



Rapport technique

SAGENORD SA

PARCELLE 81, COMMUNE DE CHAMBLON (VD)

Projet de construction d'une nouvelle station de traitement de la source du Cossaux



Rapport géologique/géotechnique

21MFRY061 - Version 002 du 20.05.2022 JCJ/IP/RP

GÉOLOGIE

GÉOTECHNIQUE

EAUX SOUTERRAINES

ENVIRONNEMENT

GÉOTHERMIE

TABLE DES MATIÈRES

1.	OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	4
2.	CONTEXTE	4
2.1	Contexte général	4
2.2	Géologie	5
2.3	Hydrogéologie	6
2.4	Synthèse des paramètres environnementaux	6
3.	RÉSULTATS DES RECONNAISSANCES	7
3.1	Synthèse des reconnaissances réalisées	7
3.2	Géologie	7
3.3	Essais géotechniques in situ	8
3.4	Hydrogéologie	8
4.	INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS	9
4.1	Modèle géologique - géotechnique - hydrogéologique	9
4.2	Paramètres géomécaniques	9
5.	RECOMMANDATIONS CONSTRUCTIVES	10
5.1	Terrassements	10
5.1.1	Excavations	10
5.2	Stabilité des excavations	11
5.2.1	Partie Sud, colline de Chamblon	11
5.2.2	Partie Nord, plaine d'Yverdon	11
5.3	Fondations	12
5.4	Gestion des eaux	13
5.4.1	En phase chantier	13
5.4.2	A l'état de service	13
5.5	Contrôles et surveillance	13
5.5.1	Constructions voisines	13
5.5.2	Source du Cossaux	13
6.	CONCLUSION	14
7.	ANNEXES	15

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Situation générale du projet	4
Figure 2 : Photographie du bâtiment actuel	5
Figure 3 : Extrait de la carte géologique d'Yverdon-les-Bains au 1/25'000	6
Figure 4 : Schéma positionnement de la nouvelle station de traitement par rapport au bâtiment actuel ..	10
Figure 5 : renforcement à l'amont du mur existant conservé	11
Figure 6 : renforcement à l'amont du mur existant conservé	12

TABLE DES RÉFÉRENCES

- [1] MFR GÉOLOGIE-GÉOTECHNIQUE SA (2022) : 21MFRY061. Rapport hydrogéologique - Suivi environnemental en phase de réalisation (SER)
- [2] FCM-LAB, Michel Pronk (2021) : Colline de Pipechet & Mont de Chamblon, contexte géologique
- [3] CSD (2006) : Source du Cossaux et du Moulinet, recaptage des sources du Cossaux, modification du dimensionnement des zones de protection

Auteurs :

Jean-Charles Jacmaire
Irène Pontarlier
Roland Paupe

Géologue
Ingénieure Géotechnicienne
Ingénieur Civil-Géotechnicien

Dipl. Université de Franche-Comté et de Lorraine
Dipl. Polytech'Grenoble
Dipl. ETS/HES

1. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

La présente étude géologique-géotechnique fait suite au mandat confié à notre bureau le 13.07.2021 par SAGENORD, dans le cadre de la construction d'une nouvelle station de traitement à la source du Cossaux.

L'étude d'avant-projet du bureau RWB Vaud SA prévoit la construction du nouveau bâtiment de traitement en lieu et place du bâtiment existant. A l'heure actuelle, il s'agit d'un bâtiment d'une hauteur de 7 m, dont l'emprise au sol est d'environ 8.50 m x 20 m. Le niveau fini du radier se situe à 434 m.s.m.

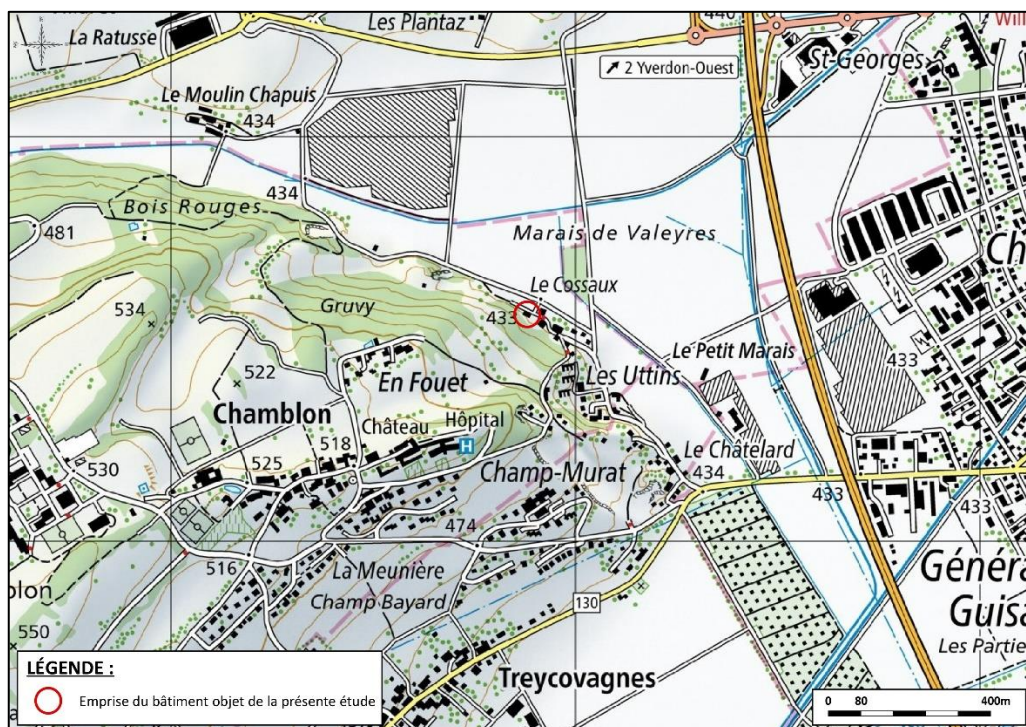
Les objectifs de cette étude sont :

- De caractériser la géologie du sous-sol ;
- D'évaluer les risques géotechniques pour ce projet liés à la géologie locale ;
- De définir des recommandations de soutènement et de terrassement en phase chantier ;
- D'établir des recommandations constructives, notamment vis-à-vis des fondations, afin de limiter les risques liés à l'ouvrage.

2. CONTEXTE

2.1 CONTEXTE GÉNÉRAL

Le site d'étude se trouve dans la commune de Chamblon (Canton de Vaud) au pied du mont de Chamblon, sur la parcelle n°81.



Le bâtiment existant possède trois niveaux dont un niveau de sous-sol (-1.60m sous niveau du rez-de-chaussée). L'emprise en plan du bâtiment est d'environ 18.90 m de longueur sur 11.70 m dans sa plus grande largeur. Il a été construit entre 1899 et 1903 d'après la consultation des anciennes cartes nationales. Ce dernier sera démoli pour laisser place à une nouvelle installation de traitement des eaux.



