



BURAU PERSONENI RAFFAELE ARCHITECTES
PROJET DE CONCOURS ARCHITECTURAL
PARCELLE N° 630 À RENENS (VD)
ETUDE GÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE
(PHASE SIA 21)

Lausanne, le 9 septembre 2019
VD7851.100

CSD INGENIEURS SA
Chemin de Montelly 78
Case postale 60
CH-1000 Lausanne 20
t +41 21 620 70 00
f +41 21 620 70 01
e lausanne@csd.ch
www.csd.ch

TABLE DES MATIÈRES

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1. | INTRODUCTION | 1 |
| 1.1 | Généralités | 1 |
| 1.2 | Description du projet | 2 |
| 1.3 | Objectifs | 2 |
| 1.4 | Documents de base | 2 |
| 2. | SYNTHÈSE ET ANALYSE DES INFORMATIONS EXISTANTES | 3 |
| 2.1 | Contexte géologique | 3 |
| 2.2 | Contexte géotechnique | 4 |
| 2.3 | Contexte hydrogéologique | 4 |
| 2.4 | Contexte de pollution | 5 |
| 2.5 | Contexte de dangers naturels | 5 |
| 2.6 | Contexte géothermique | 5 |
| 2.7 | Classes sismiques des sols de fondations | 5 |
| 3. | ÉVALUATIONS PRÉLIMINAIRES | 6 |
| 3.1 | Caractéristiques géologiques et géotechniques des terrains attendus | 6 |
| 3.2 | Évaluation de l'aptitude des terrains à la construction souterraine | 7 |
| 3.3 | Potentiel d'infiltration des eaux claires non polluées | 7 |
| 3.4 | Évaluation du potentiel géothermique | 7 |
| 4. | RECOMMANDATIONS CONSTRUCTIVES PRÉLIMINAIRES | 8 |
| 4.1 | Terrassement et soutènement | 8 |
| 4.2 | Valorisation des matériaux | 8 |
| 4.3 | Pollution | 9 |
| 4.4 | Fondations | 9 |
| 4.5 | Gestion des eaux | 9 |
| 4.6 | Géothermie | 10 |
| 5. | PROGRAMME DE RECONNAISSANCES PROPOSÉ | 11 |
| 5.1 | Sondages | 11 |
| 5.2 | Essais in-situ | 11 |
| 5.3 | Essais en laboratoire | 11 |
| 5.4 | Géothermie | 12 |
| 6. | CONCLUSIONS | 12 |

LISTE DES TABLEAUX

| | | |
|-------------|--|---|
| Tableau 1 : | Récapitulatif des anciens sondages. | 4 |
| Tableau 2 : | Fourchette indicative des propriétés géomécaniques sur la base des sondages environnants et nos connaissances locales. | 6 |

LISTE DES FIGURES

| | | |
|------------|---|---|
| Figure 1 : | En orange, localisation de la parcelle n° 630 à Renens (VD) (Extrait du portail cartographique de l'État de Vaud : http://www.geo.vd.ch). | 1 |
| Figure 2 : | Extrait de l'Atlas géologique de la Suisse (© swisstopo). | 3 |
| Figure 3 : | Contexte de dangers naturels (guichet cartographique du canton de Vaud). | 5 |

ANNEXES

- ANNEXE A : Plan de situation des sondages existants.
- ANNEXE B : Logs des principaux sondages existants.
- ANNEXE C : Microzonage sismique régional.

PRÉAMBULE

CSD confirme par la présente avoir exécuté son mandat avec la diligence requise. Les résultats et conclusions sont basés sur l'état actuel des connaissances tel qu'exposé dans le rapport et ont été obtenus conformément aux règles reconnues de la branche.

CSD se fonde sur les prémisses que :

- le mandant ou les tiers désignés par lui ont fourni des informations et des documents exacts et complets en vue de l'exécution du mandat,
- les résultats de son travail ne seront pas utilisés de manière partielle,
- sans avoir été réexaminés, les résultats de son travail ne seront pas utilisés pour un but autre que celui convenu ou pour un autre objet ni transposés à des circonstances modifiées.

Dans la mesure où ces conditions ne sont pas remplies, CSD décline toute responsabilité envers le mandant pour les dommages qui pourraient en résulter.

Si un tiers utilise les résultats du travail ou s'il fonde des décisions sur ceux-ci, CSD décline toute responsabilité pour les dommages directs et indirects qui pourraient en résulter.

1. Introduction

1.1 Généralités

Mandant : Personeni Raffaele Architectes
Rue St-Pierre 3
1003 Lausanne

Situation : Renens (VD)
Parcelle n° 630
Coordonnées moyennes 2'534'475 / 1'154'375 (Figure 1)
Altitude approximative 418 msm

Mandat : Le bureau Personeni Raffaele Architectes porte un projet de concours architectural sur la parcelle n° 630 à Renens. Ce projet vise la démolition du bâtiment existant et la construction d'un nouveau complexe de garderie et foyer en R+3 maximum sur un niveau de sous-sol. CSD Ingénieurs SA a été mandaté pour réaliser l'étude géologique et géotechnique préliminaire (phase SIA 21).

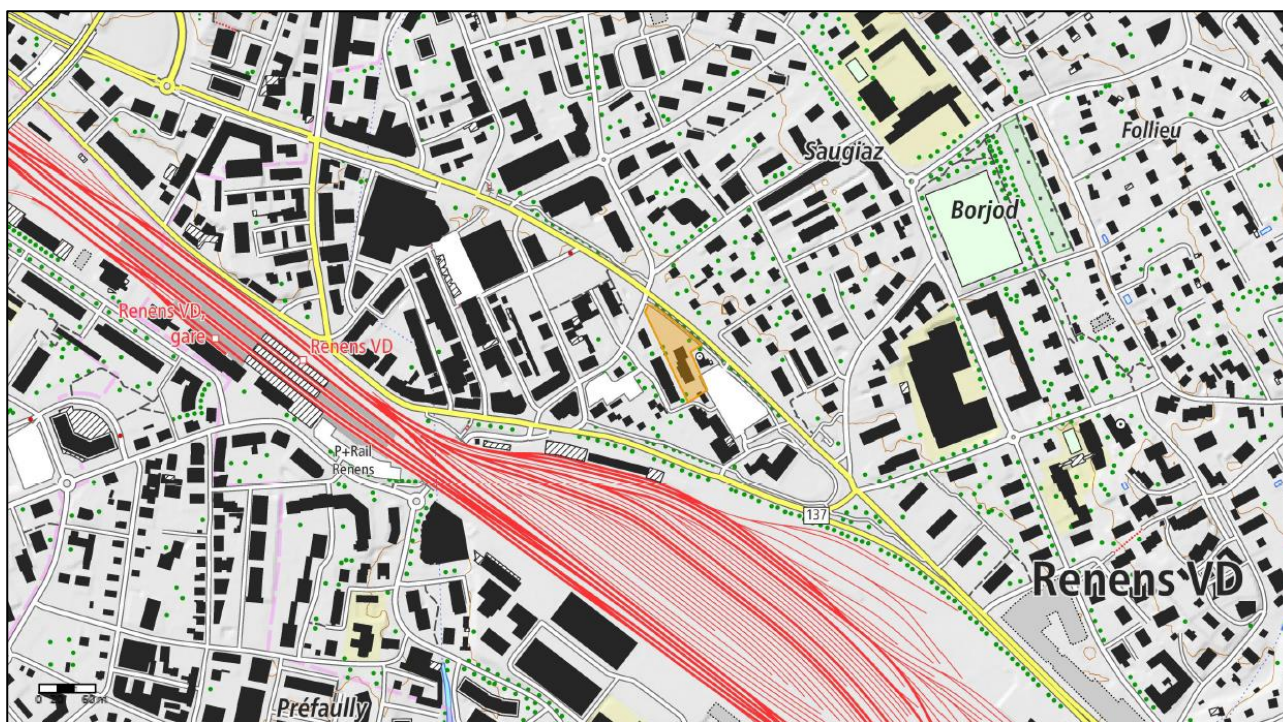


Figure 1 : En orange, localisation de la parcelle n° 630 à Renens (VD) (Extrait du portail cartographique de l'État de Vaud : <http://www.geo.vd.ch>).

