

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/275971188>

# Analyse de stabilité et stabilisation du versant urbanisé de Tizi-N' Béchar (wilaya de Sétif, Algérie)

Conference Paper · April 2015

CITATIONS

0

READS

743

2 authors, including:



**Mohamed Khemissa**  
Université de M'sila

78 PUBLICATIONS 455 CITATIONS

SEE PROFILE



Association Tunisienne de Mécanique des Sols  
Tunisian Association of Soil Mechanics - ATMS

Société Internationale de Mécanique des Sols et de Géotechnique  
International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering



**Actes du 16ème Congrès Régional Africain de la Mécanique des Sols et de la Géotechnique**  
**Proceedings of the 16th African Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering**

# **LA GÉOTECHNIQUE INNOVANTE POUR L'AFRIQUE**

## ***INNOVATIVE GEOTECHNICS FOR AFRICA***



**ARC  
CRA 16**

**TUNISIE/TUNISIA  
27-30 AVRIL/APRIL 2015**

**EDITEURS / EDITORS**

Mounir BOUASSIDA  
Mehrez KHEMAKHEM  
Slah Eddine HAFFOUDHI

## Analyse de stabilité et stabilisation du versant urbanisé de Tizi-N'Béchar (wilaya de Sétif, Algérie)

### *Stability analysis and stabilization of urbanized Tizi-N'Béchar slope (wilaya of Sétif, Algeria)*

A. Seddiki<sup>1</sup>, M. Khemissa<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Développement des Géomatériaux, Université Mohamed Boudiaf, 28000 M'sila, Algérie

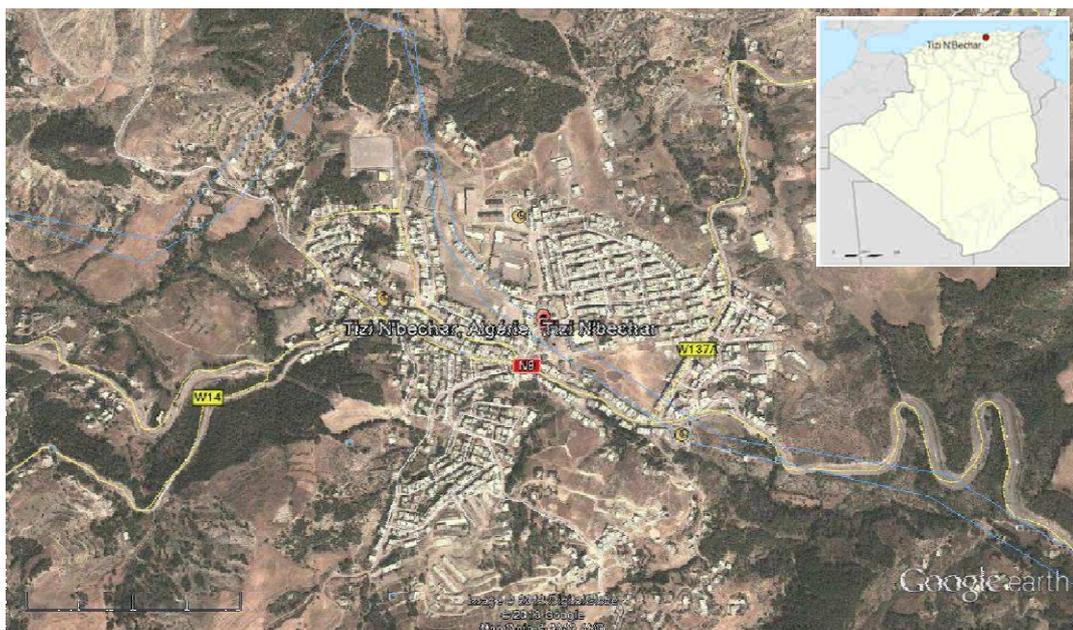
\* Auteur correspondant ([khemissa@univ-msila.dz](mailto:khemissa@univ-msila.dz))

