

ÉCOLE NATIONALE DES TRAVAUX PUBLICS DE L'ÉTAT Année 2018-2019
Cours d'analyse géotechnique des sites urbains et naturels
 Examen
 10 décembre 2018
 Corrigé

Question 1. Terrassements

Les données du tableau 1 de l'énoncé permettent de définir la dénomination et l'état hydrique indiqués dans la dernière colonne du tableau (Dans la figure 1, on utilise le classement hydrique sur la base du rapport w_n/w_{OPN}). Le détail de ce travail de classification est donné dans le tableau 2.

Tableau 1. Résultats des essais

Sol	w_n (%)	D_{max} (mm)	C_{50mm} (%)	C_{2mm} (%)	$C_{80\mu m}$ (%)	I_P	V_{bs} (g/100g)	w_{OPN} (%)	
A	4,3	3,12	100	99	96	28	7,5	15,8	A3ts
B	5,2	2	100	100	98,3	30	6,2	16,4	A3ts
C	21,1	7	100	96,6	88,9	29	-	22,9	A3m
D	17,3	8	100	95,1	89,2	42	-	-	A4
E	18,3	9,8	100	96,5	92,4	28	4,3	19,8	A3m
F	17,2	12,7	100	83,6	85,6	30	4,6	18,3	A3m
G	18,1	12,4	100	96	91	28	5,3	19,4	A3m
H	12,8	12,4	100	91	81	23	1,83	23,1	A2ts
I	15,5	12,4	100	91	80	23	1,84	21,4	A2s
J	21,1	12,3	100	91	87	27	3,1	23,4	A3s

Type de sol	Essais de référence	Seuils d'état hydrique				
		ts	s	m	h	th
A ₁	I_{PI}		25	8	3	
	w_n/w_{OPN}	0,7	0,9	1,1	1,25	
A ₂	I_{PI}		15	5	2	
	w_n/w_{OPN}	0,7	0,9	1,1	1,3	
A ₃	I_c	1,4	1,2	1,05	0,9	
	I_{PI}		10	3	1	
	w_n/w_{OPN}	0,7	0,9	1,2	1,4	
A ₄	I_c	1,3	1,15	1	0,8	
	Étude spéciale nécessaire					

Figure 1.

Tableau 2. Étapes de la classification

Sol	$C_{80\mu m}$ (%)	I_P	Dénomination	w_n (%)	w_{OPN} (%)	w_n/w_{OPN}		Utilisation
A	96	28	A3	4,3	15,8	0,27	A3ts	(1-2-3-4) non
B	98,3	30	A3	5,2	16,4	0,32	A3ts	(1-2-3-4) non
C	88,9	29	A3	21,1	22,9	0,92	A3m	(1) non (2-3-4) oui
D	89,2	42	A4	17,3	-	-	A4	-
E	92,4	28	A3	18,3	19,8	0,92	A3m	(1) non (2-3-4) oui
F	85,6	30	A3	17,2	18,3	0,94	A3m	(1) non (2-3-4) oui
G	91	28	A3	18,1	19,4	0,93	A3m	(1) non (2-3-4) oui
H	81	23	A2	12,8	23,1	0,55	A2ts	(1-2-3-4) non
I	80	23	A2	15,5	21,4	0,72	A2s	(1) non (2-3-4) oui
J	87	27	A3	21,1	23,4	0,90	A3s	(1) non (2-3-4) oui

Non = il n'est pas possible de réutiliser le matériau avec ou sans chaux

Oui = il est possible de réutiliser le matériau sans chaux

(1) pluie forte, (2) pluie faible, (3) pas de pluie mais évaporation faible, (4) évaporation forte

Question 2. Hydrogéologie

Les lignes d'écoulement sont tracées sur la carte piézométrique de la figure 2.

