

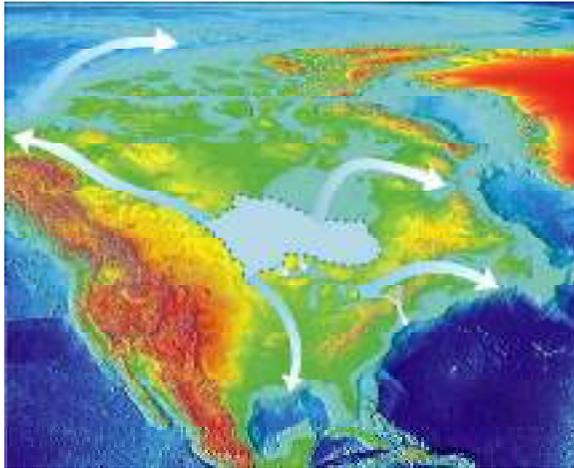
Cours d'analyse géotechnique des sites urbains et naturels

Examen
5 décembre 2008

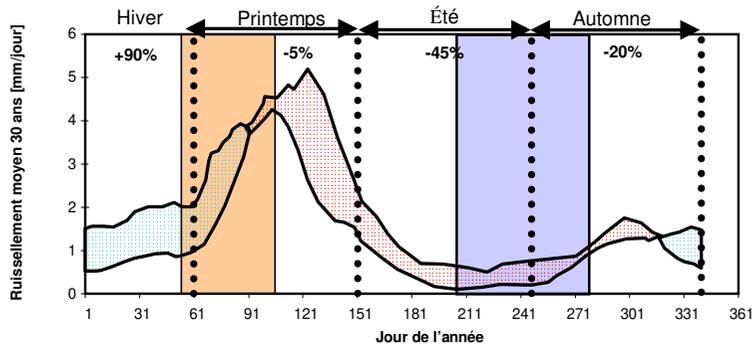
Cet examen comporte quatre questions. Tous les documents sont autorisés.

Question 1. Questions sur le cours

1.1. Que représente cette carte et quel commentaire suscite-t-elle ?



1.2. Ce diagramme représente l'évolution du ruissellement moyen dans les Alpes au cours de l'année. Commentez-le.



Question 2. Stabilité des pentes

Un glissement de terrain a provoqué l'effondrement d'une maison située en bord de pente. La photo 2.1 montre l'allure du terrain au moment où les experts sont arrivés sur le site. On voit les ruines de la maison en bord de rue, puis l'espace où se trouvait la maison et un petit espace couvert derrière. Le mur de soutènement s'est effondré dans cet espace. La maison a été détruite par la poussée des poutres qui portaient son toit et le toit de l'espace arrière. Au-dessus, on voit le terrain encore en place, avec un grand arbre, puis au-dessus un mur de soutènement déformable (en Texsol) qui retient la voie située en contre-haut, elle-même surmontée par une pente menant au terrain horizontal, avec des arbres.

Quelques heures plus tard, la pente a avancé de plusieurs mètres et l'arbre s'est retrouvé dans l'espace initial de la maison (Photo 2.2). Le mur de soutènement en Texsol, qui maintenait la pente en place, s'est rompu aux deux extrémités de la masse en mouvement.



Figure 2.1. Première phase du glissement de terrain



Figure 2.2. Seconde phase du glissement de terrain

La figure 2.3 présente une coupe du terrain dans la zone concernée par le glissement.

Répondre aux questions suivantes :

1. Compléter la figure 2.3 pour représenter le mécanisme de rupture.
2. Quelles peuvent être les causes du glissement ?
3. Le sol a un poids volumique de 19 kN/m^3 , une cohésion $c' = 1 \text{ kPa}$ et un angle de frottement interne de $\phi' = 24$ degrés. Calculer les forces motrices et résistantes qui sont appliquées à une couche de 3m d'épaisseur qui s'étend de la limite supérieure du glissement à l'ancien mur de soutènement de la maison, sur une distance horizontale de 30m . En l'absence d'eau dans la pente, la pente est-elle stable ? Jusqu'à quel

niveau l'eau doit-elle monter pour que la pente devienne instable ? Quel effet a eu le mur de Texsol sur la stabilité ? Ce type d'ouvrage a une résistance à la traction, qui diminue au cours du temps par fluage.