**RÉSUMÉ**– Cet article présente les résultats d'une série de calculs de stabilité effectués sur le versant urbanisé de Tizi-N'Béchar (wilaya de Sétif, Algérie) et propose une solution pour son confortement. Les calculs de stabilité montrent que le versant est en équilibre critique, donc potentiellement instable. Parmi les solutions de confortement possibles, l'allègement en tête de ce versant et son remblaiement en pied apparaissent comme la technique la mieux adaptée, mais insuffisante sous l'action d'une légère secousse sismique associée à une nappe phréatique affleurant le terrain naturel. Aussi, le renforcement du versant par inclusions de type clouage en tête et pieux en pied combinées éventuellement à un soutènement en contre-bas du versant s'impose.

**ABSTRACT** – This paper presents the results of a series of stability calculations carried out on urbanized Tizi-N'Béchar slope (wilaya of Sétif, Algeria) and proposes a solution for its stabilization. Stability calculations show that the slope is in critical equilibrium, therefore potentially unstable. Among possible stabilization solutions, the lightening at the head of this slope and its filling in foot seem as the best adapted technique, but insufficient under the action of a light earthquake associated with a groundwater table levelling the natural ground. Also, the slope's reinforcement by inclusions of the nailing type at the head and piles in foot possibly combined with a retaining wall in against-low slope is essential.

### 1. INTRODUCTION

La commune de Tizi-N'Béchar (wilaya de Sétif, Algérie) est située sur la RN9 aux coordonnées géographiques 36° 25' 52" Nord et 5° 21' 36" Est et s'étale sur une superficie de 71,65 km<sup>2</sup> (figure 1). Cette commune connaît de nos jours une urbanisation sans cesse croissante dictée par une démographie galopante, d'où son extension vers des terrains moins favorables que ceux déjà urbanisés. Des instabilités de terrains en pente sont à craindre dans cette zone en raison de son contexte géologique et géomorphologique en plus des conditions climatiques et géophysiques caractérisant l'Atlas tellien dans le nord de l'Algérie.



**Figure 1.** Plan de situation de la ville de Tizi-N'Béchar (wilaya de Sétif, Algérie).

Cet article a pour objet d'analyser la stabilité d'un versant destiné à la construction de locaux commerciaux dans la commune de Tizi-N'Béchar à proximité de la RN9 et de proposer une solution pour son confortement. On présente d'abord une description sommaire du site étudié, on expose ensuite les conditions retenues pour les calculs et leur mise en œuvre à l'aide des logiciels TALREN et PLAXIS. On discute enfin quelques solutions de confortement du versant permettant de parer à d'éventuelles instabilités liées aux propriétés mécaniques des sols, aux conditions hydrogéologiques et aux effets sismiques probables.

## 2 DESCRIPTION SOMMAIRE DU SITE

### 2.1 Contexte géologique et géomorphologique

La commune de Tizi-N'Béchar est caractérisée par un relief accidenté constitué essentiellement de montagnes et de quelques collines. Le site étudié est caractérisé par une déclivité raide en amont et moyennement raide en aval à proximité d'un talweg. D'après la carte géologique du secteur étudié, les formations géologiques des terrains sont constituées d'alluvions du quaternaire et de formations telliennes représentées par des schistes noirs durs.

La campagne de reconnaissance effectuée révèle l'existence de trois couches de sols d'épaisseurs variables d'un sondage à l'autre. A l'emplacement des trois sondages effectués, on rencontre des sols hétérogènes comportant de haut en bas :

- une couche de limon entre 0 et 3 m de profondeur,
- une couche d'argile limoneuse entre 1,5 et 3,5 m de profondeur,
- une couche de marne compacte entre 2 et 8 m de profondeur.

Le niveau de la nappe phréatique varie selon la saison entre le niveau du terrain naturel en hiver et à quelques dizaines de mètres en profondeur en été.

