GEO CONSEILS

Géologie
Géotechnique
Hydrogéologie
Environnement

Rollrasen VAN DE SLUIS

van de Sluis
rollrasen rollwues gazon en rouleau

Bassin réserve d'irrigation

Limpach

Etude Géologique et Géotechnique

N° de référence	20181548-GC-GEO	
Suivi	Nom	Date
Rédigé par	Aurélie GUILLET	20.11.2018
Vérifié par	Steve GRUSLIN	20.11.2018

Modifications		
Indice	Description	Date

MADE IN LUXEMBOURG

ENTREPRISE SOCIALEMENT RESPONSABLE

EXCEM CERTIFIED ISO 9001:2015

www.geoconseils.lu
Tél. (+352) 30 57 99-1 | Fax (+352) 30 57 99 -500 | P.A.C, 2/4 | B.P. 168 L-8303 CAPELLEN | G.-D. Luxembourg | E-mail: info@geoconseils.lu

Table des matières

1 Contexte et objectif des investigations 4
2 Documents de référence 5
3 Géologie 5
4 Investigations géologiques et géotechniques 6
4.1 Travaux de reconnaissance 6
4.2 Essais de laboratoire 6
5 Interprétation des résultats d'investigation 6
5.1 Description géologique et géotechnique 7
5.1.1 Terre végétale 7
5.1.2 Limon d'altération 7
5.1.3 Roche altérée – Argilites marneuses altérées 8
5.2 Résumé des caractéristiques des sols et roches rencontrés 9
5.3 Situation hydrogéologique 9
5.4 Paramètres géotechniques 10
6 Conclusions et recommandations 10
6.1 Réalisation des fouilles, des talus et blindages 10
6.1.1 Terrassement 10
6.1.2 Evacuation des eaux en phase de chantier 11
6.2 Réalisation du bassin de rétention 12
7 Remarques finales 14
8 Références 15

Table des illustrations

Photo 1. Vue aérienne du site d'étude (réf : Géoportail du Grand- Duché du Luxembourg, le 19.11.2018)4

Photo 2. Vue vers l'Est du site d'étude (photo prise le 31.10.2018) 5

Photo 3 : Principaux types de digues en terre (réf. cf. Doc 4, Chapitre 2) 12

Tableau 1 : Résumé des caractéristiques des sols et roches rencontrés 9

Tableau 2. Paramètres géotechniques 10

1 Contexte et objectif des investigations

Dans le cadre de la construction d'un bassin de réserve d'eau d'irrigation, le bureau GEOCONSEILS S.A. a été chargé par la société « ROLLRASEN VAN DE SLUIS » de l'établissement d'un avis géologique et géotechnique.

Le site étudié se situe route de Soleuvre, am Brill à Limpach (réf. cadastrale 3009/5014) au Nord Est des bâtiments de la société « Rollrasen van de Sluis ». Les photos 1 et 2 présentent respectivement la situation générale du terrain et une vue prise vers l'Est à partir de l'entrée de ce dernier (route de Soleuvre).

Photo 1. Vue aérienne du site d'étude (réf : Géoportail du Grand- Duché du Luxembourg, le 19.11.2018)

Photo 2. Vue vers l'Est du site d'étude (photo prise le 31.10.2018)

Cette étude permettra de déterminer les caractéristiques des sols et roches en place en vue de réaliser directement dans le sol naturel un bassin de réserve d'eau d'irrigation. Nous estimerons notamment la perméabilité du sol grâce à des essais de laboratoire et nous déterminerons la présence d'eau souterraine ou non. Cette étude permettra également de donner des recommandations concernant la construction de digues de retenue des eaux du bassin grâce aux déblais de ce dernier.

2 Documents de référence

Pour l'établissement de ce rapport d'étude, les documents suivants ont été utilisés :

Doc 1 : Carte géologique du Luxembourg, feuille n° 12 « Esch-sur-Alzette » ; 1: 25 000 ; Ministère des travaux publics et Service Géologique de Luxembourg, 1988

Doc 2 : Lucius M., 1948 Erläuterungen zur geologischen Karte Luxemburgs – Das Gutland. Publications du Service Géologique de Luxembourg, tome V.

Doc 3 : LUXPLAN S.A., Bassin réserve irrigation Rollrasen à Limpach, situation existante, 1/500, 20181548-LP-T001, 14/11/2018

Doc 4 : Gérard Philipponnat et Bertrand Hubert, 2000, Fondations et ouvrages en terre, Géotechnique, Eyrolles, ISBN 2-212-07218-X, p548

Les normes utilisées sont énumérées dans la partie 8 de ce rapport.

3 Géologie

Selon la carte géologique du Luxembourg (réf. voir Doc 1, Chapitre 2), l'ensemble de la parcelle étudiée se situe sur la couche géologique datant du Lias supérieur lo_1 communément appelée « Couches à Harpoceras falciferum ». Il s'agit d'argilites marneuses finement feuilletées grises appelées également « Schistes bitumineux ». Ces derniers sont riches en matière organique (kérogène) et à la base, il est possible de

retrouver des bancs de calcaire fossilifères. Un extrait de la carte géologique se trouve en annexe 20181548-GC-GEO-001.

Remarque : Cette couche faisant partie du groupe des « Schistes bitumineux », elle présente un risque important de gonflement. En effet, ces couches contiennent de la pyrite disséminée entre les feuillets qui, en cas de contact avec l'oxygène (air, eau de pluie ou de surface chargée en oxygène), et/ou variation de niveau de la nappe (p.ex. rabattement), va s'oxyder et réagir avec les minéraux carbonatés des argilites marneuses. Cette réaction exothermique permet la formation du gypse qui s'accompagne d'une augmentation de volume et donc d'un gonflement.

4 Investigations géologiques et géotechniques

Cette section présente l'ensemble des travaux effectués pour la réalisation de cette étude.

4.1 Travaux de reconnaissance

Lors de cette étude, 11 fouilles à la pelle mécanique ont été réalisées sur une profondeur variant de 1,4 m (Fouille 1) à 2,6 m (Fouille 5). Selon les informations qui nous ont été transmises par la personne en charge du terrassement, les fouilles ont été stoppées au niveau des argilites marneuses altérées à la transition avec les argilites marneuses saines une fois que le terrassement devenait plus difficile, c'est-à-dire, probablement à la transition entre les roches de classe 6 (« roches faciles à terrasser ») et 7 (« roches difficiles à terrasser »). La position des différentes fouilles est donnée sur le plan en annexe 20181548-GC-GEO-001.

Les fouilles ont été décrites, photographiées et interprétées par un géologue de notre bureau. Les photos de ces fouilles se trouvent en annexe 201815482-GC-GEO-002. Des échantillons représentatifs ont également été prélevés. Le nivellement a été effectué sur base du plan fourni par LUXPLAN (cf. réf. Doc3, Chapitre 2).