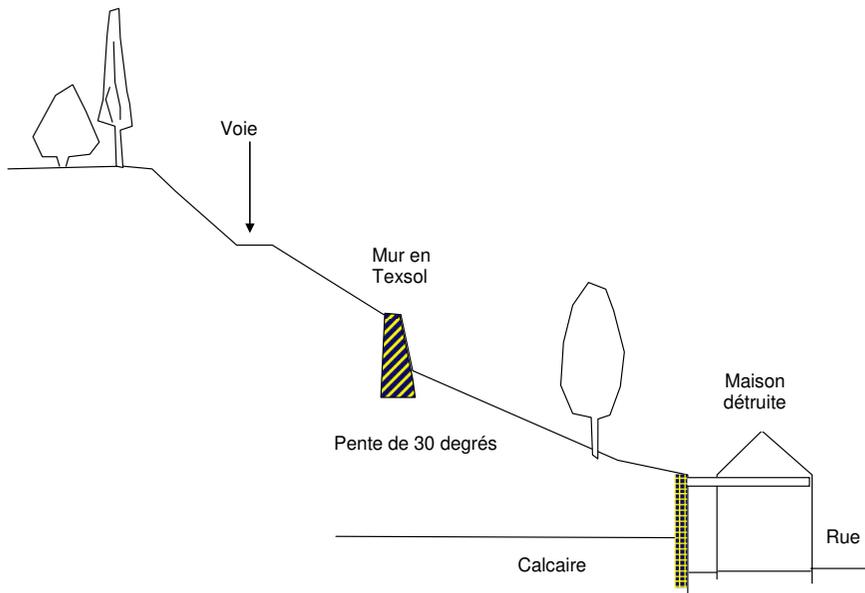


Figure 2.3 Coupe schématique du site au niveau du glissement

Question 3. Hydrogéologie

À partir de la carte 3.1 représentant la piézométrie de la nappe du delta de la Dranse (Haute Savoie) dans le lac Léman :

- remplir la ligne 3 « niveau d'eau » ;
- faire deux coupes Ouest-Est de la nappe du point A à B et du point A' à B' ;
- que peut-on dire des relations nappe/rivière et nappe/lac ?



Figure 3.1. Schéma pour l'étude hydrogéologique du delta de la Dranse

Question 4. Reconnaissance géotechnique

La reconnaissance du tracé d'une autoroute à travers la vallée d'une rivière a comporté dans une première phase des sondages au pénétromètre statique. La position des sondages est indiquée sur la figure 4.1. Les courbes de pénétration sont représentées sur la figure 4.2. Tracer la coupe des sols (en fonction de leur résistance) sur le tracé.

