peuvent être prévus à l'avance, ils peuvent néanmoins être réglés plus facilement si on dispose de bonnes observations du terrain et de connaissances géologiques et géotechniques acquises régionalement.

La région pré-rifaine, comme le rif entier, connaît constamment des mouvements de terrain et de nombreux cas ont été étudiés. Nous présentons dans la suite un bref aperçu des formations géologiques concernées par les mouvements de terrain et leur nature et des mesures confortatives pour leur traitement et ce à la lumière des observations dans la région et un certain nombre de cas étudiés.

A - cadre géologique et hydrogéologique

Il est à rappeler que les interventions dans le domaine routier intéressent le plus souvent les formations de surface qui se situent habituellement dans la tranchée des 10 à 20 mètres à partir de la surface. On ne cherchera pas donc à connaître les couches géologiques profondes.

D'autre part les connaissances géologiques régionales et les observations insitu permettent de mieux appréhender. Les mécanismes d'instabilités et il est toujours utile de connaître les formations dites "sensibles" ou les risques d'instabilité sont accrus.

La région pré-rifaine présente des formations complexes qui contiennent des couches "spécialisées" dans le rôle de "glissoire".

Schématiquement, quand on observe les formations géologiques à la jonction entre le Moyen Atlas et le Pré-Rif, on voit que le calcaire du Moyen Atlas "plonge" sous des épaisseurs très importantes de matériaux peu consistant et évolutif. La définition pétrographique de ces formations ne peut être précise. Celles-ci varient entre les schistes et les marnes. On trouve:

- Des marnes feuilletées
- Des marnes avec alternances de bancs gréseux
- Des schistes.

Les versants du Pré-Rif sont souvent constitués d'un mélange hétérogène de ces matériaux et ainsi, de par leur structure géologique particulière, sont en constante évolution. On s'aperçoit que des séries stratigraphiques sont constituées de couches résistantes mais avec de minces intercalations d'argile ou de marnes altérables et gonflantes qui les affaiblissent.

Par ailleurs les nappes phréatiques sont profondes mais malgré ces profondeurs importantes, Les matériaux de versants sont souvent très proches de la saturation comme en témoignent les résurgences d'eau qui apparaissent après les premières pluies. Ces versants sont sillonnés par des chaâbas.

L'examen des mouvements de terrains passés montre qu'ils se produisent après les pluies.

B - caractéristiques des matériaux

Les matériaux glissés dans la région sont peu compacts et ont des caractéristiques mécaniques très médiocres.

D'après les rapports de laboratoire sur le cas traités, la cohésion apparente de ces matériaux est souvent inférieure à 1 kg/cm^2 . Par ailleurs pour le calcul de la stabilité des talus ou des ouvrages de soutènement les valeurs retenues pour les cohésions et angles de frottement de ces matériaux à long terme sont :

$C' = 0$ et φ variant de 25° à 33° .

C - Autre désordres observés et leur origine

Les mouvements de terrain dans la région Prérifaine sont très fréquents, répétitifs et se réactivent facilement ; leur échelle est étendue : ils vont du simple ébouli ou petit décrochement au grand mouvement de masse.

Les axes routiers importants qui sont constamment affectés par ces mouvement de terrain sont :

ppl au niveau de la déviation de Matama et à l'entrée de TAZA.

Ces mouvements sont de trois catégories :

- Les glissements qui sont les plus fréquents
- Les coulées boueuses
- Les fluages

Dans les 80 cas étudiés le premier type de mouvement de terrain représente 90% et les deux autres 5% chacun.

Dans cette zone prérifaine la cause déterminante du déclenchement des désordres reste l'eau qui intervient soit dans la saturation des marnes, la mise en charge des talus les constituant, soit dans le sapement des poids de talus schisteux ou marneux.

Les versants schisteux ont généralement des pentes de talus raides et sont en équilibre limite. Cet équilibre limite est facilement rompu par un simple sapement de la base donnant lieu à des ravinements et des glissements.

