

Études géotechniques

Brice lecampion

EPFL



GeoEnergyLab

Etudes géotechniques préliminaires

- **Cartographie**

- cartes topographiques
- cartes géologiques et géotechniques
- cadastre de surface (et souterrain)
- plans historiques
- photos aériennes

- **"Walk-over"**

- affleurements
- végétation
- interrogation des voisins

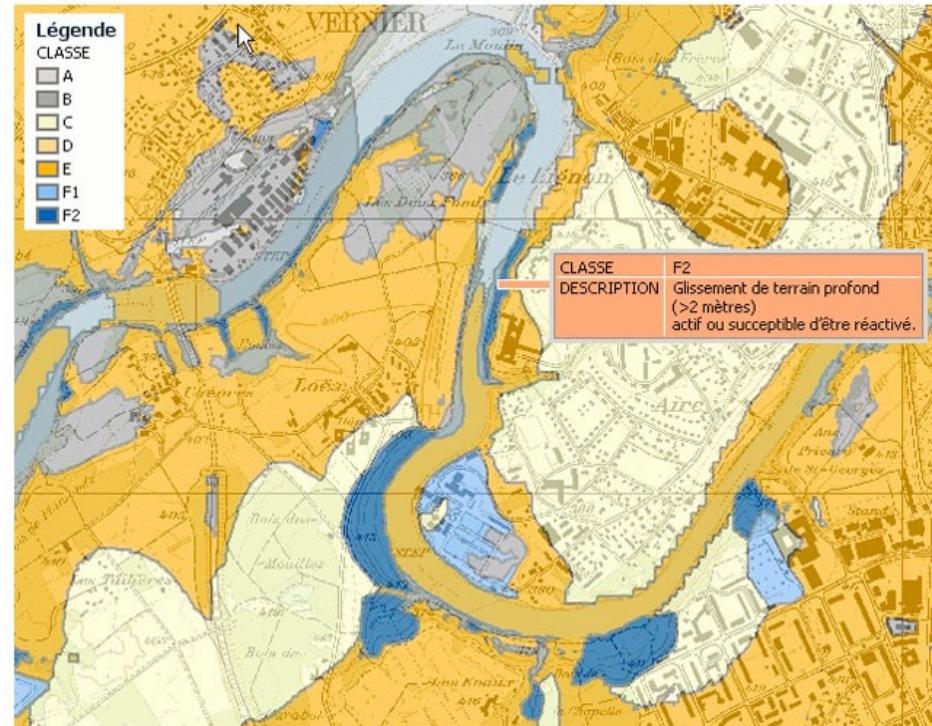
- **Documents**

- sondages existants
- études géotechniques existantes
- renseignements sur les fondations et l'exécution des bâtiments voisins

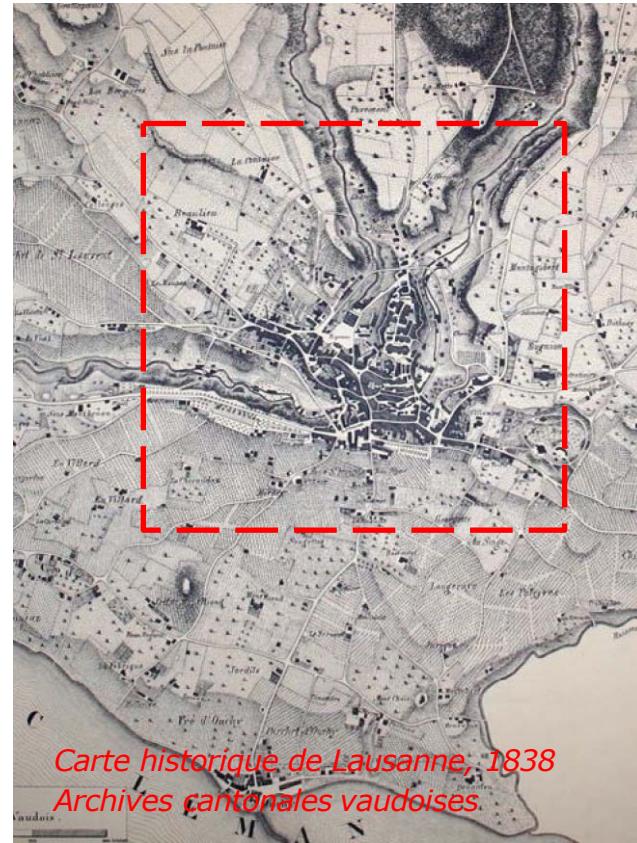
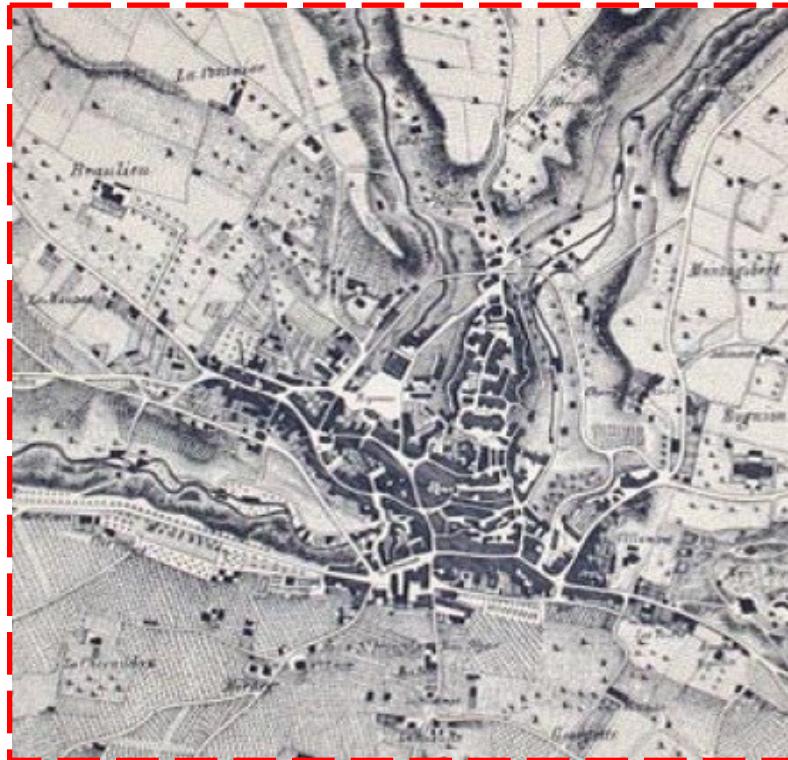
Etudes géotechniques préliminaires

Carte de la typologie des sols de fondation du Canton de Genève

Représentation graphique Sols de fondation - gol_sols_fondation.shape



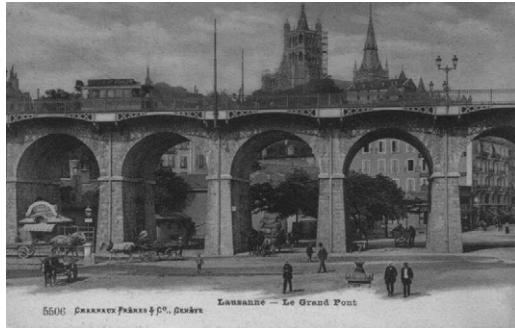
Etudes géotechniques préliminaires



Etudes géotechniques préliminaires



Grand Pont de Lausanne vers 1845 (Musée historique de Lausanne). Construction 1839-1844, 2 niveaux d'arches.



Grand Pont de Lausanne en 1910 après comblement de la vallée du Flon (1874). Un seul niveau d'arches subsiste.



Campagne de reconnaissance

	- du terrain - de l'environnement - de l'ouvrage	lever les incertitudes par une investigation géotechnique complémentaire ...
En fonction		

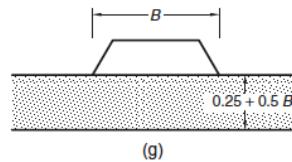
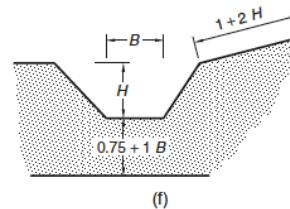
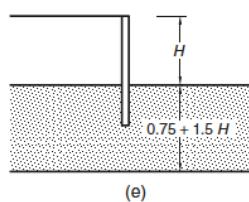
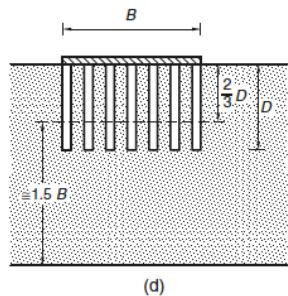
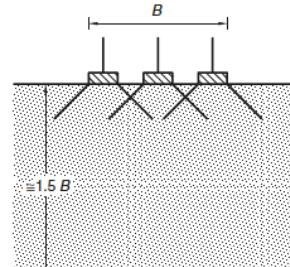
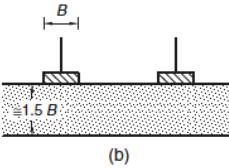
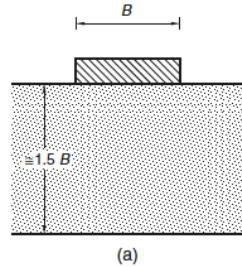
⇒ **carte et profil géologique et hydro-géologique détaillés à l'échelle du projet**

⇒ **classification qualitative et quantitative des sols in situ**

Moyens :	- sondages - essais géotechniques en laboratoire - essais géotechniques in situ
-----------------	---

Profondeurs d'investigation pour un projet

- A ne pas prendre comme une règle d'or mais comme recommandation minimale



Sondages de reconnaissance



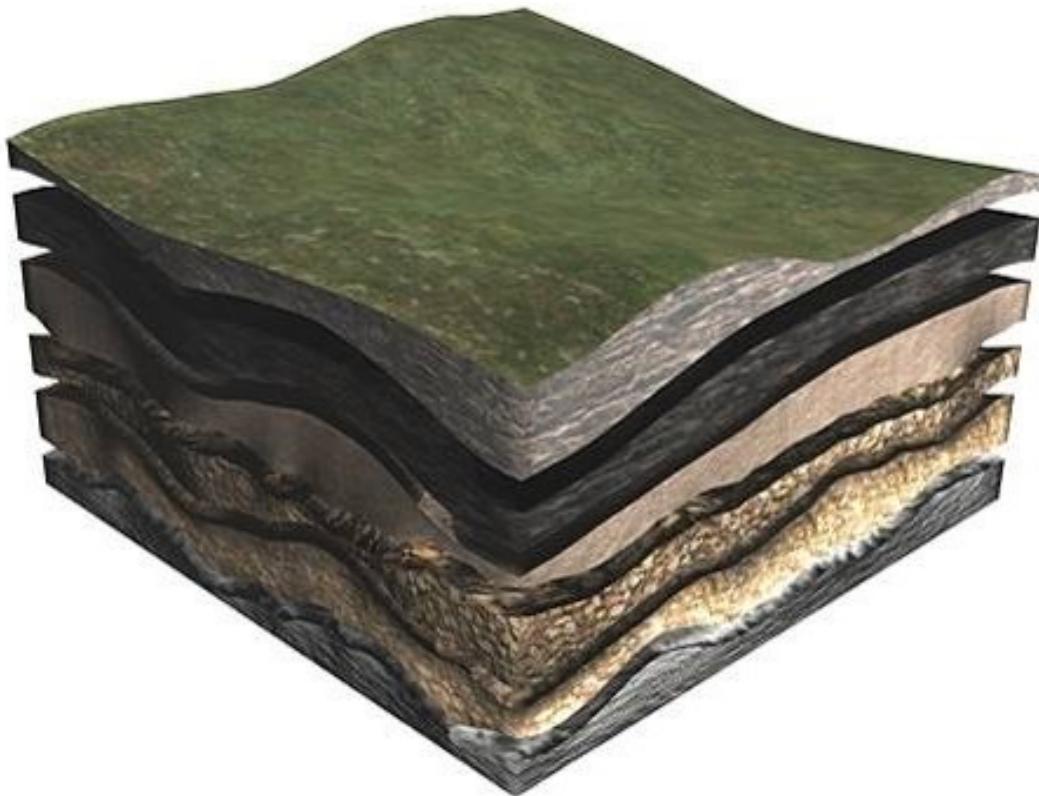
Site
EPFL



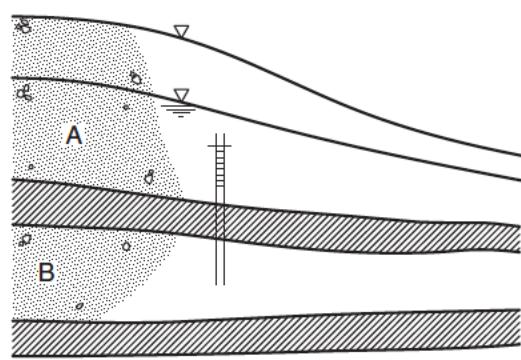
glacio-
lacustre



Connaissance stratigraphique détaillée

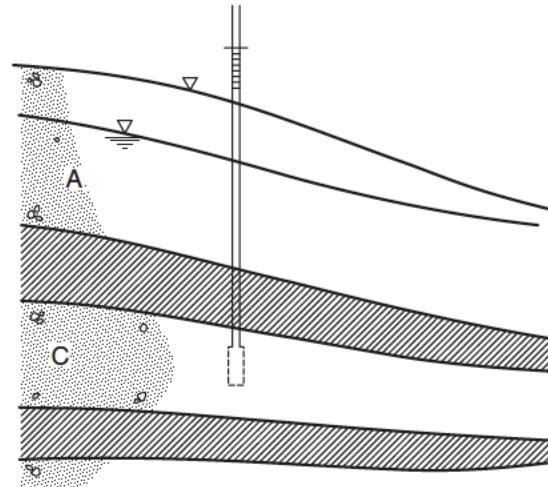


Conditions hydrauliques...



