



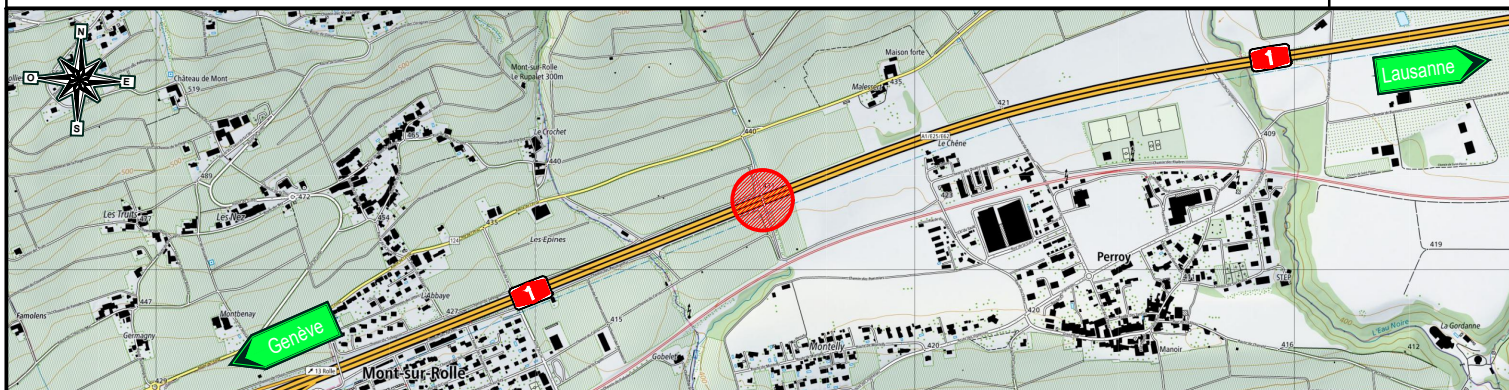
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement
des transports, de l'énergie et de la communication DETEC

Office fédéral des routes OFROU
filiale d'Estavayer-le-lac

Routes nationales N01 / Section n° 06

Pièce N°
15



Remplacement du passage supérieur PS Rc de Bougy

Tronçon d'entretien: U05
Objet / Lot: PS Rc de Bougy
Km. d'entretien: N01 46.686
SRB: N01 460+686
Désignation TDcost: N01.06 190053

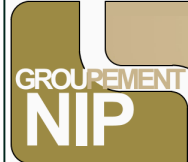
Canton : Vaud
Commune : Perroy

Projet définitif (AP)

01PS037 - PS RC de Bougy

m9. Protection des eaux souterraines

Selon ORN (RS 725.111)
Art. 12, Al. 1



Pilote IUB ENGINEERING SA
Membre 1 PERRET-GENTIL SA
Membre 2 SCHOPFER & NIGGLI SA

GIVISIEZ
YVERDON-LES-BAINS
LAUSANNE

Projet: Ant. Nyon-Etoy

F	1			1	9	0	0	5	3	
0	1							U	0	5
7	3		2		4	8	6	3	1	
D	A	P			0	0	1	5	/	-

Document établi par : Géotest SA

Rev.	Index 0	Index A	Index B	Index C	Index D	Doc. / Plan - N° (auteur)	201088000.0015
Date	08.09.2023					Objet inventorié - Numéro	22.01.06.486.31
Auteur	CS					Format	A4
Contrôlé	XM					Echelle	-
Direction de projet Office fédéral des routes OFROU Filiale Estavayer-le-lac Place de la Gare 7 1470 Estavayer-le-lac						Date de réception	
						Examiné / ingénieur expert	
						Validé / libéré par	

Rapport n° 2221117.1e

OFROU Office fédéral des routes, Estavayer-le-Lac

**Mesures anticipées N01 Nyon-Etoy,
OFROU
PS Rc de Bougy**

Rapport hydrogéologique - pièce m9

Le Mont-sur-Lausanne, le 8 septembre 2023

GEOTEST SA
EN BUDRON H11
CH-1052 LE MONT-SUR-
LAUSANNE
T +41 (0)21 731 09 20
F +41 (0)21 731 09 30
lausanne@geotest.ch
www.geotest.ch

Auteur(s)	Thème
Sacha Gaillet	Hydrogéologie, version 2221117.1
Claire Sauthier	Mise à jour du rapport, version 2221117.1a, b, c, d
Supervision	Contenu contrôlé
Loÿs Mesnier	Rapport complet
Xavier Marche	Rapport complet
Remarques	

GEOTEST SA


Xavier Marche


Claire Sauthier

Table des matières

1.	Introduction.....	4
1.1	Mandat.....	4
1.2	Projet	4
1.3	Documents.....	5
1.4	But de l'étude.....	5
2.	Contexte géologique	6
3.	Contexte hydrogéologique	10
4.	Projet.....	14
5.	Réduction de la capacité d'écoulement de l'aquifère	15
6.	Recommandations pour la protection des eaux souterraines.....	16
	Annexes.....	19

1. Introduction

1.1 Mandat

Maître de l'ouvrage	Office fédéral des routes OFROU Division Infrastructure routière Ouest Filiale Estavayer-le-Lac Gestion des projets Sud
Ingénieur civil :	Groupement NIP : - IUB Engineering SA - SCHOPFER & NIGGLI SA - PERRET-GENTIL + REY ASSOCIES SA
BAMO :	BAGE
Contrats / commandes :	201088000.01 daté du 28.01.2022

1.2 Projet

Désignation :	N01.06 180053 Ant. Nyon - Etoy
Objet / lot :	PS Route communale de Bougy
Tronçon :	U05
Km. d'entretien :	N01 46.686
SRB :	N01 460+686
Désignation TDcost :	N01.06 190053
Canton :	Vaud
Commune :	Perroy
Coordonnées :	2'516'600 / 1'147'184
Altitudes moyennes :	429.85 à 431.37 msm

1.3 Documents

- [1] Groupement NIP, IUB Engineering SA, Pièce n°6 du présent dossier de mise à l'enquête : « f. Dimensions principales des ouvrages d'art - PS Rc de Bougy ».
- [2] GADZ SA, N01 UPlaNs Gland - Etoy, Réfection du PS Rc de Bougy, Sondages et étude géotechnique, Rapport 8461/3, daté du 25 janvier 2021
- [3] GADZ SA, Mesures piézométriques, résultats au 18 mai 2021, transmis par mail à GEOTEST SA le 16 mars 2022
- [4] Atlas géologique de la Suisse, feuille 1242 « Morges » et sa notice explicative. Office fédéral des eaux et de la géologie, 1994, Swisstopo
- [5] Guichet cartographique du Canton de Vaud, geo.vd.ch
- [6] Ordonnance fédérale du 28 octobre 1998 sur la protection des eaux (OEaux)
- [7] Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines. L'environnement pratique. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne, 2004. 141 p
- [8] Directive pour la valorisation des déchets de chantier minéraux. L'environnement pratique n°3106. Office fédéral de l'environnement, Berne, 2006. 34 p
- [9] Norme SIA 431:2022, Evacuation et traitement des eaux de chantier.
- [10] Directive cantonale DCPE 872, Gestion des eaux et des déchets de chantier, Septembre 2008

1.4 But de l'étude

Le présent rapport fournit le contexte géologique et hydrogéologique du site du passage supérieur de la route communale de Bougy ainsi que les recommandations pour la protection des eaux souterraines.

2. Contexte géologique

Selon l'Atlas géologique de la Suisse (feuille 1242 Morges), le sous-sol au droit du passage supérieur de la route communale (RC) de Bougy est composé par la moraine rhodanienne indifférenciée et plus particulièrement par de la moraine de fond, composée de limons plus ou moins argileux, sableux et graveleux. Ces dépôts morainiques surmontent un substratum molassique du Chattien (Molasse d'eau douce inférieure), composé principalement d'alternances de marnes et de grès et localement de poudingue. Un dépôt torrentiel, formant un cône de déjection en lien avec le cours d'eau de La Gaillarde, composé principalement de pierres, graviers et sables dans une matrice limono-argileuse, est situé à environ 45 m en amont du passage supérieur. Cette formation repose sur les dépôts morainiques.

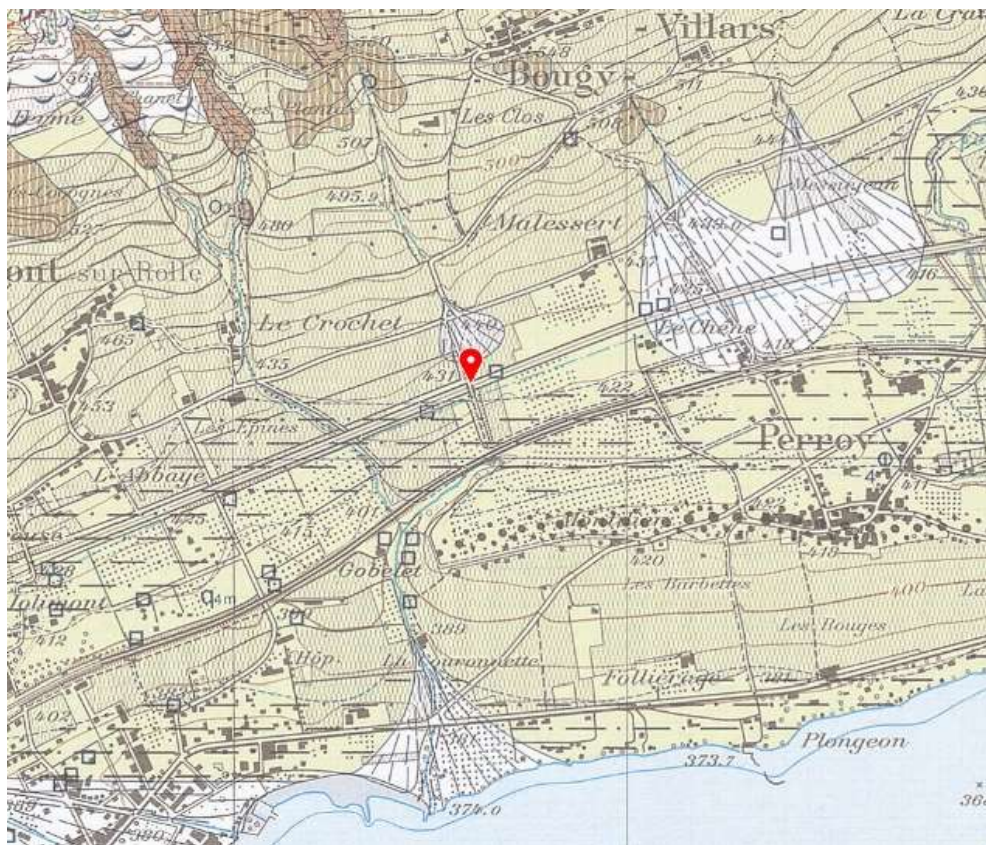


Figure 1 : Extrait de l'Atlas géologique de la Suisse, feuille 1261 Nyon au droit du passage supérieur du chemin de la route communale de Bougy (point rouge), avec essentiellement q_{4m} dépôts morainiques rhodaniens (moraine de fond principalement), dépôts torrentiels en cône, tiré du guichet cartographique de la Confédération suisse (map.geo.admin.ch)

Le cadastre géologique cantonal recense trois forages, de part et d'autre du passage supérieur de la route communale de Bougy. Leur profondeur est comprise entre 3.2 et 5.8 m de profondeur.