Figure 2 : Photographie du bâtiment actuel

2.2 GÉOLOGIE

D'après l'extrait de la carte géologique d'Yverdon-les-Bains au 1/25'000 (carte 1203, Figure 3), le secteur d'étude se situe au pied du versant Nord de la colline de Chamblon, à la jonction entre la plaine du Bey et les marais de Valeyres.

Au droit du site d'étude, soit au bâtiment de traitement existant, la succession lithologique attendue devrait être la suivante :

- Remblais d'épaisseurs inconnues ;
- Terrains quaternaires (avec des dépôts palustres tourbeux des marais de Valeyres et/ou des moraines) d'épaisseurs plus ou moins importantes ;
- Toit de l'horizon rocheux calcaires des formations du Crétacé.

D'un point de vue géostructural, le secteur correspond à un plissement du soubassement rocheux (anticlinal) formé par des calcaires et marnes du Crétacé inférieur. Cette structure est découpée par une zone faillée avec notamment une faille majeure (faille inverse du mont de Chamblon) associée à une faille verticale. Avec la poussée alpine, l'anticlinale s'est brisé sur son flanc nord-est induisant un chevauchement des couches de la partie sud sur les couches de la partie nord. Ce phénomène a induit un affaissement de plusieurs centaines de mètres de sa partie nord (plaine de Bey). La dépression a ensuite été comblée par des dépôts meubles au cours du quaternaire.

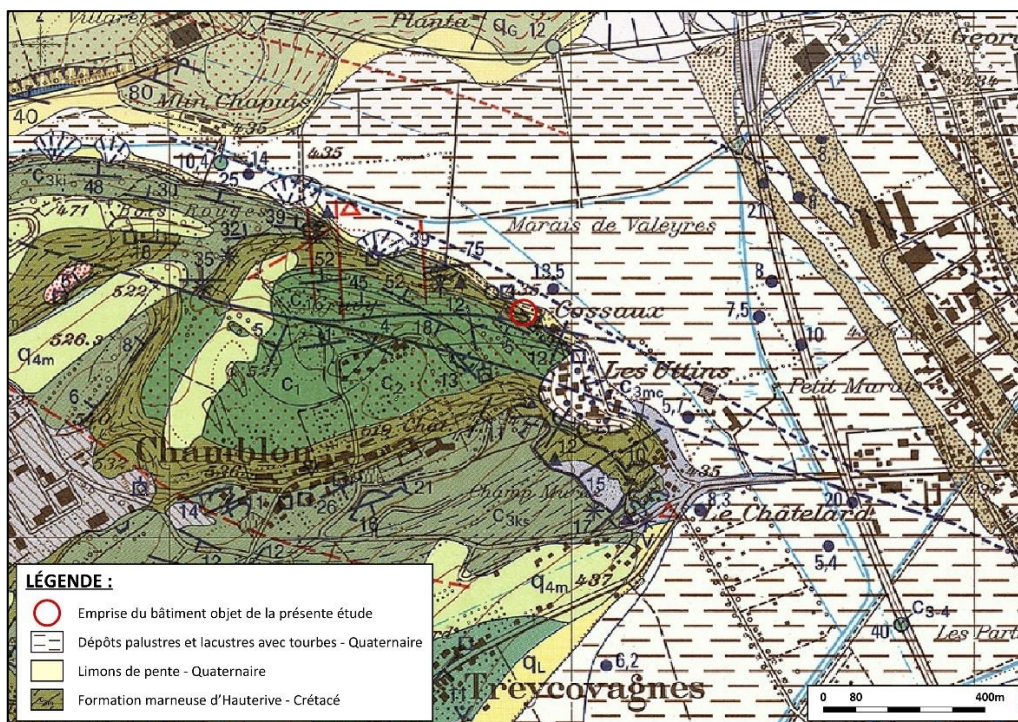


Figure 3 : Extrait de la carte géologique d'Yverdon-les-Bains au 1/25'000

2.3 HYDROGÉOLOGIE

Un aquifère régional est formé par les roches calcaires de la base du Crétacé (Valanginien et Berrisien). La faille inverse de Chamblon met en contact ces calcaires avec les marnes imperméables, celle-ci très redressées forment un barrage à l'écoulement des eaux souterraines et donne lieu à l'émergence de sources dont la zone sourcière du Cossaux. Son fonctionnement, typique d'un système karstique [2], est caractérisé par une recharge depuis la perte de la Feurtille, avec une contribution d'eaux sub-thermales.

Le bâtiment actuel est positionné sur un secteur Au de protection des eaux souterraines. D'après les Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines de l'OFEFP 2004, dans ce secteur, les travaux engagés dans le cadre du présent projet ne nécessitent pas de demande d'autorisation au sens de l'article 32 OEaux. Cependant, en raison de sa proximité immédiate avec le captage du Cossaux, un suivi hydrogéologique a été demandé par la DGE (M Tomson mail du 27.10.2021) pour obtenir l'autorisation d'effectuer les forages.

2.4 SYNTHÈSE DES PARAMÈTRES ENVIRONNEMENTAUX

Les différents paramètres environnementaux du site sont les suivants :

- Le site est placé en secteur Au de protection des eaux souterraines ;
- Selon la carte des dangers du canton de Vaud, le projet est situé dans une zone de danger dit « résiduel et imprévisible » aux phénomènes d'effondrements sur rocher karstifiable ;
- Le site est situé en zone d'aléa sismique 2, un spectre spécifique de réponse sismique S2 a été élaboré dans le cadre du microzonage sismique spectral de la région d'Yverdon ;
- Il n'est pas inscrit au cadastre des sites pollués ;
- La probabilité de dépassement de la valeur de référence de 300 Bq/m³ dans les bâtiments est de 9% d'après la carte du radon de l'OFSP (Office Fédéral de la Santé Publique). Indice de confiance : moyen.

3. RÉSULTATS DES RECONNAISSANCES

3.1 SYNTHÈSE DES RECONNAISSANCES RÉALISÉES

Les sondages réalisés dans le cadre de cette étude sont localisés sur le plan constituant l'**Annexe n°1** de ce rapport.

Ces sondages ont été positionnés en fonction du bâtiment existant et des réseaux souterrains.

La campagne de reconnaissance comprend 2 forages carottés, nommés CHM1 et CHM2, menés jusqu'à des profondeurs respectives de 8.80 et 8.40m (voir **Annexes 2.1 et 2.2**). Ils ont été exécutés entre le 11 et le 14 janvier 2022 par l'entreprise Fortini SA. Le forage CHM2 a été réalisé avec une inclinaison de 20° par rapport à l'axe vertical.

Les tronçons de carottes recueillis ont fait l'objet d'une étude minutieuse des variations lithologiques en profondeur. Des essais dits SPT « Standard Penetration Test » (uniquement au droit du forage CHM1) ont également été menés en cours de foration de façon à obtenir des valeurs de résistance de pointe. Aucun essai SPT n'a été réalisé au droit du forage CHM2 à cause de l'inclinaison de ce dernier. Des essais au pénétromètre de poche ont été exécutés sur les carottes de forage.

Les planches photographiques sont également présentées en **Annexe 3**.

Les forages carottés ont permis d'identifier l'interface entre les matériaux dits meubles et le rocher calcaire sain (toit du rocher).