(a)

A = Phreatic aquifer
B = Confined aquifer

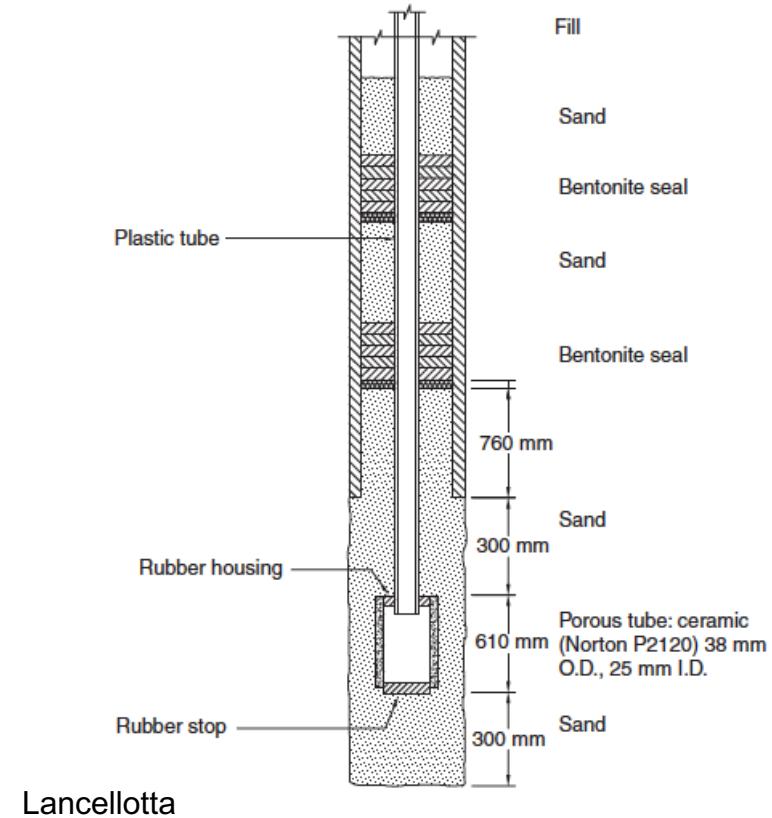
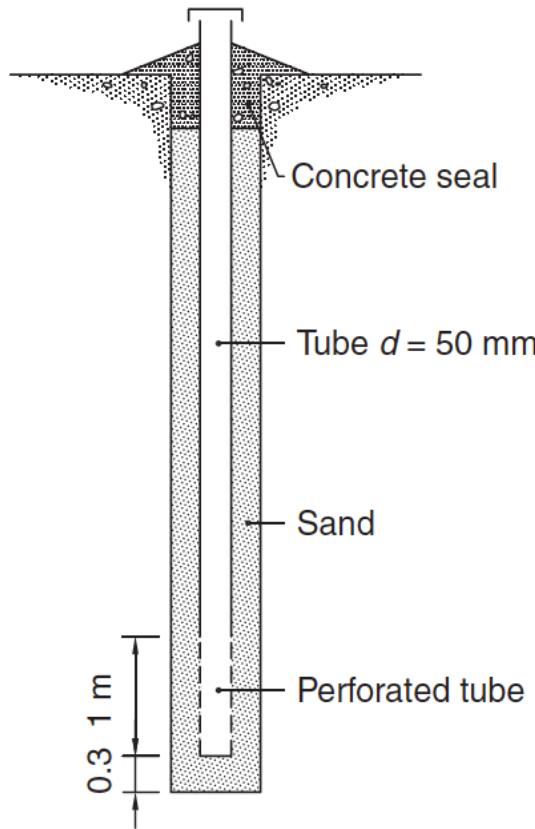


(b)

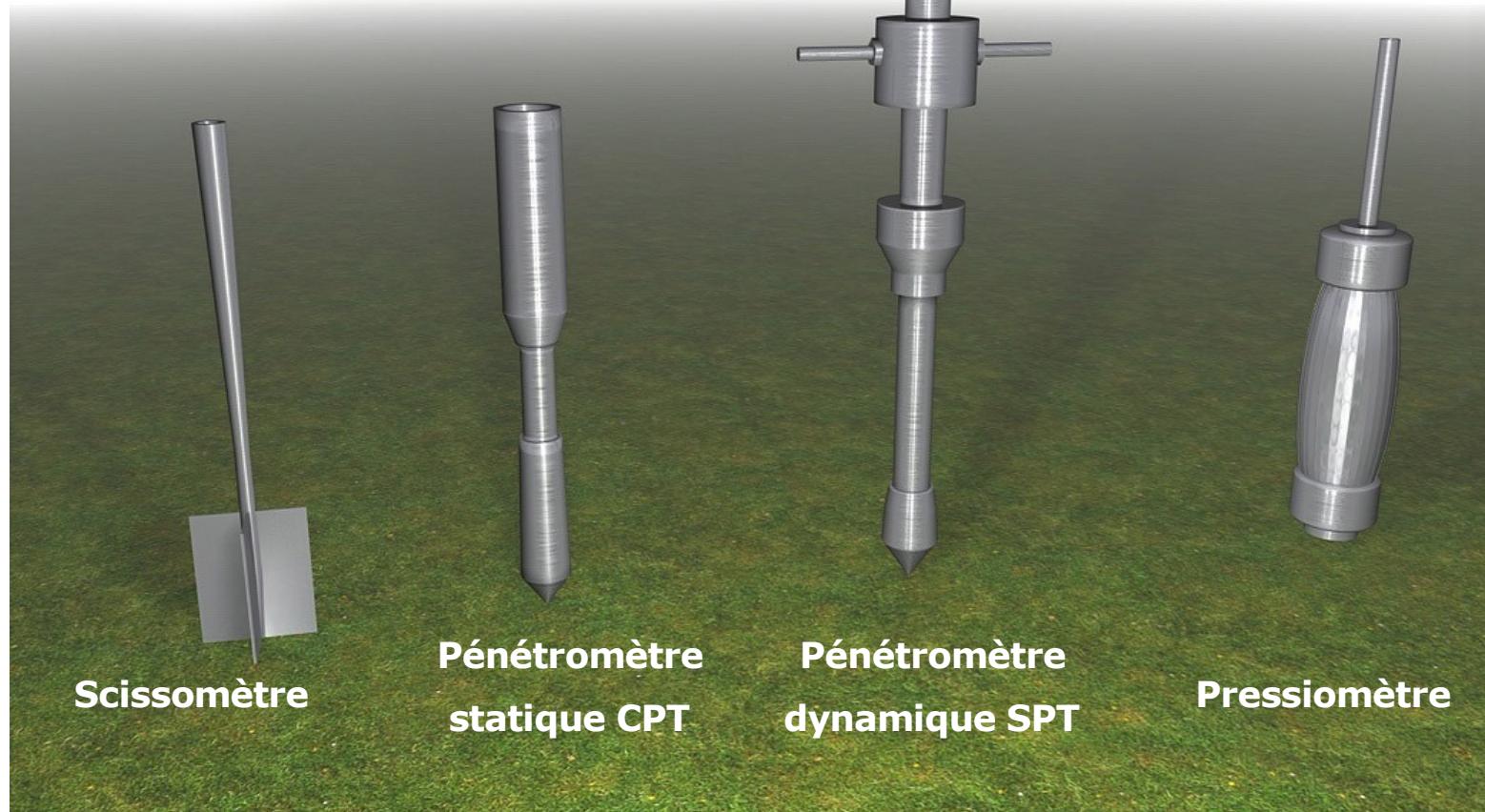
C = Artesian aquifer

Lancellotta

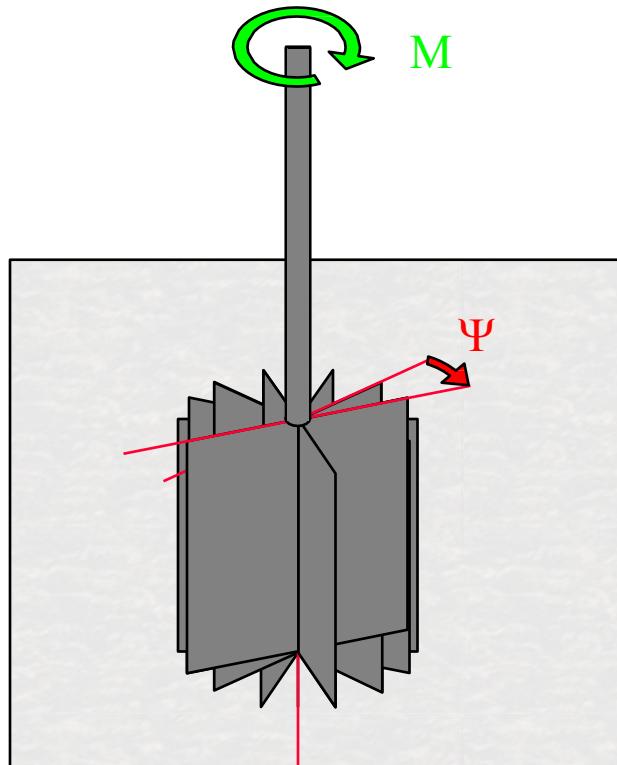
Piezomètres



Essais géotechniques in situ



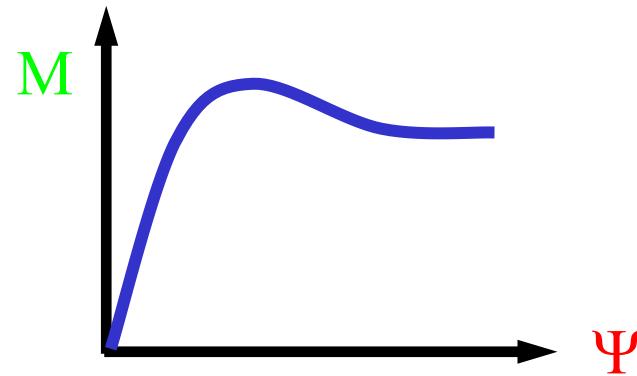
Scissomètre de chantier



Réponse Non-Drainée du sol

Terrains cohérents

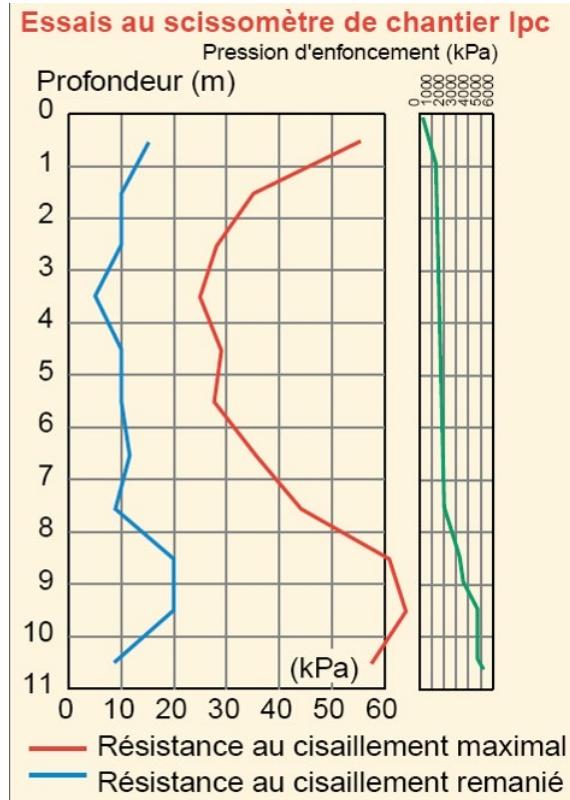
$$C_u = \frac{6M}{\pi D^2(3H + D)}$$



Scissomètre de chantier



SCISOL - LCPC



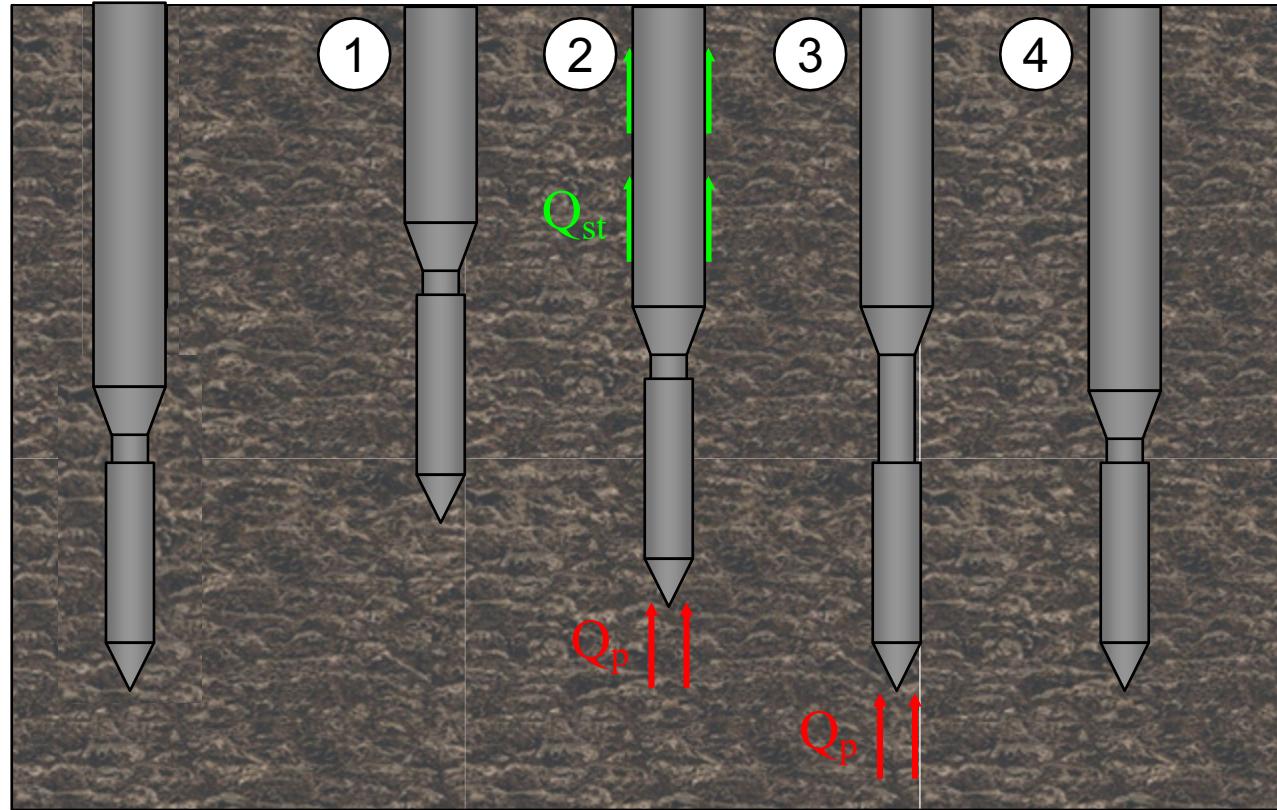
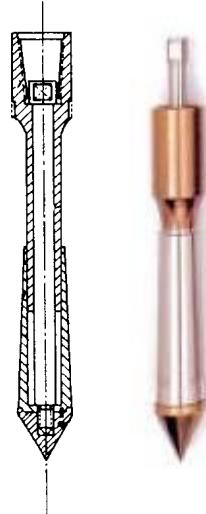
Pénétromètres de chantier