Ces trois sondages mettent en évidence les terrains suivants :

- Terre végétale, localement brune, d'une épaisseur comprise entre 0.2 et 0.6 m ;
- Dépôts de déjection (cône) et/ou coulées, composés d'alternances d'argile à veines sableuses, de limon sableux et/ou graveleux et d'argile. Formation riche en débris molassiques et en déchets de végétaux. Son épaisseur est indéterminée, mais est d'au moins 3 m à l'est du passage supérieur et d'au moins 5 m à l'ouest du passage supérieur.

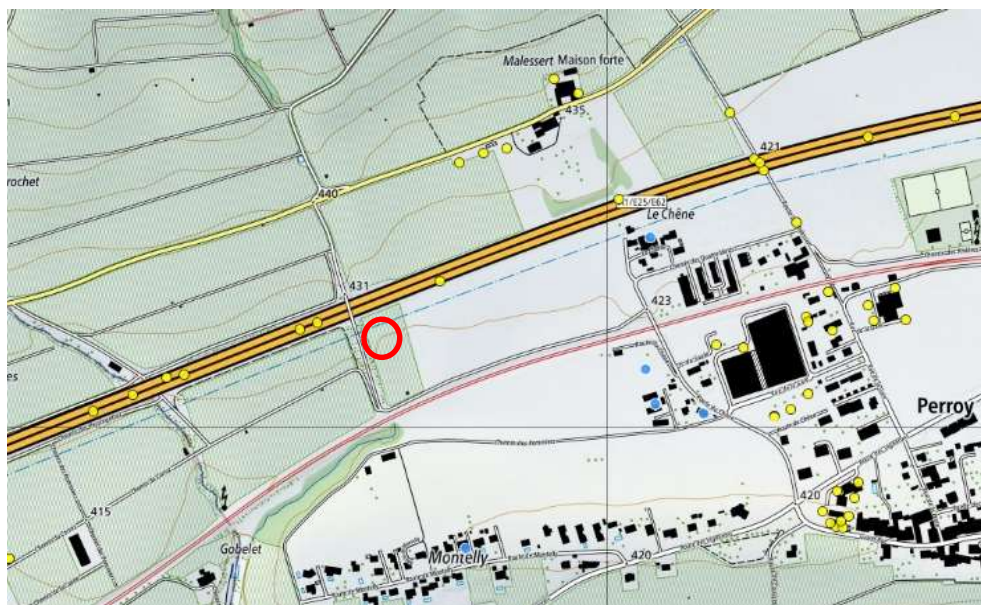


Figure 2 : Extrait du cadastre géologique vaudois au droit du passage supérieur de la route communale de Bougy (points jaunes et bleus : sondages géologiques, cercle rouge : passage supérieur de la route communale de Bougy), tiré du guichet cartographique cantonal du Canton de Vaud (www.geo.vd.ch)

Les deux sondages réalisés au droit du projet du passage supérieur de la route communale de Bougy pour l'étude géotechnique mettent en évidence les terrains suivants :

Côté Jura :

- Terre végétale, avec des cailloux, d'une épaisseur de 0.1 m.

- Remblais hétérogènes (R), d'une épaisseur de 6.6 m (entre 0.1 et 6.7 m de profondeur), composés en surface, sur 1.9 m d'épaisseur (entre 0.1 et 2.0 m de profondeur), de limon argileux à cailloux et rares blocs, puis de 1.5 m d'épaisseur (entre 2.0 et 3.5 m de profondeur) de limon sableux peu argileux avec des cailloux et quelques blocs. Dès 3.5 m de profondeur est présent un limon argileux à cailloux sur une épaisseur de 2.5 m (entre 3.5 et 6.0 m de profondeur). La base de ces remblais est formée par un gravier dans une matrice sableuse et peu limoneuse de 0.7 m d'épaisseur (entre 6.0 et 6.7 m de profondeur).
- Colluvions (C), d'une épaisseur de 1.2 m (entre 6.7 et 7.9 m de profondeur), composés de limon argileux très peu graveleux, ferme à dur comprenant une passe de cailloux entre 6.7 et 7.2 m de profondeur.
- Moraine de fond (Mf), située entre 7.9 et au moins 15.4 m de profondeur, composée en surface de limon argileux avec des cailloux, ferme à dur, sur une épaisseur de 1.5 m (*phase limono-argileuse altérée MF d3*), puis de moraine de même composition, mais de consistance très dure sur une épaisseur de 1.6 m (entre 9.4 et 11.0 m de profondeur), correspondant à une *phase limono-argileuse consolidée (Mf d1)*. Le fond de ce sondage est constitué d'une moraine de fond, composée de limon sableux peu argileux avec des cailloux, de consistance très dure. L'épaisseur de cette moraine de fond est d'au moins 4.4 m (entre 11.0 et au moins 15.40 m de profondeur (*phase limoneuse consolidée Mf c1*)).

Côté lac :

- Terre végétale, avec des cailloux, d'une épaisseur de 0.2 m.
- Remblais hétérogènes (R), d'une épaisseur de 8.8 m (entre 0.2 et 9.0 m de profondeur), composés en surface, sur 0.6 m d'épaisseur (entre 0.2 et 0.8 m de profondeur), de gravier dans une matrice limono-argileuse, puis de 1.60 m d'épaisseur (entre 0.8 et 2.4 m de profondeur) d'argile limoneuse avec quelques cailloux, de consistance tendre à très dure. Dès 2.4 m de profondeur est présent un limon sableux à cailloux et blocs sur une épaisseur de 0.9 m reposant sur des graviers dans une matrice sablo-limoneuse d'une épaisseur de 2.2 m (entre 3.3 et 5.5 m de profondeur). La base de ces remblais est formée par un limon argileux à cailloux de 3.5 m d'épaisseur (entre 5.5 et 9.0 m de profondeur).
- Moraine de fond (Mf), située entre 9.0 et au moins 15.5 m de profondeur, composée de limons très argileux à cailloux, de consistance dure à très dure (*phase argileuse consolidée Mf e1*). Entre 9.0 et 9.6 m de profondeur, ce dépôt morainique présente un niveau altéré avec des traces d'oxydation et

des cailloux épuisés, mais est caractérisé par une composition similaire à celle décrite précédemment (*phase argileuse altérée Mf d3*).

A noter que le passage supérieur de la route communale de Bougy est affecté par un danger d'inondation par les crues de degré moyen (bleu) de classe de classe 3. L'intensité des inondations potentielles est donc jugée faible (hauteur de crue inférieure à 0.5 m ou vitesse d'écoulement inférieure à 0.5 m²/s) et leur temps de retour est jugé faible (temps de retour inférieur à 30 ans).



Figure 3 : Extrait de la carte des dangers d'inondation par les crues au droit du passage supérieur de la route communale de Bougy (cercle rouge), tiré du guichet cartographique cantonal du Canton de Vaud (www.geo.vd.ch)

3. Contexte hydrogéologique

Le passage supérieur de la route communale de Bougy est situé en secteur üB et à moins de 15 m en amont d'un secteur Au de protection des eaux souterraines. Du fait de la proximité directe d'un secteur de protection Au, en aval de ce passage supérieur, nous recommandons que les constructions et installations soient construites au-dessus du niveau piézométrique moyen des nappes d'eau souterraine, comme pour les projets en zone Au. Nous recommandons donc que la réalisation de ce nouveau passage supérieur garantisse que la capacité d'écoulement naturelle des aquifères ne soit pas réduite de plus de 10 % (annexe 4, ch. 211, al. 2, OEaux), bien que légalement cette condition ne devrait pas être imposée par les autorités compétentes en matière de protections des eaux souterraines.



Figure 4 : Extrait des secteurs de protections des eaux souterraines à proximité du passage supérieur de la route communale de Bougy, en rose secteur üB, en rouge secteur Au, cercle rouge : passage supérieur de la route communale de Bougy, tiré du guichet cartographique cantonal du Canton de Vaud (www.geo.vd.ch)

Aucun site pollué n'est recensé au droit du passage supérieur. Deux sites pollués ne nécessitant ni de surveillance ni d'assainissement sont répertoriés à plus de 700 m à l'aval de part et d'autre du passage supérieur.

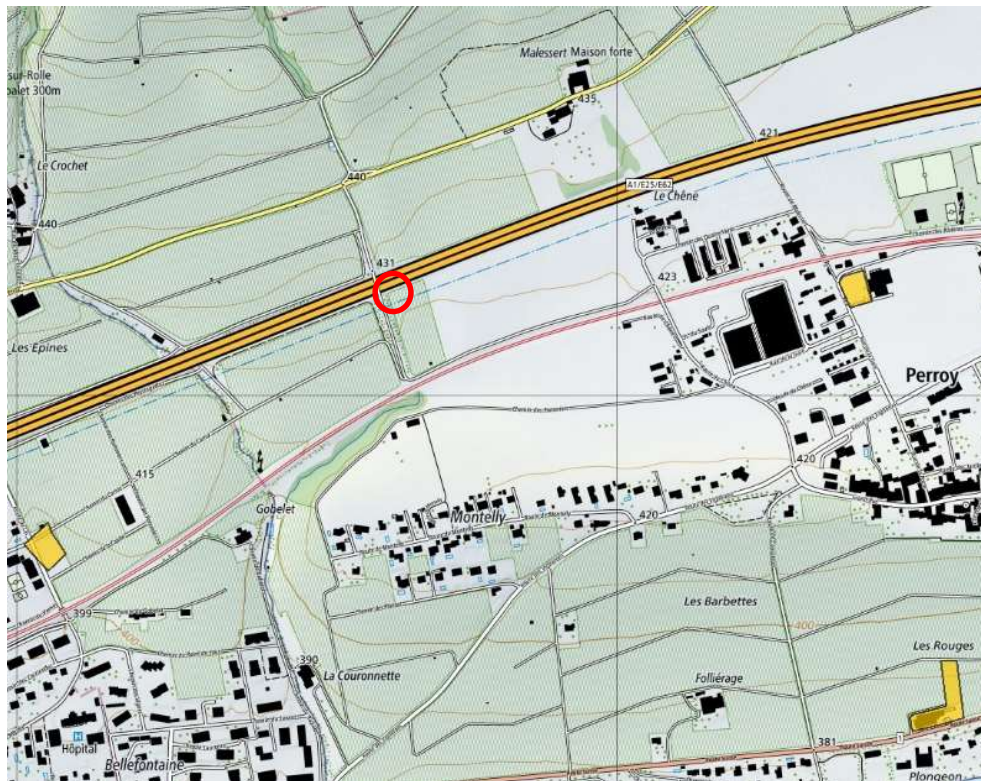


Figure 5 : Extrait du cadastre cantonal des sites pollués à proximité du passage supérieur de la route communale de Bougy, en orange site pollué ne nécessitant ni surveillance, ni assainissement, cercle rouge : passage supérieur de la route communale de Bougy, tiré du guichet cartographique cantonal du Canton de Vaud (www.geo.vd.ch)

L'Atlas géologique de la Suisse, feuille 1242 Morges met en évidence la présence de 2 captages (sources captées), respectivement à 65 m à l'est du passage supérieur et à 150 m à l'ouest du passage supérieur.