4.2 Essais de laboratoire

Durant cette étude, 5 essais Atterberg selon la DIN 18122-P ont été réalisés à chaque fois combinés à une détermination de teneur en eau selon la DIN 18121 T2. Les résultats de ces essais de laboratoire sont repris en annexe 20181548-GC-GEO-003.

5 Interprétation des résultats d'investigation

Dans ce chapitre, les résultats issus de la reconnaissance in situ et des essais en laboratoire sont présentés pour le site étudié. La représentation des différentes couches dans les différentes fouilles est donnée sur les profils en annexe 20181548-GC-GEO-001.

L'ensemble de nos interprétations et recommandations se réfèrent aux normes énoncées dans ce rapport ou reprises à la fin de ce dernier.

5.1 Description géologique et géotechnique

Les différents sondages réalisés ont permis de mettre en évidence les couches suivantes.

- Terre végétale
- Limons d'altération
- Roche altérée – Argilites marneuses altérées

Les couches rencontrées sont classées suivant la DIN 18300 :2012-09 : Une classification de différentes homogénéités d'après la DIN 18300 :2015-08 ne fait pas partie de cette étude. Si nécessaire, une telle classification peut être élaborée en concertation avec notre bureau.

5.1.1 Terre végétale

Une couche de terre végétale de couleur brune et d'épaisseur variant de 0,3 m (Fouille 7) à 0,6 m (Fouille 5) est présente sur l'ensemble du terrain.

La terre végétale fait partie de la classe de sol 1 (« sol organique »). Cette dernière doit être décapée sur toute la surface du futur bassin et ne pourra être réutilisée que pour une future revégétalisation.

5.1.2 Limon d'altération

Sous cette couche de terre végétale, se trouvent des limons d'altération faits d'argiles faiblement limoneuses à limoneuses de couleur brun clair à grisâtre sur une épaisseur variant de 0,5 m (Fouille 1,6,7 et 9) à 1,4 m (Fouille 4).

Ces limons d'altération ont généralement une consistance très ferme à dure et sont humides (w = 29,66 à 34,64 %[1]). Ils appartiennent majoritairement au groupe de sol TA (« argiles fortement plastiques ») de classe 5 (« sol difficile à terrasser ») avec localement des passages appartenant au groupe de sol TM (« argiles moyennement plastiques ») de classe 4 (« sol moyennement difficile à terrasser »).

Les limons d'altérations présents sur le terrain sont faiblement à moyennement sensibles au gel (« classe F2 ») pour les zones appartenant au groupe TA et fortement sensibles au gel (« classe F3 ») pour les zones appartenant au groupe de sol TM. Leur perméabilité peut être estimée entre k = 10^{-8} et 10^{-10} m/s sur base des groupes de sols trouvés lors des essais de laboratoire. Si une estimation plus précise est souhaitée, il sera nécessaire d'effectuer des essais à l'infiltromètre sur le fond du bassin.

---

[1] *Selon nos essais de laboratoire repris en annexe 20181548-GC-GEO-003.*

Les limons d'altération peuvent être réutilisés pour une remodélisation dans les zones sans charges, pour la construction de digues afin d'augmenter la capacité du bassin de rétention ou devront être éliminés dans une décharge adaptée.

5.1.3 Roche altérée – Argilites marneuses altérées

Sous les limons d'altération, à partir de 0,8 m (Fouille 7) à 1,5 m (Fouille 11), nous retrouvons le substratum rocheux altéré composé d'argilites marneuses feuilletées avec une résistance friable à faible appartenant à la classe 6 (« roche facile à terrasser et sol comparable »). En certains endroits (notamment Fouille 5 et 6), les argilites marneuses sont ramollies et présentent une consistance très ferme à dure et se comportent comme un sol de groupe TM (« argiles moyennement plastiques ») et appartiennent dès lors à la classe de sol 4 (« sol moyennement difficile à terrasser »). Ces argilites marneuses sont de couleur brune à grises et leur perméabilité peut être estimée entre $k = 10^{-6}$ et 10^{-7} m/s [2]. Ces dernières sont faiblement à moyennement sensibles au gel (« classe F2 »).

Les argilites marneuses altérées ou saines ne peuvent en aucun cas être réutilisées. En effet, les argilites marneuses du lo_1 appartiennent au groupe des Schistes bitumineux. Comme déjà expliqué au chapitre 3, ces couches présentent un risque de gonflement, car elles contiennent de la pyrite. Au contact de l'oxygène (oxygène atmosphérique ou modification des conditions hydrogéologiques), la pyrite va s'oxyder et réagir avec les matériaux carbonatés des argilites marneuses pour former du gypse. Cette néoformation de gypse s'accompagne d'une augmentation de volume (risque de gonflement). Les pressions de gonflement maximales qui se développent lors d'un processus de gonflement dans les schistes bitumineux peuvent s'élever jusqu'à 250 kN/m^2, voire 400 kN/m^2 selon certains auteurs.

En outre, la réaction étant exothermique, une attention très particulière doit être portée lors des terrassements. En effet, la chaleur provenant de la réaction d'oxydation de la pyrite peut dans certains cas être suffisante pour enflammer la matière organique (kérogène) contenue dans les schistes bitumineux. Il convient donc de ne pas laisser de grands stocks de matériaux excavés sur place.

[2] *Pour une valeur plus précise, un essai à l'infiltromètre sera nécessaire.*

5.2 Résumé des caractéristiques des sols et roches rencontrés

Le Tableau 1 résume les caractéristiques des sols et des roches rencontrées sur le site étudié.

Tableau 1 : Résumé des caractéristiques des sols et roches rencontrés

Couche géologique	Groupe de sol (DIN 18196)	Classe de sol (DIN 18300 :2012-09)	Sensibilité au gel (ZTVE-StB09)	Perméabilité (m/s)
Limons d'altération	TM-TA	4-5	F3-F2	10^{-8} - 10^{-10}
Argilites marneuses altérées	/	4-6	F2	10^{-6} - 10^{-7}

5.3 Situation hydrogéologique

Lors de la réalisation des fouilles, la personne en charge du terrassement nous a déclaré que les fouilles étaient sèches. Vu les conditions météorologiques quelques centimètres d'eau étaient présents dans le fond des différentes fouilles lors de notre passage (cf. annexe 20181548-GC-GEO-002).

De manière générale, les arrivées d'eau peuvent avoir plusieurs origines. Tout d'abord des infiltrations d'eau météoriques au travers des couches superficielles et fortement dépendantes des conditions climatiques. Ensuite, plus en profondeur, des circulations d'eau à travers des horizons fracturés du substratum rocheux.

