

W2452/MhA

République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



**Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics**

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

Code : .....

## *Mémoire*

*Pour l'Obtention du Diplôme de master*

*Spécialité : Infrastructures de base*

*(DIB)*

## **Thème**

*Etude d'un remblai d'accès de  
l'échangeur de Bouira ouest*

*Encadré par :*  
**Pr. DERRICHE Zohra**

*Présenté par :*  
**MEDDOUR Sabrina**

**Promotion 2015**

*Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics. Garidi. Kouba.*



# Remerciements

*Tout d'abord Je tiens à remercier ALLAH, le tout Puissant, de m'avoir donné la force et la sagesse d'arriver à ce stade dans mes études.*

*En second lieu Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Madame. DERRICHE.Z pour la confiance qu'elle m'a accordée en acceptant la direction de mon mémoire, son dévouement, sa disponibilité et ces conseils.*

*Mes vifs remerciements à AZOUG Kahina Ingénieur d'état en travaux publics pour tous ces conseils, soutien et aide*

*Je tiens également à remercier tous les responsables de l'Ecole nationale supérieure des travaux publics pour m'avoir offert cette agréable opportunité d'intégrer l'univers de la recherche scientifique et d'y faire mes premiers pas.*

## SOMMAIRE

Introduction générale.....	1
<b>Chapitre I : PRESENTATION DE L'OUVRAGE</b>	
1. Introduction.....	2
2. Présentation de l'échangeur de Bouira ouest .....	2
3. Description du remblai d'accès du pont .....	2
3.1. Dimensions du remblai d'accès.....	3
a. Rive droite .....	3
b. Rive gauche .....	3
<b>Chapitre II: RECONNAISSANCES GEOTECHNIQUES</b>	
1. Introduction.....	5
2. Essais in-situ .....	5
2.1. Puits de reconnaissance .....	5
a. Synthèse des essais .....	5
2.2. Sondage carottier.....	6
2.3. Essais mécaniques .....	6
a. Essai de compressibilité à l'oedomètre .....	6
b. Essai de cisaillement à la boîte de casagrande.....	6
3. Classification selon le GTR .....	7
3.1. Conditions de réutilisation du remblai selon le GTR.....	7
4. Identification du sol de remblai .....	8
<b>Chapitre III: ETUDE DE LA STABILITE DU REMBLAI</b>	
1. Introduction.....	10
2. Détermination des sollicitations appliquées au sol support de l'échangeur de Bouira ouest .....	10
3. Stabilité au poinçonnement.....	10

3..2. Vérification numérique au poinçonnement .....	12
a. Calcul de la cohésion équivalente .....	12
b. Conclusion .....	13
4. Stabilité au glissement .....	13
4.1. Introduction .....	13
4.2. Etude de glissement .....	13
4.3. Stabilité à court terme et à long terme .....	14
4.4. Principe des méthodes dans le cas général d'un talus .....	14
a. Hypothèses portant sur la rupture. ....	14
b. Hypothèse de calculs .....	15
c. Formule générale de Fellenius-Bishop .....	15
d. Application aux remblais sur sol mou .....	16
e. Prise en compte du séisme .....	17
5. Les résultats du calcul .....	17

## **Bibliographie**

## **Annexes**

## **Résumé**

Pour améliorer la circulation dans tronçon autoroutier de Bouira ouest, il y'a eu lieu la construction d'une nouvelle liaison routière dénivelée entre l'autoroute est-ouest et la RN 18. Les particularités de ce projet sont la construction d'un remblai d'accès à un ouvrage d'art reliant l'Autoroute Est -Ouest à la RN18 sur des sols peu compressible avec une hauteur allant jusque à 5.79 m

**Mots clé : Remblai contigüe ; sol peu compressible**

## **Abstract**

To improve circulation in Bouira motorway section, There are held the construction of a new road link. The special features of this project are the construction of an embankment to access a structure spanning the East -West Highway to the RN18 on slightly compressible soils with a height of up to 5.79 m

**Keywords: access Embankment; slightly compressible soil.**

## Liste des figures

<u>Tableau 2-1 : Localisation des rampes d'accès du l'échangeur de Bouira ouest</u> .....	3
<u>Figure 1-3 : coupe transversale du remblai</u> .....	<b><u>Erreur ! Signet non défini.</u></b>
<u>Figure 1-3 : coupe transversale du remblai</u> .....	<b><u>Erreur ! Signet non défini.</u></b>
<u>Figure 2-1 : Localisation des essais in-situ</u> .....	5
<u>Figure 2-1 :Lithologie du sol support selon le sondage réalisé</u> .....	6
<u>Figure 2-1 :Scéma montre un exemple d'un remblai d'accès</u> .....	9
<u>Figure 3-1 :Rupture par poinçonnement sur une couche molle selon l'analogie d'une semelle filante</u> .....	11
<u>Figure 3-2 :Abaque de Mandel &amp; Saléncan qui doone le NC en fonction de (B/H)</u> .....	12
<u>Figure 3-3 :Schématisation de phénomène de Glissement</u> .....	13
<u>Figure 3-4 :Modèle de Bishop, forces agissant sur une tranche</u> .....	14
<u>Figure 3-5 :Calcul en rupture circulaire d'un remblai sur sol mou</u> .....	16

## Liste des tableaux

<u>Tableau 2-1 : Tableau récapitulatif de compressibilité (XP P 94-011)</u> .....	6
<u>Tableau 2-2 : Tableau récapitulatif de l'essai de casagrande (XP P 94-011)</u> .....	6
<u>Tableau 2-3 : Condition d'utilisation en remblai du sol de déblais du sol A3</u> .....	7
<u>Tableau 2-4 : Condition d'utilisation en remblai du sol de déblais du sol C1B6h</u> .....	8
<u>Tableau 2-5 : Condition d'utilisation en remblai du sol de déblais du sol B6m</u> .....	8
<u>Tableau 2-6 : Récapitulation des caractéristiques du sol support</u> .....	8
<u>Tableau 3-1 : Calcul du poids propre du remblai</u> .....	10
<u>Tableau 3-2 : Calcul de coefficient de sécurité au poinçonnement auprès de la culée</u> .....	12
<u>Tableau 3-3 : Récapitulation des valeurs du coefficient de sécurité</u> .....	17

# Introduction générale

---

## Introduction

Dans le cadre d'aménagement du réseau routier de Bouira, la ville à bénéficié d'une liaison dénivelée Echangeur de Bouira Ouest « « Autoroute est ouest et route nationale la N°18 » ».

À fin de reprendre à l'intensité du trafic connue au niveau de la wilaya.

Le projet élaboré par l'Agence Nationale des Autoroute, prévoit la mise en place des remblais avec une hauteur qui varie de 1 à 7 m au niveau du rive gauche et droit des rampes d'accès de l'ouvrage d'art .

La réalisation des tels remblais demande la prise en compte les caractéristiques physiques et mécaniques des terrains du site.

Vue à la mauvaise qualité du sol support et à l'importance des tels remblais, On présent ici un travail intitulé l'étude du remblai d'accès sous forme de 4 chapitre :

- Présentation du l'ouvrage d'art.
- Reconnaissances géotechniques.
- Etude de la stabilité du remblai.

### 1. Introduction

La liaison entre l'AEO et la RN18 est assurée au niveau de la wilaya de Bouira avec un Echangeur de Bouira ouest comme un passage supérieur.

### 2. Présentation de l'échangeur de Bouira ouest

L'échangeur de Bouira ouest est situé au niveau de la sortie de la ville, raccordant l'autoroute est-ouest à la route nationale numéro 18 au niveau du PK512 en implantant environ 1.7 Km de l'échangeur existant par un giratoire de trois branches.

C'est un échangeur aménagé avec une gare de péage et un centre d'entretien au niveau du tronçon de raccordement, et le franchissement de l'autoroute s'effectuera avec un passage supérieur.

Le projet remplacera l'échangeur actuel qui sera fermé à la circulation à partir dès sa mise en service, donc les bretelles de l'échangeur existant seront fermées à la circulation.

Ce type d'aménagement au niveau de la ville sert à :

- Donner un maximum de chance à passer de l'autoroute vers la route nationale numéro 18.
- Assurer une bonne fluidité de circulation (déboucher la RN 18).
- Gain du temps
- Utiliser le bénéfice du péage pour financer l'entretien de l'autoroute.
- Fournir une aire de repos pour les usagers.