De même des venues d'eau dans les "marnes savons" leur fait perdre la résistance par excès de pression hydrostatique et entraînent des glissements suivis souvent de coulées boueuses.

La couverture végétale peut aussi jouer un rôle dans la stabilité de talus dans la région. Un versant couvert d'une végétation adéquate est moins exposé à l'érosion et par là aux instabilités.

Enfin, il est bon de noter un des facteurs souvent délaissé: l'intervention de l'homme qui laboure, construit,...sans se soucier du déséquilibre qu'il déclenche dans le versant en le surchargeant ou en facilitant les infiltrations de l'eau. L'homme est bien souvent le "Catalyseur" de l'érosion accélérée, le "milligramme décisif qui fait pencher la balance" (R RAYNAL, 1957).

D - principaux dispositifs confortatifs proposés

L'eau étant l'élément prédominant dans les causes d'instabilité, le drainage reste un procédé très communément utilisé. Son effet de rabattement est très souvent associé à d'autres dispositifs utilisés eux pour leur effet de butée.

Par ailleurs des glissements de grande masse affectant des volumes trop importants de terre nécessitent des solutions radicales qui consistent le plus souvent à déplacer l'axe de la route.

Dans les 80 cas de mouvements de terrain étudiés dans la région prérifaine par le LPEE, les solutions confortatives ci-dessous ont été proposées ou adoptées :

- Drainage seul 18%
- Drainage léger associé à un ouvrage de soutènement 54%
- Tranchées drainantes associées à un ouvrage de soutènement: 24%
- Déplacement de l'axe de la route : 4%

Ces solutions sont parfois complétées par des aménagements de chaab avec des seuils déversants ou des canalisations d'oued ou bien avec un talutage du talus pour adoucir la pente ou des protections de talus par enrochements ou perrés (maçonnés ou pierres sèches)

III - CONCLUSION

L'étude des mouvements de terrain reste toujours très complexe par la multitude des facteurs qui sont susceptibles de les produire et toute analyse, si affinée soit elle, ne peut être faite sans aléa. Et si des règles générales sont aisées à énoncer dans le domaine de ces instabilités, elles peuvent être mises à défaut à la première "fantaisie" géologique.

Toutefois l'association des techniques de la géologie et de la mécanique des sols permet de faire une bonne approche pour trouver les causes probables de déclenchement d'un mouvement donné et facilitent par là la recherche de solutions confortatives efficaces.

Ces solutions ne s'appliquent qu'au cas étudié parce que chaque glissement de terrain est un cas particulier.

Dans la région Prérifaine, les glissements ou autres mouvements de terrain restent très importants par leur grand nombre et leur échelle parfois catastrophique. Ces phénomènes soudains se déclenchent dans des formations marneuses ou schisteuses le plus souvent par des venues d'eau. Leur connaissance faciliterait la prévision de ceux qui pourraient se reproduire et permettrait de prendre les mesures de protection en temps opportun ou les traiter à brève échéance.

Le bilan présenté dans cet exposé reste très sommaire et bien incomplet; et vu les importantes répercussions économiques des problèmes d'instabilité dans cette région, ce bilan mérite d'être étayé par l'apport d'autres études.

BIBLIOGRAPHIE

- Stabilité des talus-Versants naturels- Bulletin de liaison des Ponts et Chaussées -Numéro Spécial II Mars 1976.

- Stabilité des talus -Déblais et remblais-Bulletin de liaison des Ponts et Chaussées-Numéro Spécial III Décembre 1976.

-A- Milbès-Lacroix: Les glissements de terrains-Présentation d'une carte prévisionnelle des mouvements de masse dans le Rif-Revue Mines et Géologie n° 27,Rabat 1968.

-G E F- Eboulements et chutes de pierres sur les routes. Recensement des parades-Rapport de recherche LPC n° 81.

- Rapport du séminaire organisé par la Direction des Routes les 29 et 30 Septembre 1976 sur la stabilité des talus.