1.2 Description du projet

Le projet prévu par le bureau d'Architectes Personeni Raffaele, prévoit la démolition du bâtiment d'habitation existant n° 452 (surface d'environ 446 m²) sur la parcelle n° 630 à Renens (VD) (surface d'environ 2'749 m²) et la construction d'un complexe de garderie et foyer en R+3 maximum sur un niveau de sous-sol. L'emprise au sol du ou des futurs bâtiments n'est pas connue à ce stade.

1.3 Objectifs

Le présent rapport géotechnique préliminaire traite des points suivants :

- Synthèse et analyse des informations géologiques (y c. dangers naturels), géotechniques, hydrogéologiques et géothermiques disponibles (cadastre cantonal et fédéral) ;
- Évaluation préliminaire des aspects géologiques, géotechniques et hydrogéologiques (selon normes SIA), y c. l'aptitude à la construction souterraine, le potentiel d'infiltration, le potentiel géothermique et l'exposition aux dangers naturels ;
- Recommandations générales en matière de géotechnique, géothermie, pollution, réutilisation des matériaux et dangers naturels ;
- Proposition d'un programme d'investigations qui sera réalisé dans les phases d'avant-projet (phase SIA 31) ou de projet d'ouvrage (phase SIA 32).

1.4 Documents de base

Les principaux documents consultés pour l'établissement de ce rapport sont les suivants :

1.4.1 Études techniques

- Investigations techniques de pollution du sous-sol, parcelles n° 757 et 758 à Renens (DV) (CSD Ingénieurs SA, 2008) – Réf. interne VD3866 ;
- Étude géotechnique et de pollution, parcelles n° 668 et 684 à Renens (VD) (CSD Ingénieurs SA, 2012) – Réf. interne VD5064 ;
- Calcul du volume de rétention, Réhabilitation de la ferme des Tilleuls à Renens (VD) (CSD Ingénieurs SA, 2014) – Réf. interne VD1752 ;
- Atlas géologique au 1:25'000 (feuille 85 Lausanne, CN 1243) ;
- Géoportail fédéral, swisstopo ;
- Guichet cartographique du canton de Vaud ;
- Cadastre cantonal des sources.

1.4.2 Normes et exigences

Les principales normes et exigences prises en compte sont les suivantes :

- SIA 267 « Géotechnique » ;
- SIA 380/1 « L'énergie thermique dans le bâtiment » ;
- SIA 384/6 « Sondes géothermiques » ;
- OLED « Ordonnance fédérale sur la limitation et l'élimination des déchets ».

2. Synthèse et analyse des informations existantes

2.1 Contexte géologique

Selon l'Atlas géologique de la Suisse 1:25'000 (feuille n° 1243 – Lausanne), le substratum rocheux de la région est constitué par la **Molasse aquitanienne (F)**. Cette unité, communément appelée Molasse grise de Lausanne, est caractérisée par une alternance de niveaux de grès fins à grossiers et de marnes bariolées. Des compositions intermédiaires de type marno-grès ou grès marneux sont également présentes.

La Molasse de l'Aquitaniens, affleure en amont du site d'étude ainsi que dans les versants entaillés par la Mèbre. Les couches sont subhorizontales ou très légèrement inclinées vers l'Est avec un pendage d'environ 5°. À l'Est de la parcelle n° 630 le **rocher** est **sub-affleurant (E)** et recouvert par une faible épaisseur de moraine de fond rhodanienne.

Le rocher, entaillé par l'érosion glaciaire donne lieu à des dépressions et des surcreusements. La région de Renens en est un exemple. Ici, le toit du substratum se situe à environ 15-20 m de profondeur et peut dépasser localement les 30 m. La région de Lausanne montre de fréquentes irrégularités du « toit » du rocher liées à des escarpements (structure en « escaliers » ou « gradins ») de la Molasse.

Le rocher, a été ensuite recouvert principalement par la **moraine rhodanienne (D)** parfois sablo-graveleuse (moraine remaniée). Des intervalles glaciolacustres et fluvioglaciaires peuvent également être présents au sommet ou au sein de la moraine de fond.

Des **colluvions de pentes (C)** sont présents localement près de la surface du terrain naturel.

Par la suite, des sédiments **glaciolacustres (B)** se sont déposés en comblant la dépression encore existante.

Des **remblais (A)** sont indiqués à l'Ouest et au Nord-Est de la zone d'étude.



Figure 2 : Extrait de l'Atlas géologique de la Suisse (© swisstopo).

2.2 Contexte géotechnique

Les principaux sondages répertoriés dans les environs immédiats du projet dans le cadastre géologique cantonal (guichet cartographique du canton de Vaud) et fédéral (géoportail fédéral, swisstopo) sont les suivants :

Tableau 1 : Récapitulatif des anciens sondages.

| Sondage n° | Type et mode de sondage | Coordonnées indicatives | Altitude terrain naturel indicative (msm) | Profondeur du sondage (m) | Profondeur niveau d'eau (m) |
|------------|-------------------------|-------------------------|---|---------------------------|--------------------------------------|
| 1. (S45) | Forage carotté | 2'534'396 / 1'154'463 | 419.4 | 2.10 | Pas équipé |
| 2. (S1) | Forage carotté | 2'534'409 / 1'154'448 | 419.0 | 10.00 | Niveau d'eau à 8.00 m, le 17.11.2009 |
| 3. (S48) | Forage carotté | 2'534'456 / 1'154'452 | 419.0 | 2.25 | Pas équipé |
| 4. (S105) | Forage carotté | 2'534'481 / 1'154'406 | 419.0 | 5.00 | Niveau d'eau à 3.75 m, le 13.02.1963 |
| 5. (S50) | Forage carotté | 2'534'491 / 1'154'402 | 419.0 | 2.50 | Pas équipé |
| 6. (S51) | Forage carotté | 2'534'519 / 1'154'399 | 418.0 | 2.40 | Pas équipé |
| 7. (S52) | Forage carotté | 2'534'520 / 1'154'369 | 418.0 | 2.50 | Pas équipé |
| 8. (S54) | Forage carotté | 2'534'548 / 1'154'342 | 417.0 | 2.30 | Pas équipé |
| 9. (559-1) | Forage destructif | 2'534'415 / 1'154'410 | 410.0 | 200 | Pas équipé |

2.3 Contexte hydrogéologique

Le site se trouve en secteur üB de protection des eaux, soit sans intérêt particulier pour l'exploitation d'eau potable. Aucune source, ni captage ne sont répertoriés dans le cadastre cantonal des sources dans la zone du projet.