### 2.2 Caractéristiques géologiques des sols

Les valeurs des teneurs en eau déterminées sur les échantillons limono-argileux à débris schisteux varient de 15 à 17% avec un degré de saturation variant de 87 à 95%. Par contre, les valeurs des teneurs en eau déterminées sur les échantillons marneux varient de 4 à 5% avec des degrés de saturation variant de 70 à 80%. L'analyse granulométrique fait ressortir des sols composés essentiellement de fines. Le tableau 1 donne les valeurs des paramètres mécaniques retenues dans les calculs de stabilité du versant.

**Tableau 1.** Valeurs considérées des paramètres de calcul.

Couches de sol	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	c' (kPa)	$\phi'$ (°)
Limon	17	10	15
Argilelimoneuse	16	13	20
Marne compacte	18	30	7

### 2.3 Caractéristiques sismiques

La commune de Tizi-N'Béchar est classée par les règles parasismiques algériennes en vigueur (RPA 99 – version 2003) comme une zone de moyenne sismicité (zone IIa). Toutefois, la position géographique de cette ville laisse craindre une activité sismique comparable à celle des villes du nord de l'Algérie qui connaissent une activité sismique intense (AFPS, 2003). Le tableau 2 donne les valeurs des coefficients sismiques horizontal  $k_h$  et vertical  $k_v$  pris en compte dans les calculs de stabilité sismique du versant.

**Tableau 2.** Valeurs du coefficient d'accélération de zone A (RPA 99).

Zone	Groupe	Description	A
IIa	1A	Ouvrages d'importance vitale (sécurité, hôpitaux)	0,25
	1B	Ouvrages de grande importance (bâtiments scolaires, mosquées)	0,20
	2	Ouvrages courants (logements, bureaux)	0,15
	3	Ouvrages de faible importance (hangars)	0,10

### 3 CALCULS DE STABILITE

#### 3.1 Profil géométrique considéré

Le profil du versant de Tizi-N'Béchar est composé de segments délimitant les couches des sols constituant le massif. Le massif est constitué de trois couches de sols comportant une couche de limon reposant sur une couche d'argile limoneuse qui elle-même repose sur une couche de marne compacte. Les conditions aux limites sont choisies par défaut : déplacements libres sur les deux côtés verticaux et bloqués à la base (substratum).

#### 3.2 Outils numériques de calcul utilisés

Les calculs de stabilité du versant ont été effectués à l'aide des deux logiciels suivants :

- le programme TALREN 4 (version 2.0.3) de calcul de stabilité et de renforcement des talus en ruptures circulaires et non circulaires par la méthode des tranches,
- le code PLAXIS (version 8.2) de calcul en éléments finis des ouvrages géotechniques par la méthode de réduction des paramètres de cisaillement.

L'analyse de stabilité sismique du versant a été effectuée par l'approche pseudo-statique. Le principe de cette approche consiste à remplacer l'action sismique par une action statique équivalente qui tient compte de la réaction probable de la masse de sols en mouvement (figure 2).

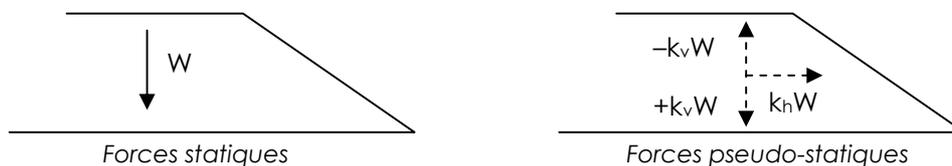


Figure 2. Forces statiques et pseudo-statiques appliquées.

#### 3.3 Localisation de la zone de rupture potentielle du versant

Les calculs effectués en équilibre limite à l'aide du programme TALREN sous l'effet du chargement gravitaire seul montre que la ligne de rupture du versant est localisée dans la couche d'argile limoneuse (figure 3). Le coefficient de sécurité correspondant au cercle critique est égal à  $F_s=1,04$ . Ce résultat permet de conclure que le versant est en équilibre critique, donc potentiellement instable.