Le nouvel aménagement est composé de :

- Point de raccordement RN18-AEO.
- Echangeur de Bouira ouest.
- Gare de péage

La liaison entre l'AEO et la RN18 est assurée avec un passage supérieur N°31 au PK 512.

Le pont est constitué de deux travées de poutres en béton précontraint avec une culée de chaque extrémité.

L'ouvrage à une longueur de 72 m et un tablier de 15m de largeur.

### 3. Description du remblai d'accès du pont

Le projet actuel élaboré par l'ANA ; prévoit la mise en place d'un remblai d'accès allant jusque à une hauteur de 5.79m.

### 3.1. Dimensions du remblai d'accès

#### a. Rive droit

Un remblai avec une longueur de 230 m et une largeur de 32.75 m et une pente de 3 pour 2. Et une hauteur qui varie de 14c m à 5.79m.

#### b. Rive gauche

Un remblai avec une longueur de 300 m et une largeur de 32.75 m et une pente de 3 pour 2. Et une hauteur qui varie de 20 c m à 5.79m.

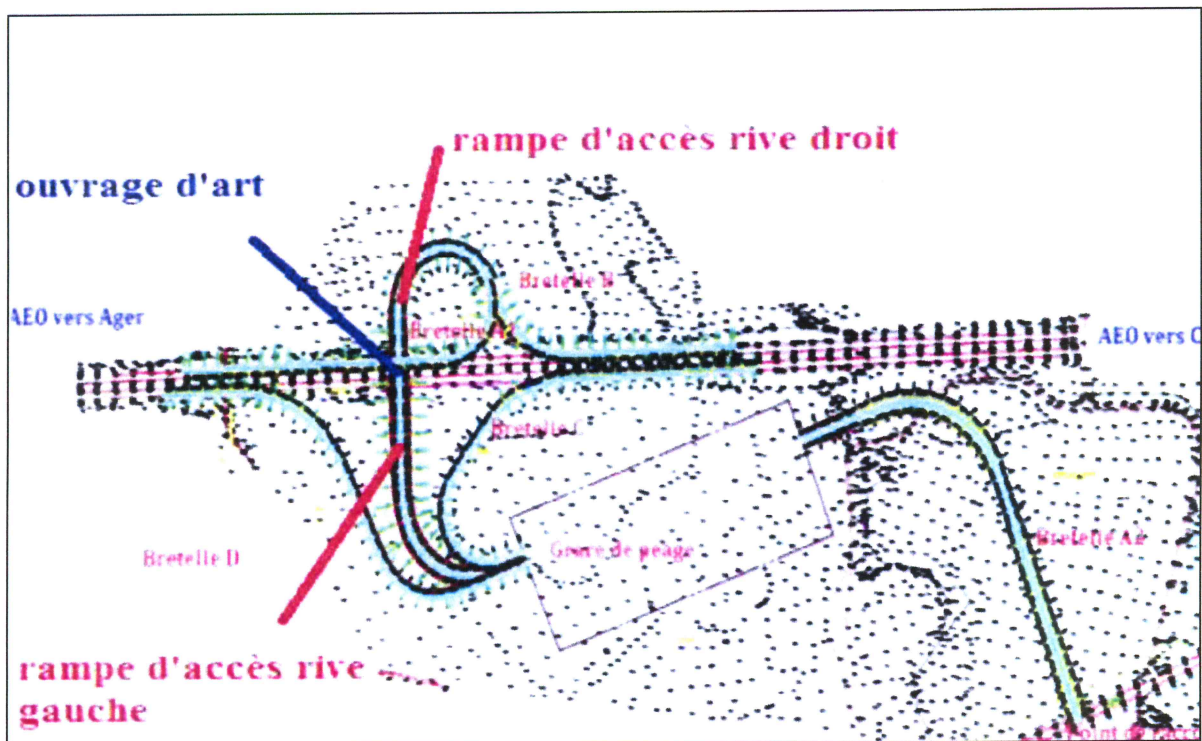


Figure 3-1 : Localisation des rampes d'accès du l'échangeur de Bouira ouest

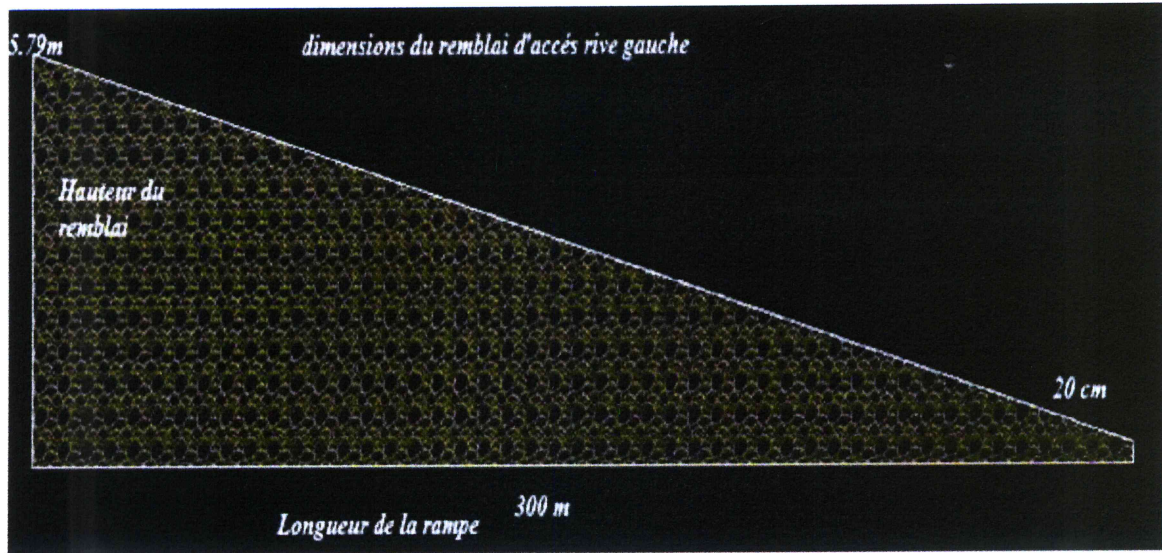


Figure 1-2 : Coupe longitudinale du remblai du rive gauche

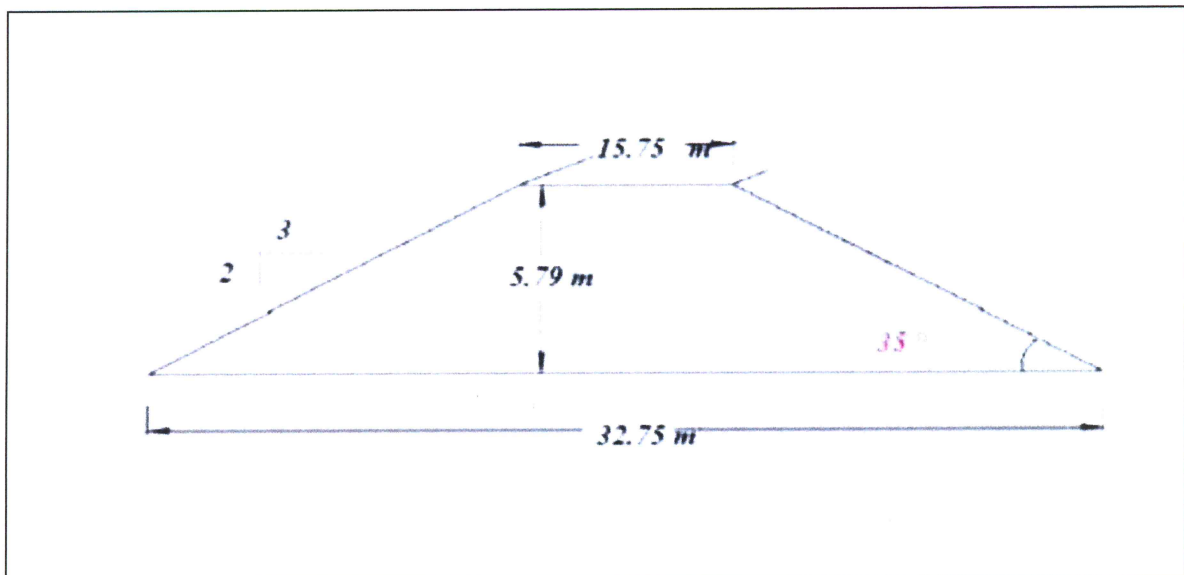


Figure 1-3 : coupe transversale du remblai

### 1. Introduction

Les reconnaissances géotechniques doivent fournir toutes les données concernant le terrain et les eaux souterraines sur le site d'implantation et à l'entour qui sont nécessaires pour une description correcte des propriétés essentielles du terrain et pour une estimation fiable des valeurs caractéristiques des paramètres du terrain qui sont utilisées dans les calculs