Le cadastre cantonal des sources confirme la présence des deux sources captées, de part et d'autre du passage supérieur, recensées dans l'Atlas géologique de la Suisse (feuille 1242 Morges).

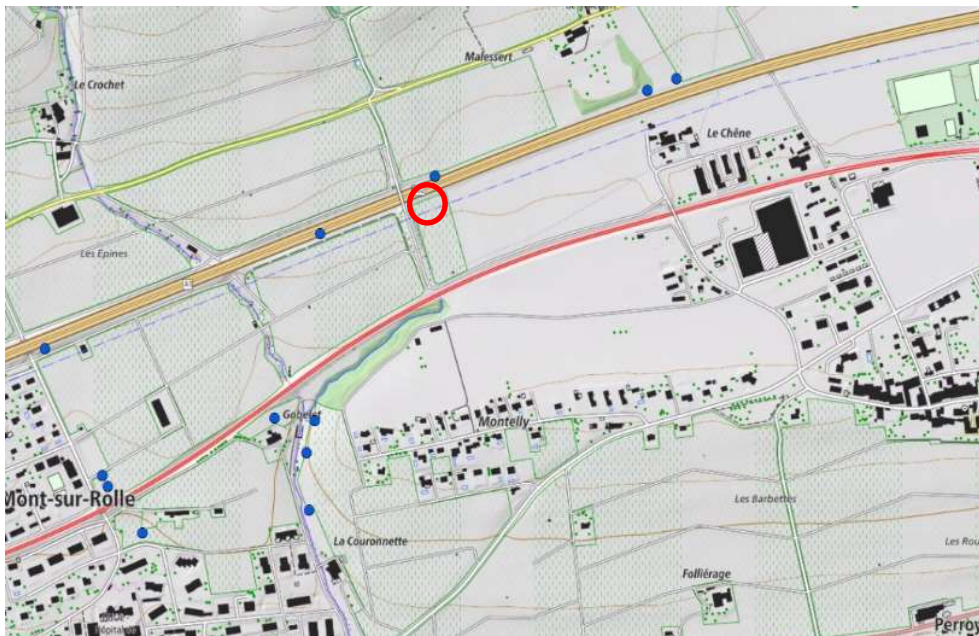


Figure 6 : Extrait du cadastre cantonal des sources du canton de Vaud à proximité du passage supérieur de la route communale de Bougy, points bleus : sources, puits, captages, cercle rouge : passage supérieur de la route communale de Bougy

Le captage situé à environ 65 m l'est du passage supérieur du côté amont de l'autoroute, correspond au captage des Renaudes (516/147-1). Il alimente trois fontaines privées. Leurs propriétaires sont d'ailleurs tous alimentés par l'eau de la commune. Le type de ce captage est inconnu. L'eau est sans doute prise dans des dépôts morainiques présents dans les vignes au-dessus de l'autoroute. D'après l'OFROU, il y aurait un tuyau en grès sis 44 m au-dessus de l'AR et à 38 m de profondeur. Son bassin d'alimentation est situé dans des terrains viticoles en forte pente. Actuellement, il semblerait que le regard est couvert sous terre et est donc inaccessible à cet emplacement. Bien que cette source ne semblerait jamais tarir, celle-ci aurait tari lors des années sèches (1962 et 1964), selon les dires du Syndic de l'époque. Ce captage doit donc être jaugé aux 3 fontaines. Aucune zone de protection n'est liée à ce captage qui aurait été relevé lors de la création de l'autoroute. L'ancien sac de ce captage serait situé au droit du bord nord de l'autoroute.

Le captage situé à environ 150 m l'ouest du passage supérieur du côté aval de l'autoroute, correspond au captage du Creux de l'Oye (516/147-21). Il alimente une fontaine privée qui se situe actuellement sous l'autoroute. Cette source a donc été abandonnée le 27.05.1967. Son bassin d'alimentation est situé dans des terrains viticoles en forte pente. Cette source était probablement superficielle, mais son

origine précise reste inconnue. Son débit était a priori très faible au moment de la création de l'autoroute. Aucune zone de protection n'est liée à ce captage qui a été abandonné lors de la création de l'autoroute.

Les trois sondages du cadastre géologique cantonal situés à proximité direct du passage supérieur de la route communale de Bougy n'ont pas mis en évidence de venues d'eau, d'infiltration, de pertes d'eau jusqu'à 5.8 m de profondeur. Aucun aquifère n'a été intercepté par ces forages.

Le sondage réalisé côté Jura dans le cadre de l'étude géotechnique du passage supérieur de la route communale de Bougy met en évidence des venues d'eau à 12.00 et à 12.30 m de profondeur par rapport au terrain naturel, au sein d'horizons plus graveleux et/ou sableux de la moraine de fond. Les mesures piézométriques réalisées entre octobre 2020 et mai 2021 indiquent un aquifère dans le toit fluctue entre 419.33 msm (15.10.2020) et 423.75 msm (29.01.2021), soit entre 12.37 et 7.95 m en dessous du terrain naturel. Son battement est donc de 4.42 m.

Le sondage réalisé côté lac dans le cadre de l'étude géotechnique de ce passage supérieur met en évidence une perte d'eau à 11.20 m de profondeur par rapport au terrain naturel au sein d'une passe plus sableuse et graveleuse de la moraine de fond. Les mesures piézométriques réalisées entre octobre 2020 et mai 2021 indiquent un aquifère dans le toit fluctue entre 418.12 msm (29.04.2021) et 420.35 msm (29.1.2021), soit entre 9.90 et 7.67 m en dessous du terrain naturel. Son battement est donc de 2.23 m.

Les deux forages situés de part et d'autre de ce passage supérieur ont mis en évidence des venues d'eau, entre 11 et 12 m de profondeur, au sein d'horizons plus sableux ou graveleux et donc plus perméables de la moraine de fond. Bien que la moraine soit jugée d'une manière générale peu perméable, un niveau d'eau s'est établi dans les tubes piézométriques installés dans ces deux sondages. Il s'agit a priori d'un remplissage du tube piézométrique par des infiltrations (très faibles venues d'eau) à la faveur de zones plus perméables au sein de cette moraine de fond. On en peut donc parler de nappe phréatique sensu stricto. La direction des écoulements est a priori conforme à la topographie et s'écoule depuis le nord en direction du sud et du lac. La vitesse de ces écoulements est jugée faible, car des matériaux fins caractérisent la moraine de fond, même au droit d'horizons plus grossiers (graveleux ou sableux).

4. Projet

Le présent chapitre fournit quelques caractéristiques du projet et apportent des éléments en vue d'une pesée d'intérêt pour la réalisation d'éléments d'ouvrage sous le niveau moyen de la nappe phréatique en secteur Au de protection des eaux souterraines.

Le nouveau passage supérieur est constitué d'un pont d'une portée de 38 m. Les culées ont une largeur de 3.4 m et une longueur de 7.2 m. Chacune repose sur deux rangées parallèles de trois pieux de diamètre 900 mm.

La réalisation d'un pont cadre de grande portée de type pont intégral avec encastrement du tablier de l'ouvrage dans les blocs de culée nécessite la planification de culées très rigides pour assurer la maîtrise des déformations de l'ouvrage. La portée importante du tablier implique nécessairement un blocage très rigide des fondations. Une fondation sur des pieux est donc statiquement la plus adaptée.

Les conditions géotechniques du site sont également hétérogènes. L'ouvrage est fondé sur une couche de moraine altérée (*Mf d3*) d'épaisseur différente de part et d'autre de l'autoroute. Pour limiter les tassements différentiels et contribuer à garantir la stabilité de l'ouvrage, il est justifié de le fonder par le biais de pieux.

En cas de non-octroi de la dérogation par les autorités compétentes pour permettre la réalisation de pieux sous le niveau de la nappe en secteur Au de protection des eaux, les encastresments rigides au niveau des culées seraient compromis. Des solutions complexes devraient être mises en œuvre pour limiter le risque de dégâts à l'ouvrage et limiter les risques de déformation excessive du pont, suite à d'éventuels tassements des fondations superficielles. Les fondations superficielles devraient être revues et agrandies de manière conséquente sur les surfaces agricoles alentour, sans toutefois qu'un comportement adéquat de l'ouvrage puisse être garanti avec certitude. Dans ce scénario, le projet comporterait des risques financiers et sécuritaires importants, qui ne pourraient être totalement éliminés.

Comme démontré au chapitre qui suit, la réduction de l'écoulement de la nappe est largement inférieure au seuil de 10 % pour envisager une dérogation à l'annexe 4, chiffre 211, alinéa 2 OEaux.

5. Réduction de la capacité d'écoulement de l'aquifère

L'écoulement des eaux souterraines se fait en direction du Lac, soit parallèlement à l'ouvrage.

La base de la culée pourrait se situer sous le niveau piézométrique maximal mesuré à ce jour. L'entrave de à l'ouvrage est donc environ équivalente à la longueur de la culée, soit 7.20 m.

Le passage supérieur se situe sur le bien-fonds 968. Il a une largeur d'environ 58 m et une longueur approximative de 780 m perpendiculairement à l'ouvrage.

La réduction de la capacité d'écoulement est égale à la largeur de l'entrave (7.2 m) rapportée sur la longueur du bien-fonds (780 m). Elle est donc de l'ordre de 0.9 %, soit inférieure aux 10 % mentionnés dans l'ordonnance sur la protection des eaux (OEaux). Une dérogation à l'annexe 4, chiffre 211, alinéa 2 OEaux peut ainsi être envisagée sans besoin de réalisation de mesures de rétablissement de l'écoulement de la nappe. Malgré cette dérogation, des mesures particulières seront nécessaires afin de réduire l'impact du chantier et du futur passage supérieur sur les eaux souterraines.