Aucun essai en laboratoire n'a été exécuté.

3.2 GÉOLOGIE

Tous les sondages réalisés ont atteint le toit du rocher représenté par des calcaires de l'horizon géologique de l'Urgonien jaune. Les terrains mis à jour sont les suivants :

- **Remblais (CHM2) :** il n'y a pas eu de reconnaissance de matériaux de remblais à proprement parlé. Lesdits remblais identifiés au forage CHM2 correspondent au mur en moellons calcaires puis à la dalle du bâtiment.
- **Dépôts palustres (CHM1 et CHM2) :** identifiés sur une épaisseur comprise entre 0.60m au CHM1 et 0.80m au CHM2, ils sont représentés par des limons organiques avec présence de quelques éléments graveleux et de tourbe en faible proportion (uniquement au CHM2). Ces formations récentes post-glaciaires (Quaternaire) sont associées aux marais de Valeyres et peuvent atteindre plusieurs mètres d'épaisseur. Le site d'étude est positionné à la bordure de ce marais. L'épaisseur de ces dépôts y est donc réduite.
- **Moraine de fond rhodannienne (CHM1 et CHM2) :** sur une épaisseur comprise entre 1.10 à 4.30m sous les dépôts palustres. Elle est représentée par des graviers et blocs subarrondis d'origine alpine, dans une matrice argileuse ou argilo-limoneuse. Ces dépôts morainiques ont été déposés par le glacier au cours du dernier maximum glaciaire (Würm) et possèdent des indices de compacités élevés.
- **Rocher calcaire - Urgonien jaune (CHM1 et CHM2) :** le rocher calcaire sain a été rencontré au droit des deux forages CHM1 et CHM2, à des profondeurs respectives de 5.00m et 3.60m. Il s'agit d'une calcarénite pseudo oolithique et de calcaires glauconieux. Elle montre sur certains plans de

faille de la calcite recristallisée avec une cristallisation de pyrite idiomorphe. Ce massif rocheux est attribué au faciès dit de « Russille » de la formation de l'Urgonien jaune (Barrémien inférieur).

Lors des travaux de forage, la description du rocher ne correspondait pas aux lithologies aquifères attendues (Marnes de Hauterive, Pierre jaune de Neuchâtel), c'est pourquoi, afin d'écarter l'hypothèse d'un bloc erratique alpin pouvant atteindre des dimensions conséquentes dans les moraines de la plaine yverdonnoise, une passe de foration supplémentaire a été nécessaire.

3.3 ESSAIS GÉOTECHNIQUES IN SITU

Le tableau suivant synthétise les résultats des essais in situ réalisés dans les forages :

Formation géologique	SPT (nb coups / 30 cm)	Q _{up} (kPa)		Consistance / Compacité / Dureté
		Min - Max	Xk ⁽¹⁾	
Dépôts palustres	-	30 - 50	40	Molle
Moraine de fond rhodanienne	30 à >50	200 - 700	500	Compact à très compact
Rocher calcaire	-	Non mesurable	-	Très dur

(1) Valeurs caractéristiques selon définition de la norme SIA267

3.4 HYDROGÉOLOGIE

Au droit du forage vertical CHM1, un niveau d'eau dit « stable », mesuré le lendemain de la fin du forage, a été retenu à 2.45 mètres de profondeur, soit à une altitude ~ 433.85 m.s.m.

Pour des raisons de protection des eaux souterraines, ce forage a été rebouché avant le repli de la foreuse et sécurisé avec un bouchon d'argile de 2.00 m.

Pour le forage incliné à 20° par rapport à l'axe vertical (CHM2), aucun niveau d'eau n'a été clairement mesuré mais les matériaux morainiques rencontrés entre 2.50 et 3.60 m de profondeur sont très humides.

4. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

4.1 MODÈLE GÉOLOGIQUE - GÉOTECHNIQUE - HYDROGÉOLOGIQUE

Les coupes géologiques interprétatives sont présentées en **Annexe 4.1 et 4.2**. Les limites lithologiques en présence sur le versant Nord de la colline de Chamblon y sont représentées.

La nouvelle station de traitement se trouve au Nord de la faille dite du Cossaux, telle qu'indiquée sur la coupe 4.2 en annexe. Les forages carottés effectués ont mis en évidence les formations rocheuses de « l'Urgonien jaune ». Les terrains de couverture quaternaire sont constitués par la moraine surmontée par les dépôts palustres de plaine.

Le niveau d'eau repéré lors des investigations (CHM1) se situe à 433.85 m.s.m. dans les formations quaternaires de la plaine. Cependant, des traces d'hydromorphisme identifiées sur ce même forage, nous laisse dire que le niveau maximal potentiel à 434.70 m.s.m.

Le niveau dans l'aquifère du Cossaux (calcaire du Berrasien / Valanginien) n'a pas été suivi dans le cadre de la présente étude hydrogéologique. D'après les données de Sagenord, l'exutoire des huit forages alimentant la source est situé à une altitude de 437.10 m.s.m. [3].

Les deux niveaux sont séparés par l'écran aquiclude composé par les couches marneuses.

4.2 PARAMÈTRES GÉOMÉCANIQUES

Le tableau suivant indique les paramètres géotechniques estimées sur la base des essais in situ et de nos expériences dans ce type de terrains :

Formation géologique	Cohésion c' [kPa]	Angle de frottement ϕ' [°]	Poids volumique γ [kN/m ³]	Résistance à la compression simple σ_c [MPa]	Module M_E [MPa]
Dépôts palustres	5 - 10	15 - 25	12 - 18	-	10 – 20
Moraine de fond rhodanienne	5 - 20	32 - 40	21 - 23	-	50 – 120
Rocher calcaire (Urgonien)	-	-	25 - 27	60-110	40'000

Les valeurs de cohésion et d'angle de frottement des matériaux sont déterminées à partir des données de la norme VSS SN670 010b pour les classes USCS, ainsi que des valeurs d'expériences pour des terrains similaires.

Les valeurs de portance et de déformabilité sont déterminées par corrélation à partir des résultats des essais in situ.

5. RECOMMANDATIONS CONSTRUCTIVES

Les paragraphes suivants fournissent une analyse de la situation du projet de la nouvelle station de traitement par rapport à l'ancien bâtiment, ainsi que nos recommandations pour l'exécution des travaux.

La nouvelle station de traitement du Cossaux est prévue à l'emplacement de l'usine actuelle. Le niveau fini du radier est à la cote 434 m.s.m, soit ~ 0.50 m sous le niveau du radier actuel. Le schéma ci-dessous représente les murs existants qui seront conservés dans le cadre de la réalisation de la nouvelle station de traitement.



Figure 4 : Schéma positionnement de la nouvelle station de traitement par rapport au bâtiment actuel

Pour minimiser les travaux au Sud du projet, en limite de secteur de protection des eaux S1 et S2, La partie enterrée du mur existant arrière de l'ancien bâtiment sera conservée. Du côté de la plaine, le nouveau bâtiment pourra déborder de l'emprise de l'ancien, puisque la limite de la parcelle 81 se situe le long du chemin DP26 (voir annexe 4.2).