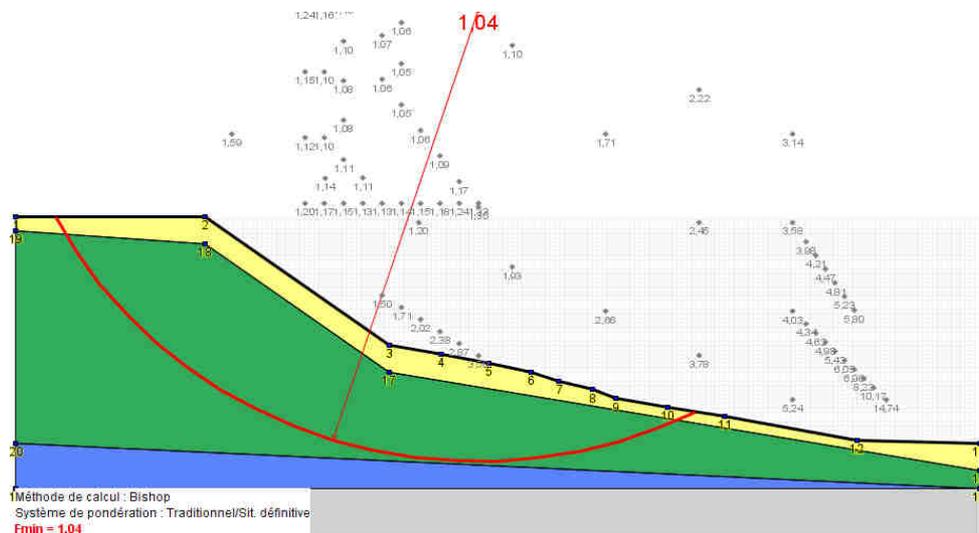


Figure 3. Localisation de la ligne de rupture potentielle du versant.

Les calculs effectués en plasticité suivant un modèle de rupture de type Mohr-Coulomb à l'aide du code PLAXIS sous l'effet du chargement gravitaire seul s'accordent avec l'hypothèse d'une rupture rotationnelle du versant et confirment les résultats des calculs obtenus en équilibre limite (figure 4).

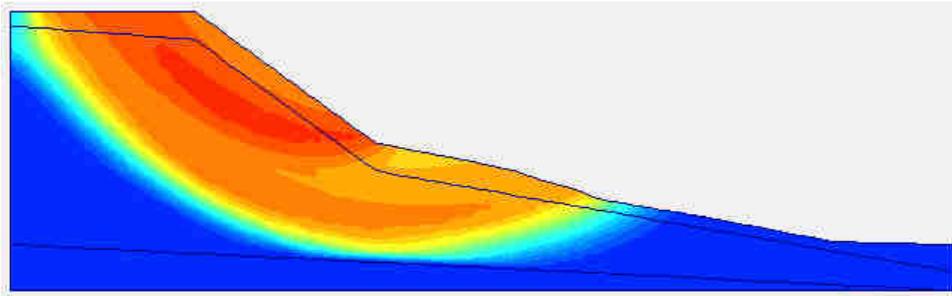


Figure 4. Localisation de la zone de plastification des sols en mouvement.

#### 4 RECHERCHE D'UNE SOLUTION CONFORTATIVE DU VERSANT

Parmi les solutions de confortement envisageables du versant, on se restreint à ne présenter ci-après que les résultats liés à la position de la ligne de rupture du versant et la valeur du coefficient de sécurité correspondant déterminés à l'aide du programme TALREN ; ceux obtenus à l'aide du code PLAXIS étant semblables.

##### 4.1 Confortement par allègement en tête du versant

La figure 5 présente le profil du versant allégé en tête et la position de la ligne de rupture correspondante sous l'action gravitaire seule. On notera une légère amélioration de la stabilité du versant à laquelle correspond une valeur critique du coefficient de sécurité  $F_s=1,23$ .