Malgré l'absence d'eau dans les fouilles au moment du terrassement, les fouilles 4, 7 et 9 présentaient un niveau d'eau clairement plus haut que les autres fouilles, à savoir jusqu'à 60 cm d'eau étaient présents dans ces fouilles ce qui semble prouver la présence d'arrivées d'eau souterraines. De plus, des traces d'oxydation de couleur rouille montrant la présence d'un passage d'eau actuel ou antérieur étaient clairement visibles dans la fouille 7. Il est donc possible que des arrivées d'eau souterraines soient présentes au niveau des fractures présentent dans les argilites marneuses altérées. Cependant, vu l'absence de piézomètre, il est impossible de suivre le mouvement de ce niveau d'eau et donc de confirmer ou infirmer que ces eaux appartiennent à une nappe ou pas.

Afin d'éviter tout contact entre une potentielle nappe souterraine et les eaux de rétention ainsi qu'un contact entre les argilites marneuses et l'air ou l'eau (ce qui pourrait engendrer un phénomène de gonflement), nous préconisons de limiter le terrassement du bassin à la couche des limons d'altération et de rester 20 cm au-dessus de la limite des argilites marneuses altérées afin de conserver une couche de protection peut perméable.

5.4 Paramètres géotechniques

A l'aide des résultats de la reconnaissance *in-situ*, des recommandations de la DIN 1055, des Eurocodes 7 et d'après nos expériences avec des sols semblables, les paramètres géotechniques suivants peuvent être pris en compte pour les calculs de stabilité.

Tableau 2. Paramètres géotechniques

	Poids volumique humide Y_k [kN/m³]	Angle de frottement φ'_k [°]	Cohésion c'_k [kN/m²]	Module de compression $E_{s,k}$ [MN/m²]
Limon d'altération	20	20-25	10-15	5-10
Argilites marneuses altérées	21	27,5	15-20	15-30

6 Conclusions et recommandations

Le présent chapitre donne les recommandations applicables au projet tel qu'il est connu de notre part au moment de la rédaction de ce rapport. Dans ce cas précis, il est prévu de construire un bassin de rétention avec une hauteur d'eau d'environ 2,5 m. Dans un premier temps, une partie du terrain serait terrassé et ensuite, les déblais pourraient être utilisés afin de construire une digue en remontant le niveau du dessus du bassin. Cette technique permettrait d'obtenir un bassin d'une taille plus conséquente tout en évitant d'excaver dans les argilites marneuses saines sous les argilites marneuses altérées.

6.1 Réalisation des fouilles, des talus et blindages

6.1.1 Terrassement

De manière générale, pour tous les travaux d'excavation, les recommandations de la DIN 4124 (Baugruben und Gräben, Böschungen - Verbau - Arbeitsraumbreiten) sont à respecter.

La terre végétale doit être décapée sur toute la surface des travaux.

Le terrassement de la fouille dans des sols de classe 1 à 6 peut être réalisé à l'aide d'une pelle mécanique puissante. Un terrassement de classe 7 ne sera pas effectué vu que le bassin ne se trouvera pas dans les argilites marneuses saines.

Pour les endroits où le libre talutage de la fouille est possible et de courte durée, si la hauteur du talus est ≤ 5 m, les pendages suivants peuvent être considérés :

- Limons d'altération : **50° maximum**
- Argilites marneuses altérées : **60° maximum**

Comme indiqué dans la DIN 4124, la stabilité des talus est à justifier par des calculs (d'après DIN 4084 / Eurocodes 7) pour des talus ne respectant pas les angles maximaux mentionnés ci-dessus et pour des hauteurs de talus supérieures à 5 m, ce qui ne devrait pas être le cas ici.

Les sols rencontrés sont fortement sensibles aux conditions climatiques avec une diminution des caractéristiques mécaniques et, dans le cas des schistes bitumineux, un risque de gonflement par cristallisation de gypse. Lors des travaux de terrassement, il est important de ne pas remanier les schistes bitumineux au fond de fouille et d'éviter toute circulation d'engin sur ce dernier. La réutilisation de ces terrains est par conséquent également donc proscrite. Comme le gonflement est directement lié au cycle d'assèchement-humidification des couches de schistes bitumineux, il est important de veiller à ce que les conditions hydrogéologiques des argilites marneuses ne soient pas modifiées. C'est pourquoi, nous préconisons de laisser une couche de 20 cm de limons d'altération qui, vu leur faible perméabilité, fera office de couche de protection. Nous conseillons de faire réceptionner le fond de fouille par un géotechnicien afin de confirmer que le fond de fouille se situe bien dans les limons d'altération et de détecter les zones de purge éventuelles.

L'utilisation de scories et de concassé HF comme remblai, par exemple pour une route de chantier, sur des schistes bitumineux est proscrite parce que l'eau percolant à travers des scories se charge en sulfates et amplifie le phénomène de gonflement (en favorisant la cristallisation de gypse).

Si le libre talutage n'était pas possible (par exemple, à cause des limites de propriété), il serait nécessaire de recontacter notre bureau afin d'obtenir des informations complémentaires nécessaires à la réalisation d'éventuels blindages.

6.1.2 Evacuation des eaux en phase de chantier

Les quantités d'eau à évacuer en phase de chantier dépendront fortement des conditions climatiques au niveau des limons d'altération. L'épuisement des eaux pendant la phase de chantier peut être réalisé avec des fossés de drainage situés aux bas des talus de la fouille et qui rejettent, dans des puisards (d'une profondeur suffisante) équipés de pompes. Ces puisards doivent précéder les travaux de terrassement dans les parties non rocheuses. Il est recommandé de réaliser le fond de fouille avec une légère pente vers les fossés de drainage (≥ 2%) et de le protéger ainsi que les talus par un film plastique. En effet, même si le terrain sera utilisé comme bassin de rétention, il est important de maintenir un chantier propre et un fond de fouille non ramolli pour éviter d'atteindre les argilites marneuses altérées. Les talus doivent également être protéger par des bâches imperméables afin de garantir leur stabilité.

Les règlements concernant le déversement des eaux doivent être respectés.

6.2 Réalisation du bassin de rétention

Le bassin de rétention sera en partie construit par terrassement et en partie construit à l'aide de digues créées par les déblais de terrassement. Afin de construire les digues, nous préconisons tout d'abord de décaper la terre végétale sous l'ensemble de la digue afin de se poser sur une couche stable et homogène.