Dans le sens SE / NW, il est prévu de conserver l'accès au réservoir (bâtiment 256) tel qu'il est (conduites en services), en gardant le mur de l'ancien bâtiment. Par conséquent, la nouvelle station débordera du bâtiment actuel du côté Nord-Ouest. A noter que le bâtiment B16 se situe à environ 9 m du bâtiment existant.

5.1 TERRASSEMENTS

5.1.1 Excavations

Des terrassements de faible volume sont à prévoir dans le cadre du projet ; le nouveau radier étant situé à ~0.50 m sous le niveau de l'existant. Des surprofondeurs de 1.50 m maximum seront réalisées pour les fosses d'eaux usées.

Les sols rencontrés lors des terrassements seront très hétérogènes :

- au Sud-Ouest : la présence de calcaires jaunes de l'Urgonien nécessitera l'emploi d'un brise roche hydraulique ;
- au Nord-Est : les excavations se feront dans la moraine de fond et les dépôts palustres ; il ne devrait pas y avoir de difficultés particulières pour les terrassements dans ces horizons au moyen

d'engins de terrassement puissants, mais la présence de blocs décimétrique pourra nécessiter l'emploi d'un brise roche hydraulique.

Il est important que les déblais de démolition soient correctement triés et évacués avant le démarrage du terrassement proprement dit pour éviter de les mélanger avec le sol en place. Le sondage CHM2 a mis en évidence des limons organiques avec la présence de tourbe en faible proportion (~ 10 %). Ces matériaux terreux et pierreux non pollués pourront être évacués en décharge de type A.

5.2 STABILITÉ DES EXCAVATIONS

5.2.1 Partie Sud, colline de Chamblon

Compte-tenu du carottage CHM2 réalisé dans le mur en moellons du bâtiment, nous pensons qu'il sera possible de le conserver, en prévoyant des renforcements avec une miniberlinoise située à l'arrière du mur existant pour diminuer la poussée sur le mur et éviter la mise en place de butons obliques (clouage du mur impossible car zones de protection des eaux S1 et S2). Les forages verticaux seront remplis uniquement avec du sable ou gravillons, sans ciment.

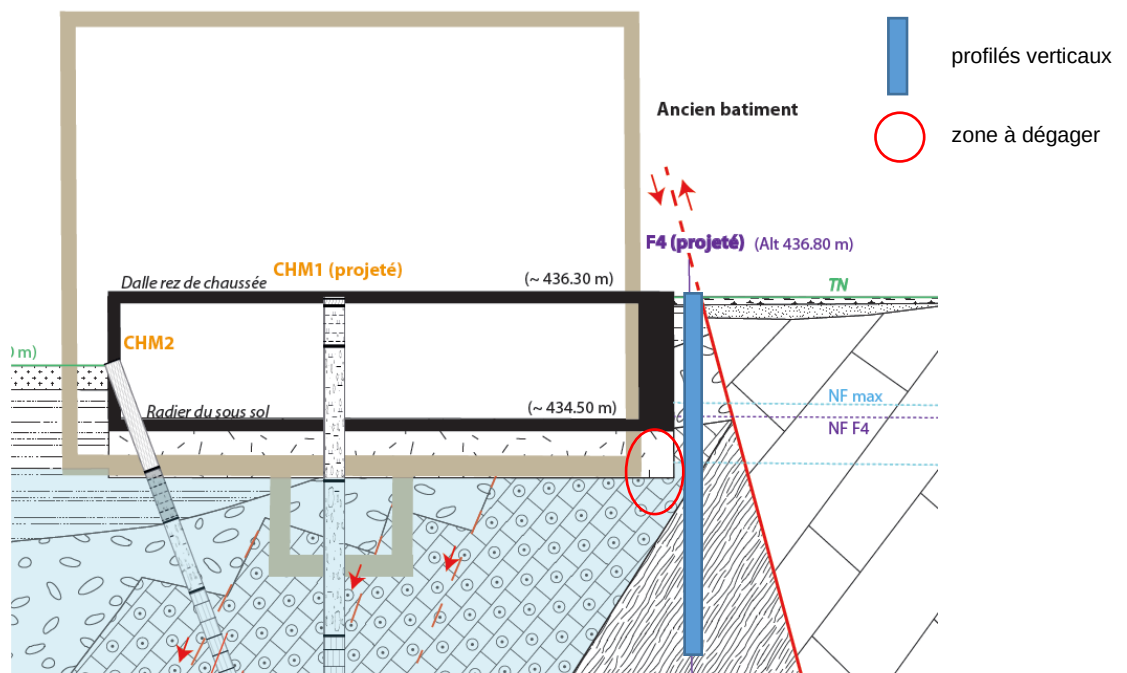


Figure 5 : renforcement à l'amont du mur existant conservé

Sous les murs existants, il s'agit de terrasser 0.50 m sous le niveau du radier actuel. Le terrassement mettra à jour soit les fondations du mur existant, soit le calcaire. Il ne devrait pas y avoir besoin de recourir à un renforcement continu par reprise en sous-œuvre. Cependant, localement il pourrait être nécessaire de procéder à un bétonnage en fonction de l'altération du calcaire.

5.2.2 Partie Nord, plaine d'Yverdon

Du côté de la plaine d'Yverdon, nous recommandons de réaliser les travaux en période de basses eaux pour éviter la réalisation d'une enceinte de palplanches. La pente des talus provisoires admissible est estimée à 2V / 3H dans les dépôts palustres en absence d'eau. Le niveau rencontré pendant la campagne de reconnaissance à 433.85 m.s.m peut être pris comme niveau de référence pour les travaux. Le niveau situé à 434.70 m.s.m (CHM1) a été déterminé à partir des traces d'hydromorphie dans le sondage carotté (niveau maximal potentiel).

Si des venues d'eau trop importantes sont rencontrées en phase de terrassement au travers les lentilles tourbeuses, un rideau de palplanches léger pourrait toutefois être mis en œuvre du côté de la plaine ainsi que sur le côté Nord-Ouest. Les moraines semblent très compactes et suffisamment argileuses pour avoir une perméabilité faible. Les palplanches seraient vibrofoncées au travers les dépôts palustres de consistance molle et ancrées dans la moraine. L'épaisseur de moraine reste faible et la fiche pourrait être insuffisante pour réaliser un soutènement autostable. Nous conseillons donc de battre les palplanches à l'arrière du terrassement pour mobiliser la butée des terres devant le rideau. La hauteur à soutenir par le rideau de palplanche est relativement faible ~ 1.30 m (niveau de la route actuelle : 435.30 m.s.m).