6. Recommandations pour la protection des eaux souterraines

Le projet se situe en secteur üB, mais en amont direct d'un secteur Au de protection des eaux souterraines. Une source privée alimentant 3 fontaines est recensée à proximité directe et en amont hydrogéologique du chantier.

Avant le démarrage des travaux, les points suivants sont à prendre en considération :

- Un protocole des mesures de protection des eaux souterraines sera établi par un hydrogéologue. Celui-ci reprendra l'ensemble des mesures à prendre en considération lors des travaux, le dispositif de surveillance ainsi que le dispositif d'alarme en cas d'imprévu ou d'accident.
- Les travaux se dérouleront sous surveillance d'un bureau d'études spécialisé en hydrogéologie. La surveillance comprend : un contrôle régulier du chantier et du respect des mesures à mettre en place pour la protection des eaux souterraines.
- La DGE-Eau statuera sur la nécessité de mettre en place des mesures de suivi complémentaires comme une surveillance quantitative et qualitative des captages privés situés à proximité du chantier.

Pour la phase de chantier, nous recommandons les mesures suivantes :

Déroulement des travaux

- Les entreprises mandatées pour les travaux ainsi que les équipes de chantier seront dûment informées de la vulnérabilité du site du point de vue de la protection des eaux souterraines au démarrage du chantier. Elles prendront toutes les mesures utiles de stockage et de sécurisation des liquides pouvant polluer les eaux, en particulier par des hydrocarbures, afin d'éviter toute pollution accidentelle.
- Les travaux pour l'exécution des fondations seront, dans la mesure du possible, réalisés en période de basses eaux

Installation du chantier

- L'installation du chantier doit être placée en secteur üB de protection des eaux souterraines. La proximité d'un secteur Au ainsi que des sources incitent à prendre des mesures pour garantir la protection des eaux souterraines.
- Tout polluant potentiel doit être stocké de manière sécurisée et tout véhicule devra être stationné sur une surface parfaitement étanche en zone üB

- Les contenants d'huiles et de produits chimiques (hydrocarbure, adjuvants pour béton, etc.) doivent être stockés sur une surface sécurisée (bâche ou bac étanche).
- Du produit absorbant tous les types de liquides doit être disponible en permanence à proximité des zones d'activités du chantier, pour parer à toute pollution accidentelle.

Véhicules et engins de chantier

- Ils seront stationnés en zone ùB , durant la nuit et le week-end, ou sur des places sécurisées (revêtues ou bacs de rétention sous les machines).
- Les machines et véhicules de chantier seront inspectés régulièrement afin de prévenir des fuites. Ils devront être maintenus dans un état qui assure raisonnablement qu'ils ne produisent pas de perte de carburant ou de lubrifiant.
- L'utilisation de lubrifiant biodégradable est imposée dans les circuits hydrauliques (ceci ne dispense pas des mesures contre les fuites d'huile).
- L'entretien des machines et des véhicules sera réalisé uniquement sur des places étanches possédant un système de récolte et de traitement des eaux par décantation et séparation des hydrocarbures.
- Le ravitaillement ne sera réalisé qu'avec des camions-citernes. Un bac de rétention sera ainsi utilisé, et du produit absorbant devra être directement accessible en cas de déversement accidentel au sol.
- Aucune citerne de chantier ne sera entreposée en amont topographique et hydrogéologique direct des captages privés. Le carburant sera stocké en zone ùB dans des citernes spécialement conçues pour les chantiers, révisées et homologuées tous les 5 ans et pouvant assurer la rétention de 100 % du volume utile.
- Le stockage d'hydrocarbure doit être sécurisé (bac étanche). Le remplissage des réservoirs doit être effectué au-dessus d'une surface sécurisée (bac étanche).

Evacuation des eaux de chantier et autres travaux

- La norme SIA 431 et la directive cantonale DCPE 872 concernant la gestion et le traitement des eaux de chantier seront respectées.
- Les eaux de chantier polluées ne seront en aucun cas infiltrées dans le sous-sol. Un système de traitement adéquat de ces eaux sera mis en place et contrôlé sur le chantier. En fonction des opérations, des places sécurisées seront mises en œuvre.

- Une surveillance des travaux de terrassement pour le démontage des fondations existantes (contrôle et validation du modèle) est préconisée. Une évacuation des eaux en fond de fouille (si rencontrée) au moyen de puisard est recommandée.
- L'utilisation de chaux et ciment est autorisée sur le chantier, mais requière des contrôles lors de l'injection afin d'éviter toute infiltration de lait de ciment dans le sol. Une surveillance de la bonne exécution des fondations profondes afin de garantir toute perte de béton est donc préconisée.
- Une attention particulière sera portée aux travaux de remblayage : matériaux sains, respect de l'agencement des couches et du pendage de celles-ci pour éviter toute infiltration préférentielle d'eau ou de drainage de surface.
- Les matériaux recyclés liés non bitumeux (p. ex. béton recyclé) sont admissibles. Les autres types de matériaux de construction recyclés seront mis œuvre 2 m au-dessus du niveau maximal des eaux souterraines. Il n'y a pas de limitation de volume pour une grave de recyclage P comprenant au moins 95 % de grave. En revanche, elle ne doit pas dépasser 2 m en cas de recours à un granulat de béton comprenant au moins 95 % de grave issue du concassage et de béton de démolition.
- Pour le remblayage des fouilles, les matériaux recyclés seront également mis en place 2 m au-dessus du niveau maximal des eaux souterraines. Hormis pour une grave P (comprenant au moins 95 % de grave), ils seront recouverts par un revêtement étanche.
- L'enrobé bitumineux de l'ouvrage existant sera fraisé ou dégrappé, et évacué directement.

Accident

- En cas d'accident, les services de l'environnement seront immédiatement informés.
- La situation sera résolue selon leurs instructions.

Annexes

1. GADZ SA, N01 UPlaNs Gland - Etoy, Réfection du PS Rc de Bougy, Sondages et étude géotechnique, Rapport 8461/3, daté du 25 janvier 2021
2. GADZ SA, Mesures piézométriques, résultats au 18 mai 2021, transmis par mail à GEOTEST SA le 16 mars 2022

OFROU

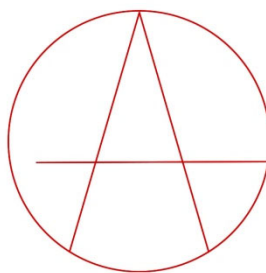
**UPLANS GLAND-ETOY, REFECTION DES PS
PS RC DE BOUGY**

SONDAGES ET ETUDE GEOTECHNIQUE

8461/3

Genève, le 25 janvier 2021/IM/MF/DMi/GC/cb

Dossier 8461.1geo



GADZ SA

GEOTECHNIQUE & ENVIRONNEMENT

Bureau et laboratoire : 9, chemin des Vignes
CH 1213 Petit-Lancy / Genève
Tél : 022.792.03.00
Fax : 022.792.44.04
e-mail : gadz@gadz.ch

Agence Le Mont : Route du Grand-Mont 22
CH 1052 Le Mont/Lausanne
Tél : 021.653.47.78
Fax : 021.653.47.70
e-mail : gadzmont@gadz.ch

INTRODUCTION

Dans le cadre de travaux anticipés sur l'autoroute A1 entre le km 39.000 et le km 51.050, des réfections de passages supérieurs sont envisagées pour des ouvrages classés en état "dégradé 4" et qui doivent être remplacés d'ici 2025, dont celui de la route communale de Bougy.

Notre bureau a été mandaté pour réaliser l'étude géologique, géotechnique et hydrologique des terrains de fondation de l'ouvrage futur qui prendra en compte un éventuel élargissement de la chaussée.

Cette étude, qui fait l'objet du présent rapport, avait pour but de déterminer :

- la nature et la répartition des assises lithologiques ;
- les caractéristiques géotechniques de celles-ci ;
- les conditions hydrologiques locales ;
- des indications générales quant aux modes de fondation du nouvel ouvrage d'art ;

A cet effet, nous avons fait effectuer :

- 2 sondages tubés de 15.4 m et 15.5 m de profondeur ;
- 9 essais de battage au pénétromètre dynamique standard (SPT) effectués à l'avancement dans les sondages afin de déterminer la compacité en place des terrains ;
- le prélèvement d'échantillons carottés tous les deux mètres dans les sondages en vue d'identification en laboratoire et sur 2 desquels des essais géotechniques complémentaires ont été effectués ;
- la mise en place de 2 piézomètres pour déterminer le niveau de la nappe phréatique et en surveiller le comportement.

GEOLOGIE - STRATIGRAPHIE

L'autoroute A1 se situe sur un secteur en pente douce (environ 6 - 8 %) et régulière entre lac et piedmont du Jura.

Des remblais ont été réalisés de part et d'autre du PS pour permettre à la route de Bougy de franchir l'autoroute.

Les sondages ont été réalisés depuis le haut de voies d'accès, 11 à 25 mètres en arrière des culées de l'ouvrage existant.

Sous ces remblais lâches à moyennement compacts, on trouve, vers 8 à 9 mètres de profondeur, une moraine de fond, argileuse côté lac, limono-argileuse à limoneuse côté Jura, dure, compacte à très compacte.

Elle est surmontée, côté Jura d'une frange de moraine oxydée, tendre à ferme, de moindre compacité, et de colluvions limono-argileux brun-beige moucheté ocre, ferme.

Côté Lac, les remblais récents reposent directement sur la moraine de fond.

Le toit de la moraine s'abaisse en direction du lac conformément à la topographie, avec une pente sensiblement équivalente.

Les différentes couches mentionnées ci-dessus sont décrites en détail dans les levés des sondages en annexe. Ils sont complétés par un profil géotechnique interprétatif.

Signalons ici que les levés stratigraphiques des forages les plus proches de l'ouvrage réalisés en mai 1959 qui attribuent les terrains découverts à des alluvions en cône sont totalement différents des sondages alentours.

Dans ces derniers, des dépôts similaires sont classés dans des moraines de fond remaniées ou altérées.

HYDROLOGIE

Des venues d'eau ont été observées lors des forages au sein de la moraine de fond, entre 11 et 12 m de profondeur.

Deux piézomètres ont été posés et font l'objet d'un suivi ponctuel.

Les mesures effectuées à ce jour sont synthétisées dans le tableau ci-après :

Date	F5	F6
15.10.20	418.70	419.33
20.11.20	418.87	422.25
07.12.20	418.92	422.35

Bien que la moraine soit globalement peu perméable, un niveau d'eau s'établit. Il est probable qu'il s'agisse du remplissage du tube piézométrique par les infiltrations à la faveur des zones le plus perméables de la moraine, sans que l'on soit à proprement parler au sein d'une nappe sensu stricto.