La Molasse de l'Aquitainien (**F**) n'est en règle générale pas le siège de nappes phréatiques et ne contient que de très faibles quantités d'eau.

Les terrains de couverture comme la moraine de fond (**D**), les colluvions (**C**) et les dépôts glacio-lacustres (**B**), peuvent être considérés comme relativement peu perméables. Quelques lentilles sablo-graveleuses fluvioglaciaires, aquifères, plus perméables et de faible extension, peuvent toutefois être imbriquées au sein de la moraine de fond, plus particulièrement en pied d'escarpement rocheux ; elles peuvent contenir de l'eau.

L'eau circule probablement à l'interface entre la moraine et le rocher molassique altéré ou dans des bancs gréseux fissurés de la Molasse et vient alimenter préférentiellement des lentilles sablo-graveleuses, délavées, ce qui explique les niveaux d'eau mesurés seulement dans quelques anciens forages équipés de piézomètre. Cette situation est assez fréquente dans le versant lausannois, avec la présence de petites sources locales, de faible débit.

Les remblais (**A**) et autres aménagements extérieurs existants peuvent engendrer localement des infiltrations d'eau préférentielles dans le terrain.

2.4 Contexte de pollution

La parcelle n° 630 n'est pas inscrite au cadastre des sites pollués.

2.5 Contexte de dangers naturels

Selon le guichet cartographique du canton de Vaud, la parcelle n° 630 présente un degré de danger moyen (couleur bleu) d'inondation (INO) avec une classe d'intensité 3 (Figure 3).

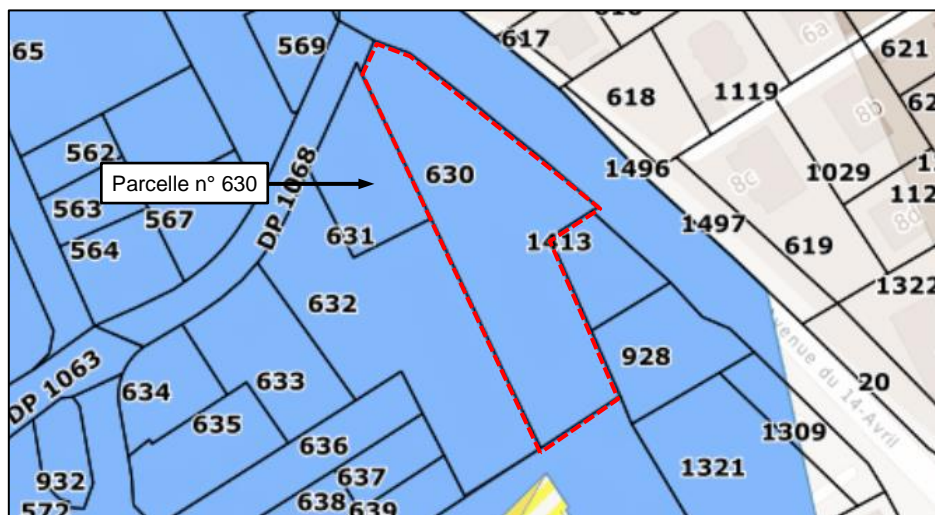


Figure 3 : Contexte de dangers naturels (guichet cartographique du canton de Vaud).

Toute demande de permis de construire pour un objet situé dans un périmètre de dangers naturels est soumise à autorisation spéciale de l'ECA (article 120 LATC). Celle-ci est délivrée lorsque le requérant démontre dans son dossier qu'il réalisera les mesures de protection adaptées à la situation du danger ou n'augmente pas le risque pour les personnes et les biens.

Une autorisation spéciale est délivrée sur la base des documents à intégrer au dossier d'enquête (art. 122 LATC), à savoir :

- Rapport d'**Évaluation Locale de Risque - ELR** (à établir par un bureau spécialisé) ;
- Formulaire ECA 43 ;
- Plan de mise à l'enquête.

2.6 Contexte géothermique

Selon le cadastre de géothermie basse température, la parcelle n° 630 se trouve en zone d'admissibilité des sondes géothermiques sous conditions.

Nous relevons également la présence de 8 sondes géothermiques d'une profondeur d'environ 200 m sur la parcelle n° 568.

2.7 Classes sismiques des sols de fondations

Les prescriptions relatives à la prise en compte des actions sismiques sont définies dans la norme SIA 261 « Actions sur les structures porteuses ». Le projet se trouve en zone d'aléa sismique Z1, avec une classe de sol de fondation MZS. Selon le microzonage sismique régional, le spectre spécifique à prendre en compte est le S11 (Annexe 3).

3. Évaluations préliminaires

3.1 Caractéristiques géologiques et géotechniques des terrains attendus

Les anciens sondages réalisés près du site d'étude (en particulier les sondages S105, S50 et S52) permettent d'estimer la qualité et l'épaisseur des terrains attendus dans la zone d'étude. Les principaux terrains sont du haut vers le bas :

- **Terre végétale** : Limon terreux brun foncé, épaisseur d'environ 0.3 m ;
- **Remblais (A)** : Caractéristiques et épaisseur variables, à préciser ;
- **Glaciolacustres (B)** :
 - **Dépôts lacustres** : Limon sableux ou sable propre parfois limoneux généralement lâche avec une épaisseur d'environ 2 m ;
 - **Dépôts périglaciaires** : Argile limoneuse de consistance généralement molle, épaisseur entre 0 et 3 m ;
- **Colluvions (C)** : Limon terreux, avec un peu de sable et de gravier, quelques pierres et blocs, consistance en générale moyenne, épaisseur entre 0 et 3 m ;
- **Moraine de fond rhodanienne (D)** : Limon argileux ou sableux, avec du gravier, des pierres et des blocs, localement plus graveleux et délavé, consistance en générale très ferme, épaisseur entre 0 et 10 m. Cette formation peut renfermer des intervalles **glaciolacustres** de moins bonne consistance et/ou des intervalles **fluvioglaciaires** peu cohésifs.
- **Molasse de l'Aquitainien (F)** : Grès gris et marno-grès majoritairement, dur, avec des intervalles de marnes plus tendres, localement friable et altéré au sommet sur une épaisseur de quelques mètres. Selon la géologie régionale, cette formation est attendue sur une épaisseur d'environ 700 m.

Tableau 2 : Fourchette indicative des propriétés géomécaniques sur la base des sondages environnants et nos connaissances locales.

| Terrain | C _{up} | C _{us} | N _{SPT} | Consistance /Compacité |
|---------------------------------|----------------------|-------------------|------------------|--------------------------------------|
| | kN/m ² | kN/m ² | (cps/30cm) | |
| Remblais (A) | 50 à 400 Variable | nm | nm | En général hétérogène |
| Glaciolacustres (B) | < 50 à 200 | 25 à 60 | 4 à 8 | Molle à moyenne |
| Colluvions (C) | 75 à 200 | nm | nm | Moyenne à ferme |
| Moraine de fond rhodanienne (D) | 150 à > 450 | 80 à > 250 | 15 à > 50 | Ferme à très dure |
| Molasse de l'Aquitainien (F) | > 450 | nm | nm | Tendre (marne, altéré) à dure (grès) |

Légende :

- C_{up}** : Résistance à la compression mesurée au pénétromètre de poche
C_{us} : Résistance au cisaillement mesurée au scissomètre de poche Géonor
N_{SPT} : Nombre de coups pour enfoncer la sonde SPT de 30cm
Nm : Non mesurable ou mesuré

La détermination exacte des paramètres géotechniques devra être faite sur base d'investigations géotechniques locales (phase SIA 31).