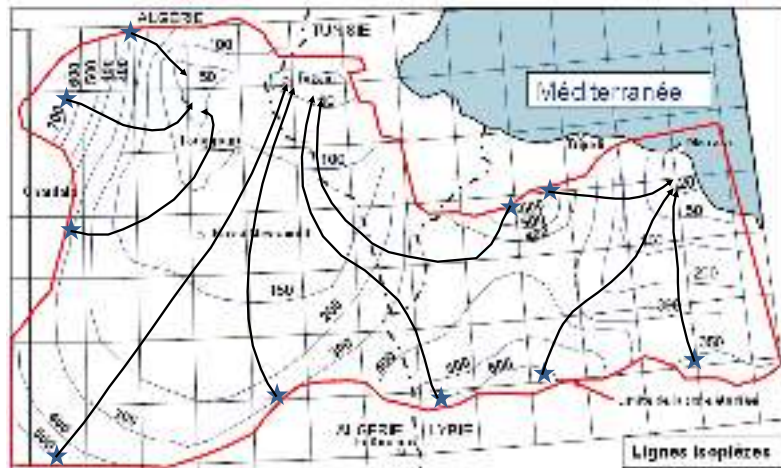


Figure 2 (Détails sur la figure de la page 4)

Question 3. Stabilité d'une pente

L'exécution d'un déblai au bas d'une pente a provoqué un glissement sur une surface de glissement située à 4m de profondeur (Figure 3). Le bloc de terrain instable a une longueur de 100m. La pente vaut 20 degrés. Le poids volumique du sol est égal à 19 kN/m^3 . L'angle de frottement interne de la pente vaut $\varphi' = 22$ degrés et la cohésion effective $c' = 5 \text{ kPa}$. La pente est le siège d'un écoulement dont la surface est située à 1m de profondeur.

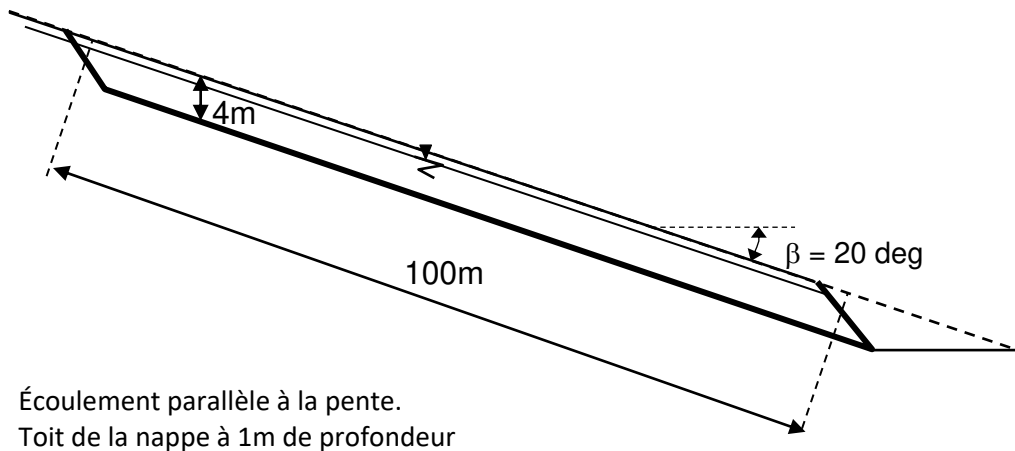


Figure 3. Coupe longitudinale du versant

- On admet que la pression de l'eau dans la pente est la même en tout point de la surface de glissement. Calculer cette pression.

$$u = \gamma_w z \cos^2 \beta = 10.3. \cos^2 20 = 26,5 \text{ kPa}.$$
- Calculer la force résistante T_{\max} et la force active T sur la surface de glissement.
 Poids du bloc en mouvement : $W = 19.100.4.\cos 20 = 7141,7 \text{ kN/m}$ (par mètre dans la troisième direction).
 Projection sur la surface de glissement : $T = W \sin 20 = 2442,6 \text{ kN/m}.$
 Projection perpendiculaire à la surface de glissement : $N = W \cos 20 = 6711 \text{ kN/m}.$
 Pression d'eau résultante : $U = uL = 26,5.100 = 2650 \text{ kN/m}.$
 Force normale effective : $N' = N - U = 4061 \text{ kN/m}.$
 Résistance : $T_{\max} = c'L + N'\tan\varphi' = 5.100 + 4061.\tan 22 = 2140,7 \text{ kN/m}.$
 Donc la pente est instable.