La photo ci-dessous montrent différents exemples de digues en terre :

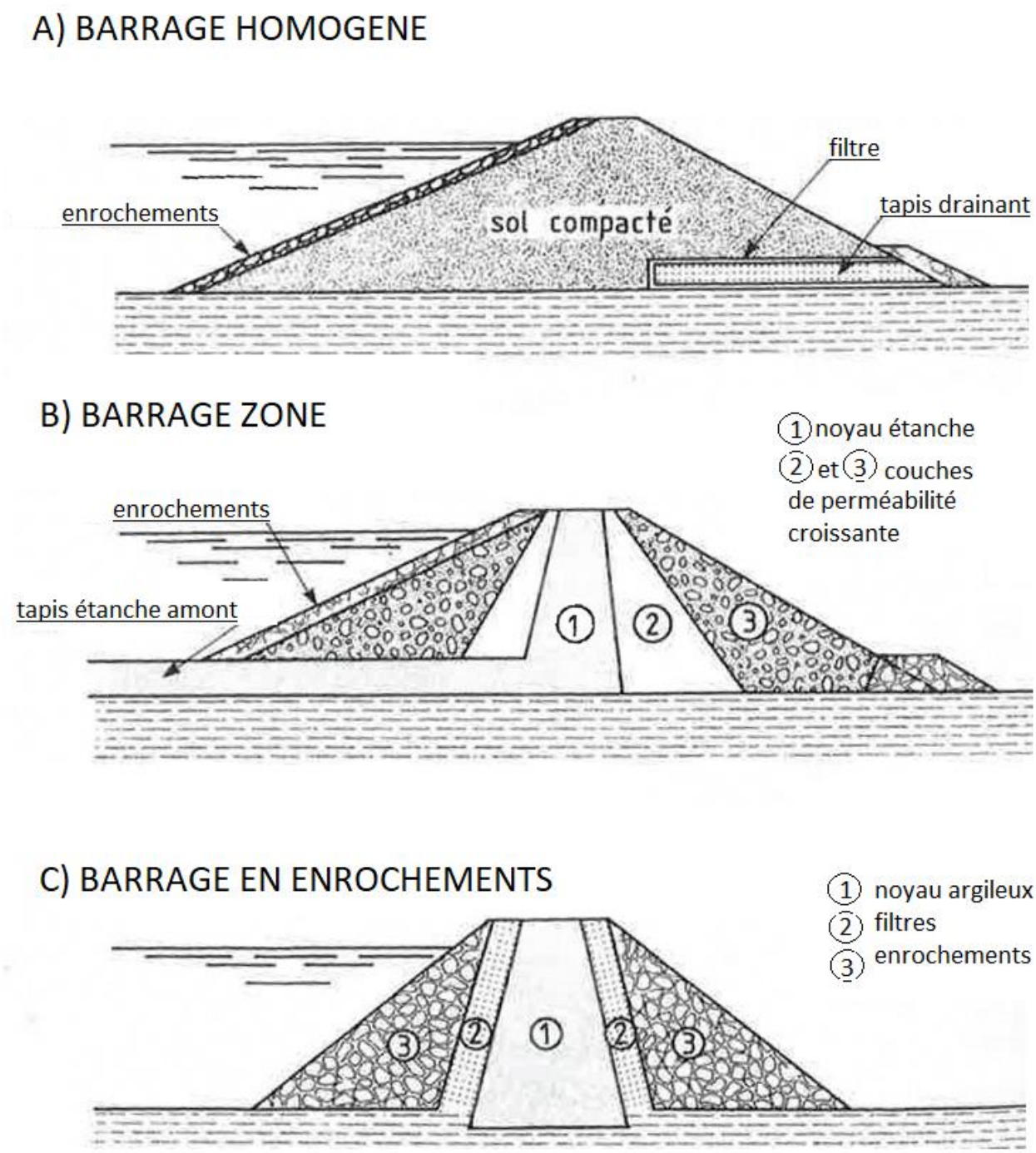

Photo 3 : Principaux types de digues en terre (réf. cf. Doc 4, Chapitre 2)

A) Barrages ou digues homogènes

Les barrages homogènes sont constitués d'un seul matériau et comprennent 3 éléments principaux :

- Un talus amont protégé par un enrochement afin d'éviter l'érosion
- Un talus aval qui peut être empierré ou gazonné
- Un tapis drainant protégé par un filtre. Ce tapis drainant est placé sous le talus aval de la digue et permet de rabattre les lignes de courant vers le cœur du barrage afin d'augmenter la stabilité du talus aval. Il joue dès lors un rôle primordial dans la stabilité de l'ouvrage.

B) Barrages ou digues zonés

Les digues zonées comprennent deux éléments principaux :

- Un noyau imperméable qui peut être placé au milieu de l'ouvrage ou en amont et qui assure l'étanchéité.
- Une recharge perméable ou semi-perméable qui assure la stabilité d'ensemble de l'ouvrage.

C) Barrages ou digues en terre ou enrochement

Ceux-ci correspondent à un barrage zoné à l'exception que les recharges sont faites d'enrochements afin d'augmenter les pentes des talus et ainsi de diminuer l'espace d'emprise de la digue ainsi que le volume de remblai nécessaire.

Dans notre cas, les digues seront préférentiellement réalisées à l'aide de matériaux imperméables compactés par couche de maximum 30 cm d'épaisseur afin de récupérer les déblais de terrassement et ainsi que diminuer les coûts. Ceci correspond à une digue homogène qui est une digue souvent utilisée lors de la réalisation d'ouvrage de moins de 20 m de hauteur.

Dans le cas où le volume de matériaux excavés ne permettrait pas la construction de la digue au complet, un des deux autres types de digue peut être envisagé.

Le dimensionnement des digues pourra si nécessaire être effectué ultérieurement par notre bureau, une fois que la hauteur d'eau ainsi que l'emprise du bassin auront été confirmées.

7 Remarques finales

Ce rapport d'étude de sol est valable exclusivement dans les limites d'espace et de contenu définies par la zone d'étude représentée sur les plans joints. Toutes les recommandations et exigences doivent être appliquées au projet actuel. Des changements du projet ou écarts par rapport au projet peuvent mener à d'autres conclusions techniques. D'éventuelles modifications du projet devront être discutées en concertation avec notre bureau. Cette restriction doit être respectée pour l'application de cette étude.

L'étude de sol a été interpolée à partir d'une description de terrain en des points isolés à l'aide de 11 fouilles. Dans le cas où, durant l'avancement des travaux de chantier, une divergence par rapport à la situation décrite serait constatée, il est indispensable de fixer avec notre bureau un rendez-vous sur place dans les plus brefs délais, afin de décider des mesures nécessaires à appliquer aux travaux. Les fonds de fouilles doivent être réceptionnés par notre bureau. Durant la réalisation des travaux et la construction de l'ouvrage, l'entrepreneur est censé travailler selon les règles de l'art et respecter rigoureusement les normes et recommandations en vigueur.

Capellen, le 20.11.2018

Steve GRUSLIN
Ingénieur Civil Géologue

Aurélie GUILLET
Ingénieur Civil Géologue

8 Références

Normes générales

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2012). VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C : Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Untertagebauarbeiten. DIN 18312:2012-09.

Institut luxembourgeois de la normalisation de l'accréditation, d. l. (09/2011). Eurocode 7 : Calcul géotechnique - Partie 1 : Règles générales. Annexe nationale Luxembourgeoise

Dimensionnement

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2009). Eurocode 7 : Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik-Teil 1 : Allgemeine Regeln. Deutsche Fassung EN 1997-1:2004+AC:2009.

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2010). Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1. DIN 1054:2010-12.

