Confortement par un remblai de Pied (Pathologie du glissement de Aach EL BAZ)

Strengthening of slope by use of backfill at base (Pathology of slip of Aach EL BAZ)

Bendadouche Hocine
Université Bejaia Algérie
Lazizi Salah
L.N.H.C. Bejaia Algérie

ABSTRACT

November 2000, To the place says Ach El Baz, meadows of Boulimat, along the RN°24, one decided to carry out earthworks in great mass to build two villas in edge of sea. The original ground has a slope pronounced enough with a ground in place made up of fall of slope and schist very sensitive to water. The pouring rain of December 2000 started an important slip which threatens the national road now (RN°24). A house being in the zone of slip straightforwardly rocked. Upstream, the disorders correspond to a rotational slip with a setback in head of 4 m approximately and cracks open on several tens of centimetres. Pads are visible with the foot of the slope.

To consolidate this slip, a study of stability was started. Calculation was carried out with residual values because of important displacements that to sudden the ground. Once the surface slip determined, one dimensioned the system of confortement.

One chose a system of confortement to block the foot with a rolled fill associated with a filter 0-40, spurs draining in the slipping mass and the construction a reinforced concrete retaining wall. Lastly, this article presents the results of the geotechnical recognition and the solution of confortement used.

RÉSUMÉ

Novembre 2000, Au lieu dit Aach El Baz, prés de Boulimat, le long de la RN°24, on a décidé d'effectuer des terrassements en grande masse pour construire deux villas en bordure de mer. Le terrain naturel a une pente assez prononcée avec un sol en place constitué d'éboulis de pente et de schistes très sensibles à l'eau. Les pluies diluviennes de décembre 2000 ont déclenché un glissement important qui menace maintenant la route nationale (RN°24). Une maison se trouvant dans la zone de glissement a été carrément basculée. En amont, les désordres correspondent à un glissement rotationnel avec un décrochement en tète de 4 m environ et des fissures ouvertes sur plusieurs dizaines de centimètres. Des bourrelets sont visibles au pied du talus.

Pour conforter ce glissement, on a entamé une étude de stabilité. Le calcul a été mené avec des valeurs résiduelles à cause des déplacements importants qu'à subit le terrain. Une fois la surface de glissement déterminée, on a dimensionné le système de confortement. On a opté pour un système de confortement pour bloquer le pied avec un remblai compacté associé à un filtre 0-40, des éperons drainants dans la masse glissante et l'édification d'un mur de soutènement en béton armé.

Enfin, cet article présente les résultats de la reconnaissance géotechnique et la solution de confortement utilisée.

Key words : Earthwork in great mass, slip, fall of slope, schists, disorders, surface breaking, blocking of foot, spurs draining

1 INTRODUCTION

Au lieu dit Aach El Baz, prés de Boulimat le long de la RN°24, on a effectué des terrassements en grande masse pour constituer une plate forme subhorizontale d'environ 100m x 100m limitée par un talus de hauteur égale à 25 m. Le sol en place est constitué d'éboulis de pente et de schistes très sensibles à l'eau.
Les pluies importantes de décembre 2000 ont provoqué un grand glissement. Les désordres sont importants comme le montre les figures 1 à 3. Une route nationale est directement menacée. Une maison située dans la zone de glissement a basculée et entraînée par le glissement.
Il est donc urgent de conforter le terrain et d'étudier un système de confortement. Dans ce cadre, le Laboratoire National de l'Habitat et de la Construction (L.N.H.C) a procédé à l'étude du sol ayant fait l'objet d'un glissement de terrain.

1.1 *Situation et relief*

Le terrain se trouve à Boulimat, situé au lieu dit Aach-el-Baz à environ 17 Km de la ville de Béjaia. Il est limité :

- Au Nord, par la mer Méditerranée
- Au Sud, par la Route Nationale N°24 reliant Bejaia à Tizi-Ouzou.
- A l'Est, par la propriété de Monsieur B. A.
- A l'Ouest, par la propriété de Monsieur M. C.

C'est un massif incliné vers la mer et très accidenté.

1.2 *But de l'étude*

Le but de cette étude est de déterminer les caractéristiques géotechniques du terrain et de proposer un système de confortement au glissement.