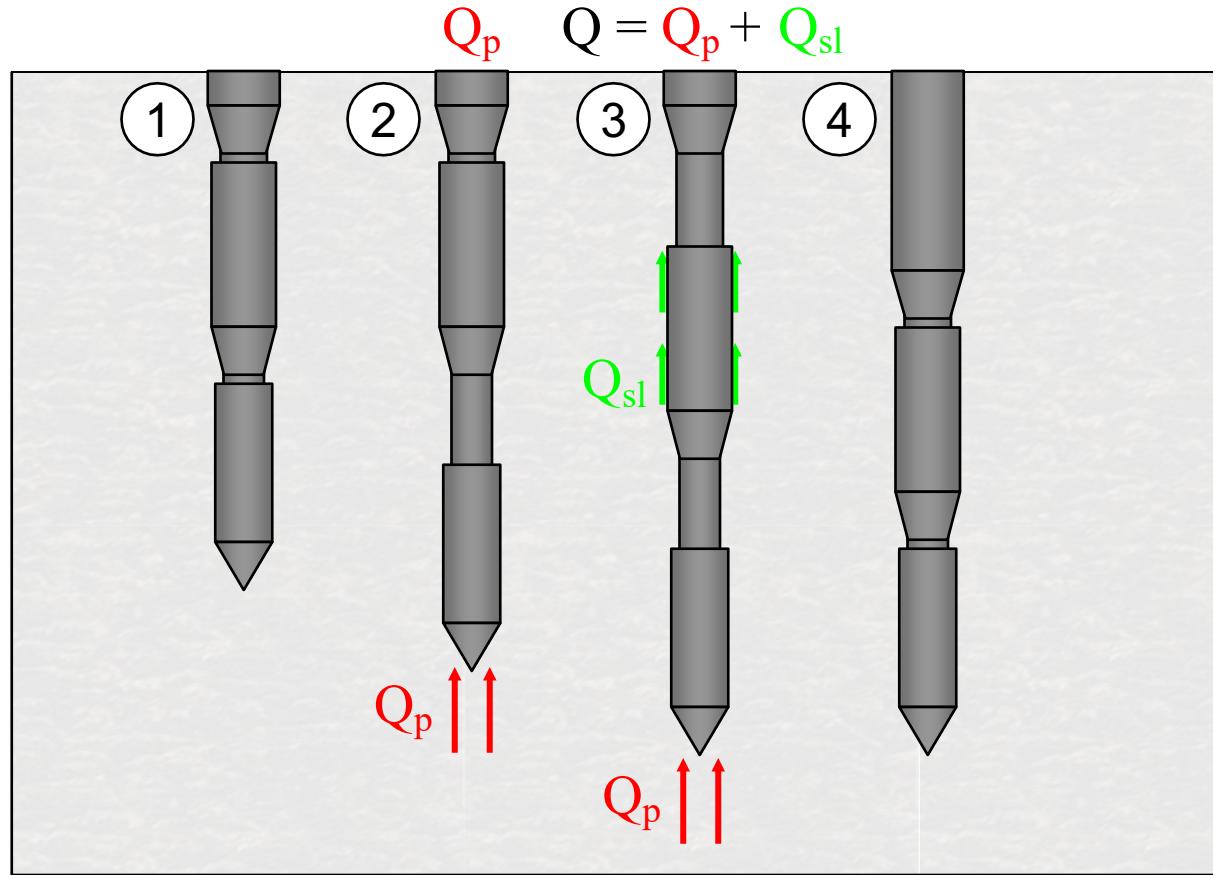
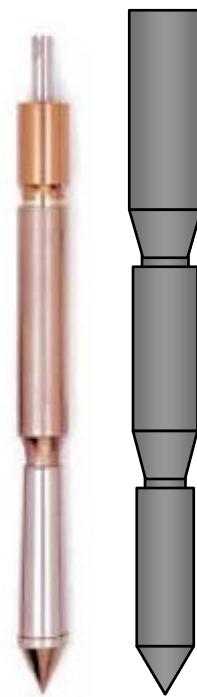
Pénétromètres

- a) à cône mobile
- b) à manchon de frottement
- f) piézocone

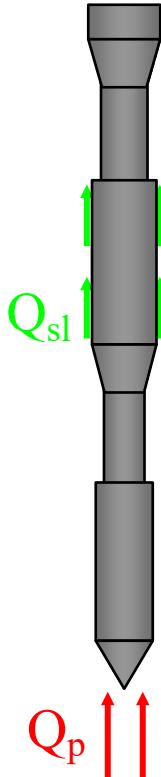
Pénétromètre à cône mobile



Pénétromètre à manchon de frottement



Pénétrogramme d'un cône à manchon

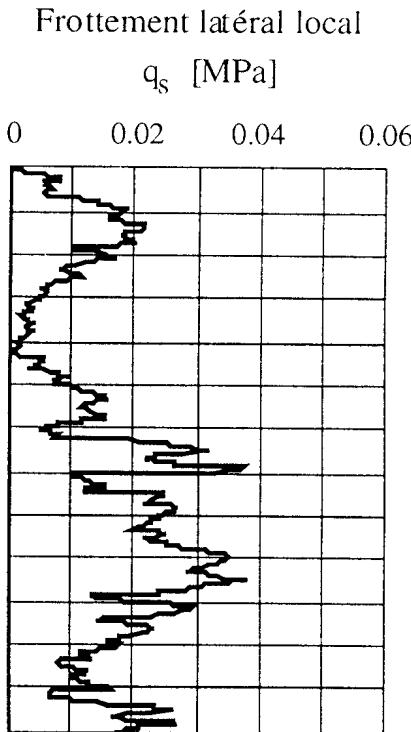
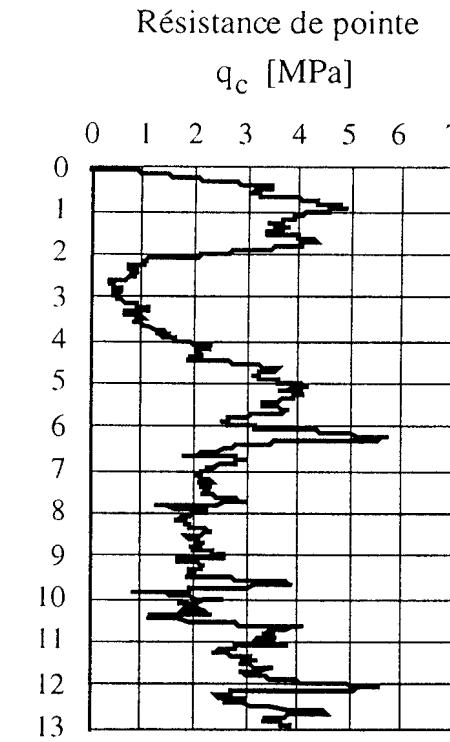


- Résistance au frottement latéral

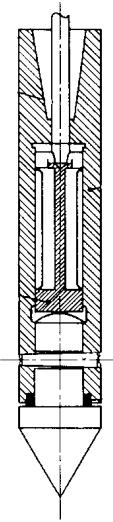
$$q_s = \frac{Q_{sl}}{S_{\text{manchon}}}$$

- Résistance de pointe

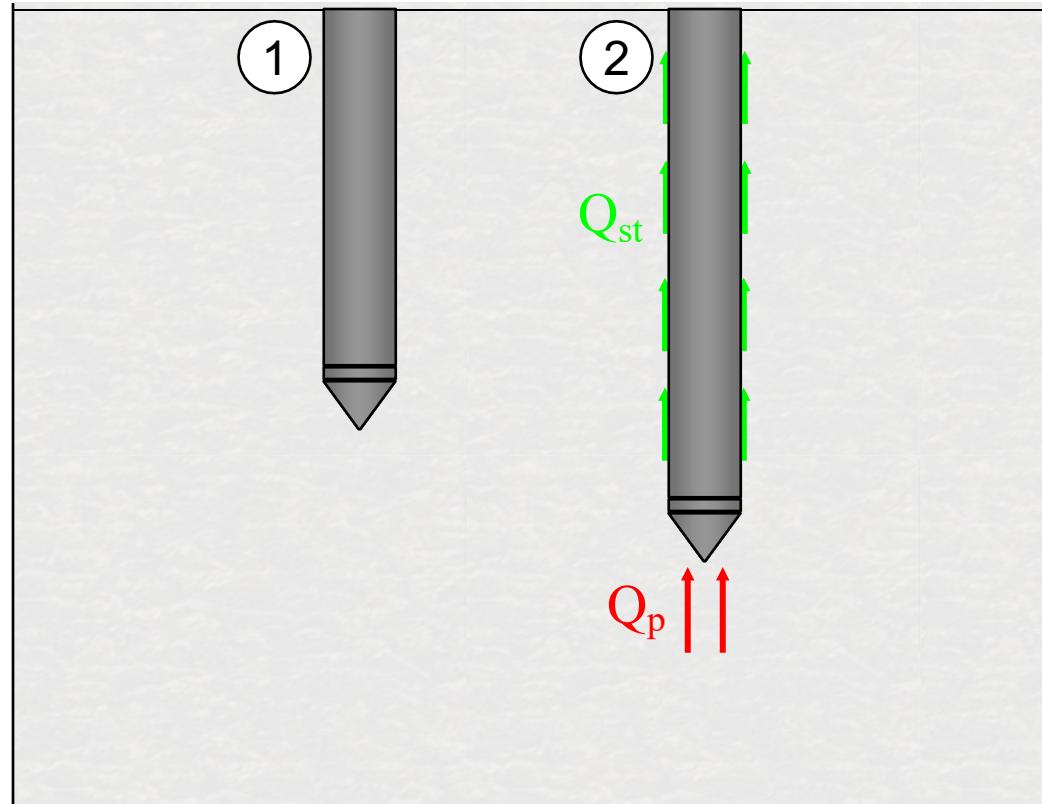
$$q_c = \frac{Q_p}{S_p}$$



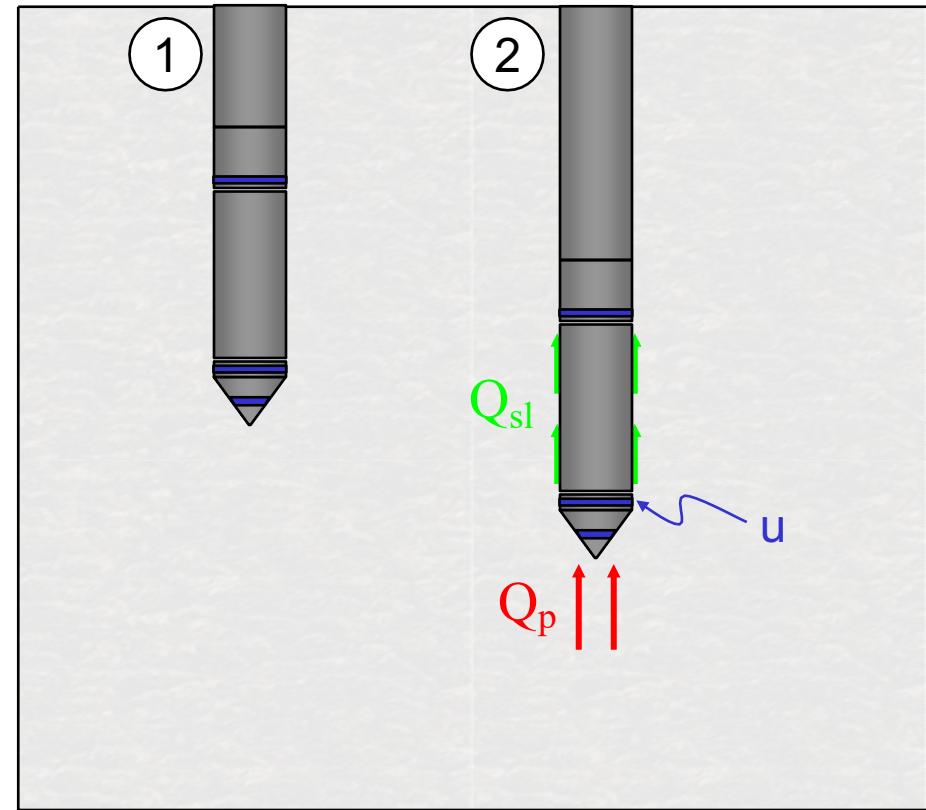
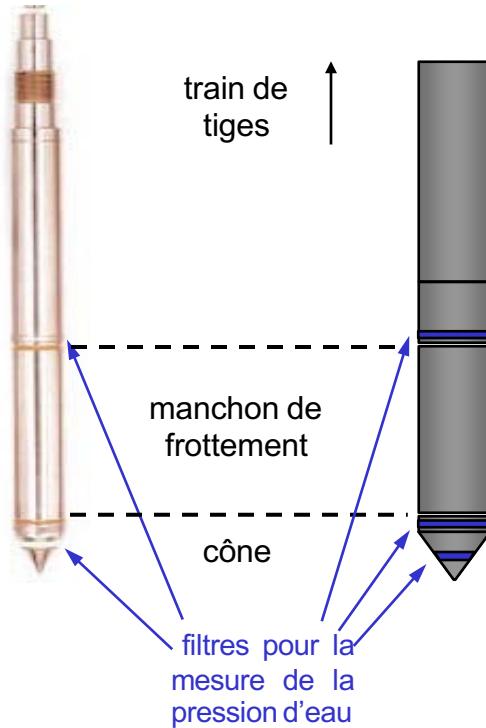
Pénétromètre à cône fixe