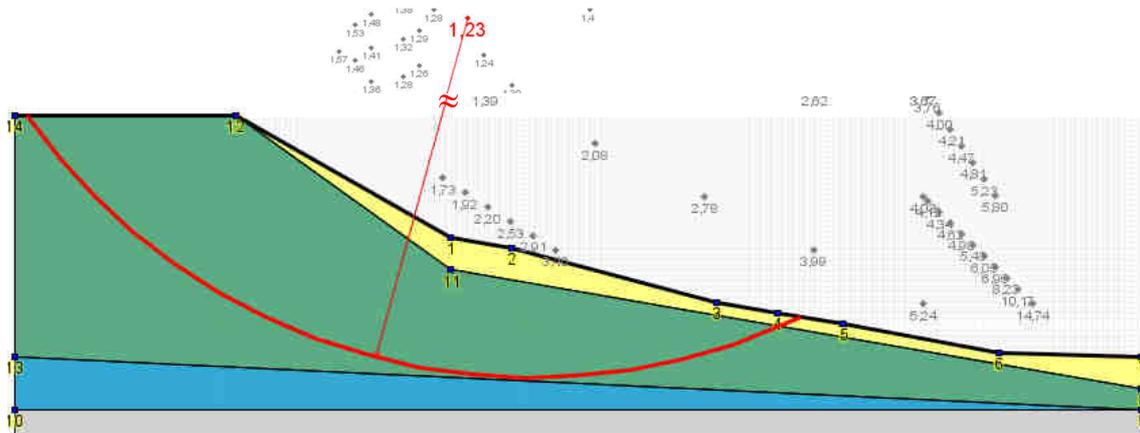


Figure 5. Profil du versant allégé en tête et position de la ligne de rupture correspondante.

##### 4.2 Confortement par remblaiement en pied du versant

La figure 6 présente le profil du versant remblayé en pied et la position de la ligne de rupture correspondante sous l'action gravitaire seule. On notera une légère amélioration de la stabilité du versant à laquelle correspond une valeur critique du coefficient de sécurité  $F_s=1,21$ .

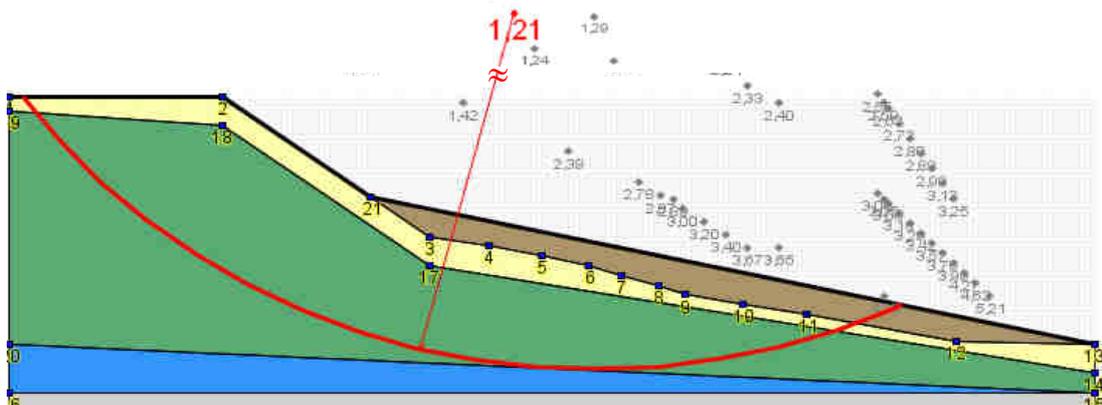


Figure 6. Profil du versant remblayé en pied et position de la ligne de rupture correspondante.

#### 4.3 Solution combinée : allègement en tête et remblaiement en pied

La figure 7 présente le profil du versant allégé en tête et remblayé en pied et la position de la ligne de rupture correspondante sous l'action gravitaire seule. On notera une amélioration très sensible de la stabilité du versant à laquelle correspond une valeur critique du coefficient de sécurité  $F_s=1,45$ .