On distingue deux sorte des 'essais pour identifier le sol :

- Essais in-situ
- Essais au laboratoire (sur les échantillons prévu dès résultats des essais in-situ)

### 2. Essais in-situ

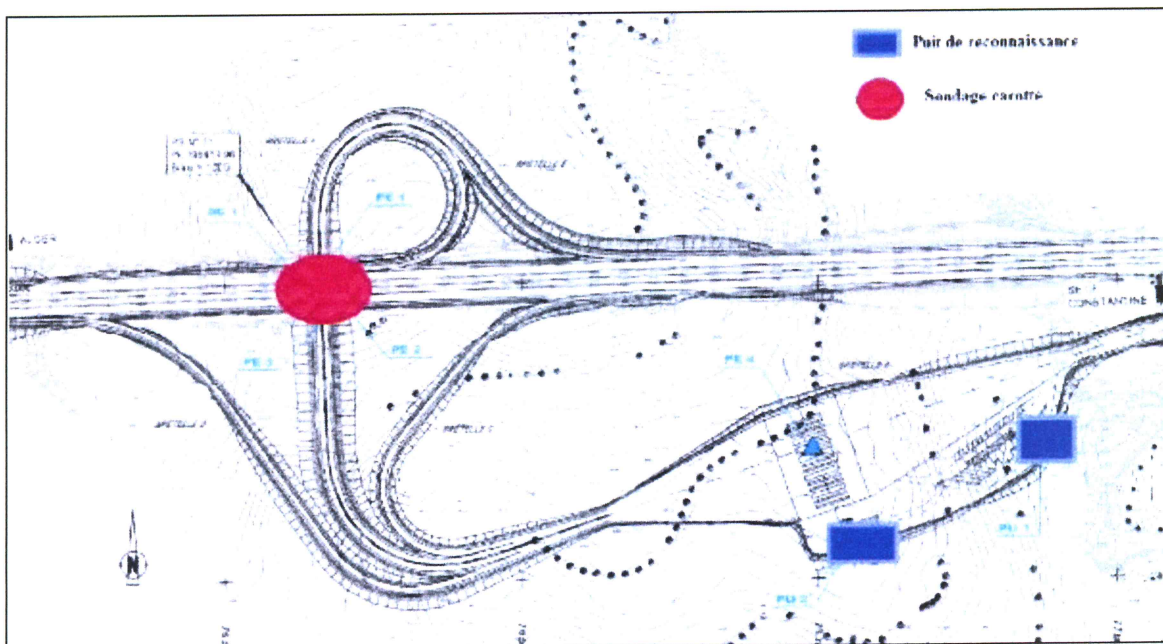


Figure 2-1: Localisation des essais in-situ

#### 2.1. Puits de reconnaissance

##### a. Synthèse des essais

On constate la présence d'une couche végétale avec une profondeur de 0.40 m à 0.70 m, et une couche argileuse marneuse de 0.40 m à 3.50

### 2.2. Sondage carottier

Sondage carotté (implanté jusqu'à 15m) : le sondage SCI a mis en évidence une intercalation entre les argiles peu limoneuse à limoneuse, avec les alluvions constituées de graviers et galets cimentés par une matrice.

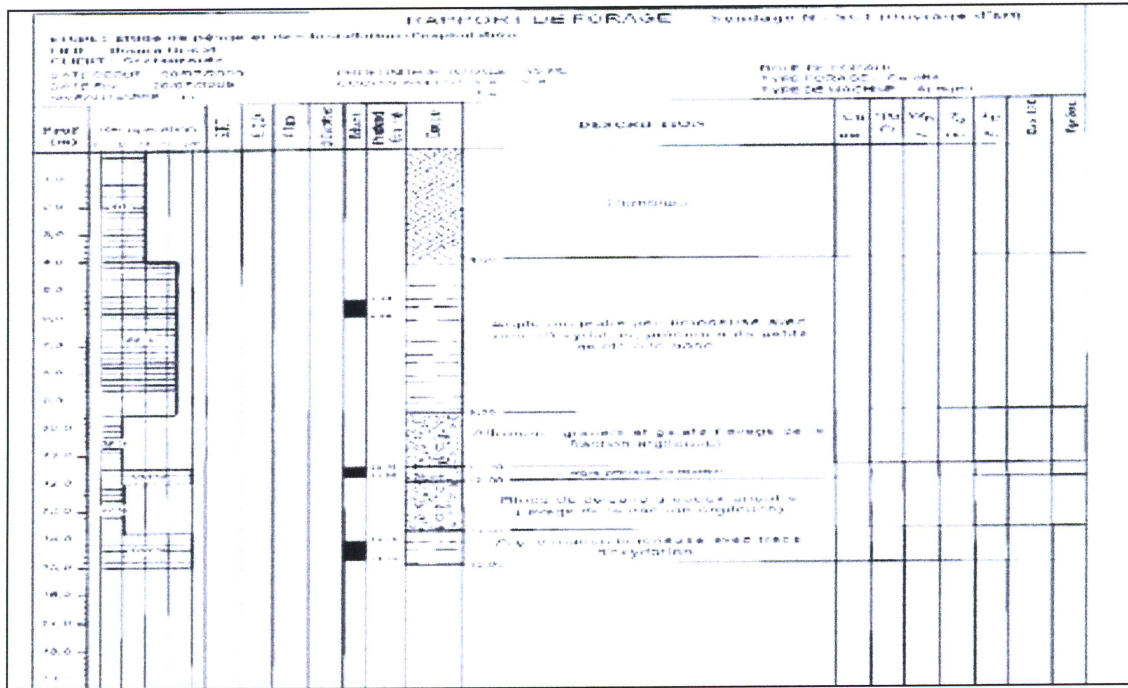


Figure 2-2 : Lithologie du sol support selon le Sondage réalisé

### 2.3. Essais mécaniques

#### a. Essai de compressibilité à l'oedomètre

$\sigma_c$  : Pression de consolidation ;  $C_G$  : coefficient de gonflement ;  $C_c$  : Coefficient de compressibilité.

Tableau 2-1: tableau récapitulatif de compressibilité (XP P 94-011)

Sondage	Profondeur (m)	$\sigma_c$ (bars)	$C_G$ (%)	$C_c$ (%)	Interprétation des résultats
SCI	5.40-6.00	2.08	1.49	13.50	Sol sur consolidé moyennement compressible, non gonflant
	14.10-14.80	0.46	1.33	16.38	Sol sous consolidé moyennement compressible, non gonflant

#### b. Essai de cisaillement à la boîte de casagrande

$C$  : Cohésion;  $\phi$  : Angle de frottement interne en degré.

## Chapitre II : Reconnaissances géotechniques

Tableau 2-2 : Tableau récapitulatif de l'essai de casagrande (XP P 94-011)

	Profondeur (m)	Type d'essai	C (bars)	$\Phi$ (°)	Interprétation
SC1	5.40-6.00	UU	0.34	20.30	Argile molle
	14.10-14.80	UU	0.82	8.00	Argile ferme

### 3. Classification selon le GTR

Selon la classification du GTR le sol support rencontré est un sol du type argile marneuse, avec la présence d'un pourcentage des cailloux avec un état moyennement hydrique de Classe (A3, B6 ; C1B6).

#### 3.1. Conditions de réutilisation du remblai selon le GTR

A partir des propriétés mécaniques des matériaux d'excavation, surtout la granulométrie, la teneur en eau naturelle, et les limites d'Atterberg, on effectue la classification de ces matériaux, en se basant sur le « GTR » (guide technique pour la réalisation des remblais et des couches de forme) réalisé par LCPC (Le Laboratoire Centrale des Ponts et Chaussées). La couverture de sol végétal des terrains du projet et faible environs 0,7m de profondeur, elle sera décapée. Elle est inutilisable en remblai.

#### ❖ Domaines d'utilisation

Les matériaux issus des déblais sont inutilisables en remblai sauf dans les cas d'amélioration de ces sols comme suit **Sol A3m**

Tableau 2-3: Conditions d'utilisation en remblais du sol de déblais du sol A3.