3.2 Évaluation de l'aptitude des terrains à la construction souterraine

Pour les terrassements, il faut se référer aux normes SN 640'581a à 583. Les matériaux à excaver sont des remblais (A), des terrains glaciolacustres (B), des colluvions (C) et de la moraine de fond rhodanienne (D), normalement exploitables à la pelle mécanique au sens de la norme VSS 40 575. La présence de gros blocs est à prendre en considération dans la moraine de fond (D), ainsi que des bancs de grès durs dans la Molasse (F) au Nord de la zone du projet. Ces éléments pourraient engendrer des difficultés de terrassement.

Les terrains superficiels de couverture tels que les remblais (A), les intercalations glaciolacustres (B) et les colluvions (C) présentent de faibles portances et sont en général peu propices pour accueillir des fondations superficielles.

À contrario, la moraine de fond (D) et la Molasse aquitanienne (F) saine présentent une meilleure portance. Ces formations représentent normalement une bonne assise de fondation. Ces formations devraient se situer à faible profondeur au Nord de la parcelle n° 630. En revanche, elles peuvent se trouver à plus de 5 m de profondeur au Sud.

La présence avérée d'eau dans le terrain pourrait engendrer localement des difficultés de terrassement et des instabilités des parois de fouille. À l'état définitif, l'eau peut induire des effets néfastes pour les parties enterrées du bâtiment.

3.3 Potentiel d'infiltration des eaux claires non polluées

Du fait que le terrain est probablement principalement constitué d'intercalations glaciolacustres (B), l'infiltration des eaux claires semble compromise dans ces formations qui présentent en général des conductivités hydrauliques inférieures à 1×10^{-6} m/s (faible perméabilité).

Toutefois, en cas de mise en évidence de lentilles fluvioglaciaires de meilleure perméabilité, une infiltration partielle (voire totale) des eaux claires pourrait être envisagée.

3.4 Évaluation du potentiel géothermique

Sur la base du contexte géologique, le potentiel géothermique du sous-sol pourrait être valorisé au moyen d'un champ de sondes géothermiques couplé à une pompe à chaleur (PAC) électrique.

D'une manière générale, si les besoins en chaud sont nettement supérieurs à ceux en froid, les sondes de profondeur supérieure ou égale à 300 m seront privilégiées.

Les sondes d'une profondeur supérieure à 500 m comprennent des risques (gaz notamment) et nécessitent des mesures techniques particulières d'équipement. À ce jour les retours d'expérience sont limités, du fait que peu de sondes profondes ont été réalisées au-delà de cette profondeur. Mentionnons encore la présence potentielle des marnes du Chattien dès environ 700 m de profondeur qui possèdent une moins bonne valeur de conductivité thermique.

D'une manière générale, les sondes géothermiques seront implantées selon la règle empirique préconisant un espacement entre sondes d'au moins 5% de leur profondeur pour éviter une influence entre elles. La possibilité d'intégration d'autres nouveaux bâtiments du quartier dans un réseau de chauffage en lien avec un champ de sonde de plus grande dimension pourrait être évaluée.

4. Recommandations constructives préliminaires

4.1 Terrassement et soutènement

L'étude géotechnique principale précisera la nature géologique et les caractéristiques des terrains au droit du site. Elle précisera la profondeur du toit du rocher et la dureté de la Molasse.

Le recours à un marteau hydraulique est à prévoir pour excaver les éventuels bancs de grès durs de la Molasse.

Pour la réalisation d'un sous-sol, la pente des talus libres pourra atteindre une inclinaison maximale de 2V:3H jusqu'à 3 m de profondeur dans les terrains meubles, sous réserve de la présence de matériaux cohésifs et d'absence d'eau. Pour des terrassements plus profonds des bermes intermédiaires sont à prévoir. Dans tous les cas, les talus provisoires seront protégés au moyen de bâches étanches.

Le talutage provisoire pourra atteindre des pentes de 5V:2H dans la Molasse jusqu'à une profondeur de 3 m dans cette formation.

Si ces conditions ne sont pas respectées ou en cas de talus de fouille de pente plus raide, des soutènements provisoires ou définitifs seront à envisager.

La pente des talus définitifs devra être évaluée lors de la phase 31 SIA, cela dépendra notamment de la présence d'eau.

Pour les terrassements il faudra veiller à ne pas déstabiliser la route ou les bâtiments attenants, où un risque de remobilisation des terrains est à prendre en considération. La stabilité par rapport aux contraintes locales (route, bâtiments, murs, conduites enterrées, etc.) devra également être évaluée.

4.2 Valorisation des matériaux

Les éventuels matériaux fluvioglaciaires sablo-graveleux pourraient être valorisés sur place dans le projet de construction par exemple au moyen d'une installation mobile de criblage pour obtenir de la grave GNT ou autre selon les caractéristiques des matériaux rencontrés.

Pour autant que les exigences de tassement soient faibles, les colluvions (C) et la moraine de fond (D), secs, pourraient être réutilisées pour les aménagements extérieurs, sans contrainte de portance particulière. Les blocs seront retirés, éventuellement valorisés sur place pour les aménagements extérieurs, de même en cas de présence de blocs de Molasse.

À contrario, il est déconseillé de réutiliser les dépôts glaciolacustres (B). Ces derniers devront être évacués. À ce sujet, la norme SN 640'585a fixe les exigences de compactage en fonction des types de sols.

D'une manière générale, nous recommandons d'optimiser le concept de gestion des terres d'excavation, en valorisant autant possible sur place les déblais des terrassements pour limiter l'évacuation par camions. Une réflexion en lien avec la réutilisation des matériaux sur site et l'intégration du projet et des aménagements extérieurs dans le contexte paysager du quartier nous paraît judicieux.

4.3 Pollution

La réalisation d'analyses de pollution in-situ et en laboratoire est nécessaire lors des investigations de l'étude principale en cas d'interception de remblais susceptibles d'être pollués.

En cas de détection de pollution liés à la présence probable de remblais au Sud, leur élimination respectera les bases légales et directives en la matière ; elle se fera vers des filières agréées selon l'OLED. Une estimation des plus-values de terrassement sera effectuée en fonction du degré de pollution déterminé.

Le cas échéant, un bureau spécialisé sera contacté pour suivre les terrassements et orienter les matériaux vers des filières admises.

4.4 Fondations

D'une manière générale, nous recommandons de fonder le futur bâtiment sur un fond de fouille homogène, soit sur une même formation pour éviter des tassements différentiels.

Pour la réalisation des fondations superficielles, nous recommandons a priori d'éviter de fonder le bâtiment sur les remblais (A) les dépôts glaciolacustres (B) de faible portance et les colluvions (C).