Après stabilisation (figure 4)

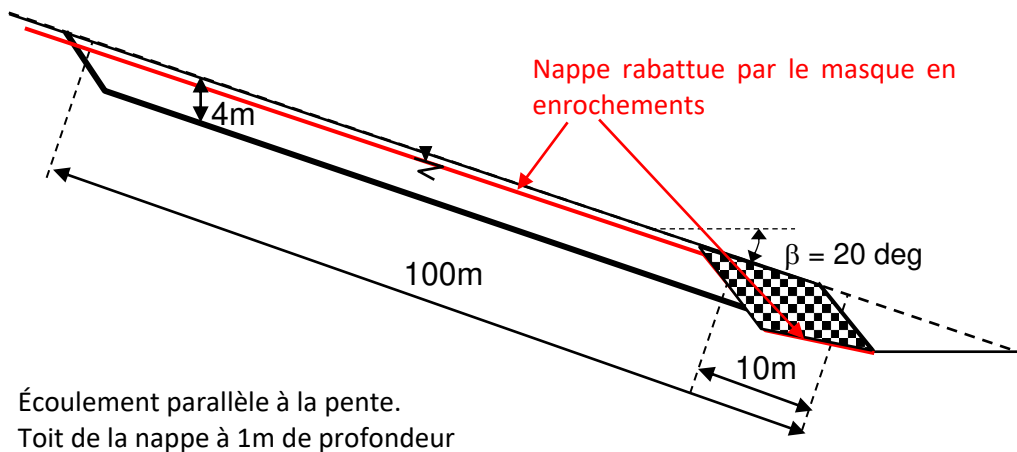


Figure 4. Schéma de la pente stabilisée

Pour 90% de la pente, on effectue les mêmes calculs que précédemment, mais avec $L = 90\text{m}$ au lieu de 100m .

On obtient

Pression de l'eau $u = \gamma_w z \cos^2 \beta = 10.3. \cos^2 20 = 26,5 \text{ kPa}$.

Poids du bloc en mouvement : $W = 19.90.4.\cos 20 = 6426,9 \text{ kN/m}$ (par mètre dans la troisième direction).

Projection sur la surface de glissement : $T = W \sin 20 = 2198,2 \text{ kN/m}$.

Projection perpendiculaire à la surface de glissement : $N = W \cos 20 = 6039,3 \text{ kN/m}$.

Pression d'eau résultante : $U = uL = 26,5.90 = 2385 \text{ kN/m}$.

Force normale effective : $N' = N - U = 3654,3 \text{ kN/m}$.

Résistance : $T_{\max} = c'L + N'\tan\phi' = 5.90 + 3654,3.\tan 22 = 1926,4 \text{ kN/m}$.

Pour les 10% restants de la pente (enrochements), on calcule :

Pression de l'eau $u = 0$.

Poids du bloc en mouvement : $W = 21.10.4.\cos 20 = 789,3 \text{ kN/m}$ (par mètre dans la troisième direction).

Projection sur la surface de glissement : $T = W \sin 20 = 270 \text{ kN/m}$.

Projection perpendiculaire à la surface de glissement : $N = W \cos 20 = 741,7 \text{ kN/m}$.

Pression d'eau résultante : $U = uL = 0$.