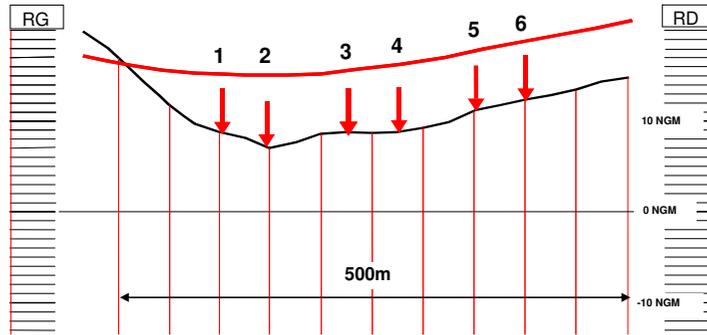


Figure 4.1. Position des sondages pénétrométriques sur le tracé

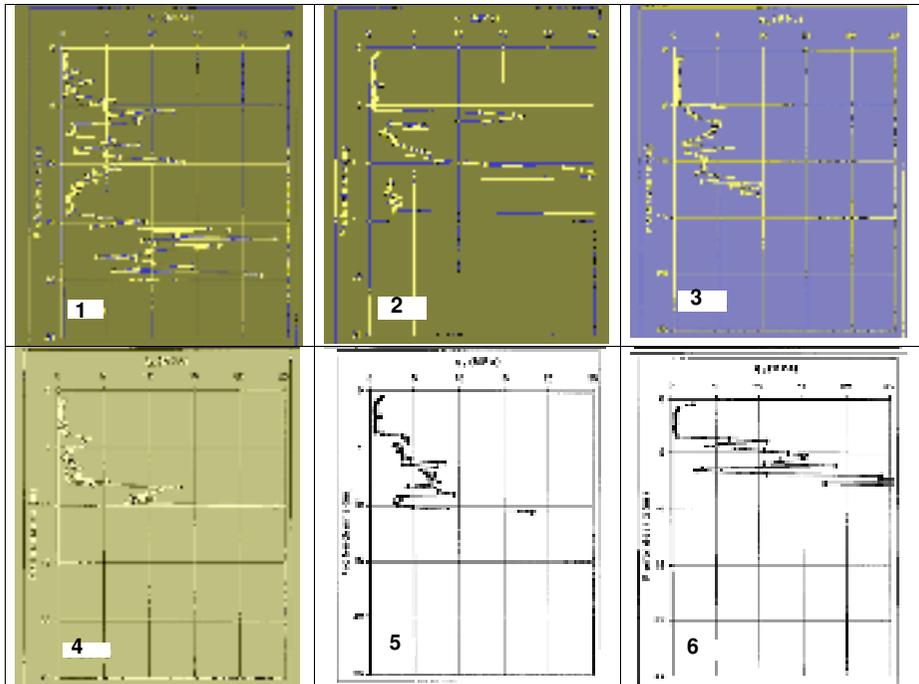


Figure 4.2. Résultats des sondages pénétrométriques (résistance de pointe q_0)

Cours d'analyse géotechnique des sites urbains et naturels

Examen
5 décembre 2008

CORRIGÉ

Question 1. Questions sur le cours

1.1. Vers 8200 ans avant l'époque actuelle, un grand lac issu de la fonte de la calotte glaciaire après la dernière glaciation occupait le milieu de l'Amérique du Nord. Son volume est estimé à 100.000 milliards (10^{14}) de mètres cubes. Il s'est déversé assez rapidement dans les océans, dont il a diminué sensiblement la salinité pour plus d'un siècle. Cette variation de salinité a modifié les courants dans l'océan atlantique et abaissé les températures pendant toute cette période.

1.2. La figure représente les variations du ruissellement moyen dans les Alpes entre la fin du 20^{ème} siècle et la fin du 21^{ème} siècle. Elle montre que le ruissellement va augmenter en hiver (du 320^{ème} jour au 90^{ème} jour) et diminuer le reste du temps. Les variations par trimestre sont moins marquées, et les valeurs annuelles cumulées restent presque constantes, comme le montre un autre diagramme donnant l'évolution des précipitations. On peut conclure que l'érosion et les inondations seront accrues à la fin de l'hiver et que les périodes de sécheresse augmenteront en fin d'été.

Question 2. Stabilité des pentes

2.1 Le mécanisme de rupture (glissement de type plan) est représenté sur la figure 2.1.
2.2. Le glissement a été probablement provoqué par la montée de l'eau dans la pente.

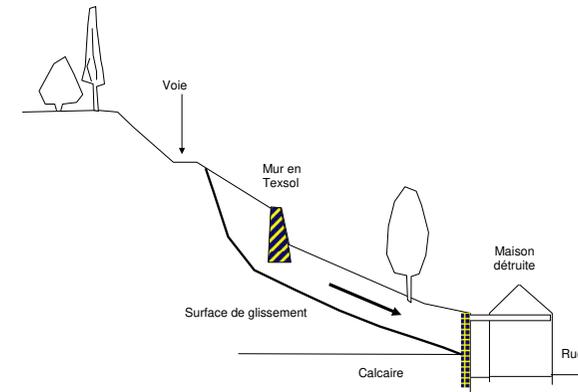


Figure 2.1. Mécanisme de rupture

2.3. Le bloc en mouvement est représenté sur la figure 2.2. On peut calculer les forces indiquées sur la figure :

$$W = 19,3 \cdot 30 = 1710 \text{ kN/m}$$

(pour une tranche d'1m dans la direction perpendiculaire à la figure)