La moraine de fond (D) ou la Molasse de l'Aquitainien (F) saine représentent normalement une bonne assise pour des fondations superficielles de type radier/semelle. Toutefois, l'épaisseur variable de la couverture peu portante pourrait nécessiter la réalisation de surprofondeurs de fondation, potentiellement importantes vers le Sud. Les sondages qui seront réalisés dans l'étude géotechnique principale préciseront l'agencement géologique pour orienter le concept définitif de fondation. Le fond de fouille du bâtiment sera adapté en conséquence. La réalisation d'un 2^{ème} sous-sol pourrait éventuellement être envisagée.

Dans tous les cas, un contrôle du fond de fouille par un géotechnicien sera nécessaire au terme du terrassement, pour le contrôle du niveau de fondation. Dans le cas où des zones de mauvaise qualité devaient être mises à jour à la base des fondations, une purge locale devra être effectuée de manière à substituer les horizons défavorables (telles que des lentilles glaciolacustres) par des matériaux graveleux de meilleure qualité, soigneusement compactés, de sorte à rendre le fond de fouille homogène. Compte tenu de la sensibilité des terrains à l'eau, les fonds de fouille devront être rapidement protégés.

4.5 Gestion des eaux

4.5.1 En phase de chantier

Bien qu'aucune véritable nappe phréatique ne soit a priori présente au droit du site, des circulations d'eau sont à attendre sur le toit du rocher ou dans les lentilles fluvioglaciaires sablo-graveleuses. En cas de présence d'eau dans les sondages qui seront réalisés dans l'étude géotechnique principale, les niveaux d'eau seront mesurés régulièrement pour identifier d'éventuels conflits avec le projet.

L'eau collectée en phase de chantier sera évacuée dans la mesure possible de manière gravitaire. Si nécessaire, des surprofondeurs et des puisards installés en fond de fouille permettront d'évacuer les eaux non polluées dans le réseau communal d'eaux claires (EC), après décantation. Ces rejets dans le réseau EC sont soumis à l'autorisation préalable de la commune. Les mesures de drainages nécessaires seront précisées dans l'étude géotechnique principale.

Les rejets respecteront les exigences fixées dans les « Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines (OFEV, 2004) », notamment en rapport avec les laits de ciment et les divers additifs du béton qui peuvent provoquer de graves pollutions des eaux.

4.5.2 En phase d'exploitation

Les problématiques d'eau souterraine doivent être prises en considération dans les concepts constructifs. Deux solutions sont envisageables à l'état définitif en fonction des eaux présentes dans le terrain :

- Pose d'un **cuvelage étanche complet** des sous-sols au sens de la norme SIA 272 « Étanchéités et drainages d'ouvrages enterrés et souterrains ». Cette solution est recommandée en cas de présence d'eau régulière en lien avec des lentilles sablo-graveleuses.
- Pose d'un **drainage et d'une étanchéité améliorée** sous et contre le bâtiment, en cas de présence d'eau en faible quantité et peu régulière. Le cas échéant, nous recommandons de mettre en place une couche de grave (épaisseur d'au moins 20 cm) et des tuyaux de drainage en fond de fouille.

Concernant l'évacuation des eaux claires météoriques, des essais d'infiltrations d'eau seront réalisés in-situ lors de l'étude géotechnique principale afin de vérifier la faible perméabilité du terrain et pour mettre en évidence d'éventuelles lentilles plus perméables et potentiellement favorables à l'infiltration des eaux. Le projet favorisera autant que possible une infiltration diffuse dans le terrain des eaux météoriques, notamment celles provenant des aménagements extérieurs.

Si toutefois, les faibles valeurs de conductivité hydraulique se confirment, les possibilités de rétention des eaux de toiture, avec rejet au réseau communal d'eaux claires (EC) devront être étudiées. Les solutions de rétention privilégieront des bassins à ciel ouverts et espaces naturels si la surface disponible le permet. Ces concepts seront développés et dimensionnés au stade de l'avant-projet (phase SIA 31) en vue de la mise à l'enquête.

4.6 Géothermie

Nous préconisons d'établir une étude thermique du bâtiment au stade de l'avant-projet en précisant les besoins thermiques. Une analyse technico-financière des variantes de chauffage est recommandée.

Dans le cas où la valorisation de la chaleur du sous-sol est retenue, nous préconisons de réaliser l'exploitation thermique au moyen d'un champ de sondes géothermiques verticales.

Pour le dimensionnement du champ de sonde définitif, nous recommandons de procéder à une simulation d'exploitation au moyen du logiciel EED ou d'un autre logiciel équivalent.

La réalisation d'un test de réponse thermique « in-situ » sur une sonde pilote est fortement recommandé pour préciser les conditions thermiques locales et paramétrer les valeurs définitives à retenir dans la simulation.

Nous recommandons de ne pas implanter les sondes sous des bâtiments pour faciliter leur manutention future et pour éviter des circulations potentielles dans les espaces de vie de gaz provenant du terrain (en cas de scellement défectueux).

5. Programme de reconnaissances proposé

Nous recommandons de réaliser l'étude géotechnique principale entre le stade de l'avant-projet (phase SIA 31) et le projet d'ouvrage (phase SIA 32), avant la mise à l'enquête. Elle comprendra le programme d'investigations suivant pour qualifier les terrains.

Ce programme sera adapté et optimisé par le géologue/géotechnicien en fonction du projet et des conditions réellement rencontrées.

5.1 Sondages

- 6 sondages à la pelle mécanique d'une profondeur de 4 à 5 m, répartis sur l'ensemble de l'emprise du projet pour préciser la nature des formations géologiques ;
- 2 à 4 forages carottés d'une profondeur d'au moins 10 m jusqu'à l'interception de la Molasse (forer au moins 3 m dans le rocher en place), pour préciser la nature et les caractéristiques des formations géologiques. Le nombre de forages nécessaires sera défini sur la base des résultats des sondages à la pelle mécanique réalisés précédemment. Une partie des forages sera équipés d'un piézomètre 3 pouces pour la mesure des niveaux d'eau (nécessaire seulement si présence d'eau) ;

5.2 Essais in-situ

- Essais C_{up} au moyen d'un pénétromètre de poche et C_{us} au moyen d'un scissomètre de type Géonor sur les matériaux des sondages et carottes de forages pour préciser la consistance des terrains et les caractéristiques géotechniques ;
- Essais SPT dans les forages tous les 3 m environ ou plus en cas de terrain hétérogène pour préciser la consistance et la compacité des terrains, ainsi que les caractéristiques géotechniques ;
- Essais in-situ de pollution sur matériaux composite prélevés dans les éventuels remblais (analyse visuelle et olfactive) ;
- 2 essais d'infiltration d'eau dans les fouilles à la pelle mécanique selon la méthode Porchet modifiée pour déterminer la conductivité hydraulique des terrains et la faisabilité d'infiltration des eaux claires ;
- 2 essais d'infiltration d'eau dans les forages carottés selon Lefranc en cours d'avancement (en fond de forage) pour déterminer la conductivité hydraulique des terrains ;
- 10 essais Point Load Test (PLT) pour caractériser la dureté de la Molasse ;
- En cas de présence d'eau, mesure des niveaux d'eau dans les piézomètres et des principaux paramètres physico-chimiques (conductivité électrique, température, pH, oxygène dissous, etc.) pour caractériser les contraintes liées à la présence d'eau.