Sol	Situation météorologique	Code E G W T R C H
A3m (Sol fin) Argile et argile marneuse, limon très plastique moyennement humide	pluie forte	NON
	En pluie faible	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Compactage moyen</li> <li>➤ Remblai de hauteur moyenne de (<math>\leq 10m</math>)</li> </ul>
	Ni pluie ni évaporation	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Compactage moyen</li> <li>➤ Remblai de hauteur moyenne de (<math>\leq 10m</math>)</li> </ul>
	Evaporation importante	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Compactage moyen</li> <li>➤ Remblai de hauteur moyenne de (<math>\leq 10m</math>)</li> </ul>

- **E** : Extraction
- **G** : Action sur la granularité
- **W** : Action sur la teneur en eau
- **T** : Traitement
- **R** : Régalage
- **C** : Compactage

## Chapitre II : Reconnaissances géotechniques

➤ **H** : Hauteur des remblais

Tableau 2-4 : Conditions d'utilisation en remblais du sol de déblais du sol C1B6h.

Sol	Situation météorologique	Code EGWTRCH
C1B6h sables et graves, argileux à très argileux	<b>pluie forte</b>	NON
	<b>En pluie faible</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Compactage faible</li> <li>➤ Remblai se <math>H \leq 5m</math></li> </ul>
	<b>Ni pluie ni évaporation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Compactage faible</li> <li>➤ Remblai se <math>H \leq 5m</math></li> </ul>
	<b>Evaporation importante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ compactage moyen</li> <li>➤ Remblai de hauteur moyenne de (<math>\leq 10m</math>)</li> </ul>

Tableau 2-5: Conditions d'utilisation en remblais du sol de déblais du Sol B6m.

Sol	Situation météorologique	Code EGWTRCH
B6m Agrile et silex, alluvions grossières	<b>pluie forte</b>	NON
	<b>En pluie faible</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compactage moyen</li> <li>- Remblai de hauteur moyenne de (<math>\leq 10m</math>)</li> </ul>
	<b>Ni pluie ni évaporation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compactage moyen</li> </ul>
	<b>Evaporation importante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compactage intense</li> <li>- Remblai de hauteur moyenne de (<math>H \leq 10m</math>)</li> </ul>

### 4. Identification du sol du remblai

Le présent paragraphe rentre dans le cadre de la prospection des matériaux de remblai pour l'échangeur de Bouira ouest. Dont le gîte d'empreinte est situé près de la route Toubou, commune El Hmada wilya de Bourdj Bou Arriridj. Le sol est classé selon les paramètres d'état et de nature comme il suit :

☛ Paramètres de nature

- ✓  $D_{max} > 50mm \Rightarrow$  sol grossier
- ✓  $12\% \leq T_{amis\grave{a}t \text{ \AA } 80\mu m} \leq 35\% \Rightarrow$  Sol sableux
- ✓ A tendance graveleuse.
- ✓  $I_p \leq 12\% \Rightarrow$  Sol faiblement argileux.

☛ Paramètres d'état

- ✓  $\gamma_d = 2.00 (t/m^3)$ ,  $W_{opn} = 12.30$ ,  $W_n = 10$

## Chapitre II : Reconnaissances géotechniques

✓  $I_c=3.97$

✓  $I_{PI}=26.74$

☛ Paramètres mécaniques

$CU= 25 \text{ KPa}$  et  $\phi= 30^\circ$

D'après le GTR le sol est un sol C1B5m

Pas de traitement lors la mise en œuvre de ce matériau soit au la chaux soit au liant hydraulique.

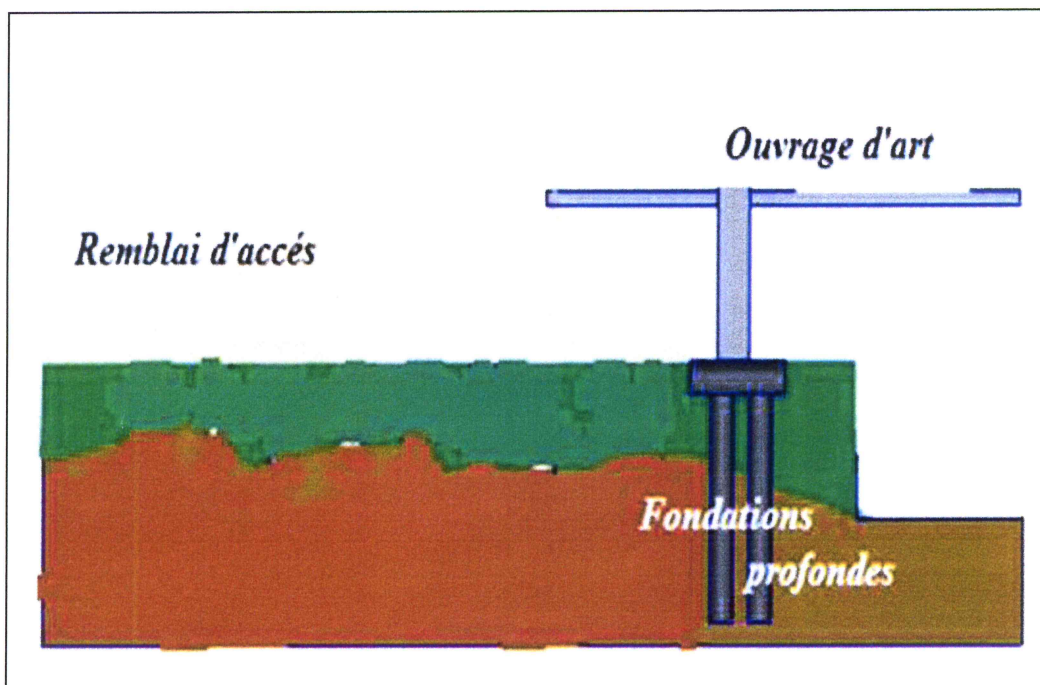


Figure 2-3 : Schéma montre un exemple d'un remblai d'accès

Tableau 2-6 : Récapitulation des caractéristiques du sol support

Couche N°	Nature de la couche	Hauteur (m)	$\gamma_h$ (t/m <sup>3</sup> )	$\Phi$ (°)	Cu (bars)
1	Remblai	4.00	Frottement nul		
2	Argile	5.50	2.14	20.30	0.34
3	Alluvions	4.30	2.24	35	0.00
4	Argile	1.20	2.19	08	0.48

### 1. Introduction

Les remblais d'accès aux ouvrages d'art diffèrent des sections courantes par l'importance particulière des interactions avec les fondations de l'ouvrage et des tassements différentiels.

D'autre part, la longueur limitée des remblais concernés permet d'utiliser des techniques plus complexes, de coût plus élevé.

Les interactions des remblais d'accès avec les fondations profondes peuvent être limitées en construisant les remblais avant les fondations de l'ouvrage (avec ou sans dispositions complémentaires pour accélérer la consolidation des sols peu compressibles).

Pour les tassements différentiels, on cherche à provoquer la plus grande partie du tassement total prévu avant la fin des travaux de construction. Toutes les techniques permettant de diminuer l'amplitude du tassement total ou d'accélérer l'évolution du tassement peuvent être utilisées, seules ou en combinaison. Le choix entre ces techniques dépend en pratique de l'épaisseur des sols peu compressibles,

### 2. Détermination des sollicitations appliquées au sol support de l'échangeur de Bouira ouest

En plus de son poids propre on trouve aussi la charge routière (13t)

Tableau 3-1: Calcul du poids propre du remblai d'accès

	Rive droit	Rive gauche
Densité ( $t/m^3$ )	2	2
Volume ( $m^3$ )	3408	21372
Poids (t)	6816	42744

Charge routière est de l'ordre de  $TCiE=14 \times 10^6$  essieux de 13 t

### 3. Stabilité au poinçonnement

#### 3.1. Méthode classique

Elle est en fonction de  $c$  et  $\phi$ , le calcul se fait comme pour une semelle filante et chargée verticalement