L'ouvrage se situe en secteur üB de protection des eaux souterraines. Des fondations profondes en béton y sont possibles, sans autorisations particulières au sens de l'article 32 OEaux, et pour autant que la capacité d'écoulement naturelle de l'aquifère ne soit pas réduit de 10 % (Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines - OFEFP).

Signalons toutefois que, très rapidement en arrière de la culée côté lac, le secteur de protection des eaux passe en catégorie Au.

En outre, le ruisseau de la Gaillarde longe la route de Bougy côté est de celle-ci. Si le cours d'eau est à ciel ouvert en amont et en aval des remblais du franchissement de l'A1, il a vraisemblablement été busé lors de la construction de l'autoroute.

Enfin, la chaussée et les terrains à proximité immédiate sont classés en danger moyen vis-à-vis des inondations côté Jura du pont.

CARACTERISTIQUES GEOTECHNIQUES

L'examen en laboratoire des échantillons prélevés dans les forages permet d'établir les caractéristiques géotechniques moyennes pour les couches de terrain intéressant les travaux d'excavation et les fondations du futur pont.

Les valeurs figurent en annexe dans les tableaux (8461.2.003 et 004) qui appellent les commentaires suivants :

1. Le pénétromètre utilisé est le pénétromètre dynamique lourd standard ou SPT. La résistance dynamique du sol (10^5 Pa ou bars ou environ kg/cm^2) s'obtient en multipliant les valeurs de battage par :

- 8 selon Sanders.
 - 4.8 à 1.3 selon Ritter (qui tient compte du rapport des masses statiques ou dynamiques) pour des profondeurs de 1 à 50 m.
2. Les valeurs des poids volumiques apparents secs des particules solides, de l'indice de vide et du degré de saturation (γ_d , eo, Sr) sont des valeurs calculées à partir des masses volumiques mesurées en laboratoire. Elles tiennent compte, le cas échéant, du pourcentage de cailloux (diamètre supérieur à 5.6 mm) contenu dans les échantillons.
 3. Les coefficients k de Darcy proposés sont tirés d'après Slichter des courbes granulométriques. Les résultats obtenus donnent des **ordres de grandeur** convenables pour les sols lémaniques, pour autant qu'ils ne soient ni stratifiés, ni fissurés.

SEISMOLOGIE

Le sous-sol de la parcelle est composé de remblais surmontant une moraine moyennement compacte à compacte d'une épaisseur totale de l'ordre de 20 mètres

Les sols de fondation peuvent être rangés dans la classe C au sens de la norme SIA 261 - Tableau 24.

PARAMETRES GEOMECHANIQUES

Les paramètres proposés pour des calculs de portance, de poussée, de stabilité et de tassement des différentes couches de terrain sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Couche USCS	R -	Mf d3 SW à SM	Mfd/e1 CM	Mfc1 CL à GC
Poids volumique apparent γ kN.m ⁻³	20.5	21.0	22.5	23.5
Analyse (c' ϕ')				
Angle de frottement interne ϕ' °	27 - 28	32 - 34	28 - 30	32 - 33
Cohésion c' kN.m ⁻²	10 - 5	0 - 5	20 - 15	17 - 15
Tassements				
Module de compressibilité E MN.m ⁻²	variable	12 - 15	30 - 40	50 - 60

$$\text{RAPPEL : } 1 \text{ kN.m}^{-2} = 1 \text{ kPa} = 0.01 \text{ bar} \quad 1 \text{ MN.m}^{-2} = 1 \text{ MPa} = 10 \text{ bars.}$$

Ce tableau appelle les commentaires suivants :

- Les paramètres proposés pour l'analyse (c' ϕ') sont estimés à partir des essais d'identification, de battage. Ce sont des valeurs confirmées par l'expérience.
- Les modules de compressibilité E proposés sont estimés à partir des essais d'identification, de battage et d'études statistiques portant sur les sols de la cuvette lémanique. L'hétérogénéité du sol, la répartition, la nature et la puissance des couches, les dimensions des fondations, justifient les fourchettes proposées.
- Ces paramètres peuvent être assimilés à des valeurs géotechniques caractéristiques (X_k) au sens des normes SIA en vigueur.

- Dans la vérification des conditions de stabilité :

- d'ouvrages passifs (talus cloué par exemple)
- de versants, de pentes, talus, etc, à long terme,

nous vous recommandons de diminuer fortement la valeur de la cohésion c' (cas des ouvrages passifs) ou de la faire tendre vers zéro (cas de versants) et de réduire également l'angle de frottement à sa valeur résiduelle (réduction de 5 à 10 % environ).

COMMENTAIRES

L'ouvrage actuel consiste en un pont à béquilles, fondé sur semelles à faible profondeur.

Les sondages réalisés sur site montrent que ces fondations seraient posées vers 421.8-422.0 m/mer au toit de la moraine altérée de compacité moyenne, voire au sein de remblais lâches côté aval, environ 2.5 m sous le niveau des chaussées actuelles.

Le nouvel ouvrage d'art pourra être fondé, à un niveau similaire, sur semelles dimensionnées, dans le cadre d'une vérification de la sécurité structurale selon les normes SIA en vigueur, pour une contrainte normale maximum de calcul :

$$\sigma_{Nd} = 250 \text{ kPa}$$

Cette valeur correspond sensiblement pour l'ancienne notion de taux de travail maximum admissible à une valeur $\sigma_{pa \text{ max}} \sim 180 \text{ kPa}$.

Cette contrainte sera réduite pour des semelles de largeur B inférieure à 1.0 m. Nous vous proposons la loi de réduction suivante :

$$\sigma_{Nd \text{ réduit}} = \sigma_{Nd} \sqrt{\frac{B}{B_0}}$$

ou plus simplement

$$B \text{ majoré} = \sqrt{B \cdot B_0}$$

avec $B_0 = 1.0 \text{ m}$
 B en mètre

Néanmoins, une étude des tassements engendrés par l'ouvrage devra être menée, l'élargissement des chaussées pouvant notablement augmenter les charges sur les culées, surtout si le pont n'a pas d'appui intermédiaire.

Une fondation sur pieux fichés dans la moraine consolidée sous-jacente, peut être envisagée, en fonction de charges à reprendre. On évite ainsi également des terrassements trop importants (eu égard à la portance limitée des sols au niveau des fondations actuelles).

Compte tenu des épaisseurs résiduelles de terrains de compacité moyenne sous le niveau de fondation actuel, on peut également envisager une surprofondeur, remplie de béton maigre pour atteindre les terrains porteurs, notamment côté amont.

Les terrassements nécessaires à la démolition des structures existantes nécessiteront une excavation de l'ordre de 8 à 10 m par rapport à la chaussée actuelle, un à deux mètres de moins par rapport aux terrains alentours et de l'ordre de deux mètres par rapport à la chaussée de l'A1.

Des venues d'eau localisées peuvent survenir lors des terrassements des terrains en place. Elles seront à capter.

Ils se dérouleront pour l'essentiel au sein des remblais liés à l'aménagement existant, colluvions sous-jacentes puis de la frange supérieure altérée de la moraine, côté amont.

Des talus de chantier, réglés à 1/1, avec bermes intermédiaires de 1.50 m de largeur au-delà de 3.0 m de hauteur sont envisageables.

Si les emprises ne sont pas disponibles, les talus peuvent être raidis au moyen d'inclusions passives (clous). Un blindage vertical, convenablement fiché et butonné peut être réalisé. On tiendra toutefois compte de la présence des lignes électriques qui restreignent l'utilisation de machines avec des mâts trop importants ou nécessitent des accords avec les exploitants.

Ces terrassements seront à coordonner avec la réalisation des culées du nouvel ouvrage.

DIAGNOSTIQUE PRELIMINAIRE DE POLLUTION DES TERRAINS

Les parcelles concernées ne sont pas inscrites au cadastre des sites pollués du Canton de Vaud. Toutefois, rappelons qu'une non-inscription dans ce cadastre n'équivaut pas à une attestation de non-pollution du site, notamment concernant des remblais qui sont par définition potentiellement pollués.

Dans le cadre de cette étude, des essais géotechniques ont été effectués sur des échantillons prélevés tous les 2 mètres. Afin d'avoir une première estimation de la qualité des terrains superficiels, des analyses sur les métaux lourds ont été réalisées sur ces échantillons à l'aide d'un spectromètre à fluorescence X.

Les résultats d'analyses sont disponibles en annexes dans le tableau 8461.3.701. Les commentaires suivants peuvent être apportés :

- Forage F5 : l'épaisseur des remblais est de 8.8 m. Quatre échantillons ont pu être prélevés à 2 m, 4 m, 6 m et 8 m. Aucun indice olfactif ou bien visuel n'était à noter.
 - Tous les échantillons présentent des dépassements de la valeur limite de non-pollution pour le **chrome total**.
 - Les échantillons effectués à 2 m et 6 m se caractérisent, en plus, par des dépassements de **nickel**.
- Forage F6 : l'épaisseur des remblais est de 6.6 m. Trois échantillons ont pu être prélevés, à 2 m, 4 m et 6 m. Aucun indice olfactif ou bien visuel n'a été remarqué.
 - Tous les échantillons se caractérisent par des teneurs en **chrome total** supérieures à la limite de non-pollution de l'OLED.
 - En plus, l'échantillon prélevé à 2 m présente également une teneur en **nickel** dépassant la valeur limite de non-pollution.
 - Et l'échantillon effectué à 6 m, a des teneurs en **cuivre** et en **nickel** supérieures à la valeur limite de non-pollution, en plus de celle du chrome total.

D'après ces premiers résultats et observations, les remblais apparaissent a priori comme étant faiblement pollués au sens de l'OLED. Des contrôles complémentaires lors du chantier ou lors d'investigations géotechniques permettront de valider les filières d'évacuation ou les possibilités de réutilisation.

CONCLUSIONS

Les terrains intéressants la réfection du passage supérieur de la route communale de Bougy sont constitués, sous les remblais liés à l'ouvrage existant et aux colluvions récentes, d'une moraine de fond, altérée et de compacité moyenne sur la frange supérieure, puis compacte à très compacte, dès 9 mètres de profondeur.

Des mesures ont été réalisées dans les piézomètres mis en place lors de l'étude. Elles témoignent de la présence de niveaux plus grossiers exerçant une activité drainante sur le massif encaissant.

L'ouvrage actuel, un pont à béquilles, est fondé environ 2 mètres sous les chaussées, sur des semelles posées a priori sur la moraine altérée, voire des remblais côté aval.

En fonction des charges dues au nouvel ouvrage d'art, des fondations profondes pourraient s'avérer nécessaires.

Des terrassements seront nécessaires pour démolir les fondations de l'ouvrage existant et pourront atteindre 8 à 10 mètres de profondeur par rapport à la route cantonale.