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2010). Eurocode 7 : Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik-Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds. Deutsche Fassung EN 1997-2:2007+AC:2010.

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2010). Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2. DIN 4020:2010-12.

Essais en laboratoire

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2012). *Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Wassergehalt - Teil 2 : Bestimmung durch Schnellverfahren.* DIN 18121-2:2012-02.

Bestimmung der Schrumpfgrenze. (1997). *Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen) - Teil 1 : Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze.* DIN 18122-1 : 1997-07.

Classifications des sols et des roches

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2011).Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke. DIN 18196:2011-05

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2011). Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 1 : Benennung und Beschreibung. Deutsche Fassung EN ISO 14688-1.

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2011). Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 2 : Grundlagen der Bodenklassifizierungen. Deutsche Fassung EN ISO 14688-2.

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2011). Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke. DIN 18196:2011-05.

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2010). Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2 : Bodenkenngrößen. DIN 1055-2:2010-11.

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2012). VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C : Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten. DIN 18300:2012-09.

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2011). Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels - Teil 1 : Benennung und Beschreibung . Deutsche Fassung EN ISO 14689-1.

FGSV, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straβenbau, ZTVE E-StB 17, ISBN 978-3-86446-188-0

Prise d'échantillons

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2006). *Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 1 : Technische Grundlagen der Ausführung.* Deutsche Fassung EN ISO 22475-1.

Phase de chantier

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2012). Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten. DIN 4124:2012-01.

Etanchéité et drainage

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (1990). Baugrund; Dränung zum Schutz baulicher Anlagen; Planung, Bemessung und Ausführung. DIN 4095:1990-06

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2017). Die neue Abdichtungsnorm für erdberührte Bauteile, DIN 18533

GEO CONSEILS

Géologie
Géotechnique
Hydrogéologie
Environnement

Rollrasen VAN DE SLUIS

van de Sluis
rollrasen rollwues gazon en rouleau

Bassin réserve d'irrigation

Limpach

Étude hydrogéologique

N° de référence	20191425-GC-GEO	
Suivi	Nom	Date
Rédigé par	Laëtitia SEHAD	19.11.2019
Vérifié par	Joop VERHAREN	19.11.2019

Modifications		
Indice	Description	Date

MADE IN LUXEMBOURG

ENTREPRISE SOCIALEMENT RESPONSABLE

EXCEM CERTIFIED ISO 9001:2015

www.geoconseils.lu
Tél. (+352) 30 57 99-1 | Fax (+352) 30 57 99 -500 | P.A.C, 2/4 | B.P. 168 L-8303 CAPELLEN | G.-D. Luxembourg | E-mail: info@geoconseils.lu

Table des matières

1 Contexte et objectif des investigations 3
2 Documents de référence 4
3 Géologie 4
4 Sondages 4
4.1 Travaux de reconnaissance antérieurs 4
4.2 Forages carottés 5
5 Observations relatives aux eaux souterraines 5
5.1 Observations relatives à l'étude antérieure 5
5.2 Observations relatives à la présente étude 5
6 Essais de pompage 6
6.1 Pompage au point FC1 6
6.2 Pompage au point FC2 7
7 Interprétation des résultats d'investigation 9
8 Recommandations 10
9 Remarques finales 11

Table des illustrations

Figure 1. Parcelle cadastrale concernée par l'étude sur fond d'orthophotos. 3
Figure 2. Courbe de restitution du niveau d'eau au point FC1 lors du pompage en ce point. 7
Figure 3. Courbe de restitution du niveau d'eau au point FC2 lors du pompage en ce point. 8
Figure 4. Schéma de la solution recommandée (sans échelle). 10

1 Contexte et objectif des investigations

Dans le cadre de la demande d'autorisation relative à la construction d'un bassin de réserve d'eau d'irrigation, le bureau GEOCONSEILS S.A. a été chargé par la société « Rollrasen van de Sluis » de l'établissement d'une étude hydrogéologue au droit du projet.

Le site étudié se situe route de Soleuvre, am Brill à Limpach (parcelle cadastrale n°3009/5014) au nord-est des bâtiments de la société « Rollrasen van de Sluis ». La Figure 1 présente l'emprise de la parcelle concernée sur fond d'orthophotos.