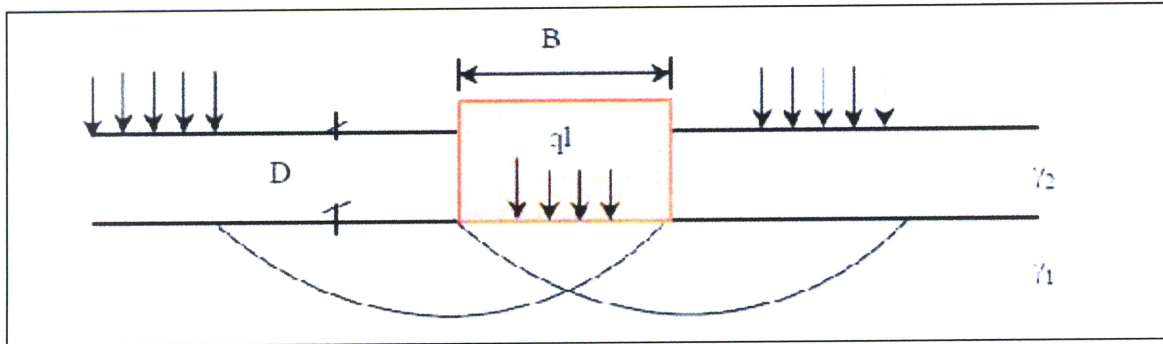


Figure 3-1: Rupture par poinçonnement sur une couche molle selon l'analogie d'une semelle filante

Pour ce cas, on applique la méthode de superposition (Roger Frank, 1988) donnée par la relation générale suivante :

$$q_{\max} = \gamma_1 B N_\gamma \phi + C N_c \phi + q + \gamma_2 D N_q \phi$$

Pour le cas d'un sol porteur fin cohérent saturé :  $C = C_u$  et  $\phi = 0$  il en résulte  $N_\gamma = 0$  et  $N_q = 1$  donc :

$$q_{\max} = C_u N_c(0) + q + \gamma_2 D$$

Pour le cas de remblai  $D = 0$ ,  $q = 0$  (pas de charge latérale)

$$q_{\max} = C_u N_c$$

**$N_c$**  : facteur de portance fonction de  $\phi$ ,  $q_1$  peut être déterminé à partir de l'abaque de MANDEL et SALENÇO

A court terme (cas généralement le plus défavorable) la pression maximale admissible sur le sol  $q_{\max}$ , en fonction de la cohésion non drainée est donnée par :

$$q_{\max} = (\pi + 2) \cdot C_u \quad (\text{MAGNAN, 1984})$$

La contrainte apportée par le remblai de poids volumique  $\gamma_r$  et de hauteur  $h_r$  est approximativement sous l'axe est donnée par :

$$q = \gamma_r h_r$$

Donc le coefficient de sécurité est donné par :

$$F = q_{\max} / q = C_u \cdot (\pi + 2) / \gamma_r \cdot h_r$$

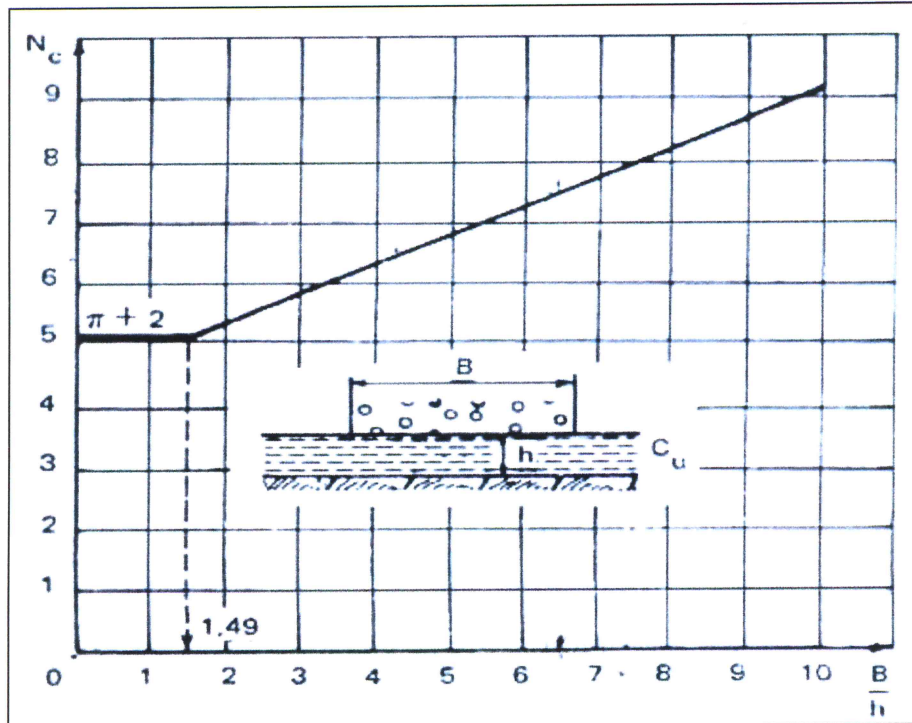


Figure 3-2: Abaque de Mandel & Salénçan qui donne le  $N_c$  en fonction de  $(B/H)$

- $B$  = largeur moyenne du remblai ;
- $h$  = épaisseur du sol mou.
- $N_c$  = coefficient de portance ( $N_c = fct(B/h)$ ).
- $H$  = hauteur du remblai.

### 3.2. Vérification numérique au poinçonnement

Soit les caractéristiques du remblai ainsi le calcul du coefficient de sécurité (tableau 3-1).

#### a. Calcul de la cohésion équivalente

$$C_{u,eq} = \frac{C_{u1} + C_{u2}}{2}$$

- ✓  $C_{u1}$  : cohésion de la première couche
- ✓  $C_{u2}$  cohésion de la deuxième couche

$$C_{u,eq} = \frac{034 + 082}{2}$$

$$C_{u,eq} = 58 \text{ KPa}$$

Tableau 3-2 : Calcul du coefficient de sécurité au poinçonnement auprès de la culée

B (m)	H (m)	B/H	$N_c$	$H_r$ (m)	$\gamma_r$ (KN/m <sup>2</sup> )	$C_u$ (KPa)	F
15.75	5.50	2.70	5.50	5.79	20.00	58	3.18

### b. Conclusion

$F_s > 1.5$  → la stabilité à court terme vis à vis du poinçonnement est assurée.

## 4. Stabilité au glissement

### 4.1.Introduction

Il s'agit du déplacement lent d'une masse de terrain cohérente le long d'une surface de rupture. Cette surface a une profondeur qui varie de l'ordre du mètre à quelques dizaines voire quelques centaines de mètres dans des cas exceptionnels. Les volumes de terrain mis en jeu sont alors considérables. Les vitesses d'avancement du terrain peuvent varier jusqu'à atteindre quelques décimètres par an. Lorsqu'il y a rupture, ces vitesses peuvent atteindre quelques mètres par jour durant la période la plus active.

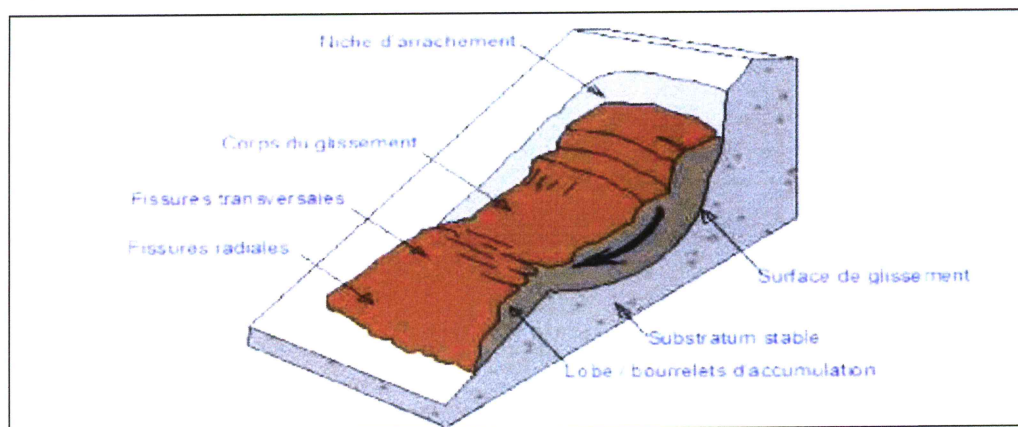


Figure 3-3: Schématisation du phénomène de Glissement

La détermination du coefficient de sécurité au glissement dépend de :

- ✓ les caractéristiques géométriques du remblai et des couches de sol
- ✓ les caractéristiques mécaniques du remblai et du sol de fondation (poids spécifique et résistance au cisaillement),
- ✓ le régime hydraulique (le plus souvent définition du niveau de la nappe).