Si les emprises sont disponibles de talus réglés à 1/1 et interrompus par une berme de 1.50 m de largeur au-delà de 3.0 m de hauteur sont possibles.

Ces conclusions sont basées sur une interprétation aussi soignée que possible des sondages et essais de laboratoire et corroborées par des expériences précédentes.

Néanmoins, le sol est par nature un matériau hétérogène et des variations locales peuvent échapper à toute investigation. C'est pourquoi, les terrassements devront être suivis de près par l'ingénieur pour qu'il soit à même de déceler à temps toute anomalie dans la nature, la qualité et le comportement des sols rencontrés.

Un réexamen de ce rapport est à effectuer en cas de modification du projet ou si ce dernier est différé dans le temps.

Isabelle MORIN
Ingénieur ISTG

GADZ SA

Marine FRANCIS
Hydrogéologue ENSEGID

Annexes

Terminologie géologique des sols meubles
Classification systématique des terrains rencontrés

Plan	8461.3.001	Plasticité
Plan	8461.3.002	Granulométrie
Plan	8461.3.003 - 004	Résultats des essais
Plan	8461.3.100	Situation
Plan	8461.105	Forage F5
Plan	8461.106	Forage F6
Plan	8461.403	Profil stratigraphique interprétatif
Plan	8461.3.701	Synthèse des résultats d'analyse

TERMINOLOGIE GEOLOGIQUE DES TERRAINS MEUBLES

(selon SN 670'009, édition mars 1995)

Symb.	Terminologie	Définition
R	Remblai	Matériel de diverses origines mis en place par l'homme.
T	Terre végétale, humus	Couche superficielle du sol, biologiquement active et contenant de la matière organique peu ou pas décomposée
U	Sous-couche	Produit de la détente et de l'altération de l'horizon sous la terre végétale, en général fin et peu compact, souvent avec de la matière organique.
C	Colluvions	Dépôts de bas de pente, généralement fins, dont les éléments ont subi un faible transport.
B	Eboulement	Produit de l'écroulement de versants rocheux.
G	Eboulis	Accumulation lente en pied de falaise de débris rocheux par chute d'éléments isolés et dont les dimensions croissent du haut vers le bas de la pente.
A	Alluvions	Matériel déposé par l'eau.
Af	Alluvions fluviales	Matériel généralement grano-classé déposé par un cours d'eau le long de son cours.
Ac	Cône de déjection	Accumulation en éventail de matériel transporté par un torrent au débouché d'une vallée.
At	Alluvions torrentielles	Dépôt provenant de laves torrentielles, généralement très hétérogène
Ad	Alluvions de delta	Matériel sans cohésion en général granoclassé, déposé par un cours d'eau dans un lac ou dans la mer.
Ag	Alluvions fluvio-glaciaires	Matériel morainique étalé et délavé par les eaux de fonte d'un glacier.
Al	Sédiments lacustres	Sédiments déposés dans un lac; en général sol fin varvé de faible compacité.
As	Sédiments glaciolacustres	Sédiments provenant du délavage des moraines dans les lacs périglaciaires, en général sol fin varvé de compacité moyenne à faible.
K	Craie lacustre	Précipitation hydrochimique et dépôt de restes fossilisés du plancton lacustre dans des eaux riches en carbonate de chaux.
O	Horizon organique	Sol contenant de la matière organique (paléosol, tourbe).
L	Loess	Dépôt pulvérulent d'origine éolienne.
M	Moraine	Matériel transporté et déposé par un glacier. Granulométrie étendue.
MI	Moraine latérale	Matériel transporté par un glacier, puis déposé en bordure de celui-ci.
Mf	Moraine de fond	Matériel traîné et broyé sous un glacier et compacté par lui. En général surconsolidé.
Ma	Moraine aquatique	Matériel en général de faible compacité et peu consolidé, déposé par un glacier dans un lac périglaciaire.
E	Eluvion	Produit de la désagrégation des roches, en général fin et resté en place.
V	Roche altérée	Frange altérée de la roche en place assimilable à un sol.

Classification systématique des terrains rencontrés

Cette classification se réfère aux diverses dénominations rencontrées dans les études effectuées précédemment sur le site, dans l'atlas géologique suisse, ainsi que dans la norme SN 670'009.

Dans sa systématique, elle s'inspire de la classification retenue pour les sols genevois.

<i>N</i>	<i>Couche</i>	<i>Phase (p)</i>	<i>Compacité, consistance (c)</i>	<i>Corrélation SN 670'009</i>
R	Remblais			R
C	Colluvions			C
Ac	Alluvions en cône	a graveleuse b sableuse c limoneuse d limono-argileuse e argileuse	1 consolidée 12 mal consolidée 2 non consolidée	Ac
M	Moraine			M
Mf	Moraine de fond	a graveleuse b sableuse c limoneuse d limono-argileuse e argileuse	1 consolidée 12 mal consolidée 2 non consolidée 3 altérée	Mf

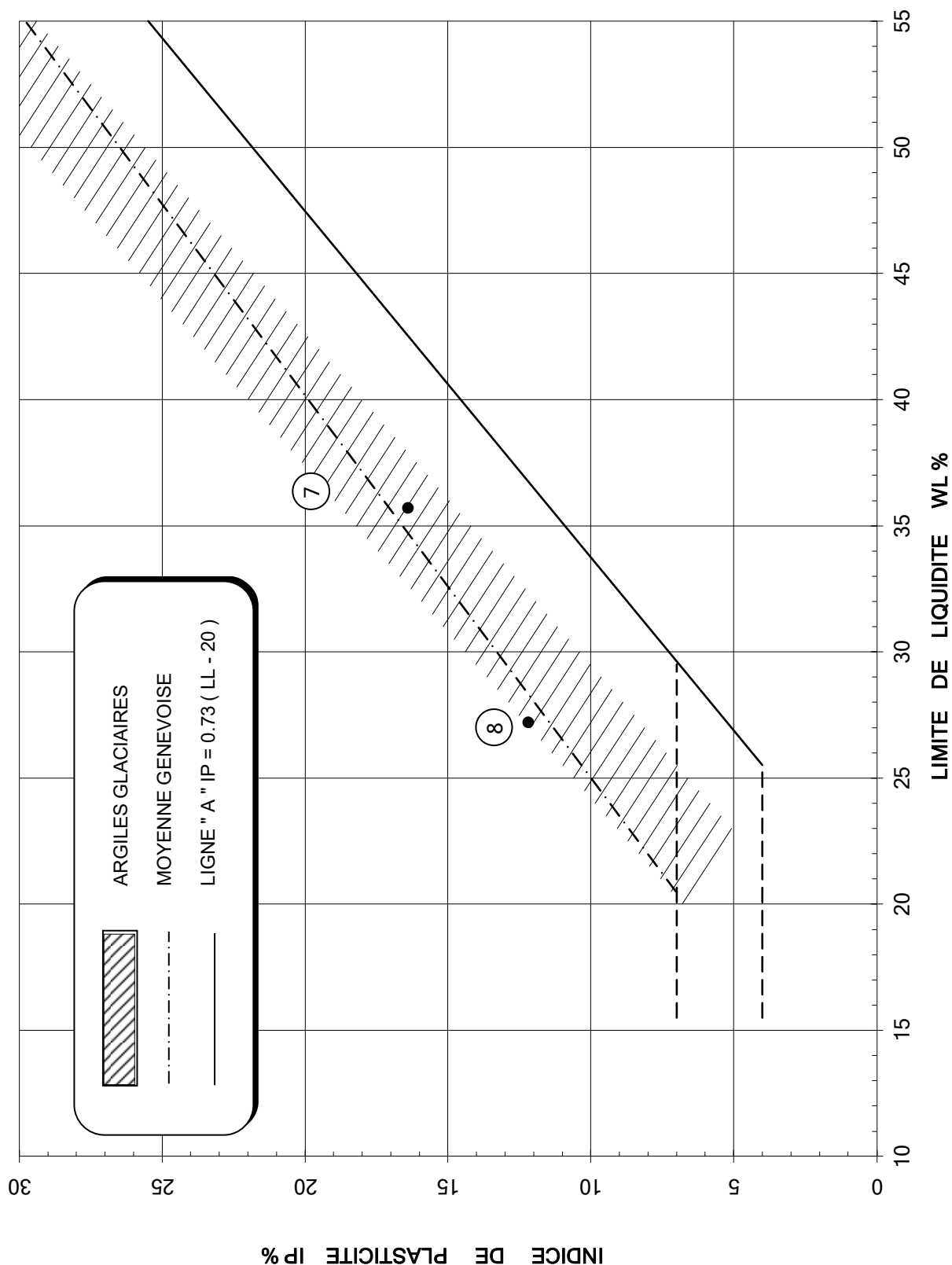
La numérotation des couches s'effectue selon la schématique N / p c

Par exemple :