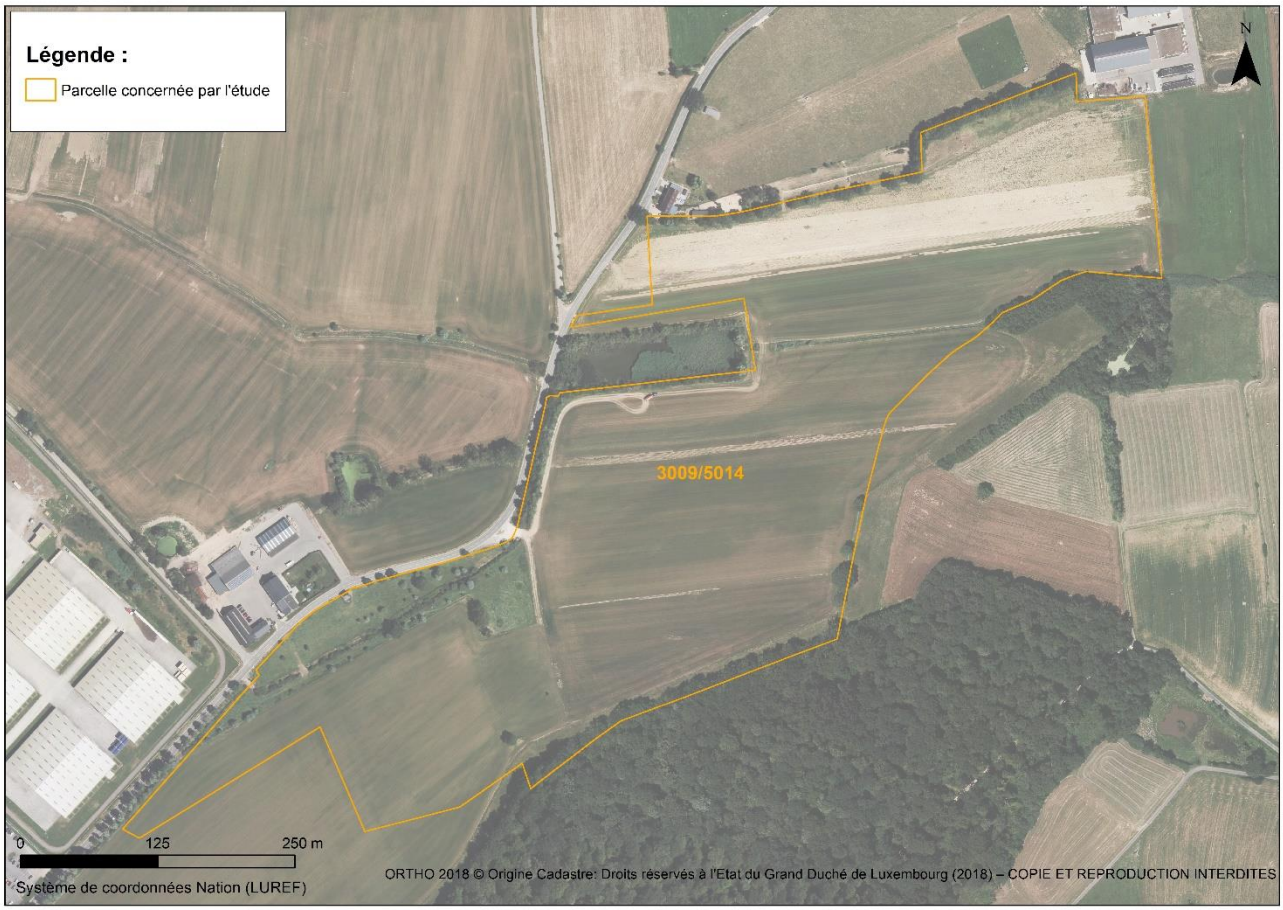

Figure 1. Parcelle cadastrale concernée par l'étude sur fond d'orthophotos.

2 Documents de référence

Pour l'établissement de ce rapport d'étude, les documents suivants ont été utilisés :

Doc 1 : Carte géologique du Luxembourg, feuille n° 12 « Esch-sur-Alzette » ; 1 : 25 000 ; Ministère des travaux publics et Service Géologique de Luxembourg, 1988

Doc 2 : Lucius M., 1948 Erläuterungen zur geologischen Karte Luxemburgs – Das Gutland. Publications du Service Géologique de Luxembourg, tome V.

Doc 3 : Bassin réserve d'irrigation – Limpach – Étude Géologique et Géotechnique, n°20181548-GC-GEO, Géoconseils S.A., 20/11/2019.

Doc 4 : Plan : Bassin réserve irrigation Rollrasen à Limpach, situation existante, 1 :500, n°20181548-LP-T001, Luxplan S.A., 14/11/2018

Doc 5 : Plan : Bassin réserve irrigation Rollrasen à Limpach, Vue en plan, Concept assainissement, n°20181548-LP-HA001, Luxplan S.A., 23/11/2018.

3 Géologie

Selon la carte géologique du Luxembourg (cf. Doc 1, Chapitre 2), l'ensemble de la parcelle étudiée se situe sur la couche géologique datant du Lias supérieur lo_1 communément appelée « Couches à Harpoceras falciferum ». Il s'agit d'argilites marneuses finement feuilletées grises appelées également « Schistes bitumineux ». Ces derniers sont riches en matière organique (kérogène) et à la base, il est possible de retrouver des bancs de calcaire fossilifères.

<u>Remarque :</u> Cette couche faisant partie du groupe des « Schistes bitumineux », elle présente un risque important de gonflement. En effet, ces couches contiennent de la pyrite disséminée entre les feuillets qui, en cas de contact avec l'oxygène (air, eau de pluie ou de surface chargée en oxygène), et/ou variation de niveau de la nappe (p.ex. rabattement), va s'oxyder et réagir avec les minéraux carbonatés des argilites marneuses. Cette réaction exothermique permet la formation du gypse qui s'accompagne d'une augmentation de volume et donc d'un gonflement.

4 Sondages

Cette section présente l'ensemble des sondages effectués sur le site à l'étude.

4.1 Travaux de reconnaissance antérieurs

Dans le cadre de l'étude Géoconseils S.A : 20181548-GC-GEO (cf. Doc 3 du chapitre 2), 11 fouilles à la pelle mécanique ont été réalisées sur une profondeur variant de 1,4 m (Fouille 1) à 2,6 m (Fouille 5).

La position de ces points de sondage est donnée sur le plan en annexe 20191425-GC-GEO-002.

Ces investigations ont mis en avant les couches suivantes :

- Terre végétale : épaisseur variant entre 0,3 m (Fouille 7) et 0,6 m (Fouille 5) ;
- Limons d'altération : épaisseur variant entre 0,5 m (Fouilles 1, 6, 7 et 9) et 1,4 m (Fouille 4) ;
- Roche altérée - Argilites marneuses altérées : rencontrée entre 0,8 m (Fouille 7) et 1,5 m (Fouille 11) de profondeur.

4.2 Forages carottés

Dans le cadre de la présente étude hydrogéologique, 2 forages carottés de 8 m de profondeur ont été réalisés et équipés en piézomètre 2 pouces. La réalisation de ces forages a eu lieu entre le 14/10/2019 et le 18/10/2019. La position des points de sondage est donnée sur le plan en annexe 20191425-GC-GEO-001, de même que la description des carottes de forages et des équipements piézométriques. Les photographies des carottes sont fournies en annexe 20191425-GC-GEO-003.

Ces forages ont mis en avant les mêmes horizons que ceux décrits dans l'étude 20181548-GC-GEO à l'exception près que la roche saine a été atteinte.

Dans le chapitre suivant, seule une description succincte sera faite relativement aux faciès rencontrés sur le site à l'étude, ainsi, pour plus de détails se reporter aux annexes correspondantes et à l'étude antérieure.

5 Observations relatives aux eaux souterraines

5.1 Observations relatives à l'étude antérieure

Lors de l'étude précédente, les niveaux d'eau observés dans les fouilles ont été objets d'hypothèses nécessitant une étude permettant de confirmer ou infirmer leur origine.

En effet, malgré l'absence d'eau dans les fouilles au moment du terrassement, les fouilles 4, 7 et 9 présentaient un niveau d'eau clairement plus haut que les autres fouilles, à savoir jusqu'à 60 cm d'eau étaient présents dans ces fouilles ce qui semble prouver la présence d'arrivées d'eau souterraines. De plus, des traces d'oxydation de couleur rouille montrant la présence d'un passage d'eau actuel ou antérieur étaient clairement visibles dans la fouille 7.

Ainsi, la présente étude avait pour objectif principal de déterminer la présence d'arrivées d'eau souterraines au niveau des fractures affectant les argilites marneuses altérées et/ou saines.

5.2 Observations relatives à la présente étude

Lors de la réalisation des forages carottés, une attention particulière a été portée sur la potentielle présence d'eaux souterraines. Ainsi, les carottages ont été effectués en limitant au maximum l'apport d'eau pour être en mesure de définir l'appartenance des eaux.

La présence d'eau a été observée sur chacun des deux forages, afin de caractériser au mieux les niveaux d'eau réels, les trous de forages ont été vidés d'eau et la surface a été étanchéifiée le temps d'une nuit pour empêcher les infiltrations d'eaux météoriques. Au matin, les niveaux d'eau étaient remontés entraînant la nécessité d'équiper ces points en piézomètres. Par souci de représentativité le piézomètre FC1 a été équipé dans les horizons limoneux et le FC2 dans les horizons d'argilites altérées et fracturées.