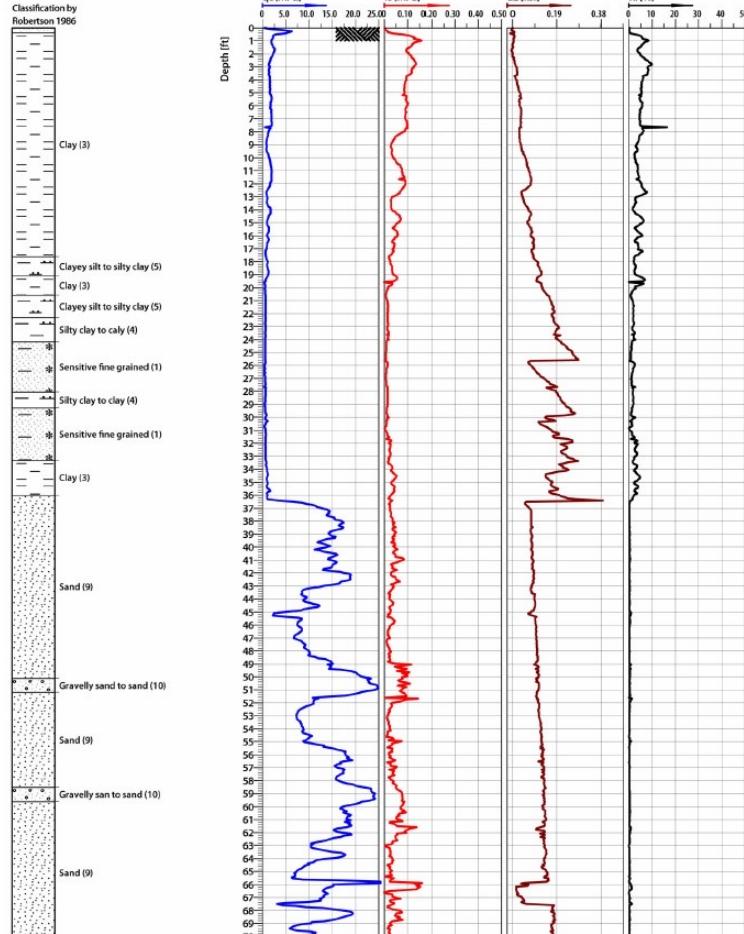
Pénétromètre
à pointe électrique



Piézocone CPT-U



Essai de pénétration statique

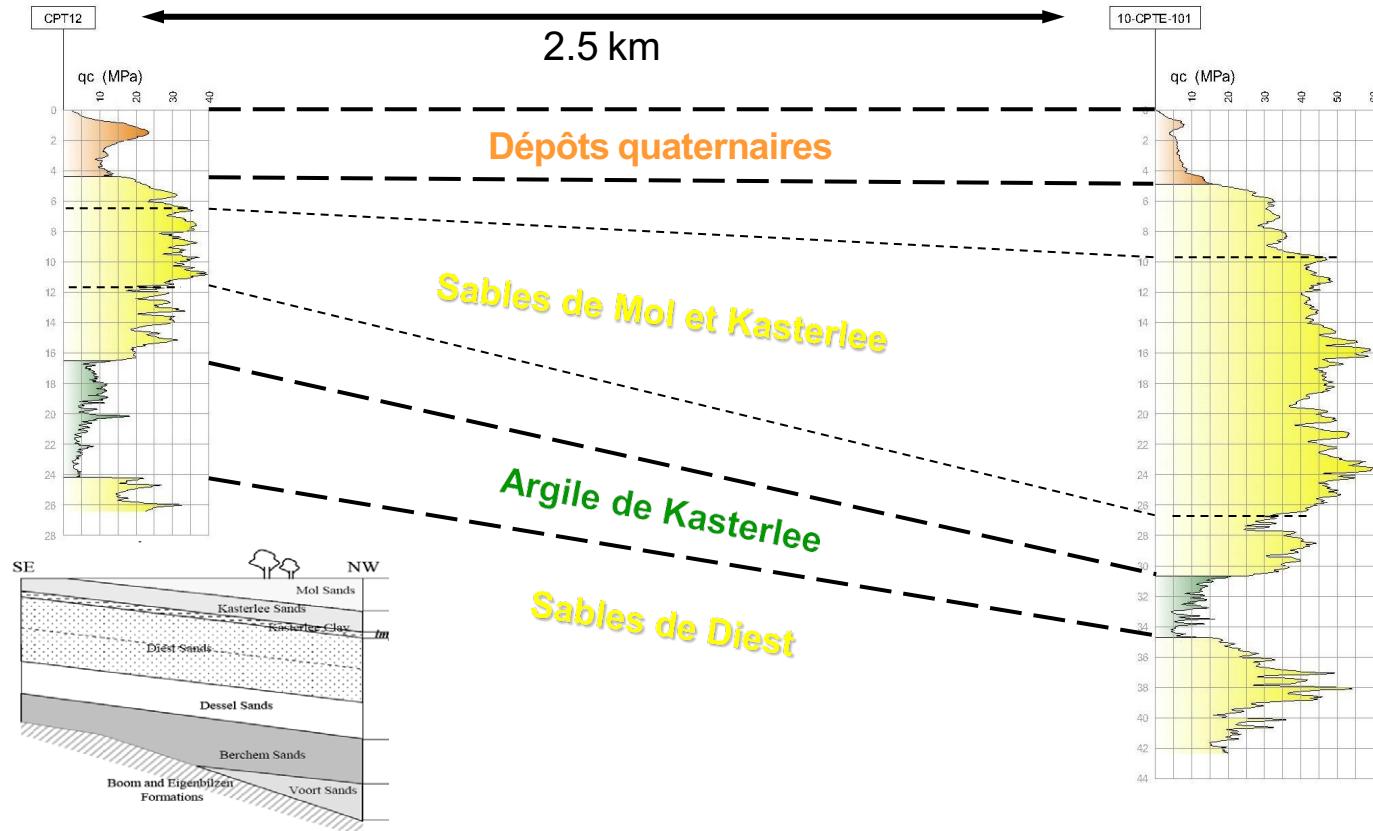


www.fugro.com

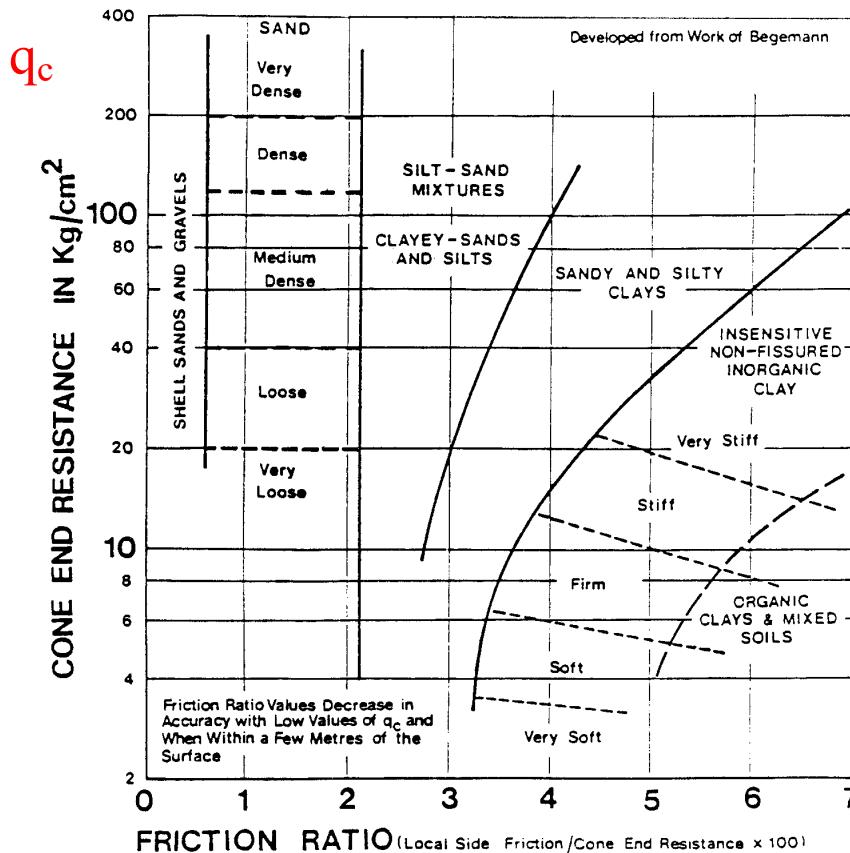


www.geoprobe.com

Reconnaissance de la stratigraphie au moyen d'essais de pénétration statique

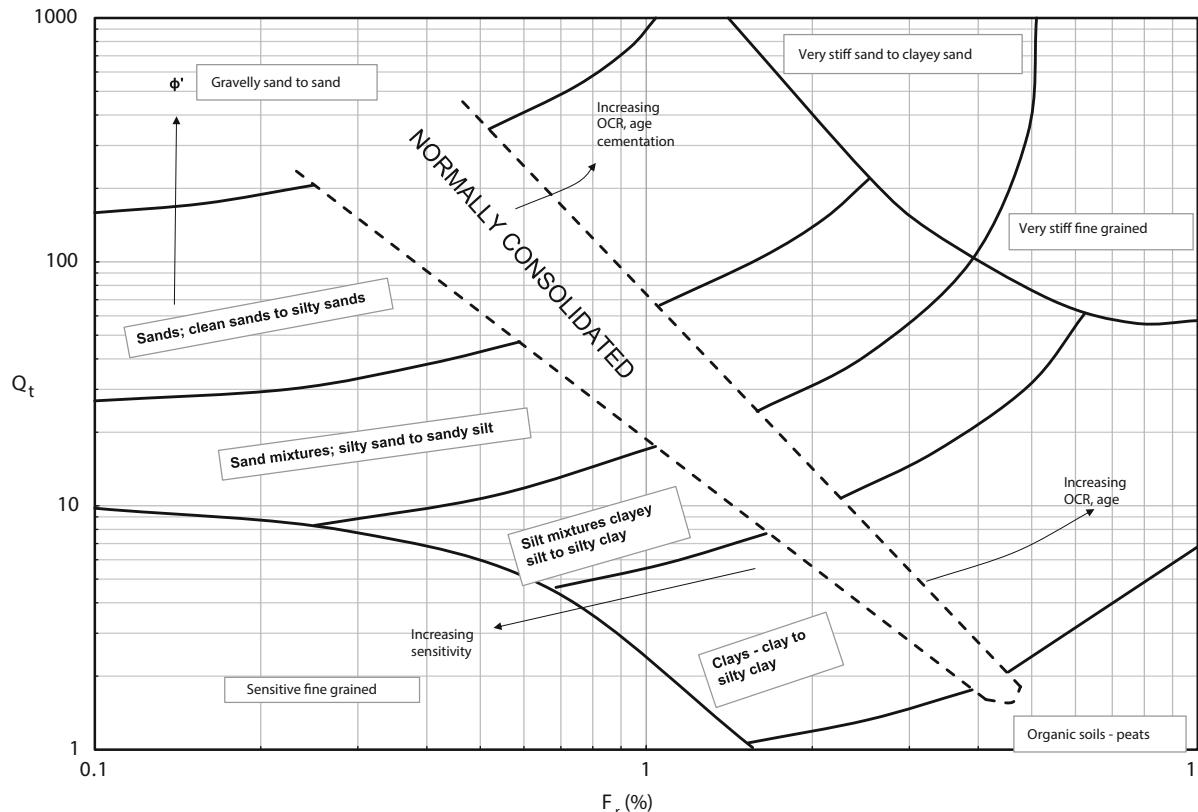


Caractérisation des couches au moyen d'essais de pénétration statique



$$R_f = q_s / q_c \cdot 100$$

Caractérisation des couches au moyen d'essais de pénétration statique



From
Robertson

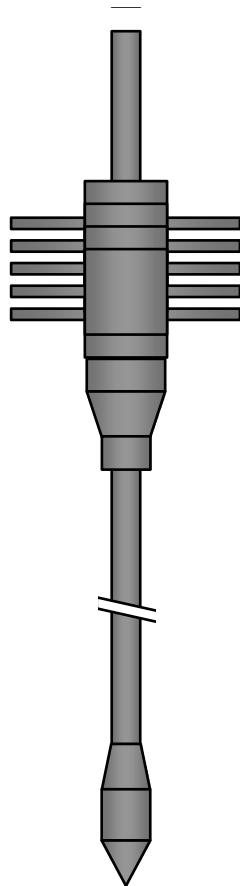
q_t est la résistance
de pointe corrigée

Cf – ex. Semaine 2

$$Q_t = \frac{q_t - \sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}}$$

$$F_r = \frac{f_s}{q_t - \sigma_{vo}} \times 100\%$$

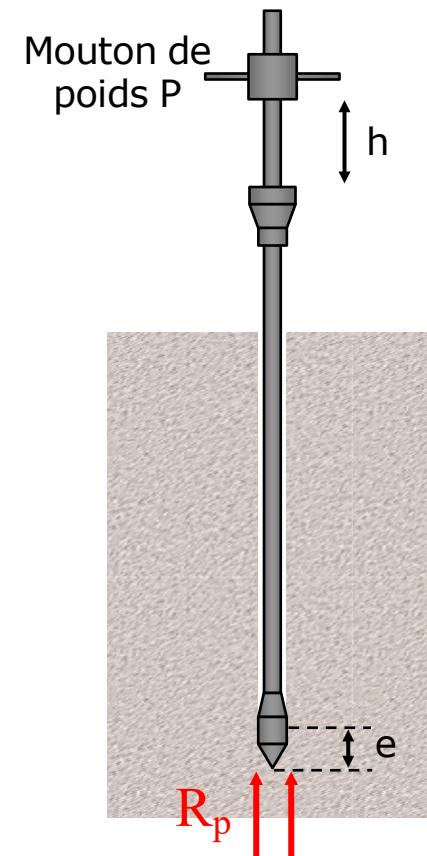
Essai de pénétration dynamique



**Pénétromètre von Moos
battage d'une pointe conique**

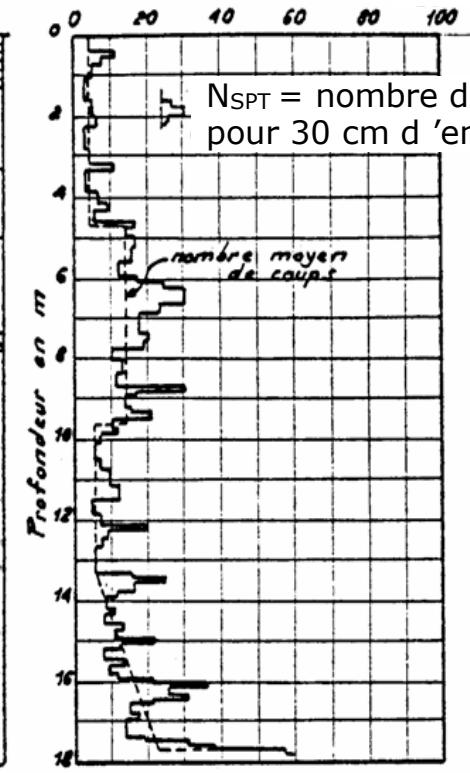
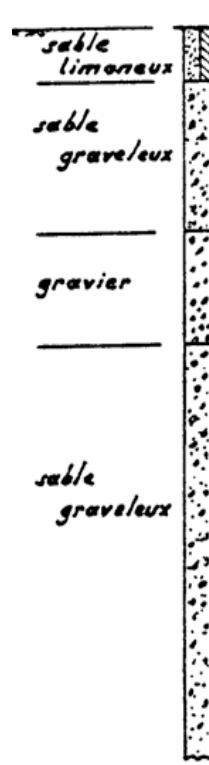
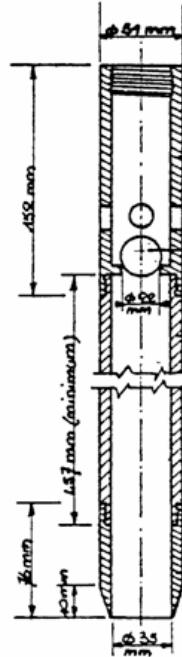
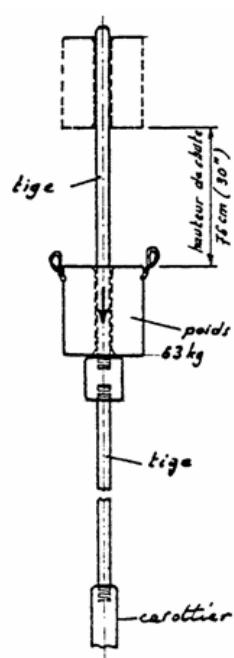
$$n \cdot P \cdot h = R_p \cdot S \cdot e$$

$$R_p = \frac{P \cdot h}{S \cdot e} \cdot n = A \cdot n$$



Essai de pénétration dynamique (SPT)

Pénétromètre SPT
battage d'un tube carottier



N_{SPT} = nombre de coups pour 30 cm d'enfoncement

Qq corrélations....

SOLS COHERENTS (Manuel Suisse des Géotextiles)

N _{SPT}	n _{VAVE}	Consistance	c _u [kN/m ²]	M _E [MN/m ²]	CBR [%]
< 2	< 5	très molle	< 12	3	1
2 ÷ 6	5 ÷ 15	molle	12 ÷ 40	3 ÷ 6	1 ÷ 3
6 ÷ 15	15 ÷ 40	ferme	40 ÷ 80	6 ÷ 15	3 ÷ 6
15 ÷ 30	40 ÷ 75	très ferme	80 ÷ 120	15 ÷ 30	6 ÷ 12
> 30	> 75	dure	150	30	12

SOLS COHERENTS (SIMR, 1978 + Baguelin et al., 1978)

N _{SPT}	Consistance	Description du terrain	c _u [kN/m ²]	p _{lim} * [kN/m ²]	S _u * [kN/m ²]
< 2	très molle	le poing s'enfonce de plusieurs cm sans effort	< 12.5	< 75	< 20
2 ÷ 4	molle	le pouce s'enfonce de plusieurs cm sans effort	12.5 ÷ 25	75 ÷ 150	20 ÷ 40
4 ÷ 8	moyenne	le pouce s'enfonce de plus cm avec un effort modéré	25 ÷ 50	150 ÷ 350	40 ÷ 75
8 ÷ 15	ferme	le pouce entaille fac. le sol, mais s'enfonce avec peine	50 ÷ 100	350 ÷ 800	75 ÷ 150
15 ÷ 30	très ferme	l'ongle du pouce l'entaille facilement	100 ÷ 200	800 ÷ 1600	> 150
> 30	dure	l'ongle du pouce l'entaille difficilement	> 200	> 1600	

SOLS PULVERULENTS (Terzaghi et Peck, 1957 + Manuel suisse des Géotextiles + Baguelin et al., 1978)

N _{SPT}	n _{VAVE}	q _c (CPT) [MPa]	Compacité relative	D _r [%]	ϕ' [°]	M _E [MPa]	CBR [%]	p _{lim} [kN/m ²]
< 4	< 10	< 5	très lâche/très peu compact	< 15	28°	6 ÷ 15	3 ÷ 6	< 200
4 ÷ 10	10 ÷ 30	5 ÷ 10	lâche/peu compact	15 ÷ 30	28 ÷ 30°	15 ÷ 30	6 ÷ 12	200 ÷ 500
10 ÷ 30	30 ÷ 70	10 ÷ 15	moyennement compact	30 ÷ 50	30 ÷ 36°	30 ÷ 60	12 ÷ 25	500 ÷ 1500
30 ÷ 50	70 ÷ 150	15 ÷ 20	dense/compact	50 ÷ 80	36 ÷ 41°	60 ÷ 120	25 ÷ 50	1500 ÷ 2500
> 50	> 150	> 20	très dense/compact	> 80	> 41°	> 120	> 50	> 2500