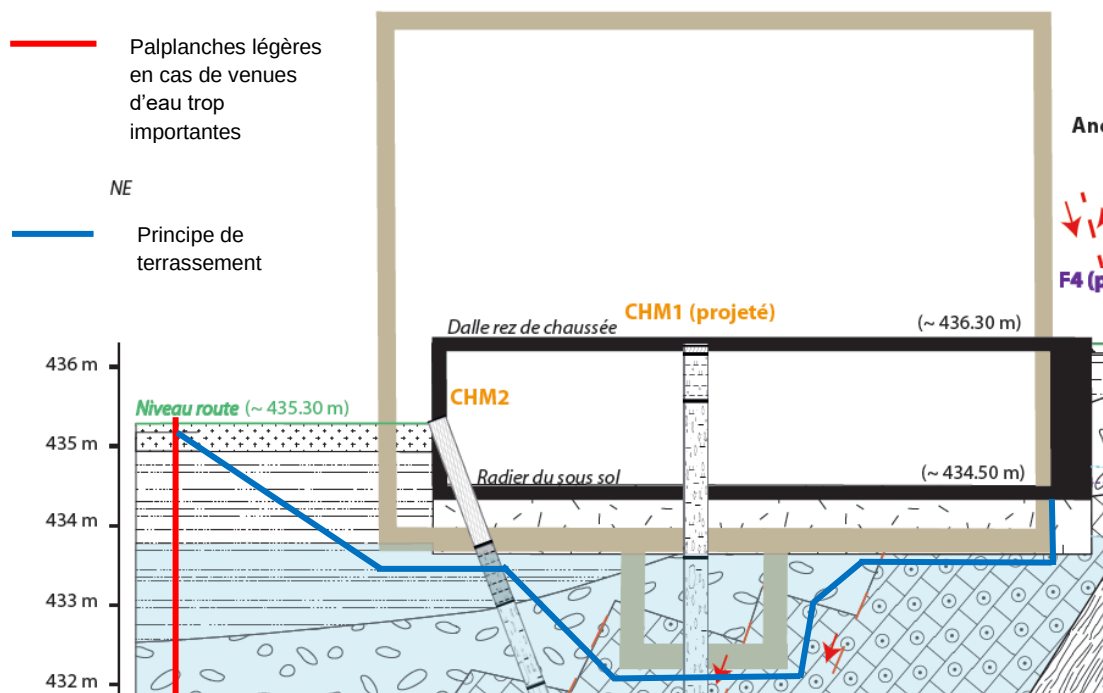


Figure 6 : renforcement à l'amont du mur existant conservé

En surface, les dépôts palustres ne sont pas propices à la circulation des engins de chantier. La construction de pistes de chantier sera donc nécessaire.

Pour les fosses d'eau usées nous recommandons l'utilisation de chambres préfabriquées permettant une exécution rapide sous le niveau de l'eau.

5.3 FONDATIONS

Selon la coupe géologique 4.2, les conditions de fondation seront hétérogènes. Au Sud-Ouest le bâtiment s'appuiera sur le calcaire, tandis que du côté de la plaine des dépôts palustres se situeront sous le niveau de fondation, avec un risque de comportement différentiel important.

Un radier général devra être réalisé. Le contrôle du fond de fouille par un géologue-géotechnicien permettra de déterminer les zones de terrains meubles où des puits de fondation devront être permettre d'atteindre la moraine de fond ou le rocher calcaire. Une attention particulière devra être apportée à leur réalisation vis-à-vis de la protection des eaux souterraines (puits coffrés, natte étanche...).

Le fond de fouille sera réglé avec de la chaille sur une épaisseur moyenne de 20 cm pour niveler les irrégularités du terrassement et éviter des points durs sous les fondations.

5.4 GESTION DES EAUX

5.4.1 En phase chantier

Lors de la campagne de reconnaissance le niveau d'eau stagnait à 433.85 m.s.m, nous proposons de prendre ce niveau comme niveau de référence moyen pour le chantier. La perméabilité des sols est suffisamment faible pour permettre un rabattement de l'eau dans la fouille au moyen de puisards et de pompes. Dans le cas où les volumes d'eau seraient trop importants un rideau d'étanchéité pourrait être mis en place (voir 5.2.2).

5.4.2 A l'état de service

Il est nécessaire de prévoir des mesures de drainage de l'ouvrage pour récolter les circulations d'eau. Ces mesures pourraient être les suivantes :

- Remblayage de l'ouvrage avec des matériaux drainants afin de récolter les circulations d'eau ;
- Réalisation de tranchées de récolte en fond de fouille pour l'évacuation des eaux de circulation ;
- Mise en œuvre d'un matelas drainant en fond de fouille sous le radier. Cette mesure permettra également de limiter l'altération des matériaux du fond de fouille sous l'effet des intempéries et des eaux de ruissellement.

Selon le modèle hydrogéologique établi, un niveau maximal de la nappe phréatique de la plaine a été identifié à 434.70 m.s.m, soit 0.70 m plus haut que la cote du radier de la future station de traitement.

5.5 CONTRÔLES ET SURVEILLANCE

5.5.1 Constructions voisines

Les terrassements au brise roche hydraulique et le battage des palplanches sont susceptibles de générer des vibrations au droit des bâtiments existants voisins. Des constats avant travaux des constructions voisines devraient être prévus. Dans les phases ultérieures du projet, un plan de surveillance pourrait être discuté avec le maître d'ouvrage pour étudier la pertinence ou non de mettre en place des mesures d'ébranlements pendant les travaux.

5.5.2 Source du Cossaux

Le projet de la nouvelle station de traitement se situe en zone Au mais à proximité immédiate des zones de protection S1 et S2 de la source du Cossaux.

Un suivi environnemental de réalisation (SER) par un hydrogéologue doit être mis en place pendant la durée des travaux. Il pourrait s'articuler en particulier autour des éléments suivants :

- Etablissement d'un programme de suivi et de surveillance de la nappe phréatique ;
- Définition d'un dispositif de surveillance et d'alarme ;
- Détermination des mesures à prendre pendant les travaux ;
- Contrôle des mesures de protection sur le chantier.

6. CONCLUSION

Les reconnaissances par sondages carottés effectuées pour cette étude ont montré des conditions géologiques très hétérogènes sur la parcelle de la future station de traitement de la source du Cossaux. L'avant-projet du bureau RWB Vaud SA prévoit la construction de ce nouveau bâtiment quasiment entièrement sur l'emprise de l'ancien.

Afin de minimiser les travaux proches des zones de protection S1 et S2 des sources du Cossaux, il est prévu de conserver les murs arrières du bâtiment existant. Des mesures de renforcement sont à prévoir à l'amont au moyen de profilés verticaux. Les terrassements, pour atteindre la cote du radier situé à 434 m.s.m, s'étendront par conséquent du côté de la plaine et sur la façade Nord-Ouest. Si les travaux sont réalisés en période de basses eaux, des talus sont envisageables. Un rideau de palplanches léger pourrait être réalisé si toutefois les venues d'eau étaient trop importantes dans les terrains meubles.

Pour les fondations du bâtiment, des puits de fondation seront prévus du côté de la plaine d'Yverdon pour atteindre la couche de moraine ou de calcaire et reporter les charges du bâtiment sur ces couches portantes.

Enfin, compte tenu de la proximité de la Source du Cossaux, un Suivi Environnemental de Réalisation (SER) par un hydrogéologue devra être réalisé pendant les travaux.