Remarque : Il est à noter que les conditions météorologiques se sont avérées défavorables durant la période de réalisation des forages. En effet, l'apport d'eaux météoriques stagnant à l'interface entre les premiers niveaux de sol plus perméables et les niveaux plus limoneux a fort probablement influencé les interprétations. Il est probable que lors de périodes estivales, durant lesquelles l'apport pluviométrique est plus faible et le phénomène d'évapotranspiration est favorisé, la quantité d'eau présente dans les premiers mètres de sols est beaucoup plus faible que durant la période d'observation.

Afin de quantifier l'eau présente dans les différents horizons, les forages équipés en piézomètres deux pouces ont fait l'objets de pompage le 11/11/2019.

6 Essais de pompage

Les courbes de restitution des essais de pompage sont disponibles en version commentées en annexe 004a (FC1) et 004b (FC2). Le pompage au point FC1 n'ayant pas influencé le niveau d'eau au point FC2 (et réciproquement), seule la courbe correspondant au point de pompage est représentée sur chacune des annexes et figures par souci de lisibilité.

6.1 Pompage au point FC1

La courbe de restitution du niveau d'eau (en mètres NN) au niveau du piézomètre FC1 est visible en Figure 2. Les décrochements observables en partie basse sont liés au dénoyage et à l'arrêt de la pompe et ceux en partie haute sont liés à la reprise du pompage.

Figure 2. Courbe de restitution du niveau d'eau au point FC1 lors du pompage en ce point.

Il s'est avéré difficile de pomper dans ce piézomètre et d'obtenir un niveau d'eau stabilisé, il a donc été décidé d'interrompre le pompage après 1 heure. Ces variations de niveau d'eau impliquent que les arrivées d'eau dans le point de pompage ne sont pas suffisantes pour compenser un débit extrait d'à peine 40 l/h. Après l'arrêt définitif de la pompe, le niveau d'eau a retrouvé son niveau initial après environ 2 heures et 50 minutes.

Le niveau d'eau au point FC1 a continué à remonter légèrement jusqu'à arriver 6 cm plus haut que le niveau initialement mesuré le 11/11/2019. Il est probable que cela s'explique par les infiltrations directes des eaux de surface (eaux météoriques et eaux de ruissellement) dans les horizons limoneux.

6.2 Pompage au point FC2

La courbe de restitution du niveau d'eau (en mètres NN) au niveau du piézomètre FC2 est visible en Figure 3. L'allure de la courbe montre qu'un pompage à un débit relativement constant de 152 l/h (0,15 m^3/h) pendant presque 4 heures n'est pas suffisant pour atteindre un niveau d'eau stabilisé.

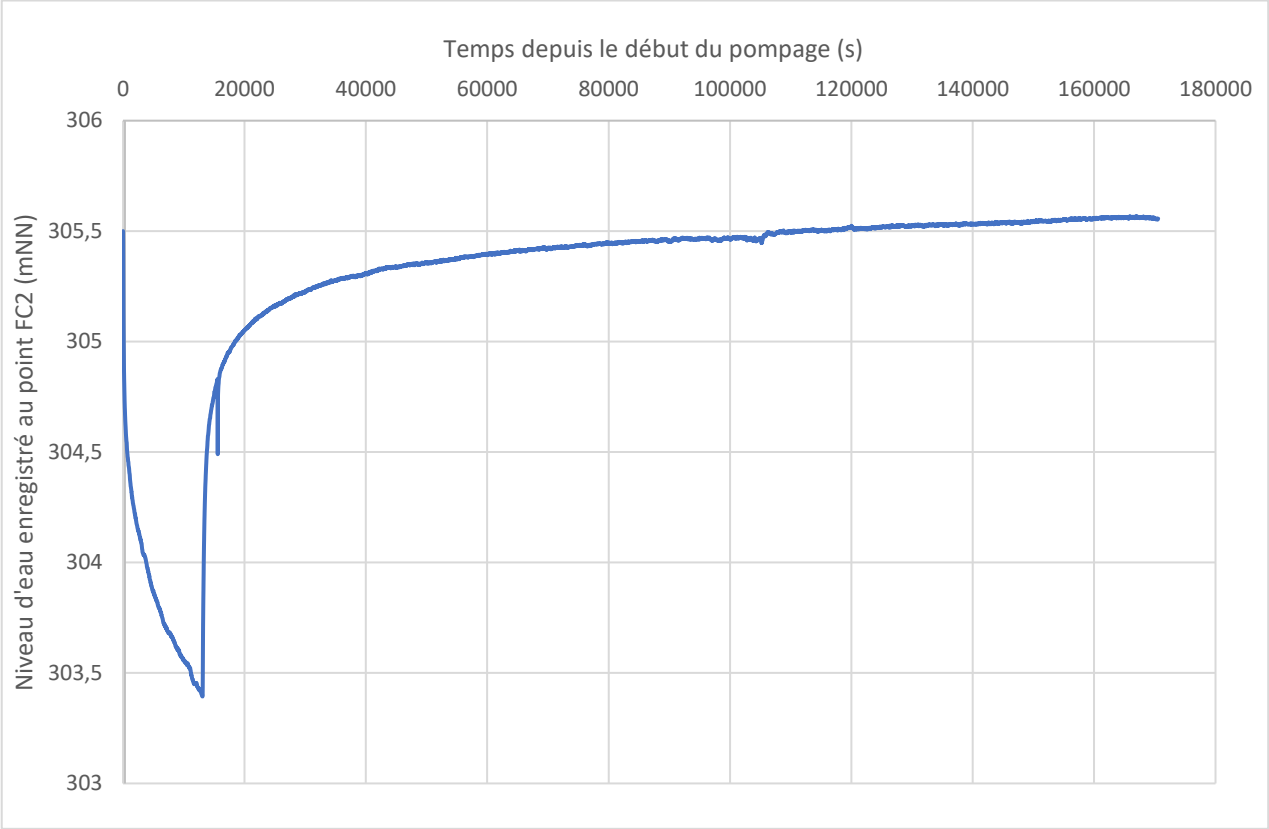

Figure 3. Courbe de restitution du niveau d'eau au point FC2 lors du pompage en ce point.

Après l'arrêt définitif de la pompe, le niveau d'eau a retrouvé son niveau initial après environ 24 heures. La réaction de l'eau souterraine en ce point est donc plus lente qu'au niveau du point FC1 témoignant d'une perméabilité moindre dans les argilites altérées et fracturées que dans les limons sus-jacents.

Le niveau d'eau au point FC2 a continué à remonter légèrement jusqu'à arriver 6 cm plus haut que le niveau initialement mesuré le 11/11/2019. Il est probable que cela s'explique par les infiltrations directes des eaux de surface (eaux météoriques et eaux de ruissellement) dans les premiers mètres des argilites altérées et fracturées. Vue la nature du sous-sol et les courbes de restitution du niveau d'eau au cours de l'essai de pompage, les deux niveaux monitorés ne semblent pas issus d'une nappe souterraine à proprement parler. Il s'agirait plutôt des eaux du surface qui s'infiltrent rapidement dans les premiers mètres de sol pour ensuite pénétrer ponctuellement dans les premiers horizons d'argilites lorsqu'elles sont affectées de fractures.