Mf e1) Moraine de fond, phase argileuse, consolidée

IM

18.01.2021



UPlaNS Gland–Etoy, refection des PS - PS RC de Bougy

OFROU

ABAQUE DE PLASTICITE

8461.3.001

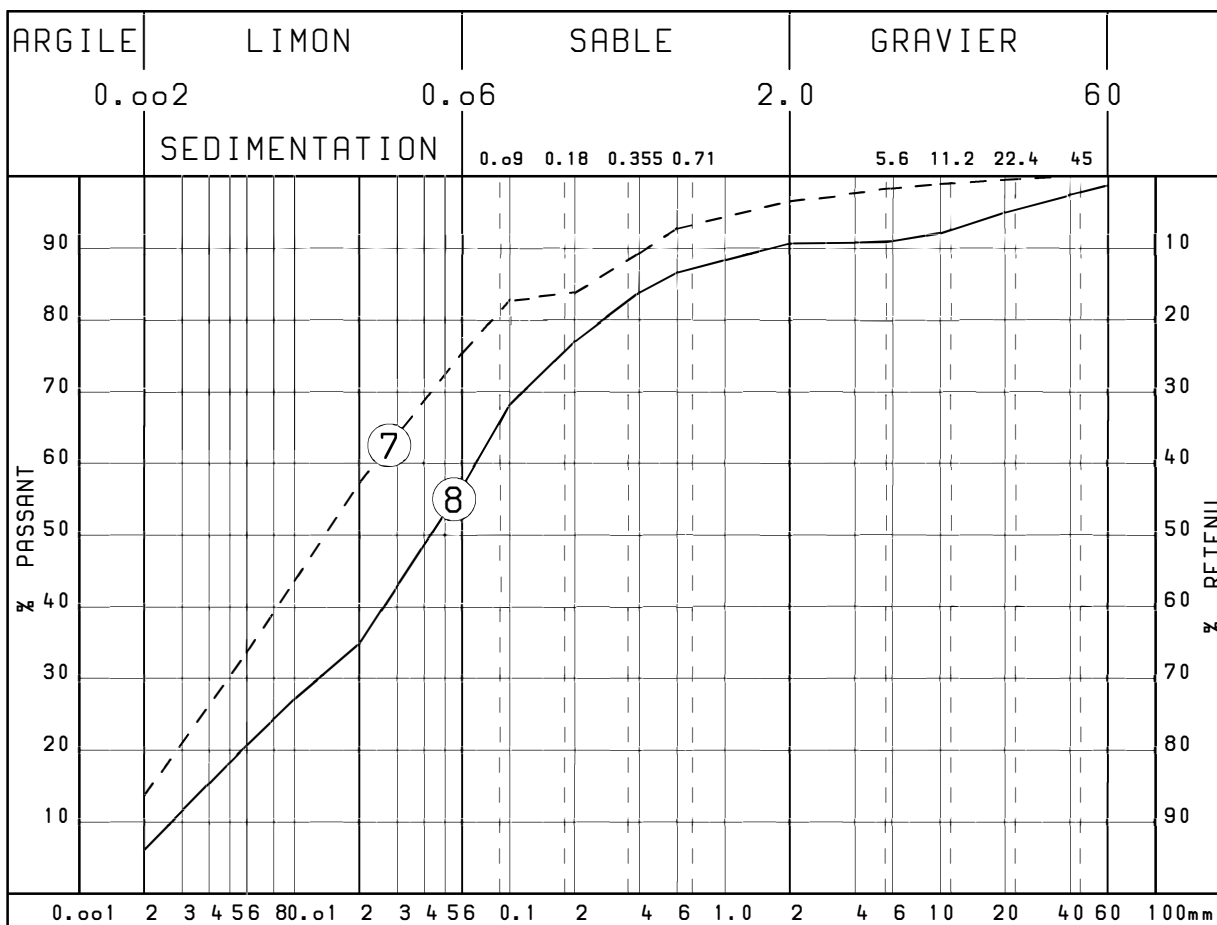
GADZ S.A. - GENEVE

DATE

06.01.2021

Visa

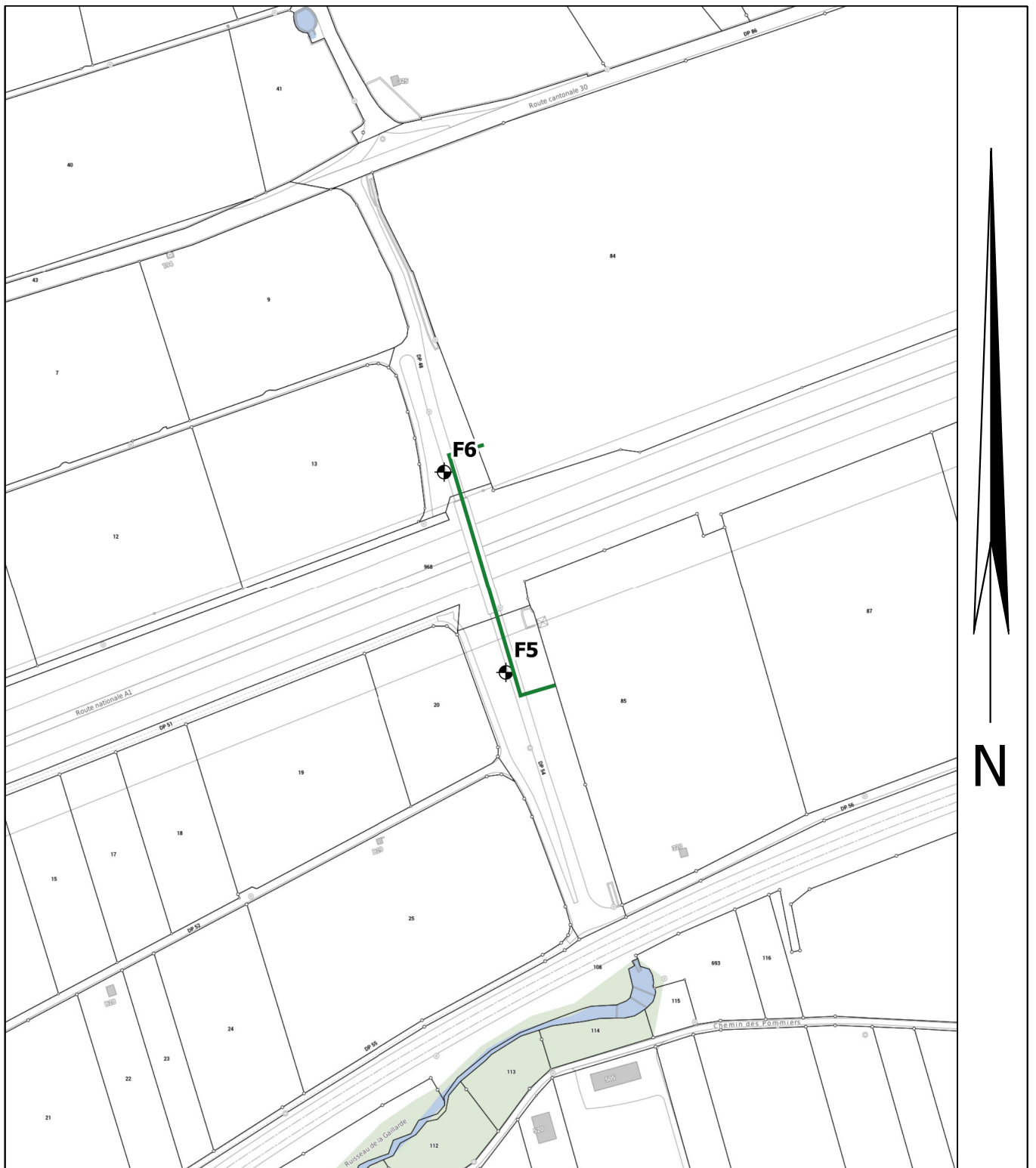
LL



Fo/No	U.S.C.S.	CL 0.002	- 0.020	Σ fins 0.060	 5.600	D10	D60	U unifor.	D30	C courb.	D20	K estimé
-	-	P%	P%	P%	R%	mm.	mm.	-	mm.	-	mm.	m/s
F6/08	CL	Mf c1) MORAINE DE FOND - limoneuse consolidée										
		6	35	57	9	0.003	0.068	22	0.013	0.8	0.006	0.4E-07
F5/07	CM	Mf e1) MORAINE DE FOND - argileuse consolidée										
		14	57	75	2	-	0.024	-	0.005	-	0.003	0.1E-07
TAMISAGE SERIE ISO R20.3												
UPlaNs GLAND-ETOY, réfection des PS - PS RC de Bougy OFROU												
GRANULOMETRIES										8461.3.002		
GEOTECHNIQUE APPLIQUEE DERIAZ S.A. - GENEVE										13/01/2021/Labo		

NUMERO	P/C	PROF	U.S.C.S.	W	ρ	ρ_d	ρ_s	e0	Sr	WL	WP	IP	<0.002	<0.06	>5.6	Qp labo	Qp situ	Qu	Qur	Cc	Cs	OBSERVATIONS	
Sondage / échan.	--	m	---	% n	t/m3 n	t/m3	t/m3	--	%	%	%	%	%	%	%	kPa n	kPa n	kPa	kPa	---	---		
R) Remblais																							
Ech. Carottés			R	15.2 7												360 6	300 14					SPT 18 cps/30 cm Moy. de 3 valeurs	
C) Dépôts de ruissellement																							
Ech. Carottés				23.8 1												120 1	200 2					SPT 8 cps/30 cm 1 valeur	
Mf c1) Moraine de fond - Phase limoneuse consolidée																							
Ech. Carottés				9.0 1													>500 5					SPT	
F6 - 4		14.0	CL	9.2 1	2.34 1	2.14	2.72	0.269	93	27.2	15.0	12.2	6	57	9							87 cps/30 cm	
Val. Moyenne				9.1 2	2.34 1	2.14	2.72	0.268	92	27.2	15.0	12.2	6	57	9		>500 5					Moy. de 2 valeurs K estimé = 4,10 ⁻⁸ m/s	
Mf d3) Moraine de fond - Phase limono-argileuse altérée																							
Ech. Carottés																	120 2						
Mf d1) Moraine de fond - Phase limono-argileuse consolidée																							
Ech. Carottés				11.2 1	2.33 1	2.10	2.75	0.312	99							>500 1	450 1					SPT 30 cps/30 cm 1 valeur	
P : ECH. INTACT C: ECH. CAROTTE						UNPlaNS Gland-Etoy, réfection des PS - PS RC de Bougy																	
						OFROU																	
1kPa = 1kN/m2 = 0.01bar = 0.01kg/cm2 1MPa = 1MN/m2 = 10bar = 10kg/cm2						RESULTATS DES ESSAIS SUR LES SOLS											FEUILLE NO 1		8461.3.003				
						GADZ S.A. - GENEVE											Date: 05.01.2021 IM						

NUMERO	P/C	PROF	U.S.C.S.	W	ρ	ρ_d	ρ_s	e0	Sr	WL	WP	IP	<0.002	<0.06	>5.6	Qp labo	Qp situ	Qu	Qur	Cc	Cs	OBSERVATIONS
Sondage / échan.	--	m	---	% n	t/m3 n	t/m3	t/m3	--	%	%	%	%	%	%	%	kPa n	kPa n	kPa	kPa	---	---	
Mf e1) Moraine de fond - Phase argileuse consolidée																						
Ech. Carottés				14.7 2	2.28 1	1.99	2.77	0.394	100							380 2	370 6					SPT
F5-7		10.0	CM	15.9 1	2.19 1	1.89	2.77	0.466	95	35.7	19.3	16.4	14	75	2	380 1						29 cps/30 cm
Moyenne				15.3 3	2.24 2	1.94	2.77	0.43	100.00	35.7	19.3	16.4	14	75	2	380 3	370 6					Moy. de 2 valeurs



Légende :

⊕ Sondages exécutés

— Profil stratigraphique interprétatif

Sondages existants (selon la profondeur) :

⊕ < 5.0 ⊕ 5 - 10 ⊕ 10 - 20 ⊕ 20 - 30 ⊕ > 30.0

UPLaNS Gland-Etoy, refection des PS
PS RC de Bougy
OFROU, ETAVAYER-LE-LAC

ECH

1:2500

DATE

14.01.2021

Situation des sondages

8461.3.100

GADZ SA

DESS

mc

WISE

GADZ S.A. – LE MONT-SUR-LAUSANNE – VAUD

FORE PAR : Fortini SA

8461.105

LEVE PAR : D. Michellini

$$N = 1'147'133$$

9.00 – 9.60 m : Niveau altéré avec de nombreuses traces d'oxydation et cailloux épuisés.