$$N = W \cos \beta = 1710 \cos 30 = 1481 \text{ kN/m}$$

$$T = W \sin \beta = 1710 \sin 30 = 855 \text{ kN/m}$$

$$U = (\gamma_w h_w \cos^2 \beta)(30 / \cos \beta) = (10 \cdot 30 \cos 30) h_w = 260 h_w$$

$$N' = N - U = 1481 - 260 h_w$$

$$T_{\max} = c' \cdot 30 / \cos \beta + N' \tan \varphi' = 173 + 1481 \tan 28 - 260 h_w \tan 28$$

$$T_{\max} = 173 + 787 - 138 h_w$$

En l'absence d'eau : $T = 855 \text{ kN/m} < T_{\max} = 173 + 787 = 960 \text{ kN/m}$. La pente est stable.

La pente devient instable pour $h_w = 1 \text{ m}$. En fait, la hauteur d'eau devait être plus forte et le mur en Texsol a retenu la pente jusqu'à ce que sa déformation fasse casser les fils en traction. C'est pour cela que la pente s'est d'abord un peu déplacée, le temps que la résistance en traction du mur soit mobilisée. Puis, dans une seconde phase, la pente a glissé de façon importante, quand le mur s'est cassé et sa contribution à la stabilité a disparu.

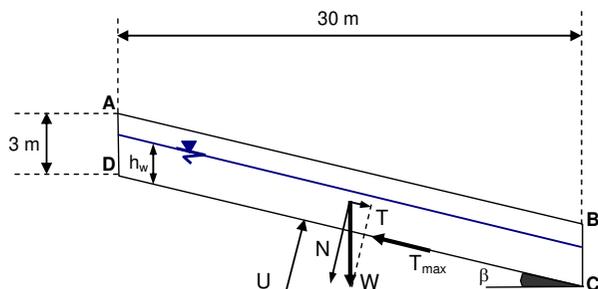


Figure 2.2. Équilibre du bloc ABCD sur la pente

Question 3. Hydrogéologie

Le tableau du haut de la figure contient les valeurs suivantes (les valeurs en gras sont les valeurs calculées) :

Piézomètre N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cote TN (NGF)	399,85	383,85	378,49	395,52	390,04	379,22		399,5	385
Mesure (prof. en m)	17,10	6,72	21,49	16,39	6,31			20,61	1,05
Niveau d'eau NGF	399,85	366,75	371,77	374,03	373,65	372,91	375,03	378,89	383,95

Piézomètre N°	10	11	12	13	14	15	16	17
Cote TN (NGF)	390,71	386,82	383,79	379,72	381,53	377,95	375,78	388,76
Mesure (prof. en m)	17,46	13,61	10,64		9,17	6,55	3,94	14,45
Niveau d'eau NGF	373,25	373,21	373,15		372,36	371,40	371,84	374,31

Ces valeurs sont reportées sur les deux profils AB et A'B' de la figure 3.1.

On voit que la pente de la surface piézométrique est dirigée de la rivière vers la nappe et du lac vers la nappe. Cela indique que la nappe est alimentée à la fois par la rivière et par le lac (il y a des pompages dans la nappe).