Pénétromètre SPT



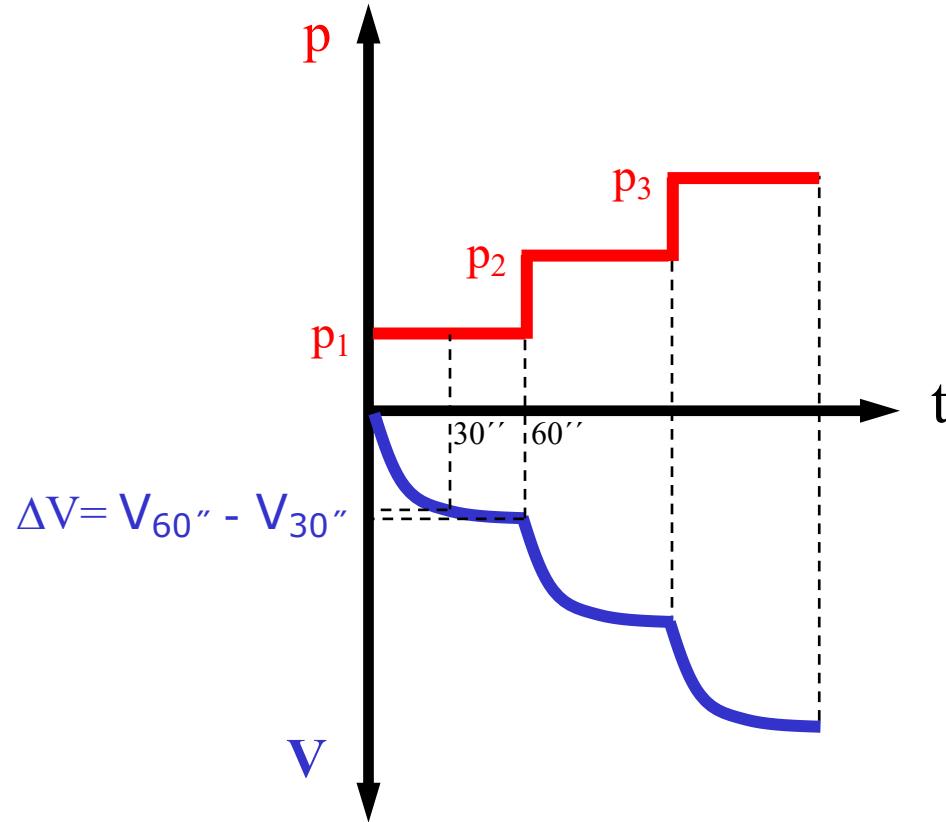
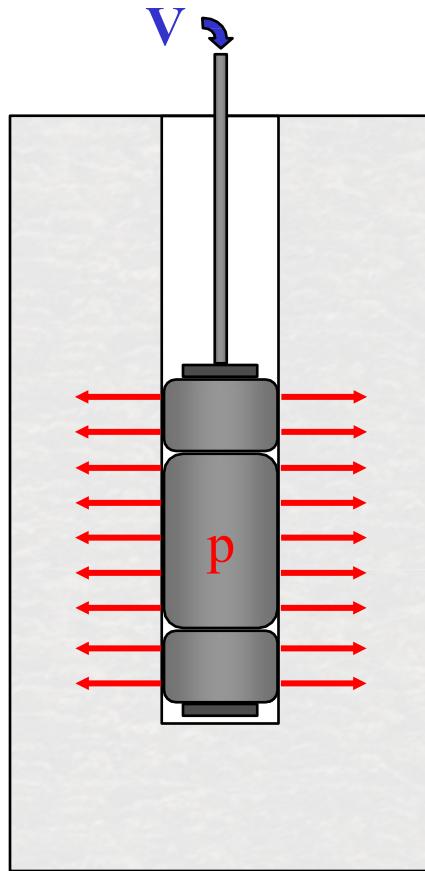
Essai de pénétration dynamique



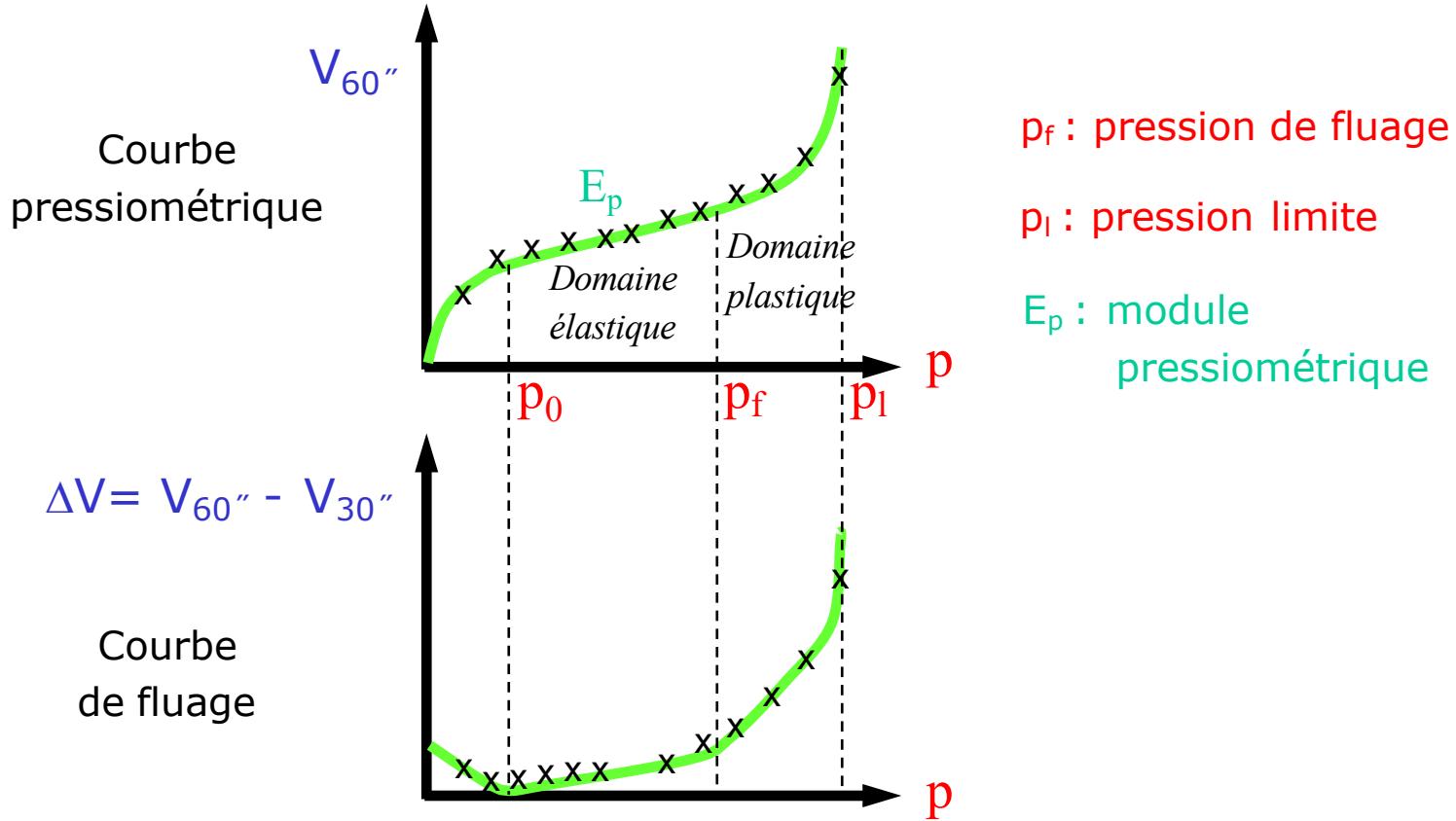
Split Barrel Sampler

www.geoprobe.com

Essai pressiométrique



Interprétation de l'essai pressiométrique



Essai pressiométrique



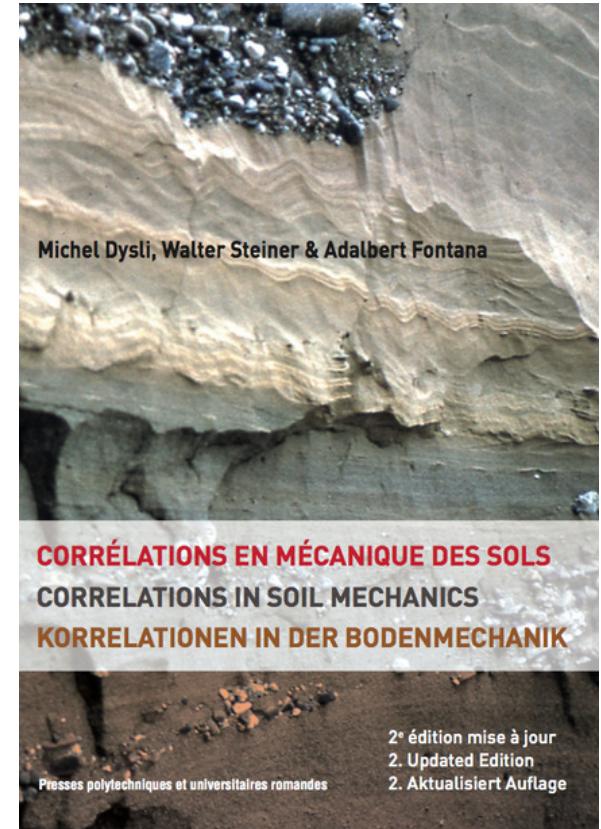
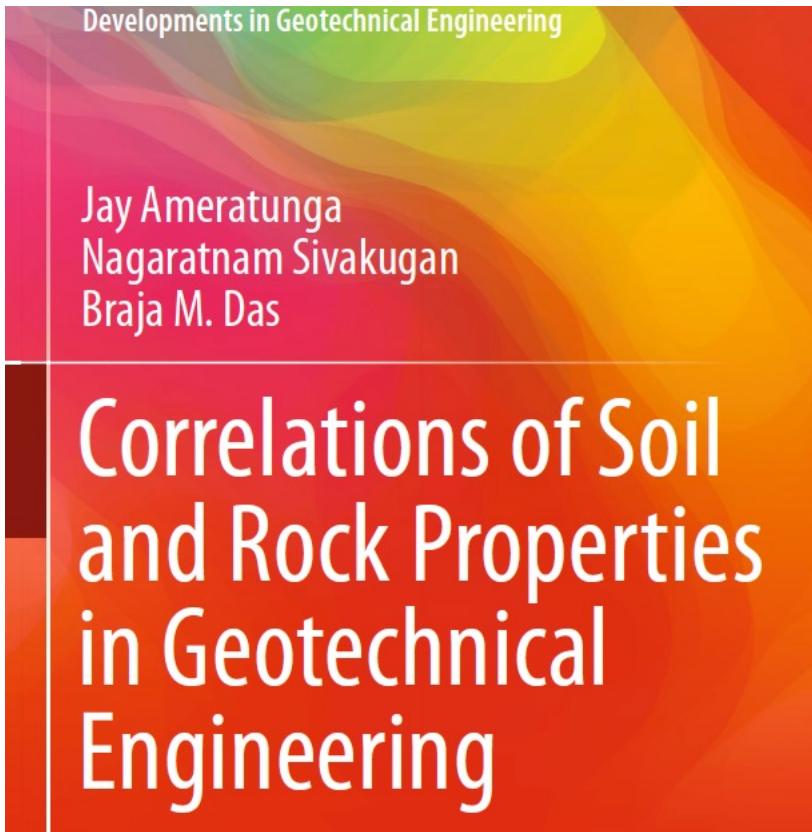
Interprétation de l'essai pressiométrique

- Cf. poly

Autres essais

- Essai dilatomètre plat (Marchetti) -> K_o (à partir de correlations empiriques)
- Essai à la plaque -> rigidité du sol
- Investigations géophysique – sismique, électrique, acoustique.

Corrélations



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Généralités

**Illustrations des contraintes et études
géotechniques pour le projet CCR - EPFL**

Ouvrages géotechniques

Situation générale



Richter · Dahl Rocha & Associés

Vue depuis l'arrêt du M1



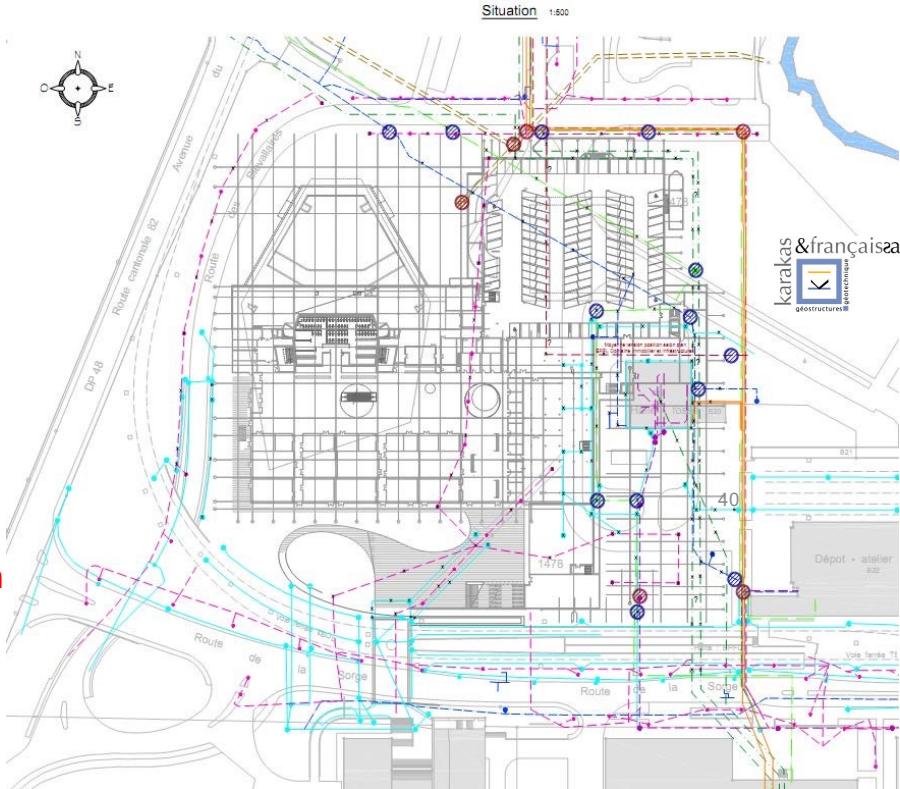
Richter · Dahl Rocha & Associés

Contexte et contraintes



Contexte et contraintes

Reconnaissance des services



Plan de situation des services

- eau sous pression
 - eaux claires (égouts)
 - câbles électriques moyenne tension
 - câbles électriques basse tension
 - fibre optique