Les recommandations faites ci-dessus sont fondées sur notre expérience ainsi que sur l'interprétation des sondages et des essais in situ réalisés dans le cadre de l'étude. Elles sont basées sur les documents du projet reçus au moment de l'établissement de ce rapport. Les investigations restent ponctuelles et des variations géologiques peuvent exister entre les sondages ou en dessous de la profondeur atteinte par les reconnaissances. Par conséquent, les hypothèses du modèle géologique doivent être confirmées par le suivi du terrassement au moment de l'exécution.

Yverdon-les-Bains, le 20.05.2022



Jean-Charles JACMAIRE



Irène PONTARLIER



Roland PAUPE

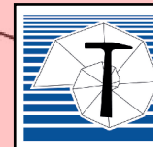
7. ANNEXES

- Annexe 1 : Plan d'implantation des sondages, au 1/400
- Annexe 2.1 : Log du forage carotté CHM1, au 1/100
- Annexe 2.2 : Log du forage carotté CHM2, au 1/100
- Annexe 3 : Planche photographique CHM1 et CHM2
- Annexe 4.1 : Coupe géologique interprétative d'attitude Nord N°120 E
- Annexe 4.2 : Coupe géologique interprétative d'attitude Nord N°30 E

Coordonnées des sondages (X ; Y ; Z) :

CHM1 (2'536'872.64 ; 1'181'569.12 ; 436.30)

CHM2 (2'536'884.33 ; 1'181'566.83 ; 435.30)



SAGENORD SA

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

Parcelle 81, commune de Chamblon (VD)

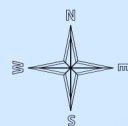
Mandat : 21MFRY061

Annexe n° 1

Date : 15.03.2022

Échelle : 1 / 400 (A4)

Dessin : JCI



Périmètre S2

Secteur Au

CHM1

CHM2

Eau potable + électricité + eau usée

Secteur Au

Périmètre S2

F4

Périmètre S1

F5

Secteur Au

F3

Périmètre S2

LÉGENDE :

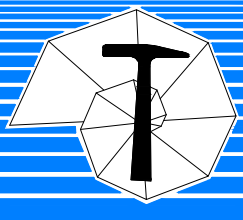
- CHM1 : Forage carotté vertical, longueur 8.80m
- CHM2 : Forage carotté incliné à 20°axe vertical, longueur 8.40m
- Projection en plan du forage incliné CHM2
- F3, F4, F5 : Forages carottés verticaux (CSD 1998) équipés de piézomètre
- Secteur Au de protection des eaux souterraines
- Périmètre S2 de protection des eaux de captage des "Sources du Cossaux"
- Périmètre S1 de protection des eaux de captage des "Sources du Cossaux"
- Tracé de la coupe géologique interprétative (Annexe 4.1)
- Tracé de la coupe géologique interprétative (Annexe 4.2)

0 4 20m

SAGENORD SA
Parcelle 81
1436 CHAMBLON

Sondage CHM1

1 : 100



M F R G E O L O G I E - G E O T E C H N I Q U E S A

7, RUE F. OPPLIGER
2500 BIEL/BIENNE 6
tél.: 058 / 220 38 50
e-mail: info@mfr.ch

12a, RUE DU CRÊT-TACONNET
2000 NEUCHÂTEL
tél.: 058 / 220 38 50
e-mail: info@mfr.ch

17, ROUTE DE LAUSANNE
1400 YVERDON-LES-BAINS
tél.: 058 / 220 39 00
e-mail: info@mfr.ch

9, RUE DE CHAUX
2800 DELEMONT
tél.: 058 / 220 38 61
e-mail: info@mfr.ch

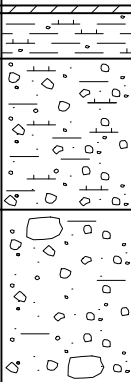
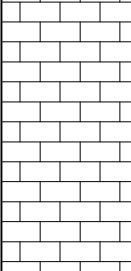
Annexe 2.1

Coordonnées :
Cote sol (m.s.m) :
Cote sommet protection :-
Cote haut tube piézo :
Profondeur (m) :
Date d'achèvement :
Type de sondage :
Entreprise :
Equipement :

2'536'872.64 / 1'181'569.12
436.30
-
-
8.80
12.01.2022
Carotté
FORTINI SA
Aucun

Mandat :
Levé géologique :
Auteur dessin :
Date dessin :
Format :

21MFRY061
JCJ
JCJ
04.02.2022
A3

Méthode et diamètre (mm)	Profondeur (m)	Stratigraphie	Géologie	RQD (%) 0 - 25 très mauvais 25 - 50 mauvais 50 - 75 moyen 75 - 90 bon 90 - 100 excellent N.B. : les rebonds au scléro sont mesurés verticalement	Nbres de discontinuités / m' >20 extrêmement fissuré 10 - 20 très fissuré 5 - 10 moyennement fissuré <5 peu fissuré Description géologique et géotechnique	Couleur	Etat des carottes désagrégé morceaux rondelles carottes Profondeur (m) kPa Pénétromètre de poche Scissomètre de poche Rebond au scléro	Compacité / sol Consistance / sol Dureté / roche SIMR	SPT carottier (c) ou pointe pleine (p) [Cps/15cm] Echantillons P = Paraffiné A = APM V = Vrac	Observation eau	Equipement	USCS selon SN 670 010b (Appréciation de terrain)	RQD %	Nbre discontinuités/m'		
Carottier Simple Ø 146mm C.S. Ø 131mm Carottier Double Ø 116mm	0.10		Dépôts palustres	Limon légèrement argileux avec système racinaire développé. Argile limoneuse organique (= 5% de matière organique) avec des éléments graveleux sub-anguleux d'origine alpine (Ømoy ≈ 2-3cm).		Marron		150	Ferme		Venues d'eaux 2.45m 	Remplissage Bentonite 2.00m	OL	Inapplicable		
	0.70		Moraine de fond rhodanienne - Quaternaire	Graviers et blocs, dans une matrice argilo-limoneuse brune. Q _{up} difficilement applicable car matrice très compacte. Eléments graveleux majoritairement calcaires avec parfois des marnes en dièdres, sub-anguleux. A 1.60m : Traces ocres d'hydromorphies (FeO) en lignes horizontales.		Brun / Beige		1 700	Compact à très compact				GC			
	2.70			Blocs et graviers d'origine alpine (roches métamorphiques et cristallins) avec une matrice argileuse ≈ 10%.		Gris / Beige		3 700	Très compact							
	5.00		Formation des Gorges de l'Orbe - "Urgonien jaune"	Calcaire glauconieux et calcarénite pseudo oolithique, présentant de la calcite recristallisée. Présence sur les plans de faille d'un cristallisation de pyrite idiomorphe. Cassure grise-bleutée ou grise-jaunâtre. Roche très dure. A 7.00m : S ₀ (schistosité) = 35° / axe verticale A 8.60m : S ₀ (schistosité) = 25° / axe verticale		Gris		5 6 7 8	Très dure			Remplissage graviers propres (0-32mm)	Pas de USCS dans le rocher	100 /65cm	5	
	8.80													85	7	
														100 /80cm	4	

Fin du sondage à 8.80 m

N.B. : La consistance, selon la norme SN 670 004-2b-NA, a été caractérisée sur la matrice cohérente lorsque celle-ci dépasse les 50% de présence.