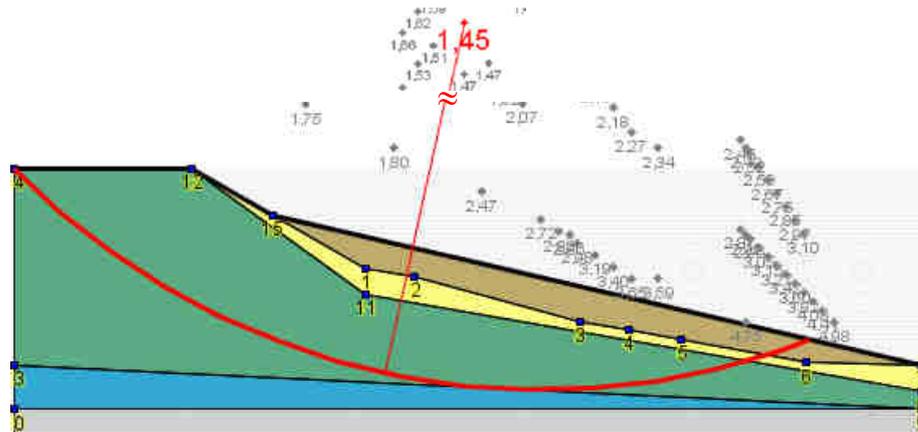


Figure 7. Profil du versant allégé en tête et remblayé en pied et position de la ligne de rupture correspondante.

Toutefois, les calculs de stabilité effectués sous l'effet d'une forte secousse sismique ou d'un séisme correspondant aux ouvrages d'importance vitale de la zone IIa ( $k_h=0,125g$ ) montre que le versant s'effondre ( $F_s=0,96$ ) (figure 8).

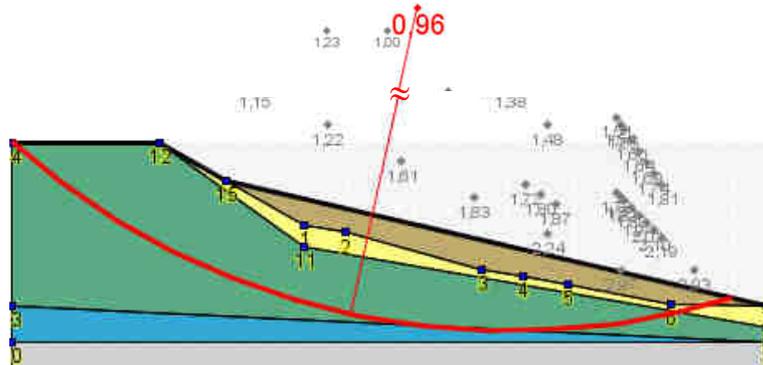


Figure 8. Profil du versant conforté et position de la ligne de rupture correspondant à une secousse sismique de zone IIa.

Sous l'effet d'une nappe phréatique affleurant le terrain naturel, les calculs de stabilité montre que le versant demeure en équilibre critique ( $F_s=1,03$ ) (figure 9).