Contexte et contraintes

Forage dans câbles Moyenne Tension



Terrassement Fibre Optique



Contexte et contraintes

Ouvrages existants: e.g. Halle Fosse



Fosse profonde en béton armé de 5m de diamètre et 8 m de profondeur

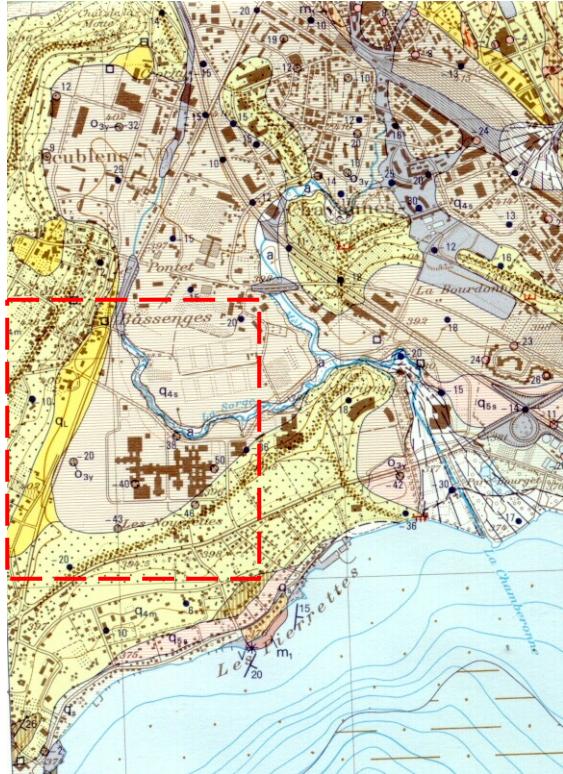


Contexte et contraintes

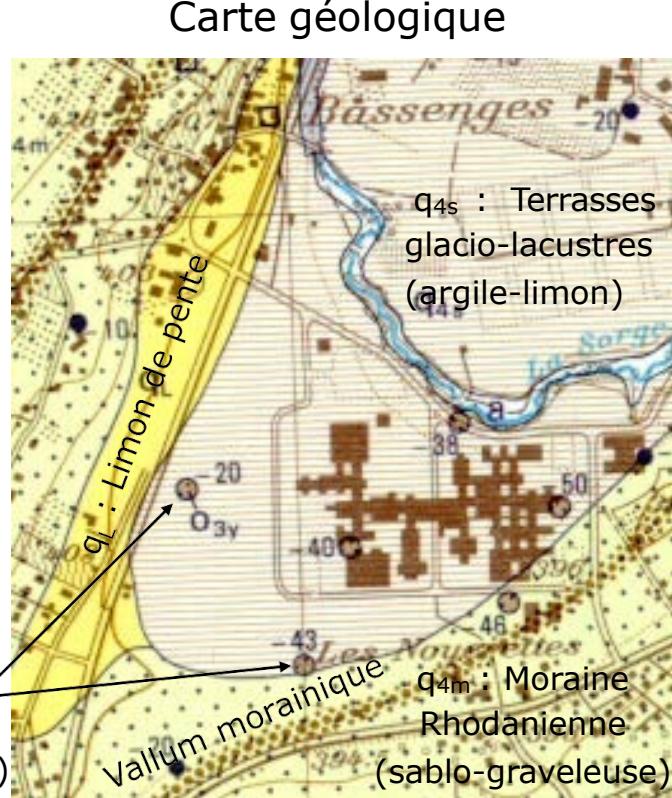
Accès au site uniquement via l'avenue Louis Favre et le passage inférieur



Contexte géotechnique

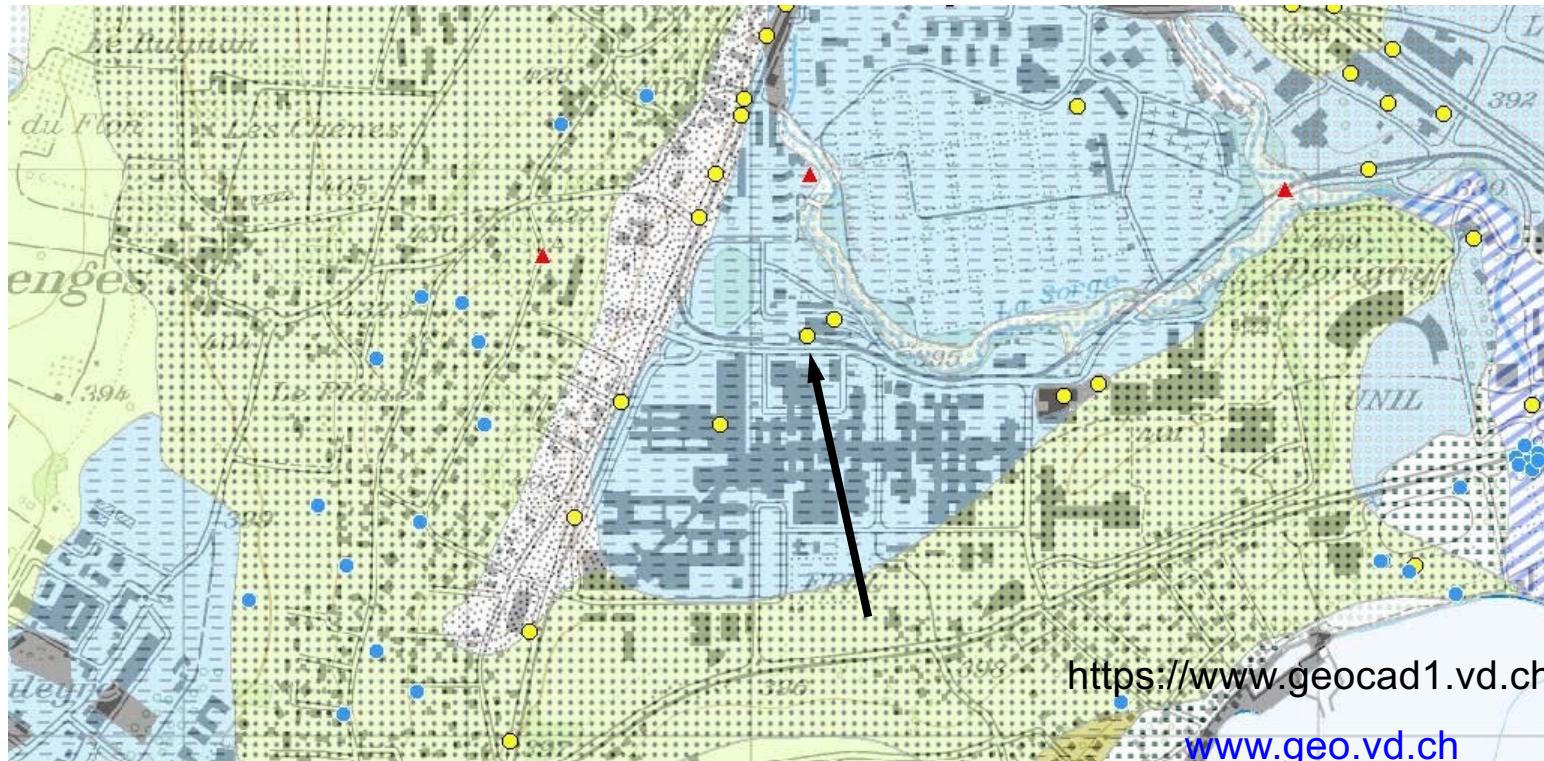


O_{3y} : Molasse
d'eau douce
(grès et marnes)



Contexte géotechnique

Cadastre géologique du Canton de Vaud



Contexte géotechnique

<https://www.geocad1.vd.ch>

Cadastre géologique du Canton de Vaud

Cadastre géologique

Fiche de sondage

Zone de sondage

Référence interne du bureau	N° de Référence AGS / Infogeol	Auteur	Type de sondage	Descriptif	But
876	25426	CSD Ingénieurs SA	Forage	TSOL, dépôt des tramways	Géotechnique

Sondage

Numéro de sondage	9285	Réf. interne	SC 1
Coordonnée x [m]	533099.00	Date de réalisation	31.10.1987
Coordonnée y [m]	152707.00	Profondeur [m]	40.60
Altitude z [m]	402.00	Diamètre [mm]	
Type de sondage		Mode de forage	
Code du géotype de surface		Angle du forage (90° = vertical) [°]	90.0
Code SIA 261		Azimut du forage (0° = Nord, 90° = Est) [°]	0.0
Date du relevé de la hauteur de la nappe	08.08.1987	Hauteur de la nappe [en m.s.m]	1.23
Essais in situ / Labo	Oui	Profondeur toit du rocher	39.60
Complément scientifique	Rapport daté d'octobre 1987. Coordonnées estimées selon plan de situation au 1:1'000 et GéoPlaNet. Niveaux piézométriques (nappe supérieure) : -1.23 m le 28.08.1987 et -1.77 le 08.09.1987. Altitude selon MNT-MO (1m).		

Contexte géotechnique

Cadastre géologique du Canton de Vaud

Horizons du sondage					
Profondeur [m]	Lithologie Granulométrie	Géotype	Code USCS	SN 670009	Lithologie (Atlas Géologique 1:25'000)
0.90	Remblai	Remblais artificiels			
2.00	Colluvions	Colluvions/Eluvions			
3.88	Limons très sableux	Périglaciale, glacio-lacustre			
10.30	Limons plus ou moins argileux	Périglaciale, glacio-lacustre			
17.60	Limons argileux	Périglaciale, glacio-lacustre			
22.90	Moraine tendre	Moraines, frontales			
25.10	Moraine de consistance moyenne	Moraines, frontales			
29.70	Moraine ferme	Moraines, frontales			
35.00	Moraine (limons argileux sableux)	Moraines, de fond			
39.60	Moraine (limons sableux argileux)	Moraines, de fond			
40.60	Grès	Roches détritiques, grès avec quelques marnes			
Remarques Observations	Molasse Chattienne				

Piézomètre du sondage

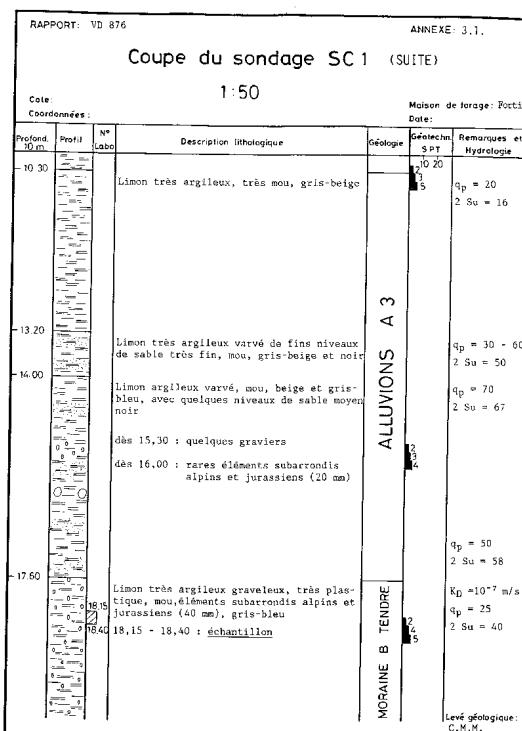
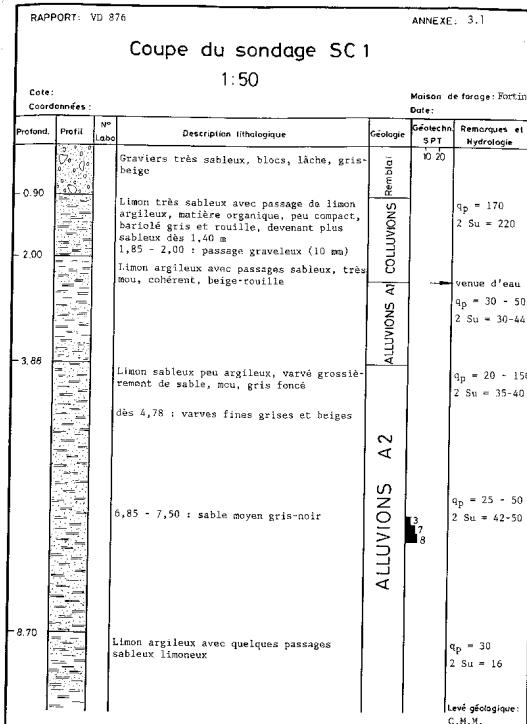
Pas de piézomètre

Documents associés

 SC1.pdf [0.28 MB]

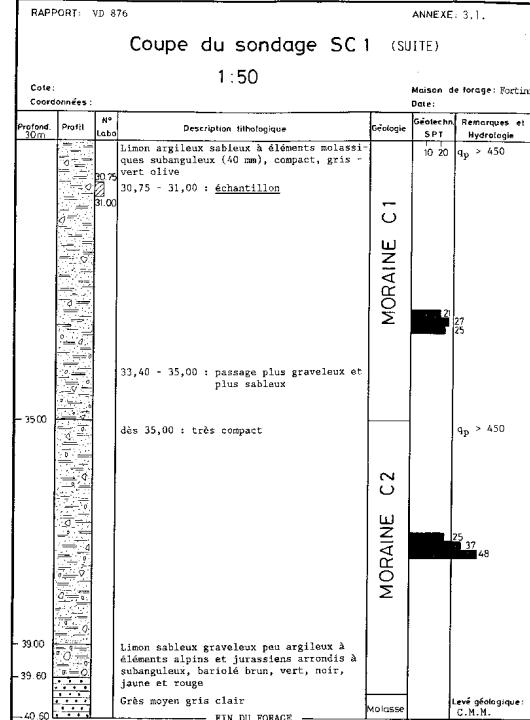
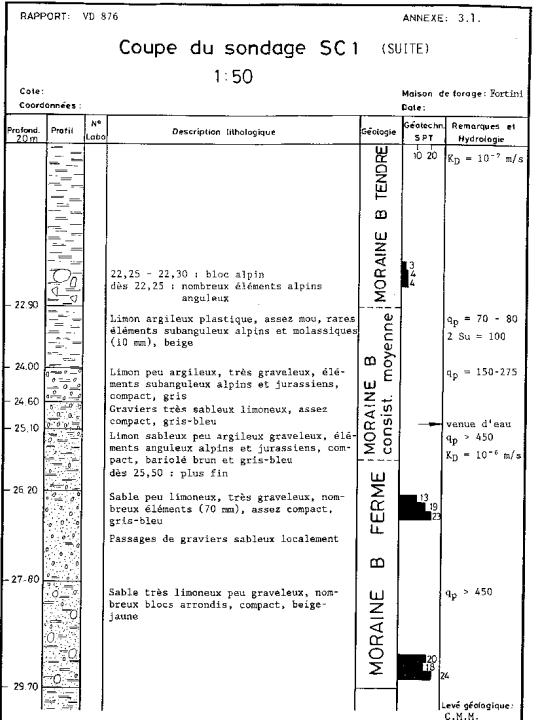
Contexte géotechnique

