

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

10 décembre 2018

Cet examen comporte trois questions. Tous les documents sont autorisés ainsi que les calculatrices. Les ordinateurs et téléphones sont interdits.  
 Le sujet (au moins le graphique) sera rendu avec les copies.

**Question 1. Terrassements**

L'étude des sols marneux présents sur le tracé d'un projet routier a fourni les résultats rassemblés dans le tableau 1.

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          |
| B   | 5,2       | 2              | 100            | 100           | 98,3              | 30    | 6,2               | 16,4          |
| C   | 21,1      | 7              | 100            | 96,6          | 88,9              | 29    | -                 | 22,9          |
| D   | 17,3      | 8              | 100            | 95,1          | 89,2              | 42    | -                 | -             |
| E   | 18,3      | 9,8            | 100            | 96,5          | 92,4              | 28    | 4,3               | 19,8          |
| F   | 17,2      | 12,7           | 100            | 83,6          | 85,6              | 30    | 4,6               | 18,3          |
| G   | 18,1      | 12,4           | 100            | 96            | 91                | 28    | 5,3               | 19,4          |
| H   | 12,8      | 12,4           | 100            | 91            | 81                | 23    | 1,83              | 23,1          |
| I   | 15,5      | 12,4           | 100            | 91            | 80                | 23    | 1,84              | 21,4          |
| J   | 21,1      | 12,3           | 100            | 91            | 87                | 27    | 3,1               | 23,4          |

Déterminer la dénomination de ces dix sols dans le système de classification du Guide des Terrassements Routiers (GTR), ainsi que leur état hydrique. Vous pourrez utiliser les documents d'accompagnement de l'exercice du cours sur les terrassements, et les indications suivantes.

| 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  |    |
|             | $I_c$                     | 1,4                    | 1,2  | 1,05 | 0,9  |    |
| $A_3$       | $I_{PI}$                  |                        | 10   | 3    | 1    |    |
|             | $w_n/w_{OPN}$             | 0,7                    | 0,9  | 1,2  | 1,4  |    |
|             | $I_c$                     | 1,3                    | 1,15 | 1    | 0,8  |    |
| $A_4$       | Étude spéciale nécessaire |                        |      |      |      |    |

Est-il possible d'utiliser ces sols sans traitement à la chaux en cas de (1) pluie forte, (2) pluie faible, (3) pas de pluie mais évaporation faible, (4) évaporation forte ?

**Question 2. Hydrogéologie**

La carte piézométrique de la figure 2 représente les hauteurs piézométriques de la nappe du Sahara à cheval sur l'Algérie, la Tunisie et la Lybie. Tracer les lignes d'écoulement à partir des dix points marqués par une étoile.



Figure 2 (utiliser la figure en annexe)

### 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 4). Le bloc de terrain instable a une longueur de 100m. La pente vaut 20 degrés. Le poids volumique du sol est égal à  $19 \text{ kN/m}^3$ . 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.

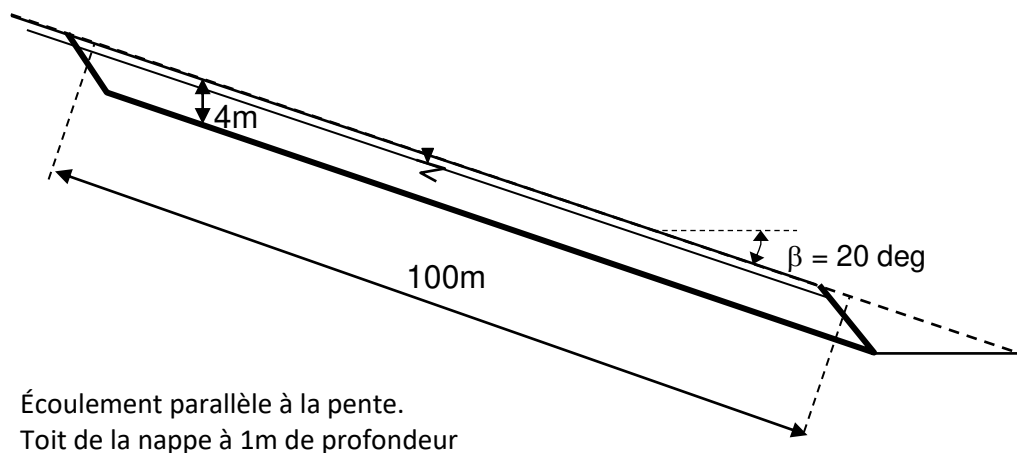


Figure 3. Coupe du versant et du bloc qui a glissé

- 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.
- Calculer la force résistante  $T_{\max}$  et la force active  $T$  sur la surface de glissement.
- Vérifier que le calcul indique que la pente est instable.

Pour assurer la stabilité de la pente, on a décidé de remplacer la base du glissement par un massif de blocs de rocher, dont le poids volumique est égal à  $21 \text{ kN/m}^3$  et l'angle de frottement interne à 45 degrés (Figure 4), sur une longueur de 10m dans le sens du glissement. Ce massif drainant fait baisser le niveau de la nappe, avec une pression nulle sur les dix derniers mètres de la surface de rupture. On admet que la pression de l'eau n'est pas modifiée ailleurs.

On vérifie la stabilité sur la même surface de rupture, qui traverse maintenant les enrochements sur les dix derniers mètres. On décompose le bloc en deux parties : 90m de la pente initiale et 10m d'un massif de poids volumique  $21 \text{ kN/m}^3$  et d'angle de frottement interne 45 degrés. Les calculs de poids, de projections  $N$  et  $T$  et de la résistance  $T_{\max}$  seront effectués séparément et les valeurs additionnées à la fin pour vérifier la stabilité.