SAGENORD SA
Parcelle 81
1436 CHAMBLON

Sondage CHM2

1 : 100

Annexe 2.2

Coordonnées :2'536'884.33 / 1'181'566.83

Cote sol (m.s.m) :435.30

Cote sommet protection :-

Cote haut tube piézo :-

Profondeur (m) :8.40

Date d'achèvement :14.01.2022

Type de sondage :Carotté, inclinaison 20°/vert.

Entreprise :FORTINI SA

Equipement :Aucun

M F R GEOLOGIE - GEOTECHNIQUE S A

7, RUE F. OPPLIGER
2500 BIEL/BIENNE 6
tél.: 058 / 220 38 50
e-mail: info@mfr.ch

12a, RUE DU CRÊT-TACONNET
2000 NEUCHÂTEL
tél.: 058 / 220 38 50
e-mail: info@mfr.ch

17, ROUTE DE LAUSANNE
1400 YVERDON-LES-BAINS
tél.: 058 / 220 39 00
e-mail: info@mfr.ch

9, RUE DE CHAUX
2800 DELEMONT
tél.: 058 / 220 38 61
e-mail: info@mfr.ch

Mandat :21MFRY061

Levé géologique :JCJ

Auteur dessin :JCJ

Date dessin :04.02.2022

Format :A3

Méthode et diamètre (mm)	Profondeur (m)	Stratigraphie	Géologie	RQD (%) 0 - 25 très mauvais 25 - 50 mauvais 50 - 75 moyen 75 - 90 bon 90 - 100 excellent N.B. : les rebonds au scléro sont mesurés verticalement	Nbres de discontinuités / m' >20 extrêmement fissuré 10 - 20 très fissuré 5 - 10 moyennement fissuré <5 peu fissuré Description géologique et géotechnique	Couleur	Etat des carottes désagrégées morceaux Profondeur (m) carottes rondelles carottes	Pénétromètre de poche Scissomètre de poche Rebond au scléro	Compacité / sol Consistance / sol Dureté / roche SIMR	SPT carottier (c) ou pointe pleine (p) [Cps/15cm] Echantillons P = Paraffiné A = APM V = Vrac	Observation eau	Equipement	USCS selon SN 670 010b (Appréciation de terrain)	RQD %	Nbre discontinuités/m'
Carottier Simple Ø 148mm C.S. Ø 116mm	1.70		Remblais	De 0.00 à 0.30m : Mur en moellons composé d'éléments calcaires. Puis, mur et dalle du bâtiment en gros béton.		Beige		< 50				Bétonnage 1.70m	Pas de USCS dans les remblais	Inapplicable	
	2.50		Dépôts palustres	Limon organique, avec présence de tourbe en faible proportion (≈10%) et quelques éléments graveleux sub-anguleux d'origine alpine.		Marron foncé			Consistance molle			Rempliss. Bentonite 2.50m	OL		
Carottier Double Ø 116mm	3.60		Moraine de fond rhodanienne Quaternaire	Blocs et graviers sub-arrondis d'origine alpine (roches métamorphiques et cristallins) avec une matrice argileuse ≈ 20%.		Gris / Beige			-		Matériaux humides	Remplissage graviers propres (0-32mm)	Pas de USCS dans le rocher	40 /60cm	7
			Formation des Gorges de l'Orbe - "Urgonien jaune"	Calcaire glauconieux et calcarénite pseudo oolithique, présentant de la calcite recristallisée. Présence sur les plans de faille d'un cristallisation de pyrite idiomorphe. Cassure grise-bleutée ou grise-jaunâtre. Roche très dure.		Gris			Très dure					35	
														95	7
														100	5
	8.40													40 /40cm	3

Fin du sondage à 8.40 m

N.B. : La consistance, selon la norme SN 670 004-2b-NA, a été caractérisée sur la matrice cohérente lorsque celle-ci dépasse les 50% de présence.