2 CONTEXTE GEOLOGIQUE

2.1 *Cadre géologique régional*

Suite à l'observation de la carte géologique de Bougie réalisée par DUPLAN au 50.000ème, nous distinguons deux grands domaines structuraux à histoire paléogéographique distincte séparés par les hauts massifs calcaires d'âges Liasique (Jurassique) joignant le Djebel Arbalou de Gouraya

Au Nord de la jointure Gouraya-Arbalou s'étale une région fortement accidentée et à histoire géologique complexe, découpée profondément par de nombreux oueds sans orientation préférentielle, tel que l'oued Saket. Dans cette partie affleurent des grès, des marnes, des schistes sous forme de caps, des falaises, de belles criques et de plages sableuses.

Proceedings of the 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering
M. Hamza et al. (Eds.)
© 2009 IOS Press.
doi:10.3233/978-1-60750-031-5-2577

A Aach El Bez, ces formations sont couvertes de terrains meubles d'âge quaternaires formées d'éboulis de pente avec des gros blocs déposés le long des pentes. Ces dernières sont instables suite à la circulation d'eau d'origine diverse. On a observé le déplacement d'énormes quantités de matériaux rocheux selon les lignes de plus grande pente.

Les éboulis de pentes sont des roches de nature généralement limoneuse à argileuse avec des débris de schistes et parfois des sables fins liés à l'influence marine. Une telle lithologie offre des déséquilibres à l'échelle de l'affleurement soit directement en présence d'eau, soit par la remontée des eaux phréatiques de la nappe.

L'analyse des éboulis sur place révèle un sol très sensible à l'eau. Cette caractéristique correspond à des sols évolutifs (marnes, schistes). Différents facteurs se sont conjugués pour déclencher ce glissement, on citera :

- la suppression de la butée
- la suppression de la couverture végétale
- les surcharges dues à la RN° 24 (trafic routier)
- l'abondance d'eaux pluviales

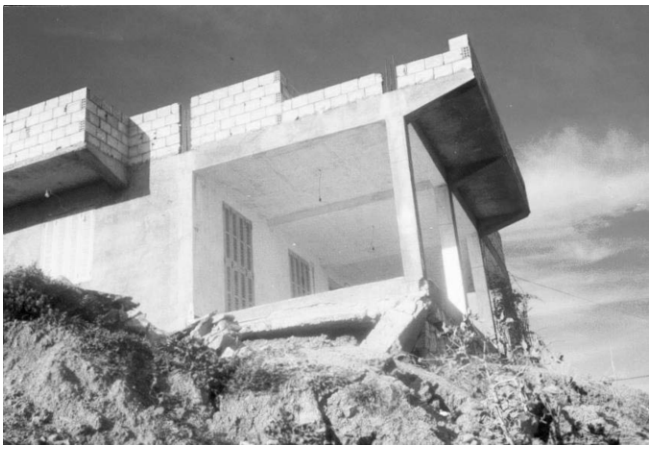

Figure 1 Vue sur la maison basculée

Figure 2 Vue sur l'éscarpement

3 RECONNAISSANCE SUR SITE

Notre investigation s'est basée sur des visites du terrain et des essais in-situ et de laboratoire. Nous avons réalisé un sondage carotté, des essais au pénétrométre dynamique lourd, des puits et des essais de laboratoire. Il est à noter que l'accès à la zone glissée est difficile et parfois impossible pour les engins lourds comme la sondeuse à cause des escarpements importants comme le montre la figure 2.

3.1 *Visite du terrain*

La première visite du site a eu lieu le 06 /01/2001 sur les lieux du glissement avec la présence de l'APC de Béjaia, le CTC et certains bureaux d'études en vu de faire des constatations in-situ.

3.2 *Sondage carotté*

Un seul sondage carotté allant à 18m de profondeur a été réalisé dans le but de connaître la nature géologique des formations constituant le terrain d'assise et de prélever des échantillons pour des essais de laboratoire. Il est implanté à la limite du glissement côté amont. On n'a pas pu effectuer d'autres sondages à cause des problèmes d'accès et des fissures existantes.

La description visuelle des échantillons récupérés du sondage, nous a permis d'établir la coupe suivante :

0.00-1.50 m : Remblai avec terre végétale graveleuse limoneuse friable beige
1.50-2.40 m : Limons marneux graveleux peu compacts gris
2.40-9.50 m : Argile compacte graveleuse limoneuse oxydée marron
9.50-18.0 m : Argile schisteuse très compacte avec des filonnets de calcite couleur grise.

Figure 3 Vue sur les fissures de tractions

3.3 *Puits*

Des prélèvements in-situ d'échantillons ont été effectués à environ 24 m de profondeur par rapport au niveau de la RN° 24. Ces échantillons ont été soumis aux essais de laboratoire.