Cadastre géologique du Canton de Vaud



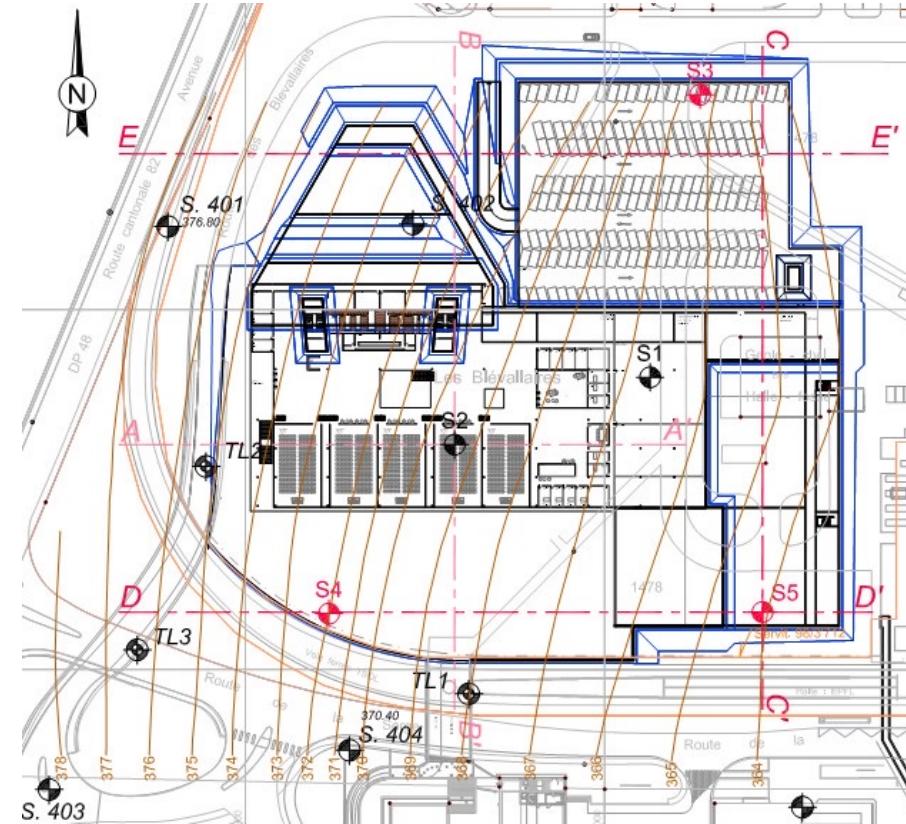
Contexte géotechnique

Cadastre géologique du Canton de Vaud



Campagne de reconnaissance

Sondages de
reconnaissance
complémentaires
S1 à S5



Sondages de reconnaissance



Sondage
S1

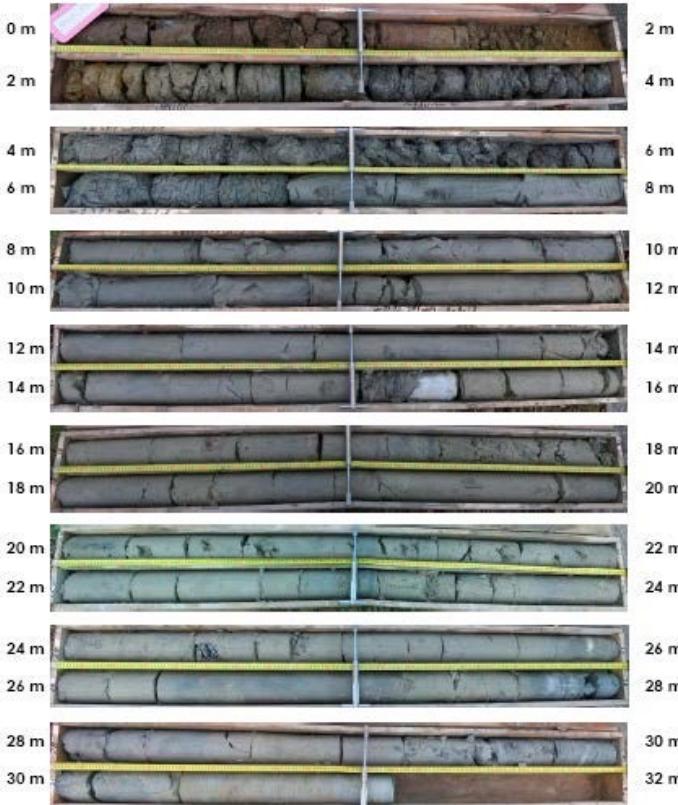


Sondages de reconnaissance



KARAKAS & FRANCAIS SA			Ing. civile et géologique spécialisé en géotechnique Lausanne Carouge Martigny				Sondage S1	
EPFL Centre de Conférences et Rencontres							Date d'exécution : 09.01.2006	
Altitude : 395.73	Coordonnées : 533'013 / 152'782				ECHELLE 1/50		Levé par : SG	
Altitude Egale	Prof. m	Type	PROFIL	USCS RQD	SPT	Gr. (kg)	Sw (mm)	w (%)
395.36	0.00							
395.43	0.30							
395.45	0.50							
395.46	0.70							
395.48	1.20							
395.48	0.85							
395.48	1.50							
395.48	1.80							
395.48	2.10							
395.48	2.60							
395.48	3.00							
395.48	3.70							
395.48	4.20							
395.48	4.70							
395.48	5.20							
395.48	5.70							
395.48	6.20							
395.48	6.70							
395.48	7.20							
395.48	7.70							
395.48	8.20							
395.48	8.70							
395.48	9.20							
395.48	9.70							
395.48	10.20							
395.48	10.70							
395.48	11.20							
395.48	11.70							
395.48	12.20							
395.48	12.70							
395.48	13.20							
395.48	13.70							
395.48	14.20							
395.48	14.70							
395.48	15.20							
395.48	15.70							
395.48	16.20							
395.48	16.70							
395.48	17.20							
395.48	17.70							
395.48	18.20							
395.48	18.70							
395.48	19.20							
395.48	19.70							
395.48	20.20							
395.48	20.70							
395.48	21.20							
395.48	21.70							
395.48	22.20							
395.48	22.70							
395.48	23.20							
395.48	23.70							
395.48	24.20							
395.48	24.70							
395.48	25.20							
395.48	25.70							
395.48	26.20							
395.48	26.70							
395.48	27.20							
395.48	27.70							
395.48	28.20							
395.48	28.70							
395.48	29.20							
395.48	29.70							
395.48	30.20							
395.48	30.70							
395.48	31.20							
395.48	31.70							
395.48	32.20							
395.48	32.70							
395.48	33.20							
395.48	33.70							
395.48	34.20							
395.48	34.70							
395.48	35.20							
395.48	35.70							
395.48	36.20							
395.48	36.70							
395.48	37.20							
395.48	37.70							
395.48	38.20							
395.48	38.70							
395.48	39.20							
395.48	39.70							
395.48	40.20							
395.48	40.70							
395.48	41.20							
395.48	41.70							
395.48	42.20							
395.48	42.70							
395.48	43.20							
395.48	43.70							
395.48	44.20							
395.48	44.70							
395.48	45.20							
395.48	45.70							
395.48	46.20							
395.48	46.70							
395.48	47.20							
395.48	47.70							
395.48	48.20							
395.48	48.70							
395.48	49.20							
395.48	49.70							
395.48	50.20							
395.48	50.70							
395.48	51.20							
395.48	51.70							
395.48	52.20							
395.48	52.70							
395.48	53.20							
395.48	53.70							
395.48	54.20							
395.48	54.70							
395.48	55.20							
395.48	55.70							
395.48	56.20							
395.48	56.70							
395.48	57.20							
395.48	57.70							
395.48	58.20							
395.48	58.70							
395.48	59.20							
395.48	59.70							
395.48	60.20							
395.48	60.70							
395.48	61.20							
395.48	61.70							
395.48	62.20							
395.48	62.70							
395.48	63.20							
395.48	63.70							
395.48	64.20							
395.48	64.70							
395.48	65.20							
395.48	65.70							
395.48	66.20							
395.48	66.70							
395.48	67.20							
395.48	67.70							
395.48	68.20							
395.48	68.70							
395.48	69.20							
395.48	69.70							
395.48	70.20							
395.48	70.70							
395.48	71.20							
395.48	71.70							
395.48	72.20							
395.48	72.70							
395.48	73.20							
395.48	73.70							
395.48	74.20							
395.48	74.70							
395.48	75.20							
395.48	75.70							
395.48	76.20							
395.48	76.70							
395.48	77.20							
395.48	77.70							
395.48	78.20							
395.48	78.70							
395.48	79.20							
395.48	79.70							
395.48	80.20							
395.48	80.70							
395.48	81.20							
395.48	81.70							
395.48	82.20							
395.48	82.70							
395.48	83.20							
395.48	83.70							
395.48	84.20							
395.48	84.70							
395.48	85.20							
395.48	85.70							
395.48	86.20							
395.48	86.70							
395.48	87.20							
395.48	87.70							
395.48	88.20							
395.48	88.70							
395.48	89.20							
395.48	89.70							
395.48	90.20							
395.48	90.70							
395.48	91.20							
395.48	91.70							
395.48	92.20							
395.48	92.70							
395.48	93.20							
395.48	93.70							
395.48	94.20							
395.48	94.70							
395.48	95.20							
395.48	95.70							
395.48	96.20							
395.48	96.70							
395.48	97.20							
395.48	97.70							
395.48	98.20							
395.48	98.70							
395.48	99.20							
395.48	99.70							
395.48	100.20							
395.48	100.70							
395.48	101.20							
395.48	101.70							
395.48	102.20							
395.48	102.70							
395.48	103.20							
395.48	103.70							
395.48	104.20							
395.48	104.70							
395.48	105.20							
395.48	105.70							
395.48	106.20							

Sondages de reconnaissance



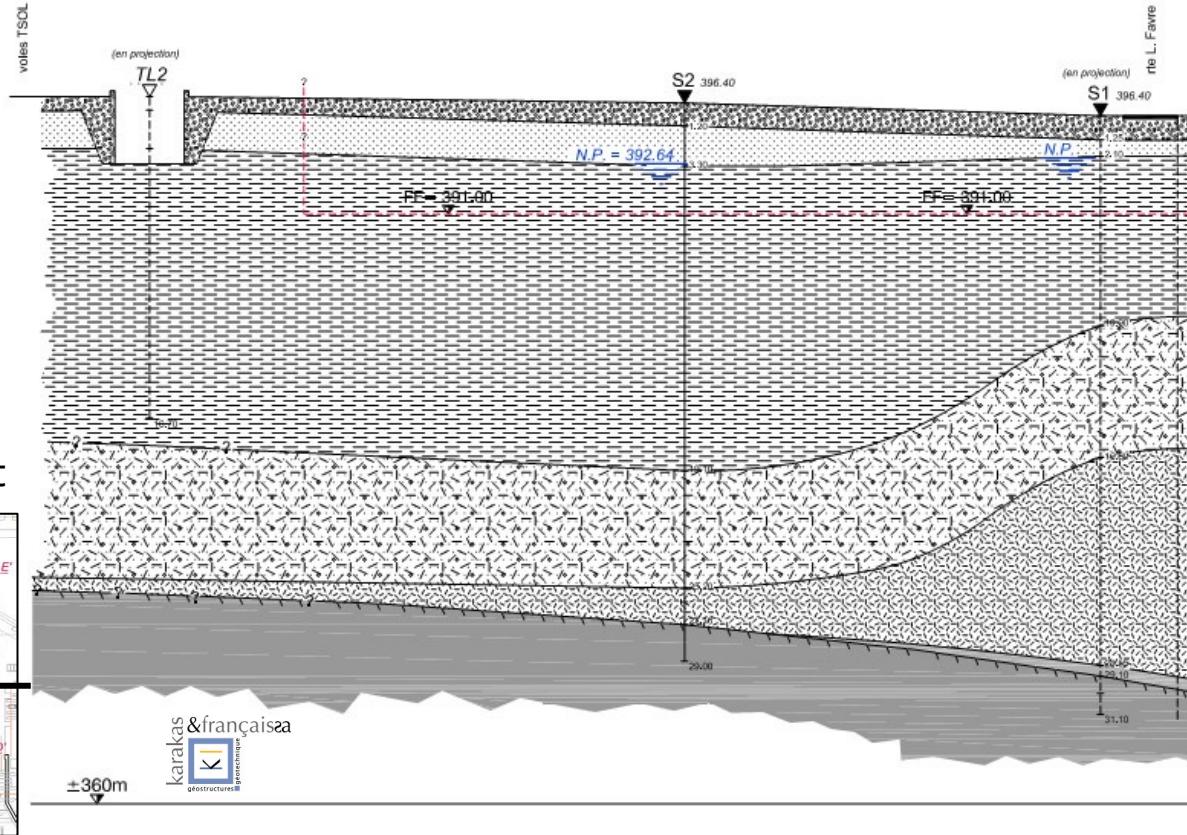
Sondage S1 ($\rightarrow 31.1$ m)

0 à 0.3m Terre végétale
0.3 à 1.2m Remblais
1.2 à 2.1m Alluvions glacio-lacustres sableux
2.1 à 2.7m Alluvions glacio-lacustres limoneux
2.7 à 10.9m Alluvions glacio-lacustres argileux

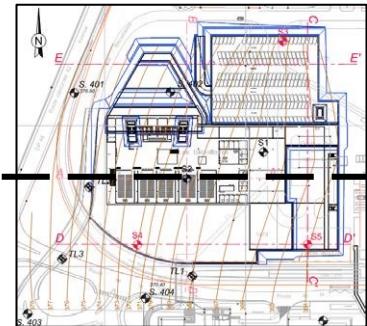
10.9 à 28.5m Moraine B (limon sableux)
28.5 à 29.1m Moraine C (limon argileux)