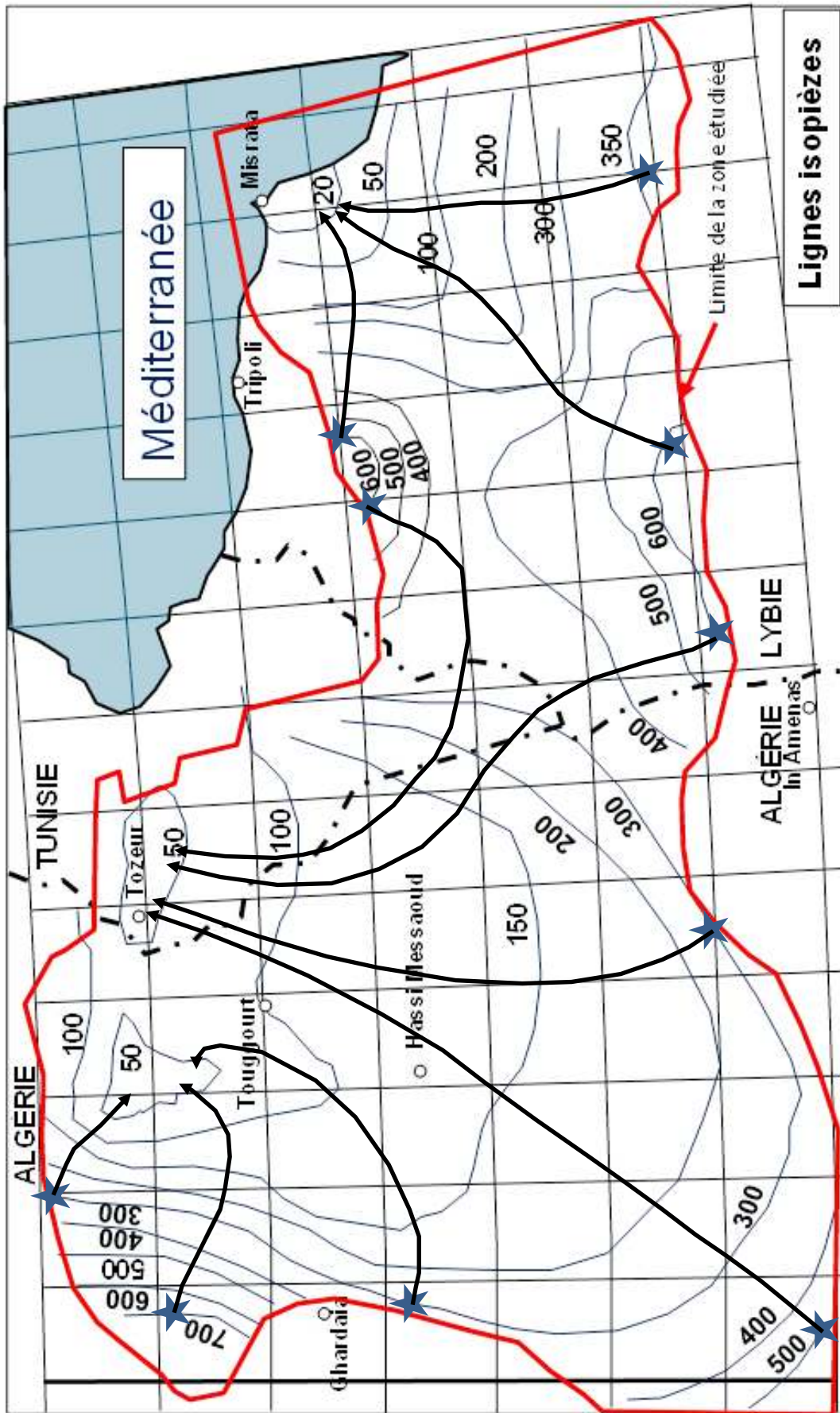
Force normale effective : $N' = N - U = 741,7 \text{ kN/m}$.

Résistance : $T_{\max} = c'L + N'\tan\phi' = 5.10 + 741,7.\tan 45 = 791,7 \text{ kN/m}$.

Globalement, la force entraînant le glissement vaut $T = 2198,2 + 270 = 2468,2 \text{ kN/m}$.

La force résistante est égale à $T_{\max} = 1926,4 + 791,7 = 2718,1 \text{ kN/m}$.

La pente est devenue stable.



Lignes isopièzes