### 4.2. Méthode d'étude du glissement

Les méthodes d'étude de la stabilité des pentes permettent, à un stade donné de la construction, de déterminer le coefficient de sécurité d'un remblai vis-à-vis d'une rupture intéressant à la fois le sol de fondation et le remblai, connaissant :

- ✚ les caractéristiques géométriques du remblai et des couches de sol

## Chapitre III : Etude de la stabilité du remblai

---

- ✚ les caractéristiques mécaniques du remblai et du sol de fondation (poids spécifique et résistance au cisaillement),
- ✚ le régime hydraulique (le plus souvent définition du niveau de la nappe).

### 4.3. Stabilité à court terme et à long terme

La résistance au cisaillement d'un sol peut être calculée à un instant déterminé en introduisant les contraintes effectives ou inter-granulaires (contraintes totales diminuées des pressions interstitielles).

Si on appelle  $C'$  et  $\phi'$  les paramètres inter-granulaires de la résistance au cisaillement  $\tau$  on a à tout instant, en notant la pression interstitielle  $u$  et la contrainte normale  $\sigma$  :

$$\tau = C' + (\sigma - u) \operatorname{tg}(\phi)$$

Cette méthode en contraintes effectives s'applique dans tous les cas (court terme ou long terme) mais nécessite de connaître la pression interstitielle.

Celle-ci est la somme de la pression due au régime d'écoulement ou au niveau d'eau dans le sol

S'il n'y a pas d'écoulement ( $u_0$ ) et de l'excès  $\Delta u$  résultant des contraintes appliquées,

- ✚ Pour un sol perméable (sableux)  $\Delta u$  se dissipe très vite et la méthode est aisément applicable car  $u$  ne dépend que des conditions hydrologiques du sol et peut être calculé.
- ✚ Pour un sol imperméable (argileux)  $\Delta u$  se dissipe lentement avec le temps (consolidation).
- ✚ Comme dans le cas des remblais sur sols compressibles  $\Delta u$  est positif, lorsqu'il diminue,  $(\sigma - u)$  augmente et  $\tau$  augmente. La stabilité est donc la plus critique lorsque  $\Delta u$  est maximum, c'est-à-dire au moment du chargement, avant toute dissipation de  $\Delta u$ . C'est ce que l'on appelle la stabilité à court terme. (G.Dreyfus, 1971)

### 4.4. Principe des méthodes dans le cas général d'un talus

#### a. Hypothèses portant sur la rupture.

- ✚ la rupture se produit sur une surface unique de glissement (cylindre à axe horizontal),
- ✚ elle se produit d'un seul coup, c'est-à-dire qu'on ne tient pas compte des déformations qui se produisent avant rupture,
- ✚ la résistance au cisaillement mobilisée sur toute la surface de rupture correspond à une
- ✚ même déformation.

### b. Hypothèse de calculs

- ✚ Le sol est décomposé en tranches verticales et il est tenu compte des réactions entre tranches. En particulier les composantes verticales  $V_{n-1}$  et  $V_{n+1}$  (figure.III.3) de ces réactions sont supposées égales.
- ✚ Le coefficient de sécurité est défini comme le rapport de la résistance au cisaillement  $\tau_{\max}$  du sol, à la composante tangentielle de la contrainte appliquée sur la courbe de rupture :

$$F = \frac{\tau_{\max}}{\tau}$$

### c. Formule générale de Fellenius-Bishop

Dans le cas le plus général où on peut séparer les contraintes normales effectives (qui agissent sur les squelettes)  $\sigma'$  et pression interstitielle  $u$ , la résolution du système comprenant les équations de l'équilibre de chaque tranche et l'équation de moment de l'ensemble conduit à l'expression suivante, où le coefficient de sécurité intervient de façon implicite :

$$F = \frac{\sum_n C' b + (w - u b \operatorname{tg}(\varphi')) \frac{1}{\cos \alpha \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \varphi'}{F}\right)}}{\sum_n w \sin \alpha}$$

Dans cette formule  $C'$  et  $\varphi'$  sont les paramètres effectives de résistance au cisaillement du sol,  $w$  le poids et  $b$  la largeur de la tranche.

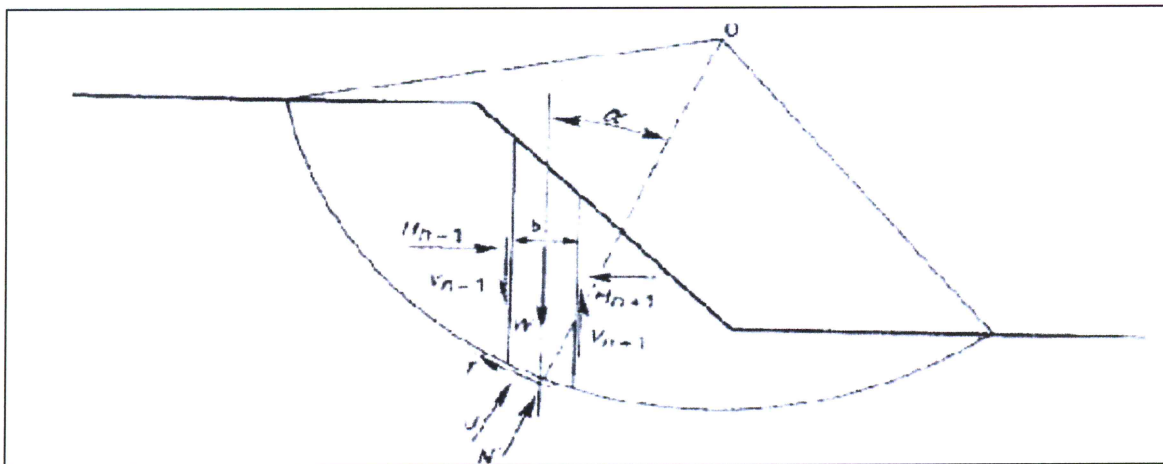


Figure 3-4: Méthode de Bishop, forces agissant sur une tranche

## Chapitre III : Etude de la stabilité du remblai

### d. Application aux remblais sur sol mou

Pour un remblai homogène (poids volumique  $\gamma_r$ , cohésion  $C_r$ , angle de frottement  $\varphi_r$ ) reposant sur un sol de fondation homogène ( $\gamma$ ,  $C_u$ ,  $\varphi_u$ ), et dans le cas le plus défavorable du comportement

à court terme (calcul en contraintes totales), l'expression ci-dessus devient :

P : étant le poids de remblai au-dessus de cercle

R : le rayon du cercle de glissement

$$F = \frac{\sum_B^A (c_r b + w \operatorname{tg}(\varphi_r)) \frac{1}{\cos \alpha \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg}(\varphi_r)}{F}\right)} + BC c_u}{d \cdot p} R$$

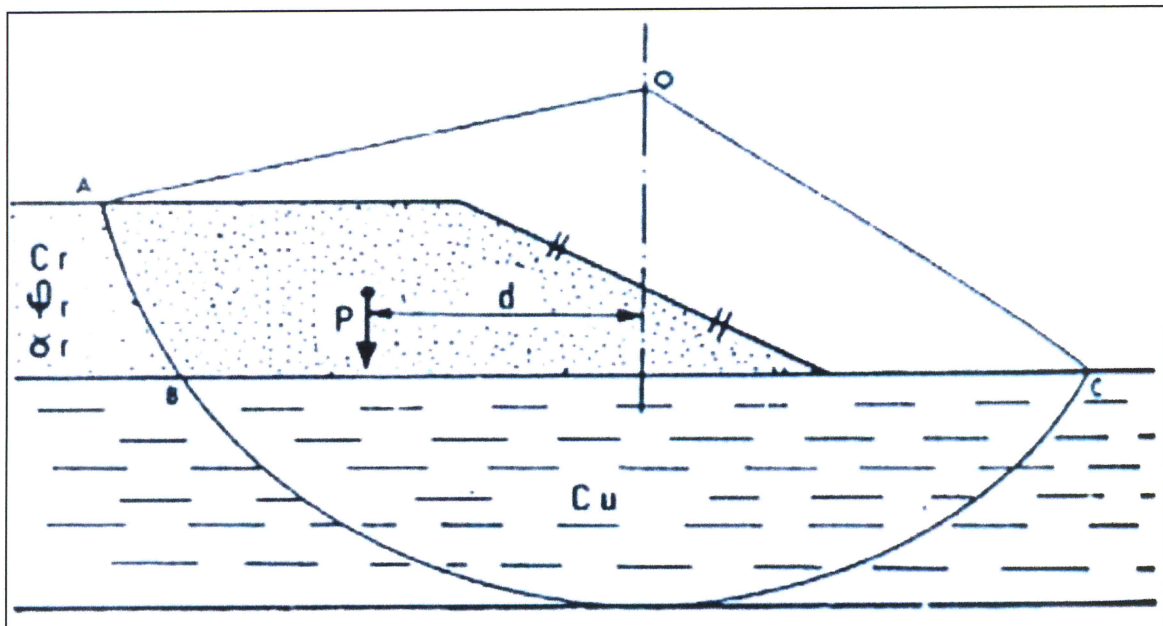


Figure 3-5: Calcul en rupture circulaire d'un remblai sur sol mou

La sommation n'intéresse cette fois que les tranches dont la base est située dans le remblai