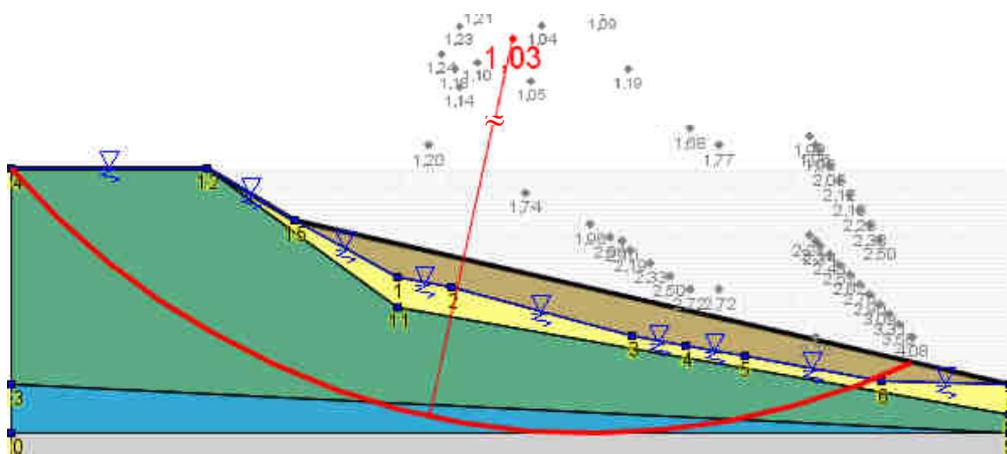
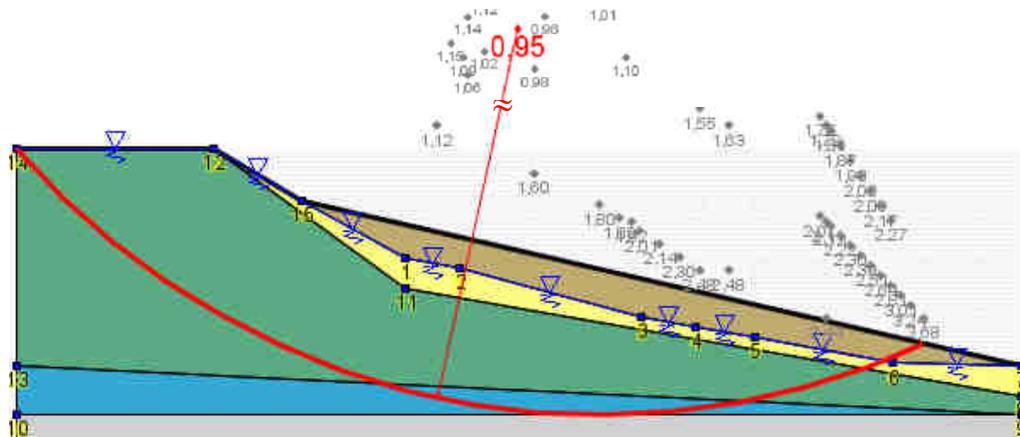


Figure 9. Profil du versant conforté et position de la ligne de rupture correspondant à une nappe phréatique affleurant le terrain naturel.

Cependant, sous l'effet combiné d'une légère secousse sismique ou d'un séisme correspondant aux ouvrages courants ( $k_n=0,075g$ ) associée à une nappe phréatique affleurant le terrain naturel, les calculs de stabilité montrent que le versant s'effondre ( $F_s=0,95$ ) (figure 10).



**Figure 10.** Profil du versant conforté et position de la ligne de rupture correspondant à un effet combiné : séisme + nappe affleurant le terrain naturel.

## 5 CONCLUSION

Cet article avait pour finalité d'analyser la stabilité du versant de Tizi-N'Béchar (wilaya de Sétif, Algérie) destiné à la construction de locaux commerciaux et de lui proposer une solution confortative. Le contexte géologique et géomorphologique des sols constituant le massif laisse craindre une éventuelle instabilité du versant, notamment lors d'évènements climatiques et/ou sismiques probables. Les calculs de stabilité effectués sous l'action gravitaire seule justifie cette crainte puisqu'ils montrent que le versant est en équilibre critique, donc potentiellement instable.

Cependant, les calculs de stabilité du versant allégé en tête ou remblayé en pied indiquent une légère amélioration de sa stabilité sous l'action gravitaire seule. Tandis que la solution combinée d'un allègement en tête du versant et de son remblaiement en pied en est la plus avantageuse, mais insuffisante lorsque celui-ci sera éventuellement soumis à une légère secousse sismique associée à une nappe phréatique affleurant le terrain naturel.

Aussi, doit-on chercher à conforter le versant au moyen d'inclusions de type clouage en tête et pieux en pied avec éventuellement un soutènement en contre-bas du talus.

## REFERENCES

- AFPS (2003). *Le séisme du 21 mai 2003 en Algérie*. Rapport de mission de l'Association Française du Génie Parasismique.  
 PLAXIS (2002). *Finite element code for soil and rock analyses*. Balkema, Rotterdam, Brookfield, version 8.2.  
 RPA 99 (1999). *Règles Parasismiques Algériennes*. Editions de l'Office des Publications Universitaires, Alger, version 2003.  
 TALREN 4 (2005). *Programme d'étude de la stabilité et du renforcement des talus en ruptures circulaires et non circulaires*. TERRASOL, version 2.0.3.