CHM1 - De 0.00 à 1.00m



CHM1 - De 1.00 à 2.00m



CHM1 - De 2.00 à 3.00m



CHM1 - De 3.00 à 4.00m



CHM1 - De 4.00 à 5.00m et de 6.00 à 7.00m



CHM1 - De 5.00 à 6.00m et de 7.00 à 8.80m



CHM2 - De 0.00 à 1.00m



CHM2 - De 1.00 à 2.00m



CHM2 - De 2.00 à 3.00m



CHM2 - De 3.00 à 4.00m



21MFRY061 - Parcelle 81, 1436 Chamblon

Annexe 3 - Planche photographique des forages carottés CHM1 et CHM2

CHM2 - De 4.00 à 5.00m et de 6.00 à 7.00m



CHM2 - De 5.00 à 6.00m et de 7.00 à 8.40m





Coupe géologique sous le bâtiment existant21MFRY061

Rapport géologie/géotechnique
Chamblon, sources du Cossaux

Parcelles 81

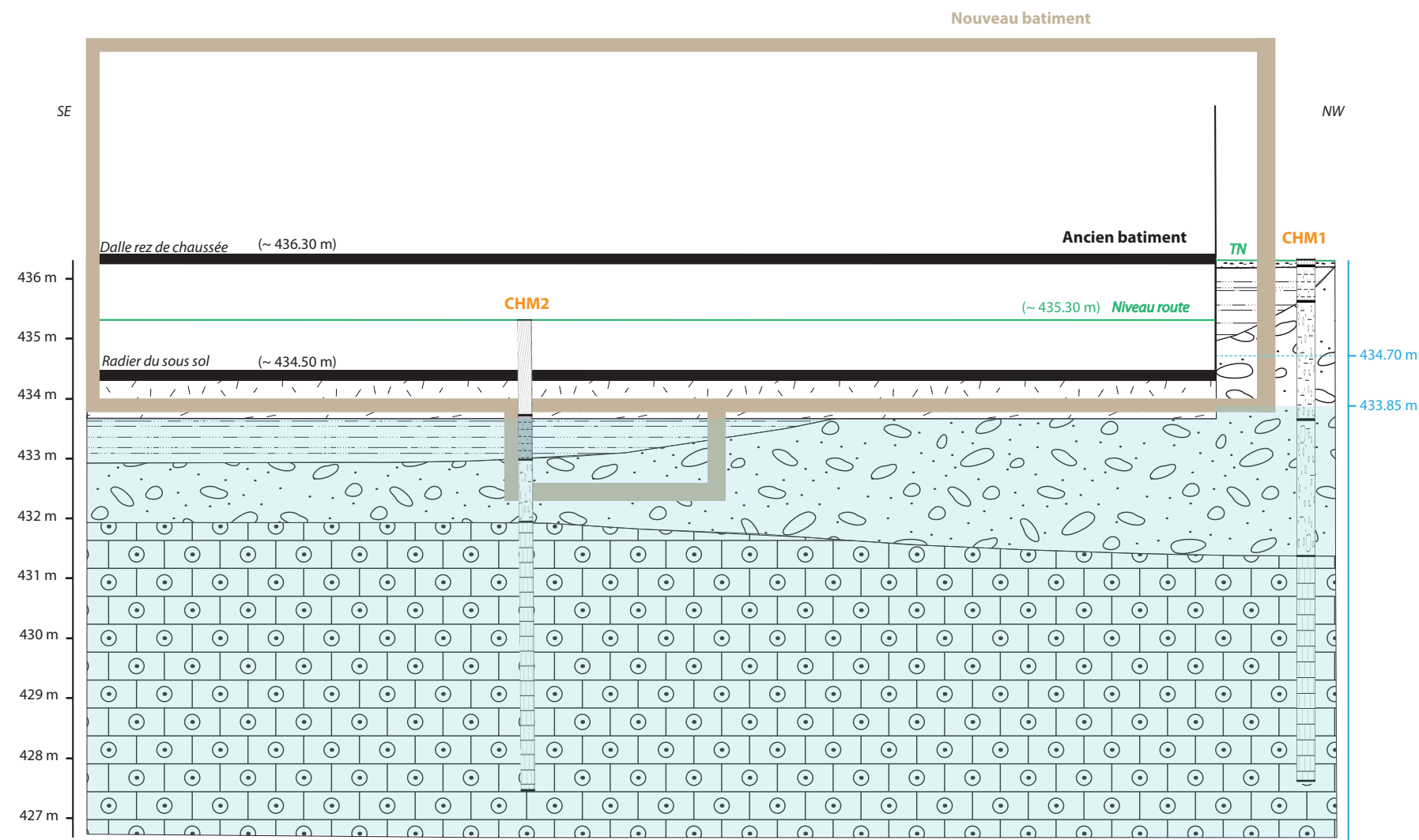
Date : 11/02/2022

Annexe 4.1
Format A3

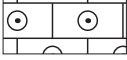
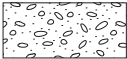
Echelle 1 : 100

Dessin : HR

Bases du projet :
Bâtiment existant : schéma approximatif
Nouveau bâtiment : coupes RWB du 03/03/2022

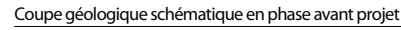


LEGENDE :

- | | | | | | |
|--|----------------|---|-------------------|---|----------------------|
|  | Mur en moellon |  | Dépôts pallustres |  | Urgonien jaune |
|  | Terre végétale |  | Moraine de fond |  | Niveau piézométrique |

Attitude N120 °

2 m



Rapport géologie/géotechnique
Chamblon, sources du Cossaux

Parcelles 81

Date: 11/02/2022

21 MFRY061

Annexe 4.2

Format A3

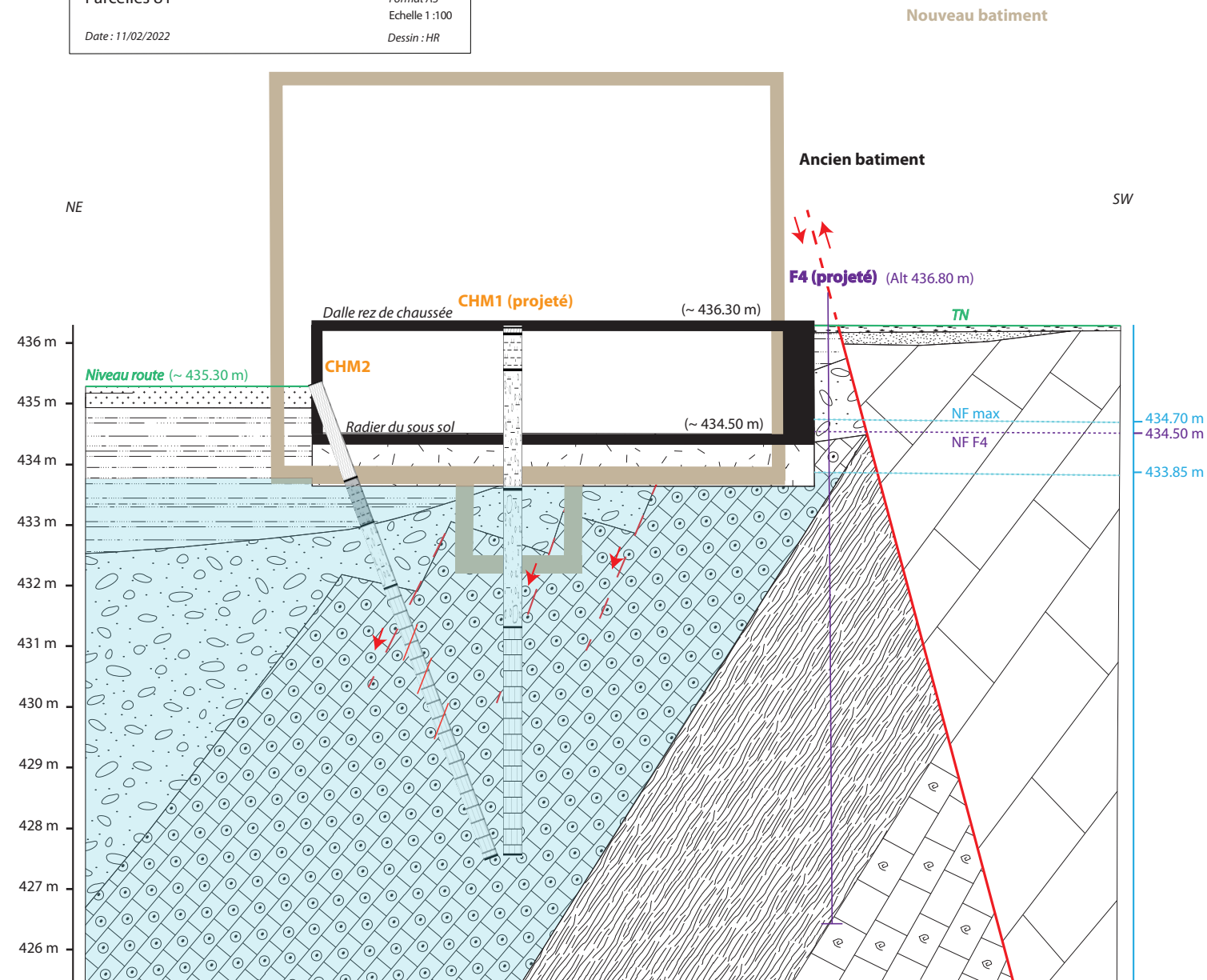
Echelle 1 :100

Dessin : HR

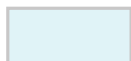
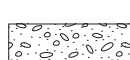
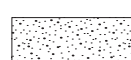
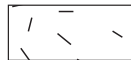
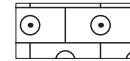
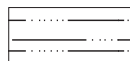
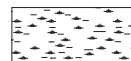
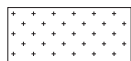
Bases du projet :

Bâtiment existant : schéma approximatif

Nouveau bâtiment : coupes RWB du 03/02/2022



LEGENDE :

 $2m$

Attitude N 30 °