- ✚ Pour tous les cercles possibles sera considéré comme le cercle de rupture le plus probable celui qui conduit à la valeur minimale de F, cette valeur sera celle de coefficient de sécurité.
- ✚ Dans le cas le plus général ou on tient compte de la résistance au cisaillement dans le remblai, l'application de la formule (1) nécessite pour chaque cercle un calcul itératif à partir d'une valeur initiale obtenue par la formule de FELLENIUS, forme simplifiée de la formule de BISHOP pour laquelle on néglige la réaction entre les tranches :

$$F = \frac{\sum_n C' b + (w \cos^2 \alpha - u b) \operatorname{tg}(\varphi')}{\sum_n w \sin \alpha} \frac{1}{\cos \alpha}$$

✚ Les calculs sont faits avec un logiciel de calcul de la stabilité "TALREN 5".

### e. Prise en compte du séisme

Selon les dispositions techniques de « Règles Parasismiques applicables au domaine des Ouvrages d'art » (RPOA 2008), la zone du remblai est classée en IIa, le coefficient de l'accélération sismique pour l'étude des travaux  $A=0.25$  g. Lors d'analyse et calcul de la stabilité générale du talus, le coefficient sismique horizontal est pris  $K_h = 0.5 A = 0.125$ , le coefficient sismique vertical est pris égal  $K_v = \pm 0.3 K_h = 0.0375$ .

## 5. Les résultats du calcul

Tableau 3-4 : Récapitulons des valeurs du coefficient de sécurité

Coefficient de sécurité	Cas fondamental	Cas du séisme
Valeur	2.04	2.41

On remarque que pour les deux cas le coefficient de sécurité est supérieur à 1.5. Donc on n'a pas un risque d'instabilité au glissement (Les résultats de calcul sont jointes dans l'annexe).

## Conclusion générale

---

Dans ce travail on a analysé le problème de construction des remblais d'accès aux ouvrages d'art sur un sol peu plastique et peu compressible.

L'étude de stabilité et de tassement a montré que :

- ✚ Pas de risque de glissement
- ✚ Pas de risque du poinçonnement le long du rampes

Ce qui montre que même on a un sol support avec une faible portance mais il ne présente pas un risque d'instabilité.

## **Bibliographié**

\*rapport géotechnique (SETS).

\* Projet de fin d'étude (ENSTP).

\*RPOA 2008.

Numéro d'affaire : 28/09/2015  
 Titre du calcul : Stabilité du remblai  
 Lieu : Bouira  
 Commentaires :  
 Système d'unités : kN,kPa,kN/m3  
 $\gamma_w$  : 10.0

Couches de sols

	Nom	$\gamma$	$\phi$	c	$\Delta c$	qs clous	pl	KsB
1	Remblai	20.00	34.00	25.00	0.00	-	-	-
2	Argile 1	18.30	20.30	34.00	0.00	-	-	-
3	Alluvion	19.60	35.00	0.00	0.00	-	-	-
4	Argile 2	19.10	8.00	82.00	0.00	-	-	-

Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	0.00	0.00	2	0.00	5.79	3	7.88	5.79	4	16.38	0.00	5	40.00	0.00	6	0.00	-4.00	7	40.00	-4.00
8	0.00	-9.50	9	40.00	-9.50	10	0.00	-13.80	11	40.00	-13.80	12	0.00	-15.00	13	40.00	-15.00			

Segments

	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2
1	2	3	2	3	4	3	4	5	4	1	4	5	6	7	6	8	9	7	10	11
8	12	13																		

Surcharges réparties

	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droit	Y droit	q droit	Ang/horizontale	Largeur base de diffusion	Angle de diffusion
1	Sr 1	0.00	5.79	10.00	7.88	5.79	10.00	90.00	0.00	0.00



**Données de la phase :** Phase (1)

**Enveloppe du talus**

	Segment		Segment		Segment
1	1	2	2	3	3

**Segments de la phase**

	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent			Point 1	Point 2	Sol sous-jacent			Point 1	Point 2	Sol sous-jacent		
1	2	3	1	2	3	3	4	1	3	4	5	1			
4	1	4	1	5	6	7	2	6	8	9	3				
7	10	11	4	8	12	13	0								

Conditions hydrauliques : Nappe phréatique

**Toit de la nappe**

	X	Y		X	Y
1	0.00	-0.00	2	40.00	-0.00

**Données de la situation :** Court terme (1)

Méthode de calcul pour cette situation : Bishop

Pondérations pour cette situation : sans coefficients partiels de sécurité

**Détail des coefficients partiels**

	Nom	Coefficients		Nom	Coefficients		Nom	Coefficients		Nom	Coefficients		Nom	Coefficients
	$\Gamma_{min}$	1.00		$\Gamma_{sl}$	1.00		$\Gamma_{sl}$	1.00		$\Gamma_{phi}$	1.00		$\Gamma_{e'}$	1.00
	$\Gamma_{cu}$	1.00		$\Gamma_G$	1.00		$\Gamma_{qscl\ ab}$	1.00		$\Gamma_{qscl\ es}$	1.00		$\Gamma_{qsti\ ab}$	1.00
	$\Gamma_{qsti\ es}$	1.00		$\Gamma_{qsba}$	1.00		$\Gamma_{pi}$	1.00		$\Gamma_{aclo}$	1.00		$\Gamma_{atir}$	1.00
	$\Gamma_{aban}$	1.00		$\Gamma_{bu}$	1.00		$\Gamma_{s3}$	1.00						

Type de surfaces de rupture : Surfaces circulaires

Type de recherche : Automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 1.00 m

Abscisse émergence limite : 0.00

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : en X= 16.50 en Y= 0.00

Nombre de tranches : 100

<HTML>Conditions de passage <BR> dans certains sols</HTML> : Non

**Résultats**

Coefficient de sécurité minimal : **Fmin= 3.04**

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : X= 14.45 Y= 9.28 R= 9.50 m



Echelle: 264



**F<sub>min</sub> = 3.04**

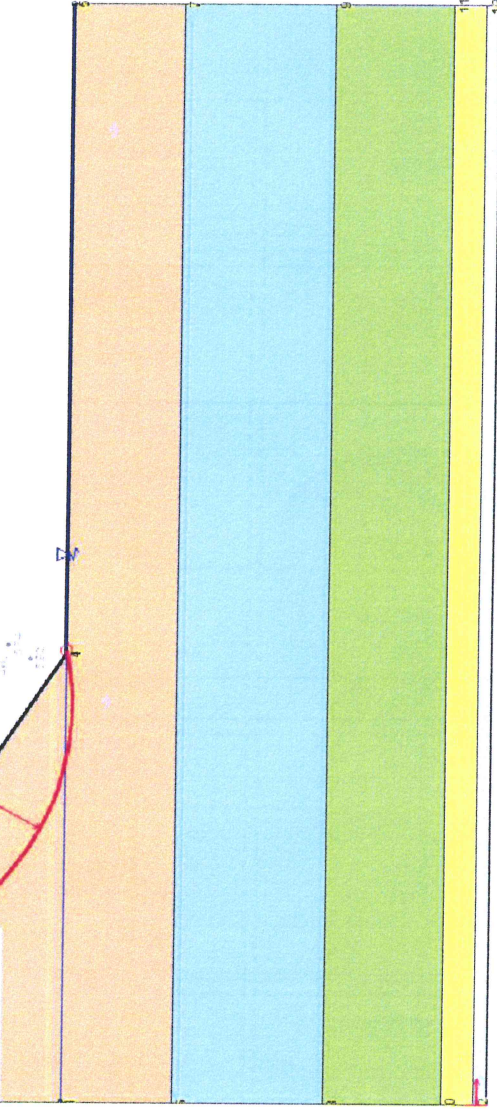
Sol n°	1	2	3	4
γ(kN/m <sup>3</sup> )	20.00	18.30	19.60	19.10
φ(°)	34.00	20.30	35.00	8.00
c(kPa)	25.00	34.00	0.00	82.00
Δc(kPa/m)	0.00	0.00	0.00	0.00