3.4 *Essais pénétromètriques*

Vingt deux (22) essais de pénétration dynamique lourd ont été effectués afin de déterminer la résistance à la pénétration par battage du sol, de vérifier le degré d'homogénéité du terrain et de connaître la variation latérale de la puissance des remblais.

La répartition de ces essais sur le terrain est illustrée sur le levé topographique (figure 4).

Treize essais (13) essais ont été effectués à la limite du glissement, neuf autres (09) dans la plate-forme destinée à recevoir les deux bâtisses.

3.5 *Interprétation des essais au pénétrométre dynamique*

- Zone glissée

On constate sur les pénétrogrammes que la résistance de pointe (Rp) moyenne s'élève à 40 bars. Les essais P7, P8, P9 révèlent une résistance plus faible au niveau de la couche située entre 7 et 8 m. Les essais P1, P2, P5, P6 montre des passages de faibles résistances de pointe entre 1 et 2m avec une résistance minimale de 16 bars.

- Plate forme

La répartition des points d'implantation a été faite sur la partie déblayée. L'autre partie de la plate-forme (coté mer) est constituée de remblais provenant des déblais du terrassement. Le refus des pénétrations dynamiques est atteint entre 4.60 et 6.80 m sauf pour les essais P16, P17 et P20 où le refus maximum est de 2.80 m.

Les résultats obtenus des essais P16, P18, P19 et P21 montrent une faiblesse de résistance de pointe aux premiers mètres. La résistance minimale est de 15 bars. Mis à part ces essais, les résistances sont supérieures à 30 bars.

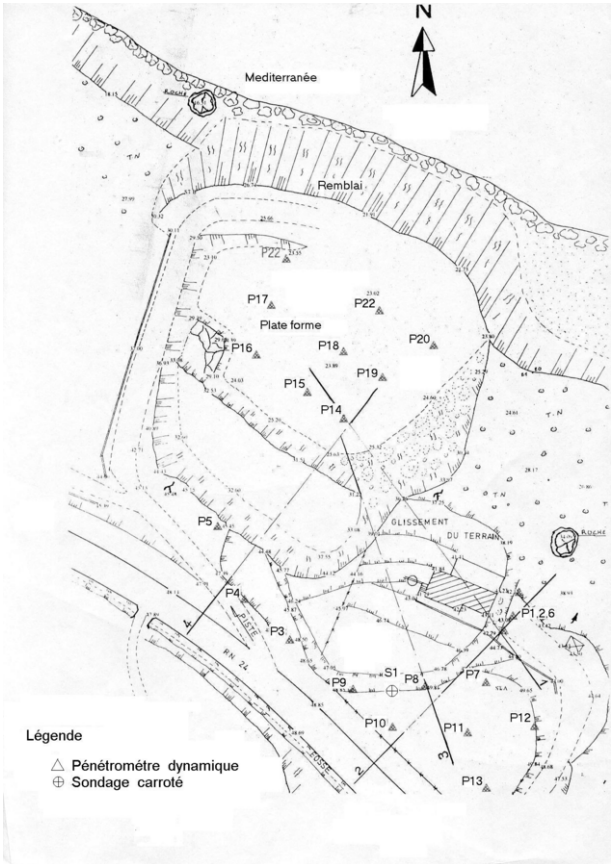

Figure 4 Plan d'implantation des essais

4 ESSAIS DE LABORATOIRE

A partir des échantillons intacts et remaniés prélevés du sondage carotté et des puits, nous avons effectué des essais au laboratoire servant à l'identification physique du sol et à l'étude de leurs propriétés mécaniques.

4.1 *Identification physique*

Les paramètres déterminés sont : la densité, la teneur en eau, le degré de saturation à différentes profondeurs.

- Densité humide :

La valeur de la densité humide est comprise entre 2.06 et 2.40 g/cm^3 : c'est un sol de bonne qualité sauf pour la couche située entre 7.00 et 8.50 m de profondeur où le sol est de qualité moyenne : γ_h =1.95 g/cm^3

- Teneur en eau : w (%)

9 < w < 20% sauf pour la couche située entre 7.00 et 8.50 m de profondeur où on a relevé des teneurs en eau de 19.4% et 25%.

- Degré de saturation : Sr (%)

83%< Sr <100% :
sol partiellement à totalement saturé

- Indice des vides e

L'indice des vides calculé indique un sol moyennement dense en surface et dense en profondeur. A l'exception de la tranche située à 7.00 m où le sol est à l'état lâche (e= 0.72).

4.2 *Analyse granulomètrique*

Les analyses granulomètriques effectuées sur les échantillons récupérés du sondage et des différents puits présentent différentes allures de courbes à cause de la variété des sols en place. Le sol est constitué de 60 à 86 % d'éléments fins dont le diamètre est inférieur à 0.2 mm.