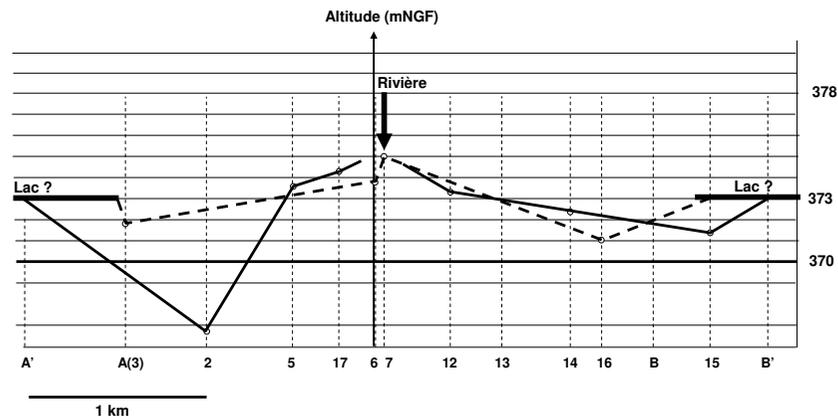


Figure 3.1. Surface piézométrique entre A et B, d'une part, et entre A' et B', d'autre part.

Question 4. Reconnaissance géotechnique

Les couches définies sur les profils pénétrométriques de la figure 4.2 sont reportées sur la figure 4.1.

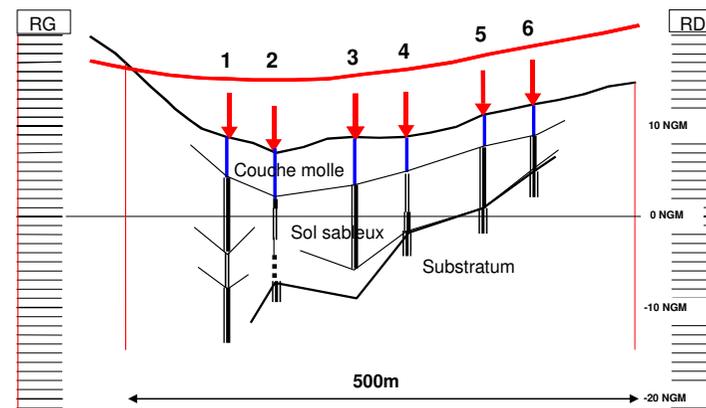


Figure 4.1. Position des sondages pénétrométriques sur le tracé

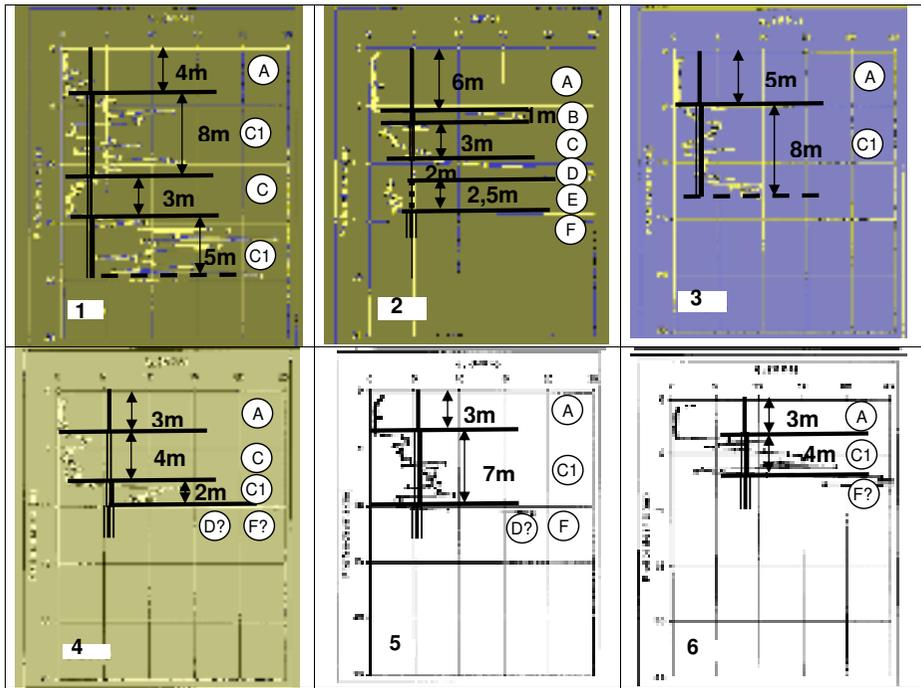


Figure 4.2. Résultats des sondages pénétrométriques (résistance de pointe q_c)