29.1 à 30.0m Molasse altérée
30.0 Molasse chattienne

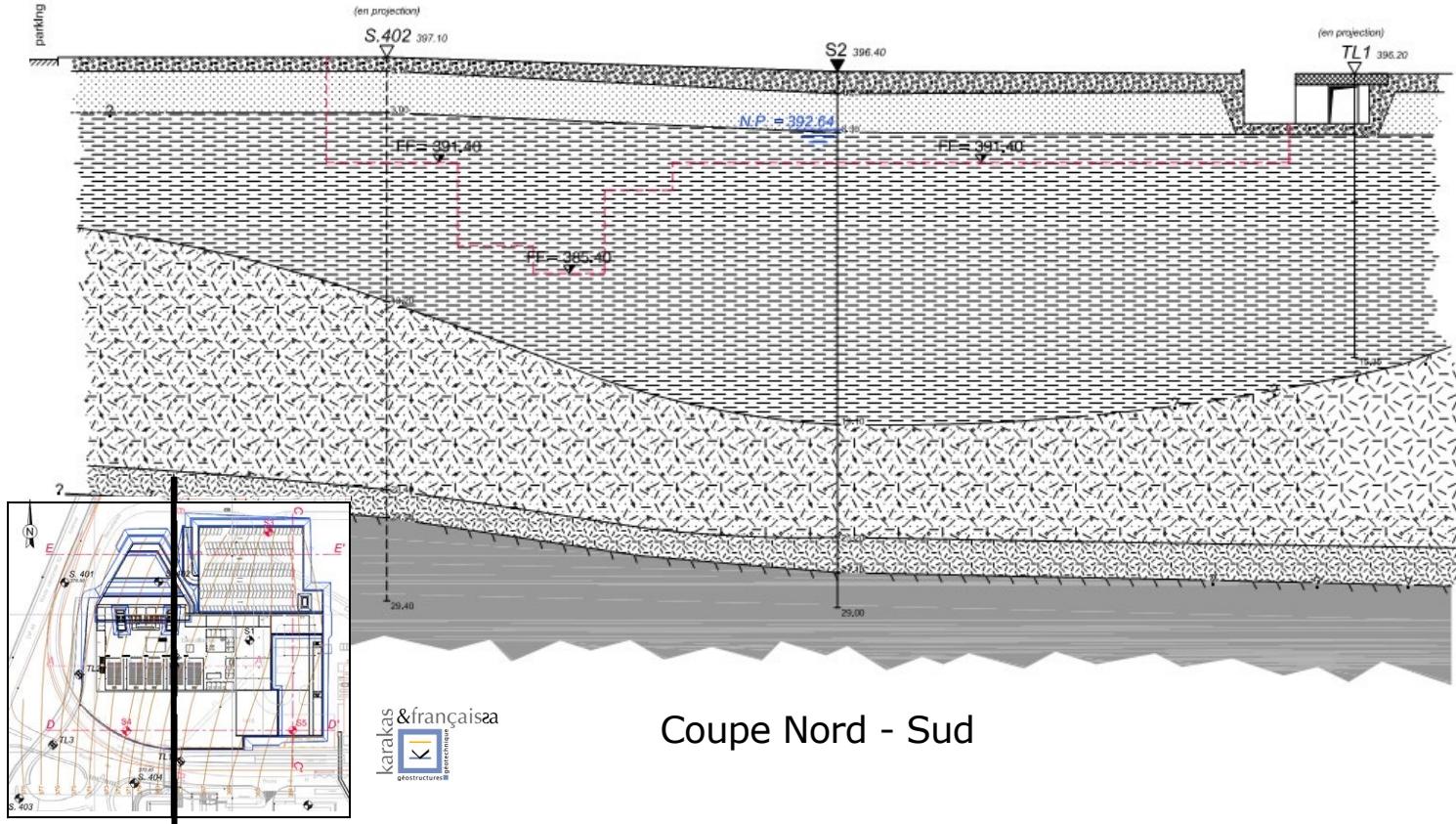
Sondages de reconnaissance



Coupe Ouest - Est

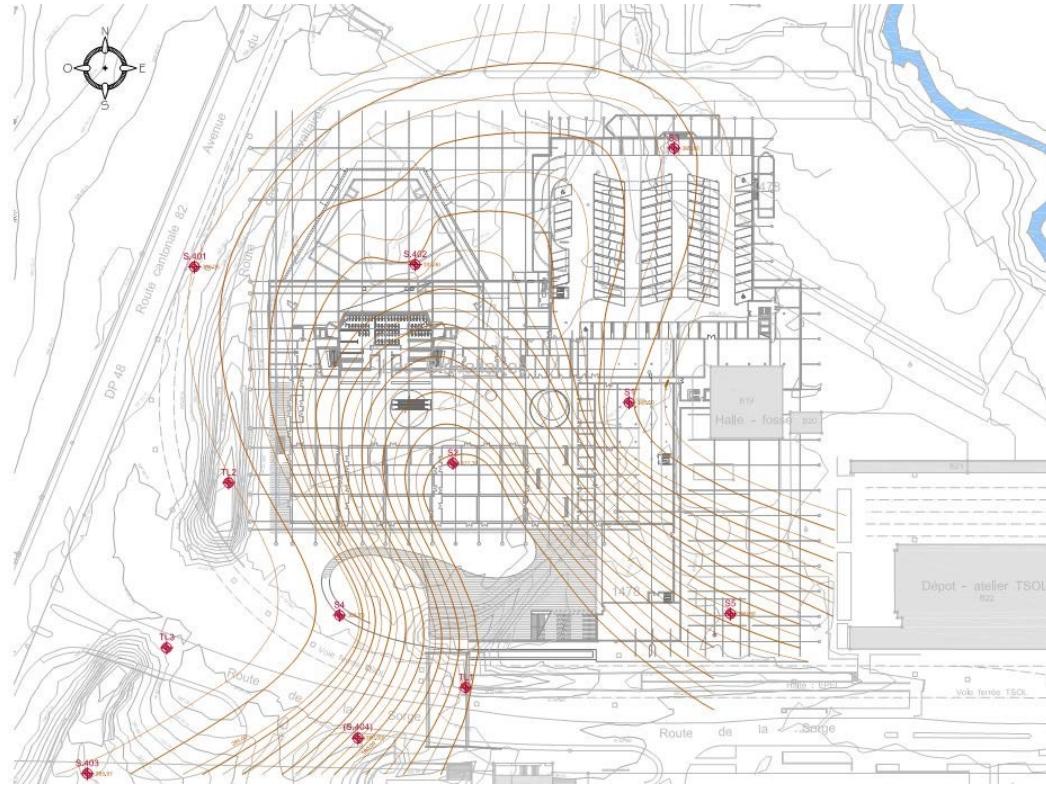


Sondages de reconnaissance



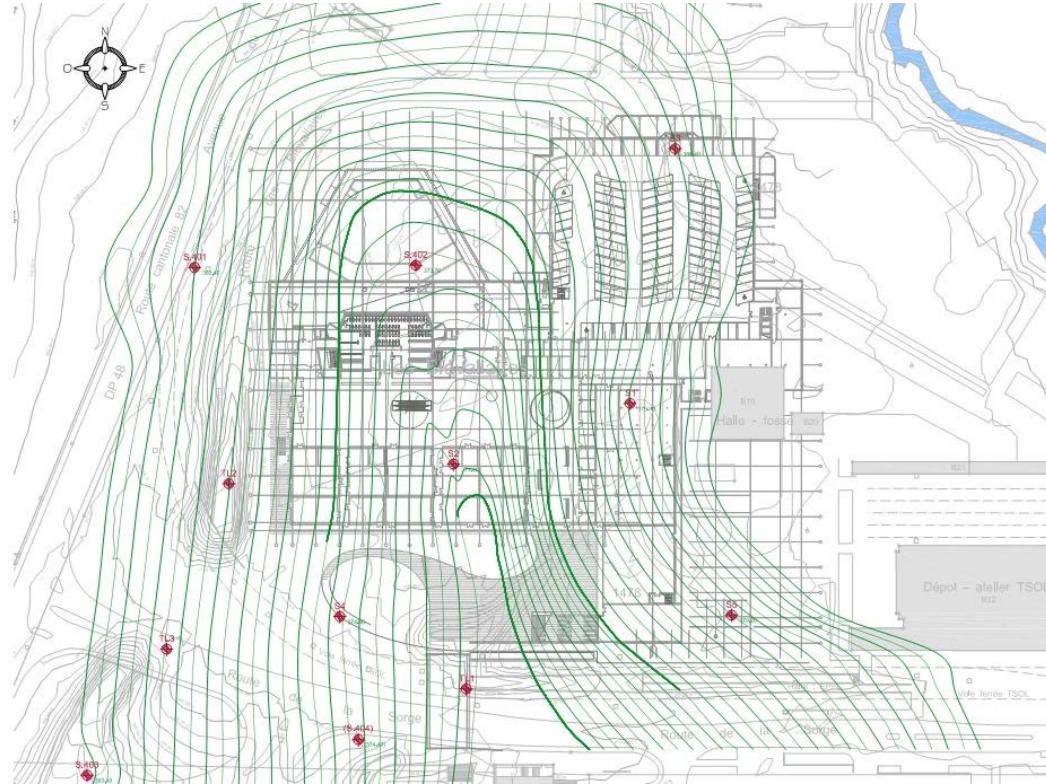
Campagne de reconnaissance

Toit de la moraine B



Campagne de reconnaissance

Toit de la moraine C



Campagne de reconnaissance

Toit de la molasse

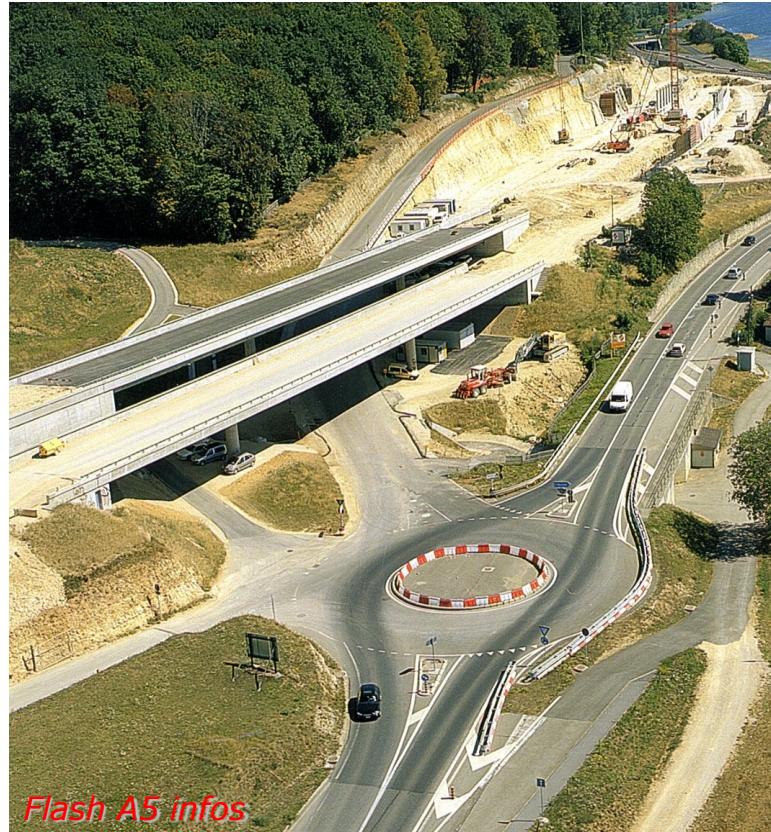
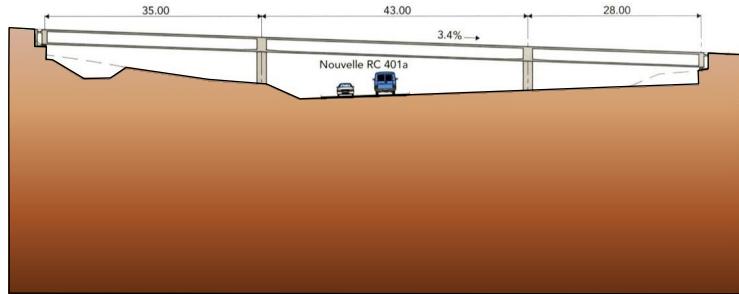


Généralités

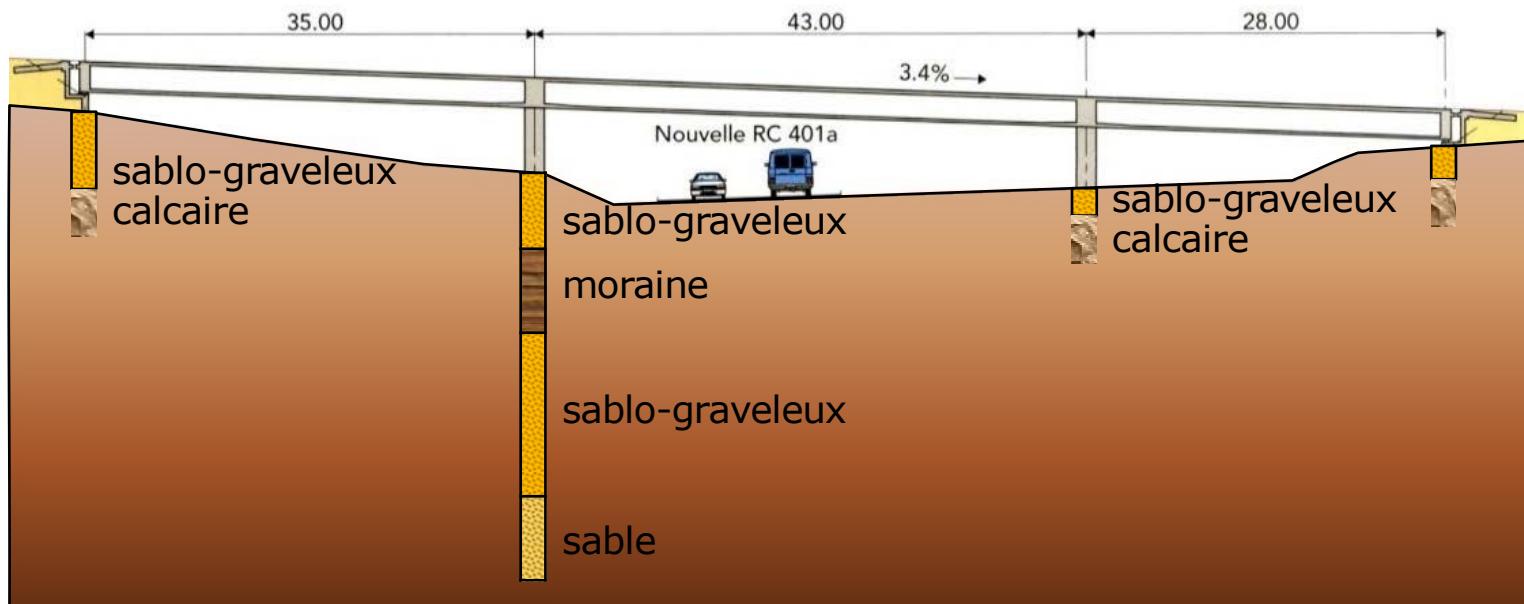
Illustrations

Ouvrages géotechniques

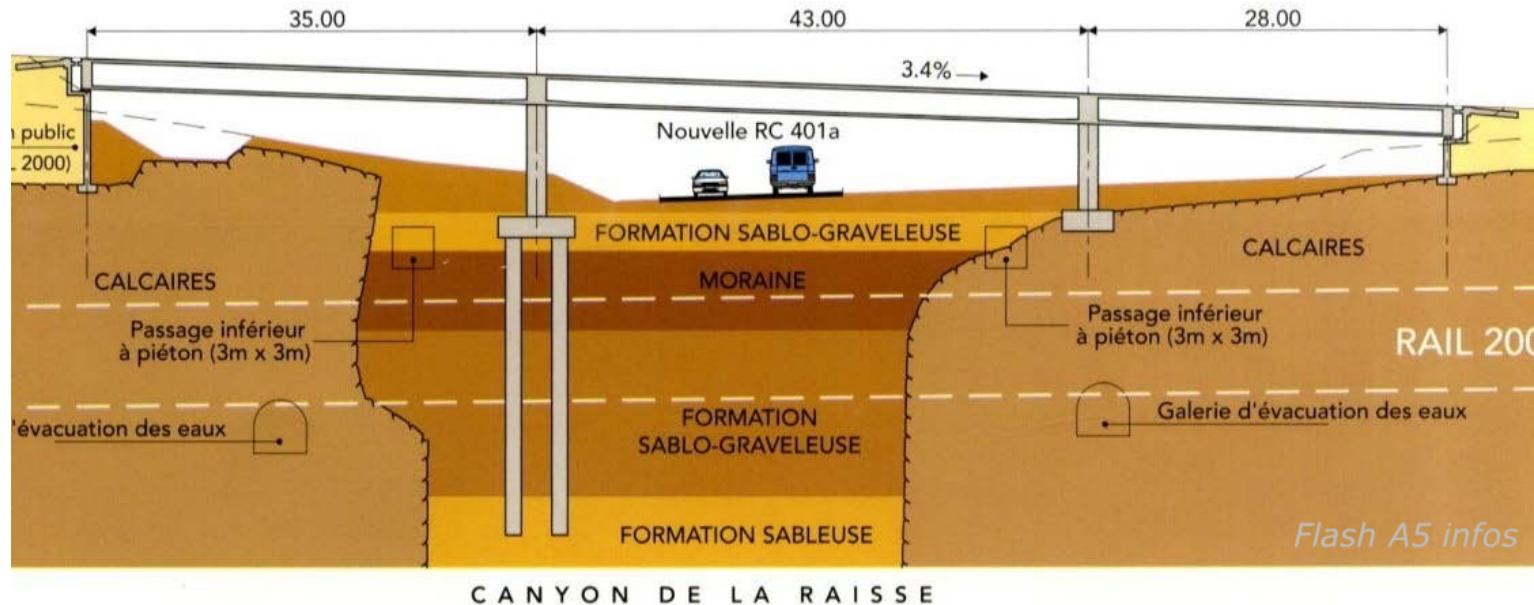
Ponts de la Raisse Autoroute A5 Yverdon - Neuchatel



Géologie ...



Géologie ...



Canyon de la Raisse:

anfractuosité rocheuse remplie de terrains meubles d'une largeur de 50 m et de plus de 50 m de profondeur