5.3 Essais en laboratoire

- 1 analyse granulométrique complète selon USCS pour caractériser les terrains à excaver et leur potentielle valorisation (effectuer l'échantillonnage par type de formations identifiées) ;
- En cas de découverte de remblais ou de terrain potentiellement pollués, prélèvement d'échantillons de terre pour analyses de pollution selon le programme OLED complet pour préciser la nature de la pollution et les filières d'évacuation (nombre d'essais à préciser selon type et emprise des remblais identifiés) ;
- En cas de présence d'eau, 1 analyse de l'agressivité de l'eau sur un échantillon prélevé dans un piézomètre pour préciser la classe de qualité du béton à retenir.

5.4 Géothermie

Nous préconisons de traiter les aspects géothermiques séparément de l'étude géotechnique. Les prestations recommandées sont les suivantes :

- Étude thermique du bâtiment et modélisation sur un logiciel type EED ou équivalent au stade de l'avant-projet (phase SIA 31) ;
- Réalisation d'une sonde géothermique pilote, avec 1 test de réponse thermique au stade du projet de l'ouvrage (phase SIA 32), afin de dimensionner correctement le champ de sondes. La sonde pilote pourra être intégrée au champ de sondes à l'état définitif.

6. Conclusions

Sur la base des données géologiques existantes dans les environs du futur projet, le terrain est composé près de la surface de dépôts glaciolacustres (B) et colluvions (C) aux qualités géotechniques variables, surmontant la moraine de fond rhodanienne (D) présentant de meilleures propriétés géotechniques. Des lentilles fluvioglaciaires sablo-graveleuses gorgées d'eau et/ou glaciolacustres de moins bonne portance sont localement présentes.

Des remblais sont potentiellement présents (A). Leur pollution, a priori peu probable, devra être évaluée.

Sous les dépôts meubles de couverture, la Molasse de l'Aquitainien (F) est présente.

Aucune nappe phréatique au sens strict n'est normalement présente au droit du site. Des circulations d'eau sont toutefois très probables dans d'éventuelles lentilles fluvioglaciaires ou à l'interface entre les terrains meubles et le rocher molassique.

D'ores et déjà, nous recommandons d'éviter de fonder le bâtiment sur les couches peu portantes présentes près de la surface. La moraine de fond (D) ainsi que la Molasse de l'Aquitainien (F) sont a priori de suffisamment bonne portance pour envisager des fondations superficielles de type radier/semelle. Toutefois, la profondeur variable des couches de meilleure portance pourrait nécessiter des surprofondeurs de fondations principalement en direction du Sud. Ce point sera précisé dans l'étude géotechnique principale, notamment pour définir la cote optimale du fond fouille du bâtiment.

Des reconnaissances par sondages à la pelle mécaniques et par forages carottés sont à priori nécessaires pour l'étude géotechnique principale que nous recommandons de réaliser au plus tard pour l'élaboration du projet de l'ouvrage (phase SIA 32). L'étude précisera les recommandations constructives en termes de terrassement, de pollution, de soutènement, de fondation, de valorisation des matériaux et de gestion des eaux.

En ce qui concerne l'exploitation de la chaleur du sous-sol, la variante la plus adaptée est celle d'un champ de sondes géothermiques. Si cette solution est retenue, des variantes de profondeur seront analysées au stade de l'avant-projet (Phase 31) lorsque les besoins en chaud et en froid auront été précisés et un concept énergétique retenu. Un couplage avec d'autres bâtiments pourrait être envisagé.

Pour les aspects thermiques du bâtiment et les aspects géothermiques, nous recommandons de mener une étude séparée de l'étude géotechnique.

La géologie et les recommandations du présent rapport sont basées sur les informations ponctuelles au droit des sondages existants dans les environs du futur projet. Il conviendra d'en vérifier le bien-fondé lors de l'étude géotechnique principale, puis pendant le chantier et de les adapter à la réalité si nécessaire. Il en va de même pour toute modification ultérieure du projet.

CSD INGENIEURS SA



Angelo Milani

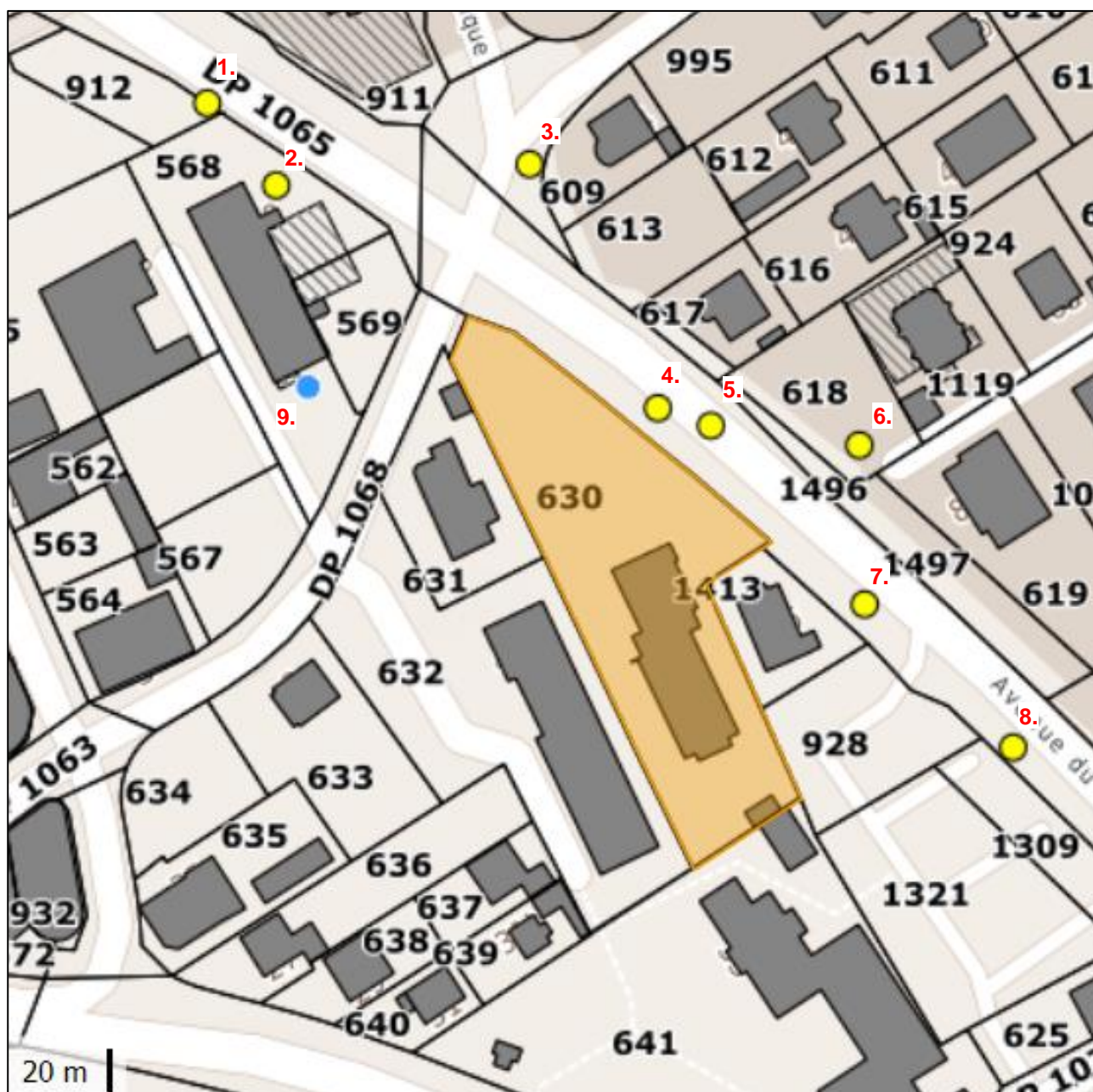
Frédéric Fournier

Lausanne, le 9 septembre 2019

<http://dialog/projets/VD07851.100/Lists/Documents/CSD/06 Documents de travail/Etude géotechnique préliminaire.docx>

Pour préserver l'environnement, CSD imprime ses documents sur du papier 100 % recyclé (ISO 14001).