7 Interprétation des résultats d'investigation

Dans les deux cas, les niveaux d'eaux enregistrés sont présents à des cotes maximales comprises entre 306,8 mNN (FC1) et 305,56 mNN (FC2). Ainsi, la surface piézométrique est située au-dessus de la cote projetée du bassin réserve d'irrigation (304,00 mNN).

Les résultats des essais tendent cependant à montrer que ces eaux n'appartiennent pas à une nappe à proprement parler mais qu'elles sont plutôt le résultat d'infiltrations d'eaux de surface dans les premiers mètres de sols et parfois dans les argilites lorsque celles-ci sont affectées de fractures. Dans les horizons plus profonds, les argilites saines constituent une couche imperméable.

D'autre part, l'analyse de la courbe du rabattement au point FC2 (cf. annexe 004b) en échelle semi-logarithmique montre distinctement une rupture de pente autour de 46 minutes de pompage (2 760 s). Cela renforce l'hypothèse d'un niveau d'eau d'extension spatiale limitée (non continue) et de perméabilité hétérogène.

8 Recommandations

Les recommandations générales communiquées dans de cadre de l'étude géotechnique n°20181548-GC-GEO restent valables mais de nouvelles préconisations s'avèrent nécessaires au vu des résultats de l'étude hydrogéologique.

Le problème majeur soulevé ici est la présence d'eau dans les limons en cas de précipitations liées à des conditions météorologiques défavorables. Ces infiltrations pouvant engendrer l'altération et le gonflement des argilites sous-jacentes, elles sont susceptibles de nuire à la stabilité du futur talus (digue).

Ainsi, dans le cadre du bassin envisagé, il serait nécessaire de localement mettre en place une protection de fond pour éviter de nouvelles infiltrations d'eau dans les horizons fracturés au risque d'engendrer le gonflement des couches sous-jacentes – en cas de battement (succession de phases d'assèchement et de remplissage) des niveaux d'eau – et des infiltrations plus rapides vers des horizons plus profonds (cf. schéma de la solution recommandée en Figure 4). D'autre part, la mise en place de drains aux pourtours du bassin permettrait de rediriger les eaux d'infiltration dans le bassin sans risque de déstabiliser le nouvel ouvrage et la digue associée.

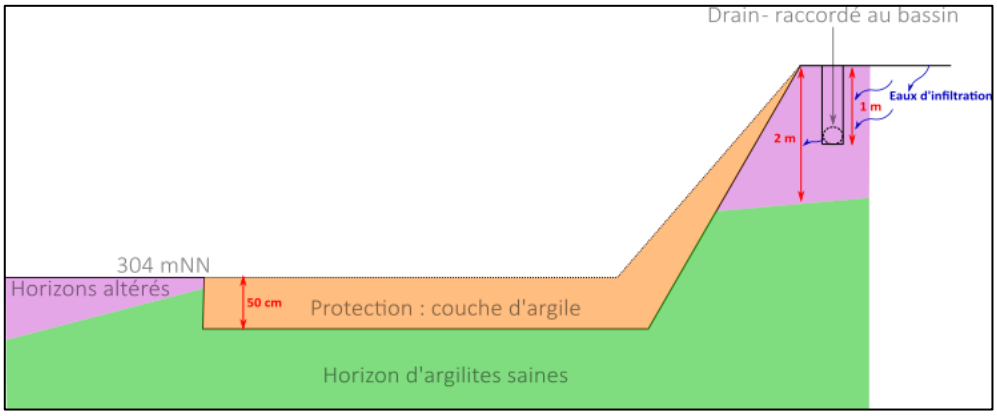

Figure 4. Schéma de la solution recommandée (sans échelle).

Afin de limiter les apports d'eau lors de la réalisation du projet, il est vivement recommandé de réaliser les travaux en période sèche présentant une faible pluviométrie durant au moins 3 semaines préalablement aux terrassements.

9 Remarques finales

Ce rapport d'étude de sol est valable exclusivement dans les limites d'espace et de contenu définies par la zone d'étude représentée sur les plans joints. Toutes les recommandations et exigences doivent être appliquées au projet actuel. Des changements du projet ou écarts par rapport au projet peuvent mener à d'autres conclusions techniques. D'éventuelles modifications du projet devront être discutées en concertation avec notre bureau. Cette restriction doit être respectée pour l'application de cette étude.

Selon les investigations réalisées, il peut être considéré qu'aucune nappe d'eau souterraine n'est présente sur site et que les niveaux d'eau monitorés sont issus d'eau de surface s'infiltrant en faveur d'horizons limoneux plus sableux et ponctuellement jusqu'aux argilites (horizons altérés) au travers de fractures. Ainsi, le projet tel qu'il est défini et l'application des recommandations de protection et de drainage aux pourtours du bassin (en plus des recommandations fournies dans le rapport d'étude 20181548-GC-GEO) ne présentent aucun risque pour les eaux souterraines potentiellement présentes plus en profondeur.

L'étude hydrogéologique a été interpolée à partir d'une description de terrain en des points isolés. Dans le cas où, durant l'avancement des travaux de chantier, une divergence par rapport à la situation décrite serait constatée, il est indispensable de fixer avec notre bureau un rendez-vous sur place dans les plus brefs délais, afin de décider des mesures nécessaires à appliquer aux travaux. Les fonds de fouilles doivent être réceptionnés par notre bureau. Durant la réalisation des travaux et la construction de l'ouvrage, l'entrepreneur est censé travailler selon les règles de l'art et respecter rigoureusement les normes et recommandations en vigueur.

Capellen, le 19.11.2019

Joop VERHAREN
Administrateur délégué

Laëtitia SEHAD
Hydrogéologue / Géologue diplômée

GEO CONSEILS

LISTE DES ANNEXES

Rapport 20191425-GC-GEO

Bassin réserve d'irrigation, Limpach

Étude hydrogéologique

N° du plan ou du document		Intitulé	Echelle
N° projet	N° annexe		
20191425-GC-GEO-	001	Plan de situation, profils des forages et piézomètres, géologie	1 :100 ; 1 :1 000 1 :25 000
20191425-GC-GEO-	002	Plan n°20181548-GC-GEO-001 Implantation, profils des fouilles de reconnaissance et géologie	1 :100 ; 1 :1 000 1 :25 000
20191425-GC-GEO-	003	Photo des sondages	-
20191425-GC-GEO	004a	Suivi du niveau d'eau en fonction du temps au cours de l'essai de pompage au piézomètre FC1	-
20191425-GC-GEO	004b	Suivi du niveau d'eau en fonction du temps au cours de l'essai de pompage au piézomètre FC2	-