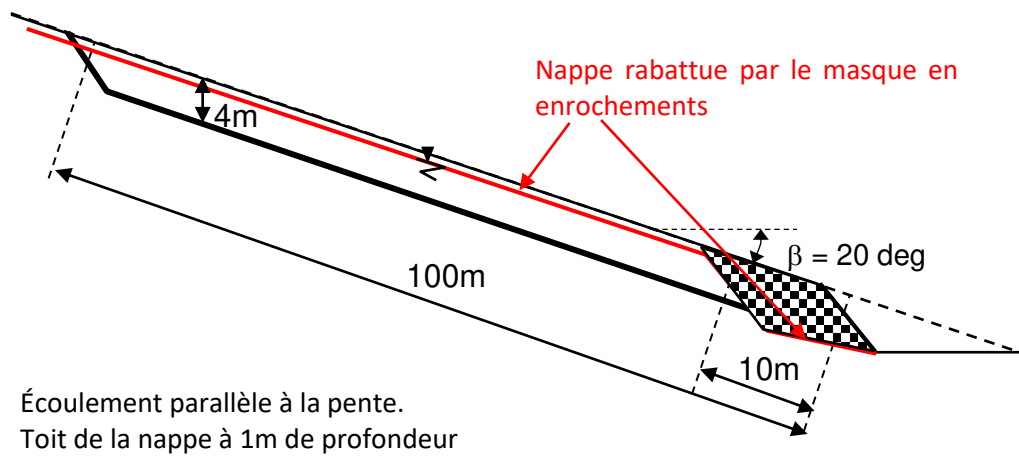
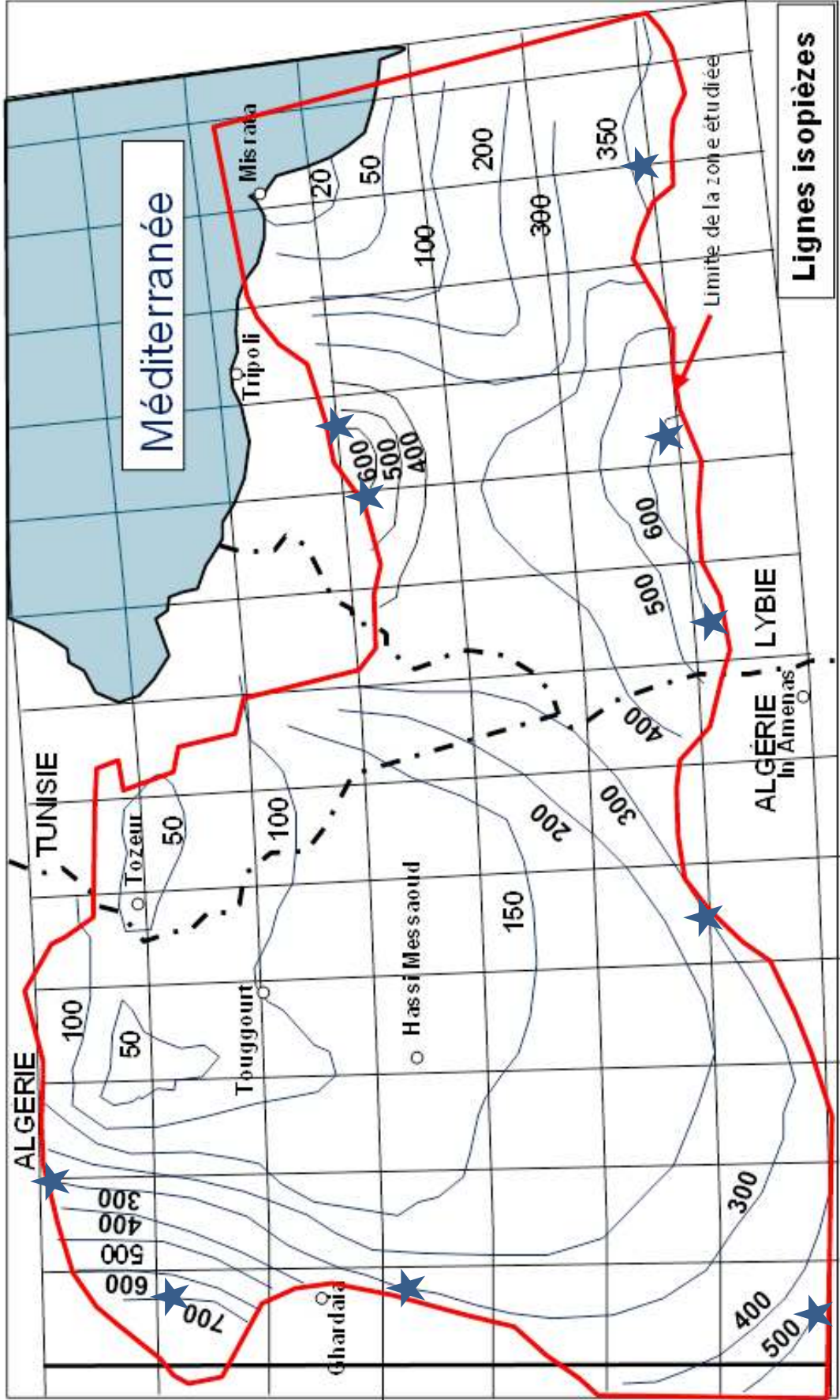


Figure 4. Coupe longitudinale du versant après stabilisation



**Lignes isopièzes**