ANNEXE A PLAN DE SITUATION DES SONDAGES EXISTANTS



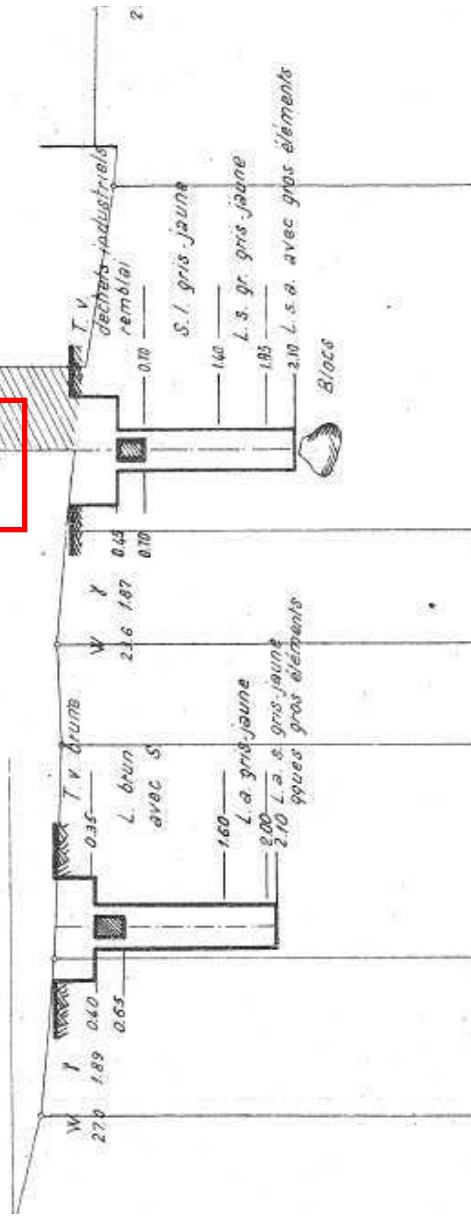
Légende sondages géologiques publics :

- Géothermique (pompe à chaleur)
- Géotechnique

N.B. : Les logs des sondages numérotés sont reportés en Annexe 2.

ANNEXE B LOGS DES PRINCIPAUX SONDAGES EXISTANTS

5.45



Immeuble D. Willi, rue de l'Avenir 15-17

Renens

Date d'exécution : 17.11.2009

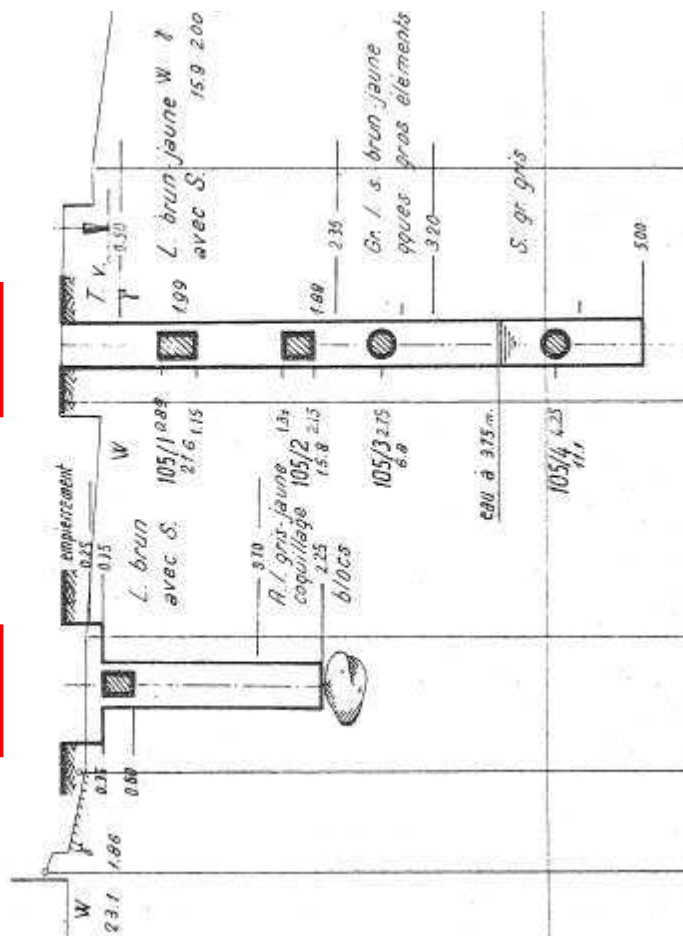
Altitude : ~ 419.00 m/mer Coordonnées : 534'409 / 154'448