4.3 *Limites d'Atterberg*

Les limites d'Atterberg nous permettent de déterminer la nature de sol ainsi que son état. D'après les essais effectués, la limite de liquidité des échantillons prélevés du sondage carotté est inférieure à 50 %, Selon le diagramme de Casagrande, c'est un sol peu plastique.

4.4 *Propriétés mécaniques*

Les essais de cisaillement rectiligne à la boite de Casagrande de type non consolidé non drainé (UU) effectués sur les échantillons nous donnent un angle de frottement interne compris entre 15.6° et 36° et une cohésion entre 0.11 à 0.70 bar. Entre les niveaux 7 et 8 m, l'angle de frottement est de 15.6° pour une cohésion de 0.11 bar.

N.B. : les échantillons prélevés au niveau du bourrelet sont un amalgame de sols de nature différente. Lors du glissement, Il y a eu un brassage des différentes couches de terrain.

On y trouve :

- de la grave argileuse
- du sable peu plastique
- de l'argile très plastique

D'après le propriétaire de la maison sinistrée, le niveau d'eau du puits était à -8 m par rapport au niveau du sol au moment du sinistre. La couche d'argile graveleuse peu perméable représente une zone d'écoulement, ce qui explique la teneur en eau élevée à ce niveau. Son interface avec la couche d'argile schisteuse très compacte, correspond au plancher de la nappe.

Une première analyse des échantillons issus du sondage montre une forte valeur de la teneur en eau entre 7 et 8m comme le montre le tableau 1 ci-desus. Cette profondeur coïncide avec le niveau des eaux dans le puits. L'idée d'un glissement plan est donc envisageable mais l'absence d'essais sur la zone glissée ne permet pas de localiser avec exactitude la surface de rupture.

4.5 *Glissement- Plan*

Avec l'hypothèse d'une couche molle (-8m). Nous avons opté pour un glissement plan mais ce dernier ne correspond pas à la configuration actuelle du glissement. Le glissement s'est donc propagé en amont par glissements imbriqués. La surface de rupture actuelle correspond à F=1.06. Cette surface de glissement va servir à calculer et à dimensionner le confortement. Pour étudier la nouvelle configuration, on a repris les calculs avec des surfaces de rupture circulaire.

Tableau 1: Evolution des teneurs en eau en fonction de la profondeur

Profondeur (m)	Teneur en eau en %
	16.2
4.7 – 5.1	16.5
5.0 – 6.0	15.8
7.0 – 7.4	25.1
8.0 – 8.2	19.4
14.6 – 15.0	9.1

4.6 *Rupture circulaire*

Plusieurs dizaines de cercles de glissement ont été tracées par le programme Nixes avec la méthode de Bishop.

Tableau 2: Caractéristiques des couches du terrain

N° de couches	1	2	3	4
Densité humide KN/m^3	20.6	21.1	19.5	24
Cohésion en KPa	68	70	11	55
Angle de frottement résiduel	14.6	31	12	19.7
Angle de frottement de pic	19.6	36	15.6	24.7
Largeur (m)	11	1	1	1
Profondeur (m)	0-2	2-7	7-8	8 et plus