Infiltration vers -11.20 m lors du forage le 07.10.2020

Mesures piézométriques :

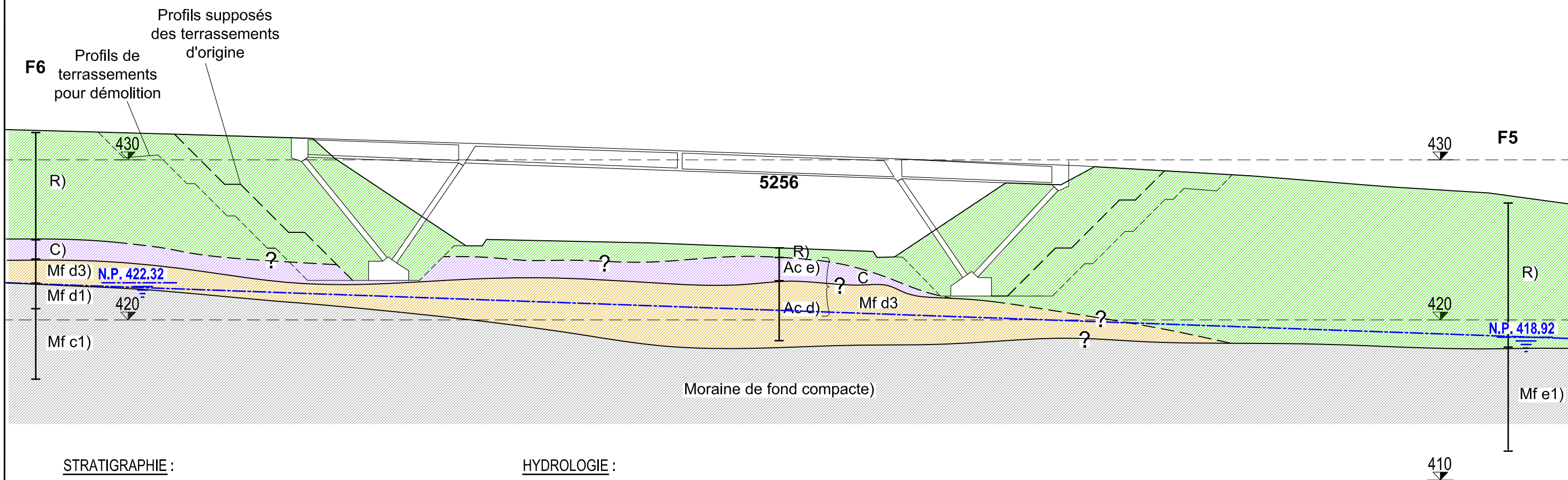
- 8.60 m (418.70 m/mer) le 15.10.2020
- 8.43 m (418.87 m/mer) le 20.10.2020
- 8.38 m (418.92 m/mer) le 7.12.2020

Echelle réduite !

UP16Ns GLAND-ETOY, REFLECTION DES PS - PS RC DE BOUGY										SONDAGE F6		FO / 101 / ChD / 18.02.98					
												ECHELLE : 1/100		DATE : 19.10.2020			
												8461.106					
OFROU, ESTAVAYER-LE-LAC										TERRAIN : 431.7				INCLINAISON : VERT.		DESS : DMI	
GADZ S.A. - LE MONT-SUR-LAUSANNE - VAUD										FORE PAR : Fortini SA				LEVE PAR : D. Michelini			
										COORDONNEES E= 2'516'585							
										N= 1'147'221							
										R) REMBLAIS HETEROGENES :0.00 – 6.70 m 0.00 – 0.10 m : Terre végétale avec cailloux et rares radicelles. 0.10 – 2.00 m : Limon argileux à cailloux et rares petits blocs, brun-beige, souvent détruit au forage. 2.00 – 3.50 m : Limon finement sableux peu argileux dans l'ensemble à cailloux et quelques blocs, brun-beige, massif, dur à très dur, blocs carottés vers 2.4 et 3.5 m. 3.50 – 4.00 m : Limon argileux à cailloux, brun-beige, massif, dur. 4.00 – 6.00 m : Limon argileux à cailloux, brun-beige à gris, ferme à dur, plastique. 6.00 – 6.70 m : Gravier hétérométrique dans matrice de sable moyen à grossier, peu à pas limoneux, beige, pulvérulent.							
										C) COLLUVIONS : 6.70 – 7.90 m Limon argileux avec rares gravillons, brun-beige moucheté ocre, grumeleux, ferme à dur, plastique. 6.70 – 7.20 m : Nombreux cailloux.							
										Mf) MORAINES DE FOND Mf d3) <u>Phase limono-argileuse altérée</u> : 7.90 – 9.40 m Limon argileux à cailloux moyennement abondants, brun-bige à nombreuses mouchetures ocreuses, massif, ferme à dur, plastique. Mf d1) <u>Phase limono-argileuse consolidée</u> : 9.40 – 11.00 m Limon argileux à cailloux hétérométriques, brun-beige, massif, très dur, plastique. Mf c1) <u>Phase limoneuse consolidée</u> :11.00 – 15.40 m Limon finement sableux peu argileux à cailloux assez abondants, gris-beige, massif, très dur, assez plastique. Remanié au forage de 12.0 à 12.5 m							
										HYDROLOGIE Venue d'eau de -12.0 à -12.3 m lors du forage le 09.10.2010. <u>Mesures piézométriques</u> : - le 15.10.2020 : -12.37 m - 419.33 m/mer - le 20.11.2020 : - 9.45 m - 422.25 m/mer - le 07.12.2020 : - 9.38 m - 422.32 m/mer							
										Echelle réduite !							

NNO

SSE



STRATIGRAPHIE :

- R) Remblais hétérogènes
- C) DEPOTS DE RUISSELLEMENT
- (Ac) ALLUVION EN CÔNE
- Ac e) Phase argileuse
- Ac d) Phase limono-argileuse
- Mf) MORAINE DE FOND
- Mf d3) Phase limono-argileuse altérée
- Mf c1) Phase limoneuse consolidée
- Mf d1) Phase limono-argileuse consolidée
- Mf e1) Phase argileuse consolidée

HYDROLOGIE :

Infiltrations au sein de la moraine avec établissement d'un niveau de nappe dans les piézomètres.
Niveaux relevés au 7.12.20 entre 422.32 et 418.92 m/mer (amont-aval).
Ecoulement conforme à la topographie en direction du SSE.

UPlANS Gland-Etoy, refection des PS - PS RC de Bougy		ECH	1:250	
OFROU		DATE	11.01.2020	
Profil stratigraphique interprétatif		8461.403		
GADZ SA		DESS	mc	WISE

N° sondage	F5				F6			OLED - Valeurs limites			
N° échantillon	F5-2m	F5-4m	F5-6m	F5-8m	F6-2m	F6-4m	F6-6m				
Profondeur	2 m	4 m	6 m	8 m	2 m	4 m	6 m				
Description	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Valorisation ou décharge type A (non pollué)	Valorisation sur site	Décharge type B (ex DCMI)	Décharge type E (ex DCB)
Date	07.10.2020	07.10.2020	07.10.2020	07.10.2020	12.10.2020	12.10.2020	12.10.2020				

unité													
Métaux lourds													
Antimoine	[mg/kg]	<6	<7	<8	<8	<7	<7	<7		3	15	30	50
Arsenic	[mg/kg]	7 ± 1	8 ± 1	4 ± 1	6 ± 1	8 ± 1	7 ± 1	6 ± 1		15	15	30	50
Cadmium	[mg/kg]	<2	<1	<1	<1	<1	<1	<1		1	5	10	10
Chrome total	[mg/kg]	83 ± 5	60 ± 5	63 ± 3	57 ± 6	55 ± 5	66 ± 5	62 ± 5		50	250	500	1000
Chrome (VI)	[mg/kg]	-	-	-	-	-	-	-		0.05	0.05	0.1	0.5
Cuivre	[mg/kg]	26 ± 6	<16	30 ± 8	<20	<19	22 ± 6	78 ± 8		40	250	500	5000
Mercure	[mg/kg]	-	-	-	-	-	-	-		0.5	1	2	5
Nickel	[mg/kg]	62 ± 17	<44	67 ± 20	<48	59 ± 16	49 ± 16	59 ± 17		50	250	500	1000
Plomb	[mg/kg]	<8	9 ± 3	<10	<9	13 ± 3	<9	11 ± 3		50	250	500	2000
Zinc	[mg/kg]	57 ± 3	59 ± 3	64 ± 4	46 ± 4	46 ± 3	52 ± 3	58 ± 3		150	500	1000	5000

incertitudes: voir rapport du laboratoire



valeurs dépassant la limite pour décharge A (non pollué)
valeurs dépassant la limite pour valorisation sur site
valeurs dépassant la limite pour décharge B (ex DCMI)
valeurs dépassant la limite pour décharge E (ex DCB)

en gras: supérieur à la limite de quantification
- : non analysé

UPlaN S Gland-Etoy, réfection des PS - PS RC de Bougy										DATE : 29/10/2020			
OFROU, ESTAVAYER-LE-LAC													
SYNTHESE DES RÉSULTATS D'ANALYSES										8461.3.701			
GADZ S.A. - GENÈVE										OPE : MF		VISA :	

PH		18.01.1999		GADZ S.A. - GENEVE				FO / 67				
UPlANS Gland-Etoy, refection des PS								8461.050/1				
								Mesure :				
Client								DATE			VISA	
Relevés piézométriques								Opérateur	REMARQUES			
Piézo	n°	F1	F2	F3	F4	F5	F6					
Niv. du sol	m/mer	428.48	429.10	433.73	433.38	427.34	431.70					
Niv du tube	m/mer	429.15	429.05	434.37	434.35	428.02	432.26					
DATE												
05.10.20		421.76	424.67					Dmi				
03.11.20				425.85	426.76			Dmi				
15.10.20						418.70	419.33	Dmi				
20.11.20		422.98	425.33	425.53	426.53	418.87	422.25	Xd				
07.12.20		423.20	425.44	425.55	426.58	418.92	422.32	Xd				
15.01.21		423.42	425.64	426.13	426.89	420.01	423.34	Xd				
29.01.21		423.54	425.75	426.38	427.07	420.35	423.75	Xd				
12.02.21		423.27	425.66	426.26	427.55	419.64	423.46	Xd				
02.03.21		423.13	425.58	426.31	427.74	419.13	422.94	Xd				
23.03.21		422.99	425.44	426.35	428.04	418.81	422.35	Xd				
07.04.21		422.93	425.38	426.25	427.96	418.49	422.28	Xd				
29.04.21		422.52	425.25	426.18	427.76	418.12	422.16	Xd	Errerur de report de mesures, correctic			
18.05.21		422.97	425.40	426.28	427.93	418.62	422.29	Xd				