Phase : Phase (1) / Situation : Court terme (1)

Méthode de calcul : Bishop

Système d'unités : kN, kPa, kN/m<sup>3</sup>

Pondérations : sans coefficients partiels de sécurité



- 1 Remblai
- 2 Argile 1
- 3 Alluvion
- 4 Argile 2

**TALREN 4 v2.0.4**



28/09/2015 / Stabilité du remblai

Etude réalisée par :  
**Demo**

C:\Users\user\Desktop\Remblai d'accès\Court terme\Stabilité CT.prj

Imprimée le : 29/09/15 à 21:36:35

Numéro d'affaire : 28/09/2015  
 Titre du calcul : Stabilité du remblai  
 Lieu : Bouira  
 Commentaires :  
 Système d'unités : kN,kPa,kN/m3  
 γw : 10.0

Couches de sols

	Nom	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB
1	Remblai	20.00	34.00	25.00	0.00	-	-	-
2	Argile 1	18.30	20.30	34.00	0.00	-	-	-
3	Alluvion	19.60	35.00	0.00	0.00	-	-	-
4	Argile 2	19.10	8.00	82.00	0.00	-	-	-

Points

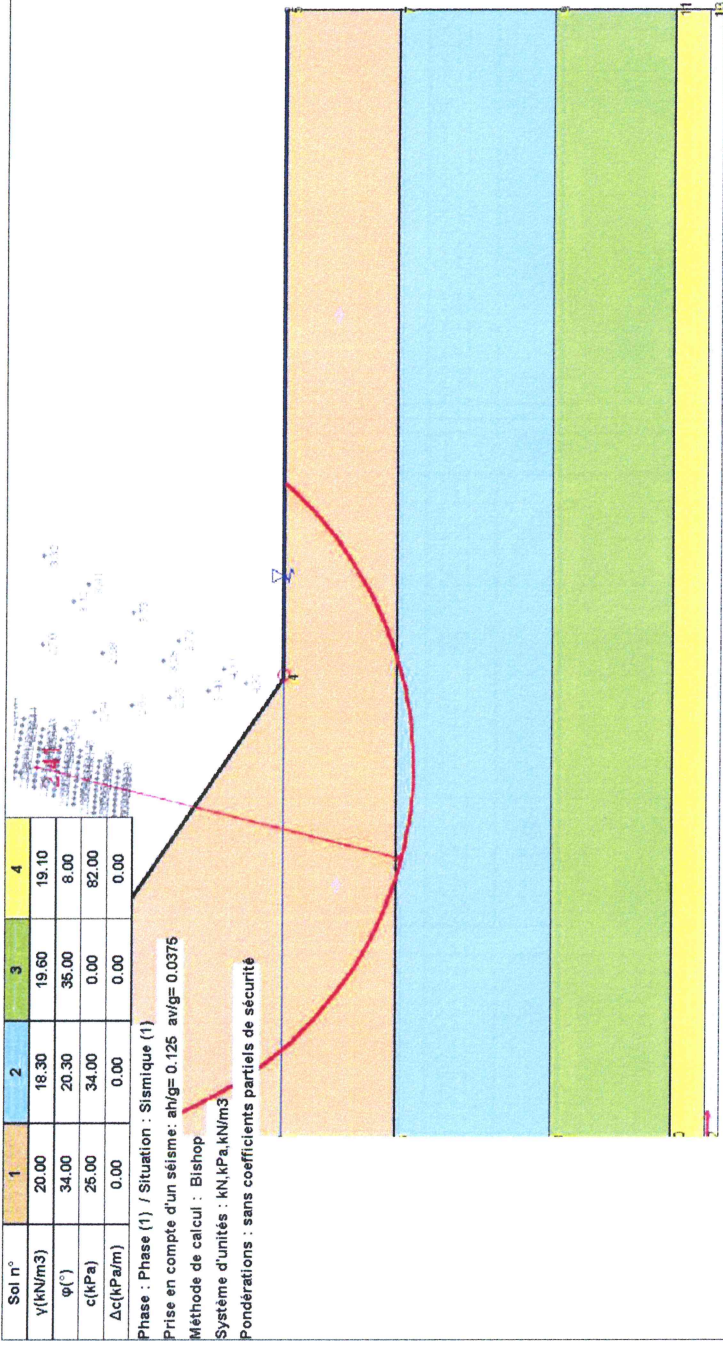
	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y			
1	0.00	0.00	2	0.00	5.79	3	7.88	5.79	4	16.38	0.00	5	40.00	0.00	6	0.00	-4.00	7	40.00	-4.00
8	0.00	-9.50	9	40.00	-9.50	10	0.00	-13.80	11	40.00	-13.80	12	0.00	-15.00	13	40.00	-15.00			

Segments

	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2			
1	2	3	2	3	4	3	4	5	4	1	4	5	6	7	6	8	9	7	10	11
8	12	13																		

Surcharges réparties

	Nom	X gauche	Y gauche	q gauche	X droit	Y droit	q droit	Ang/horizontale	Largeur base de diffusion	Angle de diffusion
1	Sr 1	0.00	5.79	10.00	7.88	5.79	10.00	90.00		0.00



Sol n°	1	2	3	4
γ(kN/m <sup>3</sup> )	20.00	19.30	19.60	19.10
φ(°)	34.00	20.30	35.00	8.00
c(kPa)	25.00	34.00	0.00	82.00
Δc(kPa/m)	0.00	0.00	0.00	0.00

Phase : Phase (1) / Situation : Sismique (1)  
 Prise en compte d'un séisme: ah/g= 0.125 av/g= 0.0375  
 Méthode de calcul : Bishop  
 Système d'unités : kN, kPa, kN/m<sup>3</sup>  
 Pondérations : sans coefficients partiels de sécurité

- 1 Remblai
- 2 Argile 1
- 3 Alluvion
- 4 Argile 2

**Données de la phase :** Phase (1)

**Enveloppe du talus**

Segment	Segment	Segment
1	2	3

**Segments de la phase**

Point 1	Point 2	Sol sous-jacent	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent	Point 1	Point 2	Sol sous-jacent
1	2	3	1	2	3	1	2	3
4	1	4	5	6	7	2	6	8
7	10	11	4	8	12	13	0	

Conditions hydrauliques : Nappe phréatique

**Toit de la nappe**

X	Y	X	Y
0.00	-0.00	40.00	-0.00

**Données de la situation :** Sismique (1)

Méthode de calcul pour cette situation : Bishop

Pondérations pour cette situation : sans coefficients partiels de sécurité

**Détail des coefficients partiels**

Nom	Coefficients	Nom	Coefficients	Nom	Coefficients	Nom	Coefficients
$\Gamma_{min}$	1.00	$\Gamma_{sl}$	1.00	$\Gamma_{phi}$	1.00	$\Gamma_{c'}$	1.00
$\Gamma_{cu}$	1.00	$\Gamma_Q$	1.00	$\Gamma_{qscl\ ab}$	1.00	$\Gamma_{qst\ ab}$	1.00
$\Gamma_{qst\ es}$	1.00	$\Gamma_{qsba}$	1.00	$\Gamma_{pl}$	1.00	$\Gamma_{aclo}$	1.00
$\Gamma_{aban}$	1.00	$\Gamma_{bu}$	1.00	$\Gamma_{s3}$	1.00	$\Gamma_{atir}$	1.00

Prise en compte du séisme : Coefficient ah/g (accélération horizontale)= 0.13 Coefficient av/g (accélération verticale)= 0.04

Type de surfaces de rupture : Surfaces circulaires

Type de recherche : Automatique

Nombre de découpages : 10

Incrément sur le rayon : 1.00 m

Abscisse émergence limite : 0.00

Type de recherche : Point de passage imposé

Point de passage imposé : en X= 16.50 en Y= 0.00

Nombre de tranches : 100

<HTML>Conditions de passage <BR>dans certains sols</HTML> : Non

**Résultats**

Coefficient de sécurité minimal : **Fmin= 2.41**

Coordonnées du centre critique et rayon du cercle critique : X= 13.16 Y= 8.73 R= 13.34 m