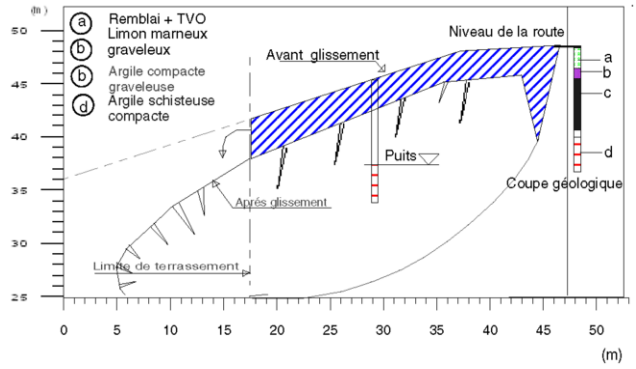

Figure 5 Vue sur le glissement et coupe géotechnique

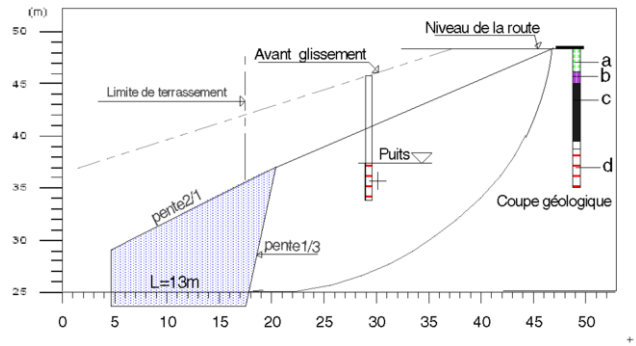

Figure 6 Confortement du massif par un remblai de pied

4.7 *Confortement du massif*

4.7.1 *Effort à répondre pour assurer l'équilibre de la massif*

Avant confortement, le coefficient de sécurité est proche de 1'unité

$$F = \frac{\sum(c_i.l_i. + W_{i.}\cos\theta_{i.}tg\varphi_i)}{W_{i.}\sin\phi} = 1 \qquad (1)$$

Après confortement, on a opté pour une amélioration du coefficient de sécurité de 40% (Fc=1.4)

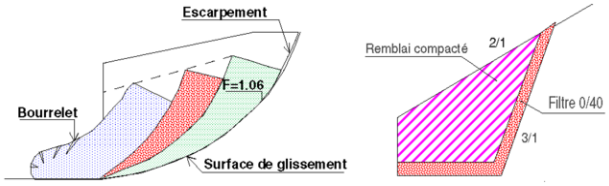

Figure 7 Evolution du glissement et détail du drain.

$$F_c = \frac{\sum(c_i.l_i. + W_{i.}\cos\theta_{i.}tg\varphi_i) + R}{W_{i.}\sin\phi} \qquad (2)$$

D'où R= (F$_c$- F).W.sin θ et T=R (3)

R : Effort à reprendre
T : Effort tranchant

Sur la base des hypothèses suivantes :

- γ_h = 20 KN/m3.
- θ = 31°
- W = 606 t

On obtient après calcul, un effort tranchant (T) de 75t

4.7.2 *Dimensionnement du remblai de pied pour assurer l'équilibre de la massif*

Pour assurer l'équilibre du massif et équilibrer l'effort, on a déterminer l'épaisseur du remblai de pied

Wp tgφ= T avec Wp = (10.5 + 5.5) / 2) x L x 2 (4)
φ = 20 °, T=75t d'où L= 13m

5 CONCLUSION

Après les fortes pluies de décembre 2000, janvier 2001 et les terrassements en grandes masses effectués, un important glissement de terrain a eu lieu à Aach El Baz situé à 20 Km à l'Ouest de Bejaia (Algérie). Le sol étudié est composé essentiellement d'éboulis de pente très sensible à l'eau. L'analyse de sol nous signale un passage de faible résistance entre 7 et 8 m de profondeur.

Afin de préserver l'utilisation de la RN 24 qui représente une route stratégique, la solution proposée consiste à :

- bloquer le pied par un remblai compacté associé à un filtre 0-40
- prévoir des éperons drainants dans la masse glissante
- édifier un mur de soutènement en béton armé. Le talus doit être protéger par une couverture végétale ou autre. Cette végétation doit durer toute l'année et couvrir toute la zone glissée. Enfin, ces travaux doivent s'effectuer en période sèche. Ces recommandations ont abouti à la réalisation du mur durant l'été 2001. Il y'a actuellement stabilisation du talus.

BIBLIOGRAPHIE

Gilles, C. Stabilisation des pentes par clouage. *Bulletin de liaison du laboratoire des Ponts et Chaussées*. N°141.

Sanglerat, G. Barnoud , F. & Sanglerat, T.R. 1975. Confortement par clouage de remblais en site difficile. *Bulletin de liaison du laboratoire des ponts et chaussées.* N° 78.

Cartier, G. 1986. Stabilisation des pentes instables par clouage. *Bulletin de liaison du laboratoire des ponts et chaussées.* N° 141.

Hocine, B. & Salah, L. 1999. Le bâti et le sol. *Séminaire sur l'urbanisme à Bejaia*.

Pouget, P. & Gilles, S.1998. Stabilisation des glissements de terrain. *Guide technique, LCPC*.

Bendadouche, H. & Lazizi, S. 2000. Etudes de sols. *L.N.H.C. (Laboratoire National de l'habitat et de la Construction),* Bejaia..

Ministére de l'équipement et du logement. 1993. Règles de conception de Conception et de Calcul des Fondations des Ouvrages de Génie Civil. *Fascicule N°62, Titre V.93.3.*

Gilles, S. & Frank, R. 1996. Etude expérimentale de la stabilisation d'un glissement de terrain par des pieux de gros diamètre. *Bulletin de liaison du laboratoire des ponts et chaussées.* N° 204.