ECHELLE 1/50

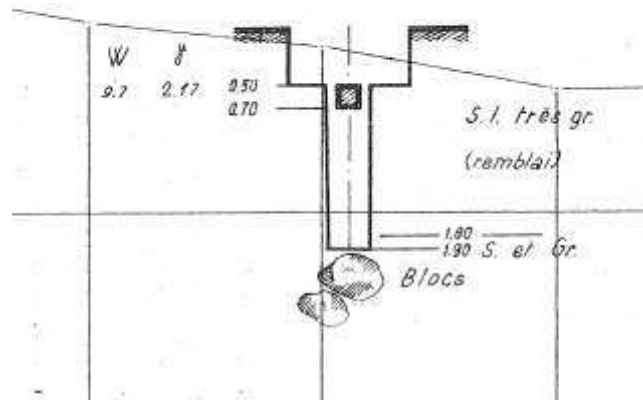
Levé par : AM

| Altitude Epais. | Prof. | Hydro. | PROFIL | USCS ou RQD | SPT | Qu (kpa) | Su (kpa) | w (%) | γ (kN/m ³) | DESCRIPTION LITHOLOGIQUE | GEOLOGIE |
|--------------------|------------------------------|--------|--------|-------------------|----------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------|-------------------------------|--|------------------|
| 2.30 | 0.00 0.25 1.55 | | | | | 200 50 75 40 50 | 80 60 80 40 40 | | | <p>Sable grossier et gravier fin, pulvérulent. Couleur gris-noir (présence de tâches noirâtres).</p> <p>Limon argileux peu finement sableux. Peu humide, plastique, cohérent, consistance ferme à très ferme. Couleur brun.</p> <p>Limon sableux avec gravier fin à grossier et cailloux. Cohésif, consistance ferme, peu humide, couleur brun un peu bariolé.</p> | Remblai |
| 3.60 | 2.30 4.00 | | | | 11 19 27 | | | | | <p>Sable propre moyen à fin, avec quelques gravier grossier. Sec, pulvérulent, compacité compact. Couleur brun beige.</p> <p>Sable propre fin à moyen, humide, pulvérulent. Couleur brun-beige.</p> | Dépôts lacustres |
| 1.65 | 5.90 6.90 | | | | 3 4 4 | 75 25 30 100 | 30 25 30 10 | | | <p>Argile limoneuse, peu humide à humide, consistance molle à ferme, couleur brun gris.</p> <p>Limon sableux (moyen) avec argile et peu de graviers fins. Consistance très molle à ferme, couleur brun.</p> | Périglacière |
| 1.65 | 7.55 8.00 | | | | | | | | | <p>Sable fin à grossier avec quelques rares gravier fin et peu de limon. Humide, couleur brun.</p> <p>Gravier fin et sable grossier saturé avec enrobage limono-argileux. Compacité lâche, couleur brun.</p> | Moraine altérée |
| 0.80 | 9.20 | | | | 2 3 3 | 125 | | | | <p>Limon sableux peu argileux cohésif avec gravier grossier et cailloux fin. Consistance très ferme, couleur gris.</p> | Moraine |
| | 10.00 | | | | | | | | | Hydrogéologie: 8.0 m le 17.11.2009 | |

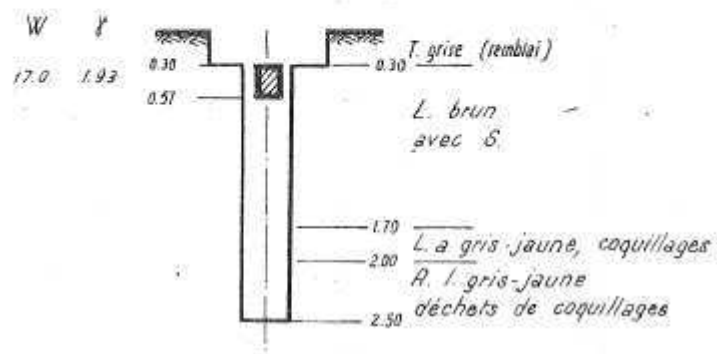
S.105



S.32



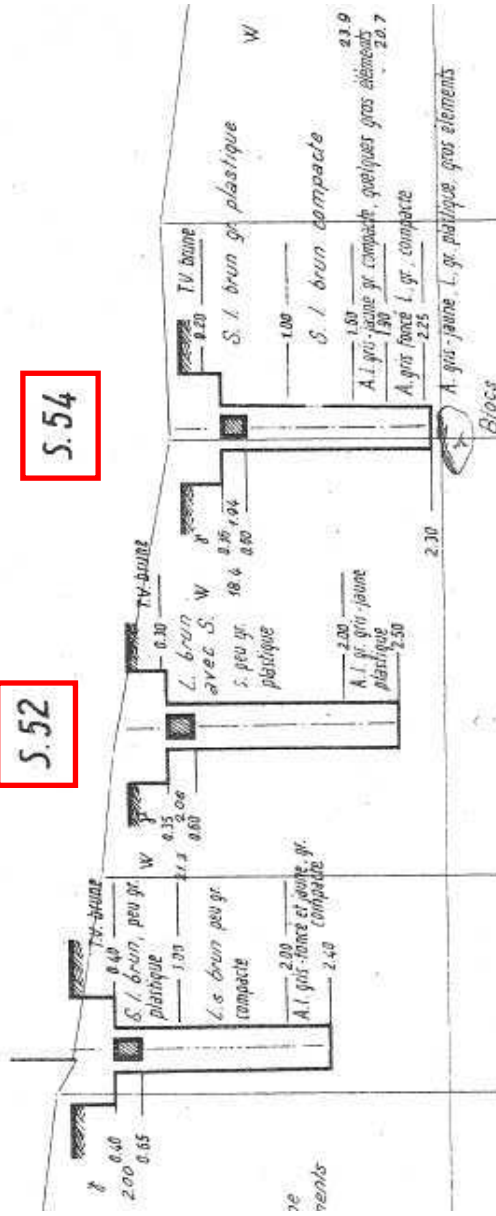
S.50



S.51

S.52

S.54



Lever géologique - Forage destructif
Geologische Aufnahme - Destruktivbohrung

1:250

Commune: Renens

Gemeinde:

Coordonnées: 534'415 / 154'410

Altitude: 410 m

Propriétaire: D. Willi

N°: 5591-1

Koordinaten:

Höhe:

Eigentümer:

Nr.:

| Prof. Tiefe | Profil Profil | Lithologie Lithologie | Géologie Geologie | Hydro Hydro | Divers Verschiedenes |
|----------------|------------------|--------------------------------|---|----------------|-------------------------|
| m | o | | | | |
| 2 | o | | | | |
| 4 | o | | | | |
| 6 | o | | | | |
| 8 | o | | | | |
| 10 | o | limon argileux avec du gravier | moraine | | |
| 12 | o | | | | |
| 14 | o | | | | |
| 16 | o | | | | |
| 18 | o | | | | |
| 20 | o | | | | |
| 22 | ~ | | | | |
| 24 | ~ | | | | |
| 26 | ~ | | | | |
| 28 | ~ | | | | |
| 30 | ~ | | | | |
| 32 | ~ | | | | |
| 34 | ~ | | | | |
| 36 | ~ | | | | |
| 38 | ~ | marne, ocre, grise, lie-de-vin | Molasse d'eau douce inférieure MDI | | |
| 40 | ~ | | | | |
| 42 | ~ | | | | |
| 44 | ~ | | | | |
| 46 | ~ | | | | |
| 48 | ~ | | | | |
| 50 | ~ | | | | |
| 52 | ~ | | | | |
| 54 | ~ | | | | |
| 198 | ~ | | | | |
| 200 | ~ | 200 m: fin du forage | | | |

Visa géologue: BM

Date: 06.10.2011

Réf: 03.02.2011

ANNEXE C MICROZONAGE SISMIQUE RÉGIONAL

Carte de microzonage sismique spectral de la région Lausanne

Les expressions analytiques des spectres issus de la présente étude comportent parfois jusqu'à 4 chiffres après la virgule. Ces chiffres après la virgule n'ont aucune signification physique de précision et ne servent qu'à assurer un raccord correct entre les différentes branches des spectres.

Pour l'ensemble de la zone teintée en vert, ci-contre, il est recommandé d'utiliser ce spectre à la place de ceux de la norme SIA 261, paragraphe 16.2.3.1, pour le contrôle ou le dimensionnement sismique des structures. Le spectre inélastique peut être calculé en analogie avec les formules du paragraphe 16.2.4.1 de la norme SIA 261. En particulier, pour les bâtiments neufs, l'accélération spectrale minimale de dimensionnement, $0.1 \cdot \gamma \cdot a_{gd}/g$, doit être respectée.

Spectre spécifique S11 :

| | | |
|--|----------------------------|------------------|
| $0.0 \text{ s} \leq T < 0.1 \text{ s}$ | $S_e = 1.2 + 19.4 \cdot T$ | $[\text{m/s}^2]$ |
| $0.1 \text{ s} \leq T \leq 0.63 \text{ s}$ | $S_e = 3.14$ | $[\text{m/s}^2]$ |
| $T \geq 0.63 \text{ s}$ | $S_e = 1.25 / T^2$ | $[\text{m/s}^2]$ |

Lausanne - Spectre S11

